

43

December 2003

SPACE CONNECTION



DOSSIER De kleine leden
van ons zonnestelsel

Inhoud



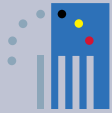
Dossier: De kleine leden van ons zonnestelsel

- 03** 1. Overblijfselen van een kosmische constructie
- 06** 2. Van Ceres tot de Kuipergordel
- 12** 3. Getuigen uit de buitenste regionen van het zonnestelsel
- 19** 4. Kosmische verkenners naar kometen en planetoïden
- 26** 5. Een blik op 4,6 miljard jaar geschiedenis
- 32** 6. De kleine leden van het zonnestelsel op het internet

35 Actualiteit

Space Connection is een nieuwsbrief over ruimtevaart en wordt uitgegeven en gratis verspreid door de

**Programmatorische
federale overheidsdienst
"Wetenschapsbeleid"**



**Redactie en
abbonementenbeheer**

Cel e-informatie
POD Wetenschapsbeleid
Wetenschapsstraat 8
1000 Brussel
e-mail: dhae@belspo.be
Abonneer u via onze internetsite:
www.belspo.be

Externe medewerking

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

Coördinatie

Patrick Ribouville, Ria D'Haemers

Verantwoordelijke uitgever:

Dr. Ph. Mettens,
Voorzitter van het Directiecomité
van de POD Wetenschapsbeleid

Foto voorpagina

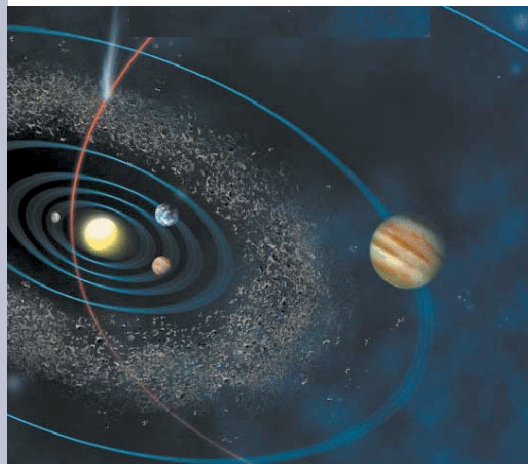
Rosetta zal de komeet Churyumov-
Gerasimenko in 2014 ontmoeten. (ESA)

Nummer 43 - December 2003

Overblijfselen van een kosmische constructie

In 1986 was de Europese sonde *Giotto* het vlaggenschip van een internationale armada van ruimtesondes naar de beroemde komeet Halley. Normaal had de Europese ruimtevaartorganisatie ESA in januari 2003 een nieuwe kometenverkenner moeten lanceren.

Maar door problemen met de Ariane 5-lanceerraket bleef de sonde *Rosetta* aan de grond. Het uitstel was echter geen afstel en Rosetta gaat nu, als alles goed gaat, eind februari 2004 op weg. Zijn oorspronkelijk reisdoel, de komeet Wirtanen, werd ingeruild voor een nieuwe bestemming. Rosetta moet nu de komeet Churyumov-Gerasimenko in 2014 ontmoeten en het is de bedoeling dat het ruimtetuig onderweg ook nog een of meerdere *planetoïden* passeert. (Vervolg op pagina 4)



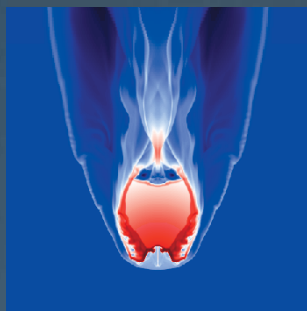
(NASA)

Dossier De kleine leden van ons zonnestelsel

Vervolg van pagina 3

1. Een gouden tijdperk

Overblijfselen van een kosmische constructie



↑↑ De geschiedenis van het zonnestelsel is er een van botsingen. Dit is een simulatie van de inslag van een fragment van komeet Shoemaker-Levy 9 op de planeet Jupiter in juli 1994. (JPL)

↑ In de atmosfeer van Jupiter zijn de 'wonden' te zien als gevolg van de inslag van fragment G van de komeet Shoemaker-Levy op 18 juli 1994. (STScI)

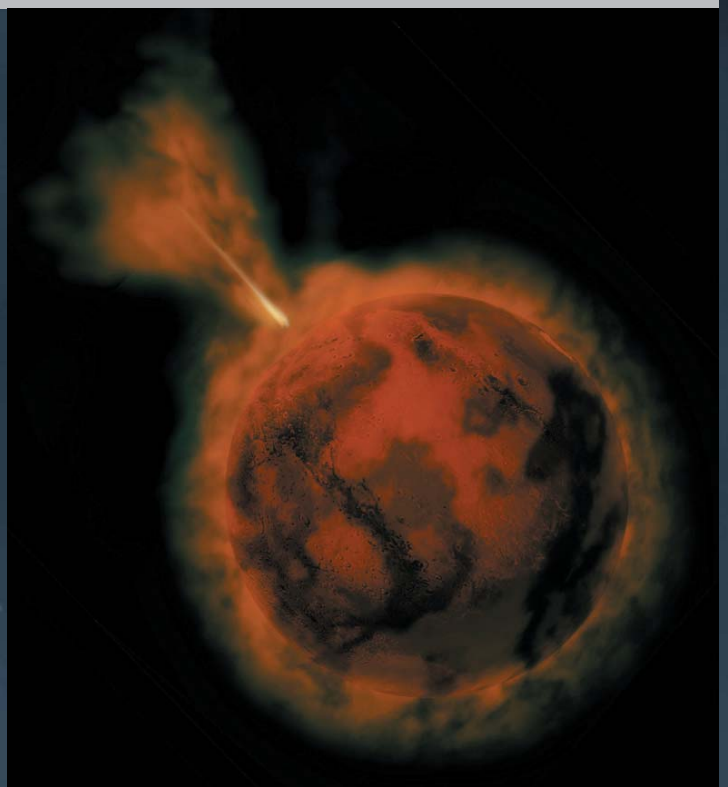
Heel lang was er vrij weinig belangstelling voor ruimtesondes naar planeetoïden en kometen, maar het wordt steeds duidelijker dat deze kleine hemellichamen ons heel veel te vertellen hebben over de geschiedenis van het zonnestelsel en dus ook van onze eigen aarde. Bij de bouw van een huis blijft immers ook afval over van de constructie. Zo zijn ook planeetoïden en kometen als getuigen van het ontstaan van een kosmisch bouwwerk overgebleven.

Het zonnestelsel ontstond 4,6 miljard jaar geleden uit een oernevel, een wolk van interstellaire gassen en stof. Daaruit werden de zon en de planeten geboren. Door de gravitatiewerking van de grote planeet *Jupiter* konden de kleine planeetjes tussen de planeten Mars en Jupiter niet samenklonteren tot een volwaardige planeet. Hun 'samenscholingsverbod' heeft ertoe geleid dat ze *planetesimalen* zijn gebleven en uiteindelijk de *planeetoïdengordel* gingen vormen. Niet alle planeetoïden draaien netjes in

die gordel rond. Sommige draaien in een baan rond de zon die hen tot dicht bij de aarde brengt zodat ze zelfs een gevaar voor onze planeet kunnen vormen.

Ook kometen zijn overblijfselen uit de tijd waarin het zonnestelsel ontstond. Soms is een komeet als een spectaculaire 'staartster' te zien aan de hemel, een indrukwekkende verschijning die in de ogen van onze voorouders onheil aankondigde. Heel lang was de aard van kometen onbekend. Nu weten we dat ze uit rots, stof en ijs bestaan. Misschien zijn ze wel de bron van veel van het water in onze oceanen en mogelijk bestaan wij zelf uit 'kometenstof'...

En het kometen- en planeetoïdenverhaal zorgt regelmatig voor verrassingen. Onlangs is nog een heel nieuwe klasse van hemellichamen in het zonnestelsel ontdekt, de zogenaamde trans-Neptuniaanse objecten van de *Kuiper-gordel*. De verre planeet *Pluto* is er misschien een lid van. Het laatste woord over de



↑ Misschien is Mars een groot stuk van zijn atmosfeer kwijtgespeeld door inslagen van kometen kort na het ontstaan van de de planeet. (ESA)

geschiedenis en de evolutie van het zonnestelsel is duidelijk nog niet gezegd.

In 1957 brachten de Sovjets de eerste Spoetnik in een baan om de aarde. De ruimtevaart gaf de mogelijkheid de andere hemellichamen in het zonnestelsel in situ te onderzoeken. Al heel vlug stuurden de Sovjetunie en de Verenigde Staten sondes naar de maan, Mars en Venus. Het waren ideale doelen om in het kader van de *ruimterace* primeurs te halen. Zo kregen alle planeten in het zonnestelsel, op de kleine Pluto na, minstens één keer bezoek van een ruimtesonde. Nu krijgen ook de kleine leden van het zonnestelsel, de planeetoiden en de kometen, vanwege de ruimtevaart de aandacht die ze verdienen.

Die belangstelling voor kometen en planeetoiden is overigens niet alleen ingegeven door het feit dat ze getuigen zijn van het ontstaan van het zonnestelsel. Ze vormen ook een bedreiging voor onze planeet. Hierop is eerder al ingegaan in het dossier *Dreiging uit de*

ruimte in *Space Connection 41*. Op de aarde zijn de littekens van de kosmische inslagen grotendeels weggevaagd door erosie, maar op veel andere hemellichamen in het zonnestelsel zijn de sporen nog goed zichtbaar van de kraters die ze hebben veroorzaakt. Dat de geschiedenis van het zonnestelsel er een is van botsingen en inslagen is bijzonder goed te zien op fel bekraterde hemellichamen als de maan en de planeet Mercurius.

Het onderzoek van kometen en planeetoiden is in volle beweging. Bijna dagelijks valt er op dit vlak nieuws te rapen. Maar zoals dat in de wetenschap wel vaker gebeurt roepen antwoorden op oude vragen op hun beurt weer nieuwe vragen op. *'Mensen kijken al eeuwen naar kometen en toch weten we er verbazingwekkend weinig over'*, zegt Colleen Hartman van de *Solar System Exploration Division* van de Amerikaanse ruimtevaartorganisatie NASA in Washington. *'Maar dat gaat veranderen. We treden een gouden tijdperk van komeetonderzoek in.'*

↙ De Europese sonde Rosetta zal als eerste rond de kern van een komeet draaien. De ruimtevaart maakt een 'gouden tijdperk' van komeet- en planeetoidenonderzoek mogelijk. (ESA)

Dossier De kleine leden van ons zonnestelsel

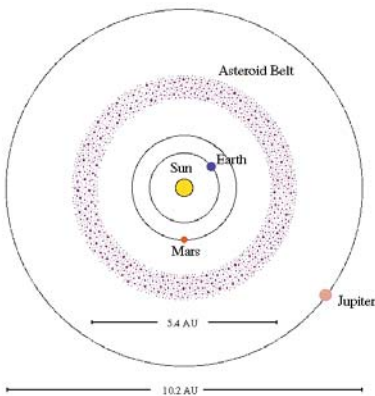
2. De “kleine planeten” in het zonnestelsel

Van **Ceres** tot de **Kuipergordel**

Op 1 januari 1801 ontdekte de Italiaanse astronoom *Giuseppe Piazzi* (1746-1826) in Palermo tussen de planeten Mars en Jupiter in een heel merkwaardig hemellichaam. De ontdekking van *Ceres* veroorzaakte inder tijd veel sensatie onder de astronomen want hij volgde niet alleen op de ontdekking van de planeet Uranus door *William Herschel* (1738-1822) twintig jaar eerder, het leek te gaan om de ‘ontbrekende’ planeet die volgens de wet van *Titius-Bode* moest passen in het ‘gat’ tussen Mars en Jupiter. De grote wiskundige *Karl Friedrich Gauss* kon uit de waarnemingen van Piazzi de baan van *Ceres* berekenen. Het nieuw ontdekte hemellichaam bleek om de 4,6 jaar om de zon te draaien.

nale groep van astronomen op zoek naar andere ‘gastplaneten’ in een baan om de zon tussen Mars en Jupiter. Met succes... *Pallas* werd in 1802 ontdekt (door Olbers), *Juno* in 1804 (Harding) en *Vesta* in 1807 (Olbers). Uiteindelijk bleken er vele duizenden van deze kosmische rotsblokken of *kleine planeten* rond de zon te draaien. Ze worden *asteroïden* of *planetoïden* genoemd. Naar schatting bevinden er zich in de planetoïdengordel tussen 100.000 en misschien wel bijna twee miljoen objecten van minstens een kilometer groot (zie ook *Dubbel zoveel planetoïden*?).

Er zijn verschillende verklaringen gegeven voor het feit dat er zich tussen Mars en Jupiter geen grote planeet bevindt. De planetoïden ontstonden meer dan 4 miljard jaar geleden, in de chaotische tijd waarin de planeten van ons zonnestelsel werden gevormd. Eén theorie stelt dat het overblijfselen zijn

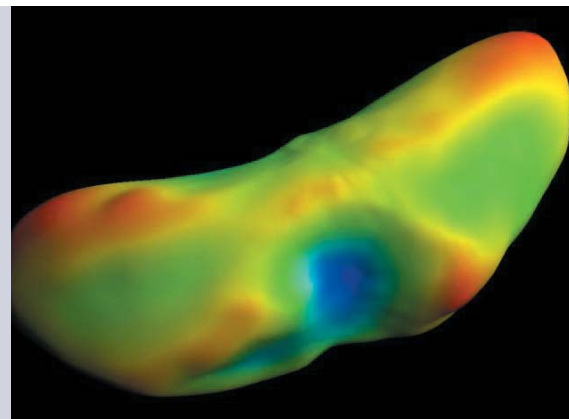


↑ Tekening van de planetoïdengordel tussen de planeten Mars en Jupiter. (UCLA)

Maar *Ceres* had een diameter van nog geen 1000 km en dat leek te klein om als een heuse planeet te worden aanzien. Na de ontdekking van *Ceres* ging een internatio-

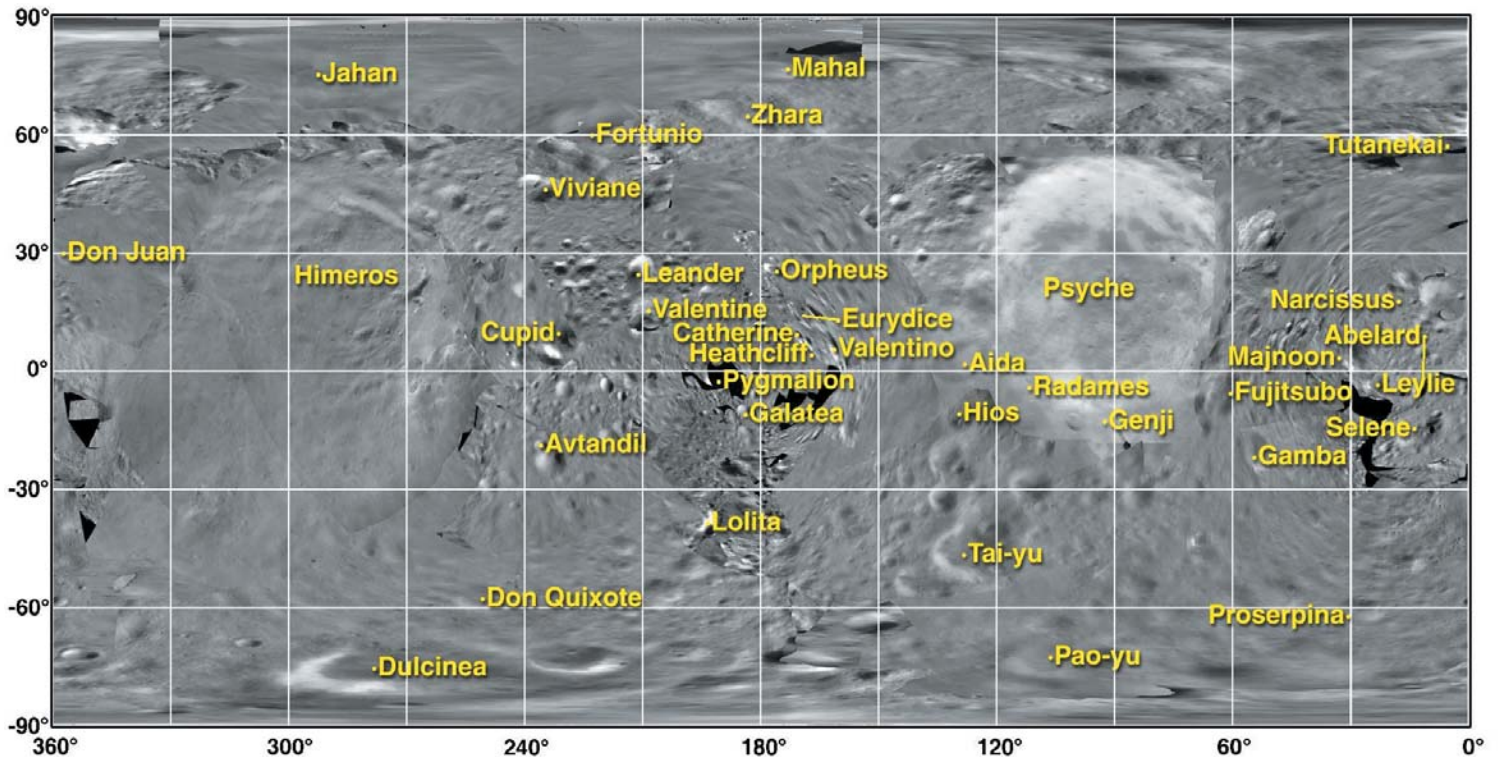
Dubbel zoveel planetoïden?

Volgens recent onderzoek zouden er meer dan twee keer zoveel planetoïden zijn dan tot nu toe werd gedacht. Dat volgt uit waarnemingen van de Europese wetenschappelijke satelliet *Infrared Space Observatory (ISO)*. In de hoofdgordel tussen Mars en Jupiter zouden zich tussen 1,1 miljoen en 1,9 miljoen planetoïden bevinden met een diameter van meer dan één kilometer, het dubbele van eerdere schattingen. De *ISO Deep Asteroid Search (IDAS)* was de eerste systematische zoektocht naar planetoïden in de hoofdgordel. De cijfers zijn afkomstig van een theoretisch model, gebaseerd op waarnemingen in bepaalde uitgekozen gebieden van de planetoïdengordel. Het voordeel van infrarode waarnemingen zoals met *ISO* is dat ze gemakkelijker donkere objecten onthullen zoals planetoïden en dat verklaart het grote verschil met vroegere schattingen.



↑ Een ‘gravitie-topografische’ kaart van de planetoïde Eros. Een bal die op een rood deel zou vallen zou naar het dichtste groene gebied trachten te rollen en vandaar naar het dichtste blauwe gebied. (NASA)

↓ Kaart van de planetoïde Eros op basis van opnamen van de sonde NEAR. (NASA)



van een planeet die bij een enorme botsing in stukken is gebroken. Maar hoewel hun aantal zeer groot is, bedraagt de totale massa van de planetoïden minder dan die van onze eigen maan, te weinig om een grote planeet te vormen. Nu wordt vrij algemeen aangenomen dat de grote planeet Jupiter juist de vorming van een planeet in het 'gat' tussen Mars en Jupiter verhinderde. Onder invloed van Jupiter kwamen veel van de reeds gevormde kleine planeetjes in dit gebied met elkaar in botsing. De meeste planetoïden zijn dus als gevolg van veelvuldige botsingen slechts overblijfselen van hun oorspronkelijke moederlichamen.

Het is uiteraard zeer moeilijk te achterhalen welke planetoïden van eenzelfde moederlichaam afkomstig zijn, maar soms kan het. Onlangs is men er in geslaagd enkele tientallen planetoïden te identificeren als overblijfselen van een recente botsing 'amper' 5,8 miljoen jaar geleden. De groep is genoemd naar het grootste exemplaar *Karin*, dat bijna 20 km groot is. Waarschijnlijk ontstonden bij de botsing honderden en mis-

schien wel duizenden brokstukken met een diameter van meer dan een kilometer. De groep zal de komende tijd veel aandacht krijgen en zou een interessant reisdoel voor een ruimtesonde kunnen zijn. Hij wordt gezien als een natuurlijk laboratorium om botsingen van planetoïden te bestuderen.

Op basis van het reflecterend vermogen van hun oppervlak valt iets te zeggen over de samenstelling van planetoïden. De donkere planetoïden van het *C-type* weerkaatsen minder dan 5% van het zonlicht en zijn koolstofhoudend. Ze hebben eenzelfde samenstelling als de zon en vertegenwoordigen ongeveer 75% van het totaal aantal planetoïden. We vinden ze vooral terug in de buitenste regionen van de hoofdgordel. Een kleine 20% van de planetoïden zijn van het *S-type*. Ze zijn helderder, weerkaatsen 15 tot 25% van het zonlicht en zijn steenachtig. We vinden ze vooral in het binnenste deel van de planetoïdengordel. De rest zijn vooral metaalrijke planetoïden van het *M-type* uit het midden van de planetoïden-gordel.

Bij *Toutatis*

Een van de meest merkwaardige objecten in het zonnestelsel is de planetoïde *Toutatis*. Dat blijkt uit radarwaarnemingen van de planetoïde, die maximaal ongeveer 5 km groot is. *Toutatis* heeft een zeer onregelmatige vorm en roteert in tegenstelling tot de meeste andere planetoïden al 'tuimelend'. Dat is waarschijnlijk het gevolg van een hele reeks hevige botsingen. *Toutatis* draait in vier jaar tijd in een behoorlijk chaotische baan rond de zon van juist binnen de baan van de aarde tot in de hoofdgordel tussen Mars en Jupiter. Op 29 september 2004 zal hij de aarde op een afstand van amper vier keer de afstand aarde-maan passeren.

↑ Een met de computer gegenereerd beeld van de aarde, gezien vanaf de planetoïde *Toutatis*. Op 29 september 2004 zal *Toutatis* zich op minder dan 1,6 miljoen kilometer van de aarde bevinden, slechts vier keer verder dan de maan. (JPL)



↑ Mozaïek van vier opnamen van Eros door de Amerikaanse ruimtesonde NEAR, gemaakt van op een afstand van 100 kilometer op 21 september 2000. Het afgebeelde gebied is van boven tot beneden 11 kilometer groot en toont een deel van het zuidelijk halfrond van Eros. (NASA)



← Zo ziet het in 2002 gevonden Kuiperobject 2002 LM60, door zijn ontdekkers ook Quaoar genoemd, er misschien uit. Deze tekening toont Quaoar, die half zo groot is als de planeet Pluto en het grootste object dat in het zonnestelsel werd ontdekt sinds Pluto in 1930. Het bevindt zich op 6,5 miljard kilometer van de zon, een miljard kilometer verder dan Pluto. (NASA-STScI)

Planetoïden zijn in heel verschillende regioenen van het zonnestelsel terug te vinden. De meeste draaien in een vrij stabiele baan in de *hoofdgordel (main belt)* tussen de planeten Mars en Jupiter in een baan om de zon. Ze doen er drie tot zes jaar over om rond de zon te draaien. Andere bevinden zich verder weg, zoals de *Trojanen* die in dezelfde baan als Jupiter (in de Lagrangepunten 60° voor of na Jupiter) rond de zon draaien.

Sommige planetoïden komen in de binnenste regionen van het zonnestelsel terecht. Men noemt ze *Near Earth Asteroids* of *NEA's*. Ze zijn waarschijnlijk uit de hoofdgordel 'geduwd' als gevolg van botsingen met andere planetoïden en de invloed van Jupiter. Sommige van deze *aardscheerders* zouden op onze planeet kunnen terechtkomen. Er zijn nu ongeveer 500 NEA's bekend. Misschien zijn er wel duizend of meer NEA's van meer dan één kilometer groot, genoeg om een ernstige bedreiging voor de aarde te vormen.

De interesse voor deze groep planetoïden is dan ook bijzonder groot. De NEA's maken het

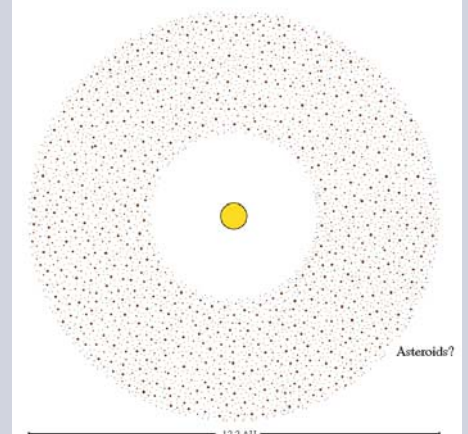
overgrote deel uit van de *NEO's* of *Near Earth Objects*, waartoe ook de *NEC's* of *Near Earth Comets* behoren. De NEA's worden op hun beurt nog eens in drie verschillende groepen onderverdeeld volgens de baan die ze volgen rond de zon. De planetoïden van het *Amor*-type kruisen de Marsbaan maar komen nauwelijks tot de baan van de aarde. De planetoïde *Eros*, waarop de Amerikaanse sonde NEAR is geland, is hiervan een typisch voorbeeld. De *Apollo*-planetoïden en de *Aten*-planetoïden kruisen wel de baan van de aarde.

Volgens sommige schattingen bevinden zich nog eens ten minste 100.000 planetoïden met afmetingen van meer dan 100 km in een baan om de zon voorbij de planeet *Neptunus*, in een gebied dat zich vanaf Neptunus (30 AE) uitstrekt tot 100 AE. Een *AE* of *Astronomische Eenheid* is de afstand van de aarde tot de zon, ongeveer 150 miljoen km. Deze *Transneptunianse Objecten*, waarvan het bestaan al tientallen jaren eerder was voorspeld, worden sinds 1992 waargenomen en bevinden zich voornamelijk in een dikke 'band' rond de zon. Deze *Kuiper gordel* wordt

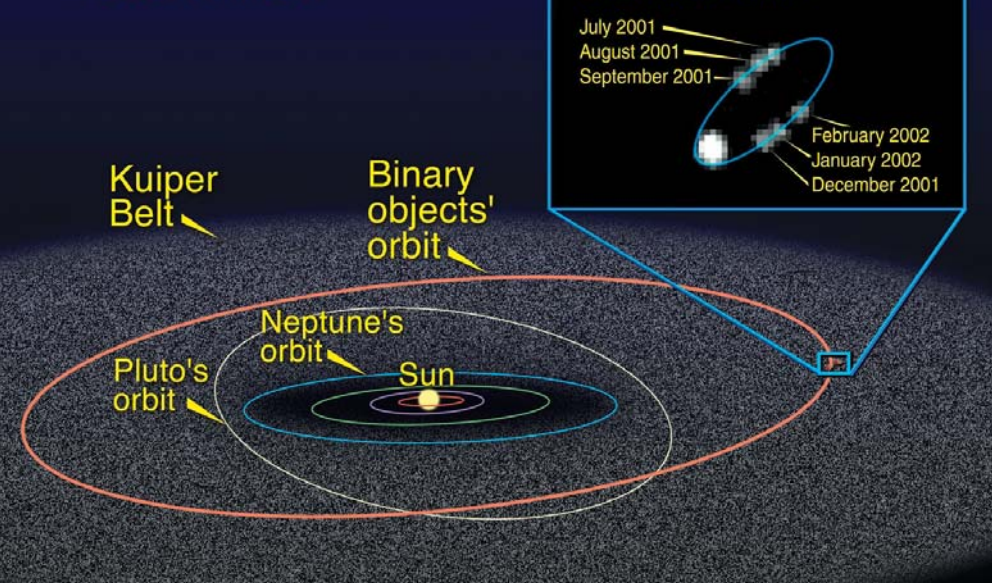
Planetoïden rond andere sterren

In juni 2001 kondigden astronomen van de *University of California in Los Angeles (UCLA)* aan dat de nabije ster *Zeta Leporis* op een afstand van 70 lichtjaar misschien net zoals de zon een planetoïdengordel heeft. Uit hun onderzoek blijkt dat de deeltjes in de stofring rond Zeta Leporis, die al sinds 1983 bekend is, ontstaan doordat een massale hoeveelheid planetoïden tegen elkaar botsen. Ze leiden dat onder meer af uit de temperatuur, de massa en de afstand tot de ster, die amper 50 tot 400 miljoen jaar oud is (tegenover 4,5 miljard jaar voor de zon). Indien Zeta Leporis een planetoïdengordel heeft, dan zou de toestand aldaar te vergelijken zijn met de periode waarin ons eigen zonnestelsel ontstond. De onderzoekers willen nu nagaan of de mogelijke planetoïden rond Zeta Leporis uit hetzelfde materiaal bestaan als de planetoïden in ons eigen zonnestelsel.

→ Zo zou de planetoïdengordel rond Zeta Leporis eruit kunnen zien. (UCLA)



Kuiper Belt Object 1998 WW31



gezien als de bron van kortperiodieke kometen. Hij is waarschijnlijk voor deze hemellichamen op dezelfde manier een reservoir als de *Oortwolk* voor langperiodieke kometen.

De Kuipergordel lijkt een belangrijk stuk van de puzzel te zijn om de oorsprong en de evolutie van ons eigen zonnestelsel en van zonnestelsels rond andere sterren beter te begrijpen. Het zou kunnen dat schijven van stof rond andere sterren kunnen 'opgevuld' worden door botsingen van gelijkaardige objecten als in de Kuipergordel. Die botsingen kunnen fundamentele aanwijzingen geven over hoe zonnestelsels ontstaan. Omwille van zijn grote afstand tot de aarde is er nog maar weinig bekend over de Kuipergordel. Waarschijnlijk hebben de objecten in de Kuipergordel zowel de kenmerken van planetoïden, die vooral uit rots en metaal bestaan, als van kometen, die vooral uit ijs en stof zijn samengesteld.

De ontdekking van de objecten van de Kuipergordel heeft ook ons beeld van de verre planeet *Pluto* (diameter 2370 km) en zijn in 1978 ontdekte maan *Charon* (1250 km) veranderd. Hoewel *Pluto* zijn status als 'planeet' voorlopig nog behoudt is het systeem *Pluto-Charon* misschien eerder een weliswaar groot maar verder normaal Kuiperobject dan een planetair buitenbeentje. De

recente ontdekkingen van alsmaar grotere objecten in de Kuipergordel staven dit denkbeeld. Misschien is ook de ietwat geheimzinnige Neptunusmaan *Triton* een door zijn moederplaneet ingevangen Kuiperobject. Volgens sommige onderzoekers kan *Pluto* naast *Charon* nog andere manen hebben. Ze willen het nagaan voor in januari 2006 de Amerikaanse *New Horizons*-missie naar *Pluto* en de Kuipergordel vertrekt. *'We willen te weten komen of Charon in alle eenzaamheid rond Pluto draait of niet'*, aldus *Alan Stern* die voor het wetenschappelijk succes van de missie verantwoordelijk is.

Planetoïde of asteroïde?

De Engelse term voor planetoïde is *asteroid* en verwijst eigenlijk verkeerdelijk naar sterren. Ook in het Nederlands worden planetoïden wel eens als *asteroïden* aangeduid. In het geval van de steenklompen die rond de zon draaien is de term *planetoïde* of *planeetachtige* meer aangewezen. Planetoïden stralen zelf immers geen licht uit en zijn alleen maar zichtbaar doordat ze het licht van de zon weerkaatsen. In dit dossier wordt dan ook steeds de term *planetoïde* gebruikt.

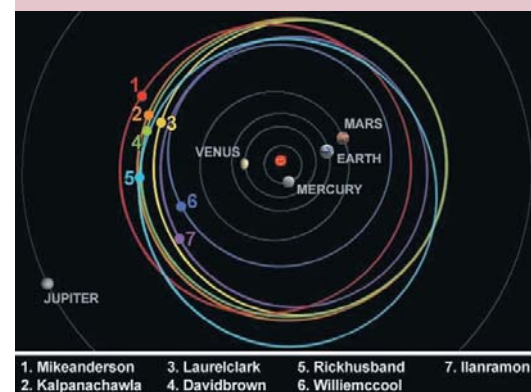
← Voorstelling van de Kuipergordel en de banen van de planeten Neptunus en Pluto en het dubbele Kuiperobject 1998 WW31. (NASA)

Planetoïden genoemd naar bemanningsleden *Columbia*

Net als de zeven bemanningsleden van het ruimteveer *Challenger*, dat op 28 januari 1986 bij de lancering explodeerde, worden ook hun collega's van de *Columbia* vereeuwigd. Commandant *Rick Husband*, piloot *William McCool*, de vluchtspecialisten *Michael Anderson*, *Kalpana Chawla*, *David Brown*, *Laurel Clark* en de Israëlische ladingsspecialist *Ilan Ramon* kwamen op 1 februari bij de terugkeer van de spaceshuttle *Columbia* naar de aarde om het leven.

De *Internationale Astronomische Unie (IAU)* heeft nu een voorstel van het Jet Propulsion Laboratory (JPL) van de NASA in Pasadena, Californië aanvaard om zeven planetoïden naar de astronauten te noemen. Ze werden ontdekt op het *Palomar Observatory* bij San Diego tussen 18 en 21 juli 2001. Ze zijn vijf tot zeven kilometer groot en kregen het nummer 51823 tot en met 51829. Ze kregen als namen *Rickhusband*, *Willemccool*, *Mikeanderson*, *Kalpanachawla*, *Davidbrown*, *Laurelclark* en *Ilanramon*.

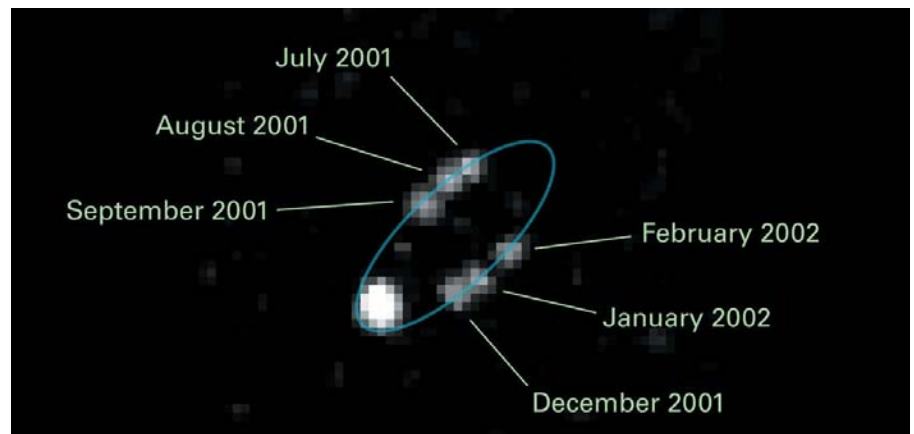
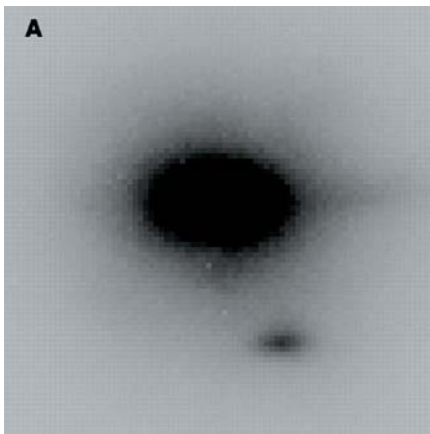
↓ De banen van de naar de bemanning van de *Columbia* genoemde planetoïden. (NASA)



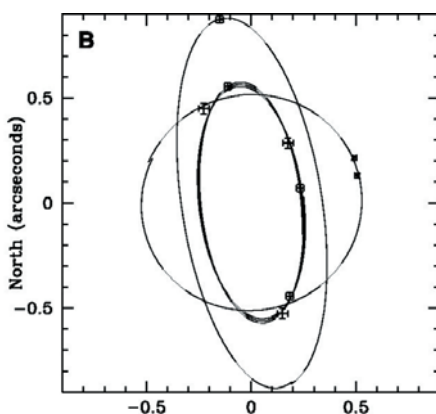
Dossier De kleine leden van ons zonnestelsel

Soms zien sterrenkundigen “dubbel” wanneer ze naar de hemel kijken. Radarbeelden van de NEA-planetoïde 2000 DP107 tonen dat deze eigenlijk uit twee componenten bestaat van ongeveer 800 en 300 meter groot en die rond hun gemeenschappelijk massacentrum draaien. Ze staan op amper drie kilometer van elkaar. Waarschijnlijk komt dit verschijnsel veel voor bij planetoïden die de baan van de aarde kruisen. Naar schatting zijn één op zes Near Earth Asteroids met een diameter van meer dan 200 meter dubbel.

Sterrenkundigen zien “dubbel”



↑ Het dubbele Kuiperobject 1998 WW31, gefotografeerd door de Hubble-ruimtetelescoop in 2001 en 2002. (NASA-STScI)



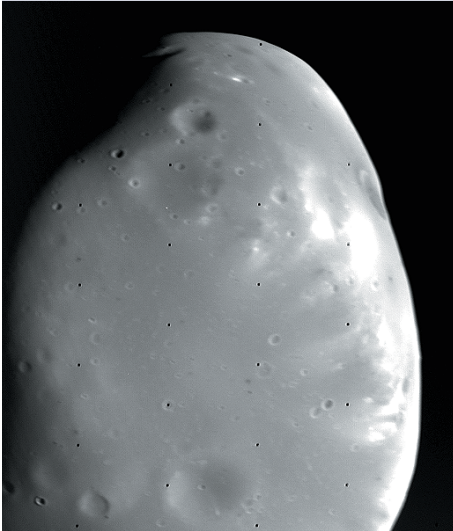
↑ De planetoïde Kalliope en zijn begeleider, gefotografeerd met de W. M. Keck II Telescope op 29 augustus 2001.

Er waren al andere aanwijzingen dat dubbele planetoïden een eerder gewoon verschijnsel zijn. Veel kraters op de maan en de aarde komen immers in paren voor en zijn even oud. En sommige planetoïden zijn niet altijd even helder, wat suggereert dat een component soms een andere bedekt. Misschien zijn de dubbele planetoïden ontstaan tijdens *close encounters* met de aarde, Mercurius, Venus of Mars en braken er bij die gelegenheid stukken af.

2000 DP107 is de eerste bekende dubbele NEA. Hij werd in september 2000 ontdekt

met de 70 meter *Goldstone*-telescoop van de NASA in Californië. Daarna werd hij ook waargenomen vanuit het beroemde *Arecibo Observatory* in Puerto Rico. Zoals de maan bij de aarde houdt de kleinere component steeds dezelfde kant naar de grotere gericht. Ondertussen zijn meerdere dubbele planetoïden gevonden. De ontdekking van dubbele planetoïden en hun waarschijnlijk grote aantal wordt als belangrijk aanzien. Misschien zorgden dubbele inslagen in het verleden wel voor het massaal uitsterven van dieren en planten op onze planeet. Dubbele planetoïden kunnen aanwijzingen geven over hun

Een bijzonder duo: de Marsmaantjes *Phobos* en *Deimos*



↑ Opname van Deimos door het Amerikaanse ruimtetuig Viking 2 (1977). Viking 2 bevond zich op amper 500 kilometer van het kleine Marsmaantje. (NASA)

Waarschijnlijk zijn heel wat manen van planeten in ons zonnestelsel ingevangen planeetöiden. Zo ook misschien de twee kleine in 1877 ontdekte Marsmaantjes *Phobos* en *Deimos*, hoewel daar nog heel wat discussie over is. De conventionele theorieën over het ontstaan van de Marsmaantjes houden ofwel een schending in van de natuurwetten, ofwel verklaren ze niet voldoende de banen waarin de maantjes rond Mars draaien.

Volgens een nieuwe theorie is het duo ontstaan als gevolg van het uiteenvallen van een grote maan die ooit rond de Rode Planeet draaide. Die maan zou door Mars zijn ingevangen tijdens of kort na het ontstaan van de planeet. *Phobos* en *Deimos* zouden dan wel een gelijkaardige samenstelling moeten hebben en het is dan weer niet zeker of dat het geval is.

Veel onderzoekers zien de Marsmaantjes als een interessante bestemming voor toekomstige bemande ruimtemissies naar Mars. Sommige scenario's zien *Deimos* zelfs als een ideaal startpunt, een soort ruimtehaven, voor de verkenning van Mars. *Phobos* draait gemiddeld elke 7 uur en 39 minuten op een hoogte van 5989 km boven het Marsoppervlak en is 27 x 22 x 18 km groot. Over 50 miljoen jaar zal hij op Mars te pletter slaan of door de gravitatiekracht van Mars in stukken worden gebroken en misschien een ring rond Mars vormen. Hij heeft een grote inslagkrater van 10 km, die *Stickney* heet, en is bedekt met een dikke stoflaag. Merkwaardig, want onderzoekers vragen zich af hoe een hemellichaam met nauwelijks enige zwaartekracht dat materiaal kan vasthouden. *Deimos* meet 15 x 12 x 11 km en staat gemiddeld 20.062 km ver van Mars. Hij draait in 30 uur en 18 minuten rond de planeet. *Phobos* en *Deimos* werden in het verleden al van dichtbij gefotografeerd door verschillende ruimtesondes. De op 2 juni 2003 gelanceerde Europese sonde *Mars Express* moet *Phobos* verschillende honderden keren op minder dan 3000 km voorbijvliegen. Op die manier zal voor het eerst een volledige kaart van *Phobos* kunnen worden samengesteld.

fysische eigenschappen. Als een planeetöide uit twee componenten bestaat dan kan daaruit zijn massa bepaald worden. Uit de massa en de afmetingen volgt dan de dichtheid en die geeft dan weer aanwijzingen over de samenstelling en structuur.

Ook in de Kuiper gordel werden al 'dubbele' objecten waargenomen. Zo draait het komeetachtige duo 1998 WW31 in 301 jaar rond de zon. Ter vergelijking: de verste planeet *Pluto*, die met zijn maan *Charon* zelf een dubbel object is, doet 248 jaar over één baan rond de zon. 1998 WW31 werd onder meer waarge-

nomen met de *Hubble Space Telescope* in een baan om de aarde. Zijn componenten draaien in 570 dagen rond elkaar in een zeer uitgerekte baan. Hoe ze een paar werden is onduidelijk. Misschien zijn ze als een stel ontstaan, of ze zijn het gevolg van een groter object dat in twee brak. Misschien, maar dat is niet zeker, heeft de ene component een diameter van 100 tot 120 km en de andere 120 tot 150 km. De ontdekking van het eerste dubbele object in de Kuiper gordel werd op 16 april 2001 bekendgemaakt. Sindsdien werden nog andere dubbele Kuiperobjecten gevonden, vooral met de Hubble-ruimtetelescoop.

Dossier De kleine leden van ons zonnestelsel

3. Kometen zijn nog grotendeels "terra incognita"

Getuigen uit de buitenste regionen van het zonnestelsel

Ook kometen zijn overblijfselen uit de tijd waarin het zonnestelsel 4,6 miljard jaar geleden ontstond en de planeten vorm kregen. Daarom zijn ze getuigen van de chemische en fysische processen die toen aan het werk waren. Misschien hebben ze een deel van het water in onze oceanen naar de aarde gebracht, een aantal van de gassen in onze atmosfeer en misschien zelfs de moleculen waaruit wijzelf zijn ontstaan. Kometen moeten nog uitgebreid onderzocht worden om al deze hypothesen te kunnen bevestigen.

In november 1997 schreef Fred Whipple die de *vuile sneeuwbal*-theorie in verband met kometen ontwikkelde, naar aanleiding van het Amerikaanse *Stardust*-project: 'Kometen zijn lang een onverkend en braakliggend terrein geweest. Nu weten we dat ze donker en koud zijn en bestaan uit ijs en stof, afkomstig uit de interstellaire wolk waaruit het zonnestelsel ontstaan is. Maar we weten nog weinig over hun samenstelling en ze zijn nog grotendeels terra incognita. Volgens bepaalde astronomen hebben sommige kometen een dichtheid die misschien kleiner is dan de helft van de dichtheid van water. Men zou het materiaal waaruit ze bestaan met de hand kunnen verpulveren. Het blijft zelfs onzeker hoeveel ijs en hoeveel stof ze bevatten. Ik hoop dat kometen terra cognita zullen worden en dat we hun structuur en samenstelling leren kennen!'

In tegenstelling tot de planetoïden zijn de kometen al sinds de oudheid bekend. Soms zijn ze met het blote oog aan de hemel te zien. Ze verschijnen plots, bewegen gedurende een korte tijd aan de hemel en verdwijnen dan weer. Kometen werden door onze voorouders gezien als een slecht voorteken. Er deed zich immers altijd wel een of andere ramp voor - pest, oorlog, overstroming, brand - kort na de verschijning van een *staartster*.

Heel lang dacht men dat kometen een *ondermaans* verschijnsel waren. In 1577 verscheen een heel grote komeet aan de hemel en waarnemers in heel Europa noteerden de veranderende positie van de komeet. *Tycho Brahe* (1544-1601) vond dat de komeet minstens vier keer verder van de aarde verwijderd moest zijn dan de maan. Hoewel niet iedereen het erover eens was, begon in geleerde kringen de mening te overheersen dat kometen hemellichamen waren en geen meteorologisch verschijnsel in de atmosfeer.

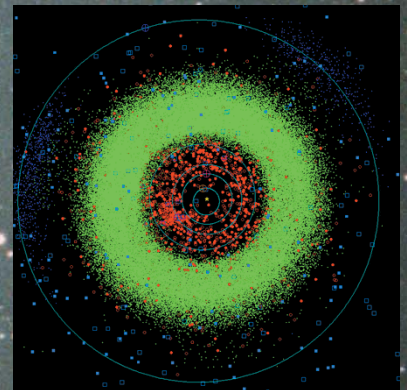


↑ *Isti mirant stella*. De verschijning van de komeet Halley in 1066, afgebeeld op het beroemde wandtapijt van Bayeux.

Maar er bleven nog veel vragen. Welke baan volgen kometen? Wat is hun aard?

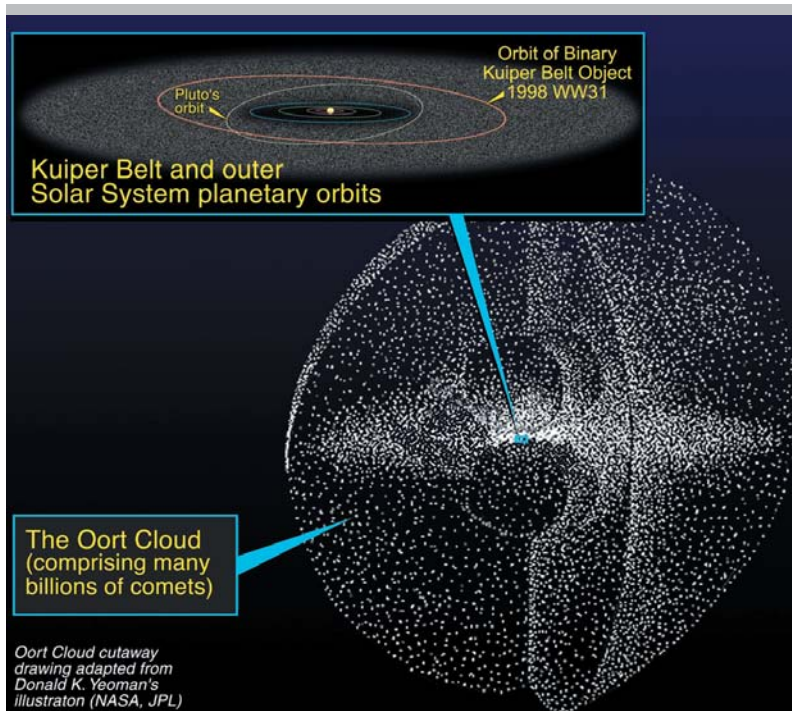
In de 17de eeuw werd er druk over gespeculeerd. In 1623 argumenteerde *Galilei* (1564-1642) dat kometen een optisch verschijnsel zijn. *René Descartes* (1596-1650) dacht dat kometen hemellichamen zijn die van één zonnestelsel naar een ander reizen. *Isaac Newton* (1642-1727) gebruikte in zijn *Principia* (1687) zijn nieuwe gravitatie-theorie om aan te tonen dat de komeet van 1680 in een elliptische baan rond de zon draaide.

↓ Er heerst behoorlijk wat drukte in het zonnestelsel. Het MPC houdt de planetoïden en kometen in de gaten. Op de tekening staat de zon in het midden, de lichtblauwe cirkels zijn de banen van de planeten Mercurius, Venus, aarde, Mars en Jupiter. In het groen zijn de planetoïden van de hoofdgordel tussen Mars en Jupiter aangeduid, de blauwe stippen zijn de Trojanen en de rode de NEO's. De blauwe vierkantjes zijn kometen. (MPC)



Het Minor Planet Center

Het *Minor Planet Center* (MPC) werkt onder auspiciën van de *International Astronomical Union* (IAU). Het is vooral verantwoordelijk voor het efficiënt verzamelen, berekenen, opvolgen en verspreiden van astrometrische waarnemingen en de baangegevens van *planetoïden* en *kometen*. Het MPC ontstond in 1947 aan de Universiteit van Cincinnati, maar er bestond al een voorloper in Duitsland voor en tijdens de Tweede Wereldoorlog. In 1978 kreeg het MPC een nieuwe stek op het *Smithsonian Astrophysical Observatory* (SAO) in Cambridge (Massachusetts), op amper anderhalve kilometer van het hart van de campus van de Harvard University. Het MPC publiceert maandelijks op het internet de *Minor Planet Circulars* met waarnemingsgegevens van kometen en planetoïden en aankondigingen van nieuwe nummers en namen van planetoïden. De *Minor Planet Electronic Circulars* worden gepubliceerd indien nodig en bevatten nieuws over of nieuwe ontdekkingen van planetoïden, zowel objecten die de aarde dicht naderen als planetoïden voorbij de baan van Neptunus. Op een drukke dag verwerkt het MPC meer dan 70.000 waarnemingen. Bij sommige planetoïden zijn waarnemingen gedurende jaren nodig om hun baan nauwkeurig te bepalen. Pas als dat is gebeurd, krijgen ze een officieel nummer.



← Voorstelling van de Oortwolk en de Kuipergordel. Zoals de Kuipergordel wordt gezien als de bron van kortperiodieke kometen brengt de Oortwolk langperiodieke kometen voort. (NASA)

De Britse astronoom *Edmond Halley* (1656-1742) merkte op dat de kometen van 1531, 1607 en 1682 dezelfde waren en besloot dat het om hetzelfde hemellichaam moest gaan. Halley voorspelde dat 'zijn' komeet in 1758 zou weerkeren. Dat was ook het geval, maar hij maakte het zelf niet meer mee. Ook in Chinese geschriften die dateren van 240 voor Christus en op het fameuze tapijt van Bayeux die de slag van Normandië in 1066 uitbeeldt, staat de komeet Halley afgebeeld.

Tot het begin van de 19de eeuw ging de aandacht vooral naar de baan van kometen. Sommige kometen bleken in bijna parabolische banen te bewegen, andere bleven in de binnenste regionen van het zonnestelsel en bereikten ten hoogste de baan van de planeet Jupiter. Daarna ging meer aandacht naar de fysische aard van deze hemellichamen. Halfweg de twintigste eeuw ontstond het beeld van kometen als zeer oude hemellichamen in het zonnestelsel. In 1950 zag *Fred Whipple* (°1906) een komeet als een *vuile sneeuwbal*.

Water in een ander zonnestelsel

Een gordel van misschien wel honderden miljarden kometen is waarschijnlijk de oorzaak van grote hoeveelheden *waterdamp* rond de oude massieve ster *CW Leonis*. De waterdamp ontstaat door verdamping van ijs op het oppervlak van kometen rond de ster en is ontdekt met behulp van een spectrometer aan boord van de NASA-satelliet *SWAS* (*Submillimeter Wave Astronomy Satellite*). De ontdekking, de eerste van water in een mogelijk ander zonnestelsel, ondersteunt het idee dat er buiten ons eigen zonnestelsel leven mogelijk is. Er is wel al eerder water gevonden elders in het heelal, maar niet rond een ster. Misschien levert het CW Leonis-systeem een beeld van wat ons eigen zonnestel in de toekomst te wachten staat want over ongeveer vijf miljard jaar wordt onze zon net als CW Leonis een reuzenster.

↓ Een opmerkelijk beeld van de Hubble-ruimtetelescoop uit 2000 toont dat de kern van de komeet LINEAR herleid is tot een regen van mini-komeetjes, die hoogstens enkele tientallen meter groot zijn. De komeet brak uiteen rond 26 juli 2000. (NASA-STScI)

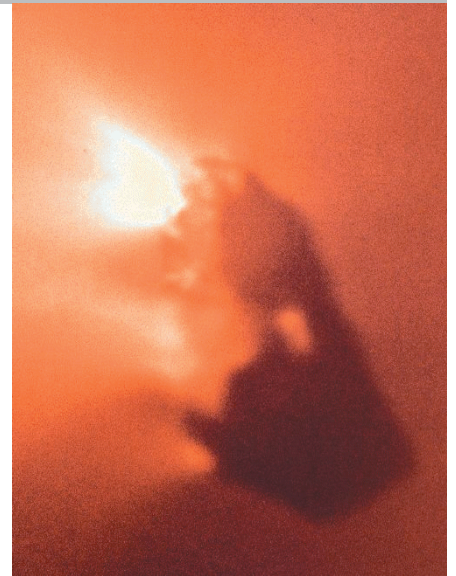
↑ Misschien hebben ook werelden rond andere sterren oceanen? Misschien bevindt zich rond de ster CW Leonis een wolk van kometen zoals de Kuipergordel in ons eigen zonnestelsel waarvan het waterijs verdamp. (NASA)

Jan Hendrik Oort (1900-1992) meende rond dezelfde tijd dat er in de verre regionen van het zonnestelsel 50.000 tot 100.000 keer verder van de zon dan de aarde een 'reservoir' van kometen moest bestaan, de *Oortwolk*. De hemellichamen in dat reservoir staan zo ver van de zon dat hun baan gemakkelijk kan verstoord worden door bijvoorbeeld een passerende ster. Af en toe krijgt een van deze verre kometen aldus een 'duw' naar de binnenste regionen van het zonnestelsel. Sommige komen op de zon terecht, andere passeren één keer rond de zon en komen nooit meer terug. De overige kometen blijven rond de zon draaien met een omlooptijd tussen 20 jaar en een miljoen jaar, afhankelijk van hun nieuwe baan. De Oortwolk wordt gezien als de bron van langperiodieke kometen (met een omloopbaan van meer dan 200 jaar) en van sommige kortperiodieke kometen (met een omloopbaan van minder dan 200 jaar).

Volgens schattingen zouden er zo'n triljoen kometen bestaan. Maar waarom zien we er

dan zo relatief weinig? Een verklaring is dat kometen, eenmaal hun vluchtige gassen zijn uitgeput, planetoïden worden. Maar daarvoor worden dan weer te weinig planetoïden ontdekt. Een nieuwe studie suggereert dat 99% van de kometen in stukken breekt, zoals dat bijvoorbeeld is gebeurd met de komeet *LINEAR* in 2000. Kometen die ontstaan in de meer nabije Kuiper gordel zouden dan weer minder vaak uiteenvallen. Ze hebben misschien een andere samenstelling dan de exemplaren die hun oorsprong in de Oortwolk hebben.

De ruimtesonde *ICE*, die in 1985 de komeet *Giacobini-Zinner* onderzocht en vooral de Europees-Japans-Russische armada van ruimtesondes naar de komeet Halley in 1986 leverden de eerste *in situ* waarnemingen van kometen op. Ze leverden nieuwe inzichten, maar ook nieuwe vragen. Het vuile sneeuwbal-model van Whipple bleek vrij goed te beschrijven wat kometen zijn. Ze bestaan uit een mengsel van ijs en stof, afkomstig van het ontstaan van het zonnestelsel.



↑ Deze foto is ruimtevaartgeschiedenis: de kern van de beroemde komeet Halley, op 14 maart 1986 gefotografeerd door de Europese ruimtesonde Giotto. (ESA)

Meteoroïden, meteorieten en *meteoren*

Het zonnestelsel heeft naast de zon, de planeten, de manen, de kometen en de planetoïden nog andere kleine leden: *meteoroiden* en *stofdeeltjes*. De meeste meteoroiden zijn heel klein en zijn waarschijnlijk ontstaan bij botsingen van planetoïden, maar hierover is nog veel discussie. De grens tussen wat precies een meteoroïde en een planetoïde is, is vrij wazig. Wanneer is een kleine planetoïde een meteoroïde of een grote meteoroïde een planetoïde? Sommige meteoroiden zijn in ieder geval voldoende groot om het aardoppervlak te bereiken wanneer ze in onze atmosfeer terechtkomen. De teruggevonden brokstukken noemt men *meteorieten*. Volgens hun samenstelling zijn ze in drie groepen onder te verdelen: *steenmeteorieten*, *ijzermeteorieten* en *steenijzermeteorieten*. Bij de meeste meteorieten is het moeilijk te achterhalen wat hun oorsprong is. Van sommige is omwille van hun heel bijzondere samenstelling geweten dat ze zo goed als zeker ooit deel uitmaakten van de planetoïde *Vesta*.

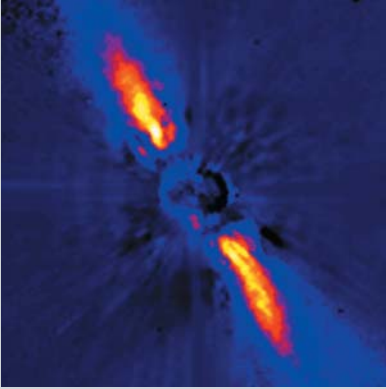
Een meteor of *vallende ster* (hoewel het verschijnsel niets met sterren te maken heeft) ontstaat wanneer een minuscule stofdeeltje in de atmosfeer duikt en een lichtend spoor trekt. Naar schatting komen per dag zo'n 25 miljoen meteoren in de atmosfeer terecht die met het blote oog kunnen gezien worden. Wanneer de aarde door de baan van een komeet passeert zien wij soms een heuse *meteorenregen*, afkomstig van losgekomen stofdeeltjes van een komeet. Sommigen meteorregen komen jaarlijks rond dezelfde periode terug. De bekendste meteorregen is die van de *Perseïden* rond 11 augustus. De aarde passeert dan door de baan van de komeet *Swift-Tuttle*.



↑ Deze meteoriet is afkomstig van de planetoïde Vesta. (NEMS)

↓ De stofschijf rond Beta Pictoris levert aanwijzingen voor een systeem van planeten rond de ster. (ESO)

Kometen rond andere **sterren**



In 2001 maakten onderzoekers bekend dat ze bewijzen hadden gevonden van de recente 'geboorte' van miljoenen kometen rond de nabije zeer jonge ster *Beta Pictoris* op een afstand van 60 lichtjaar van de aarde. Eerder hadden ze al aanwijzingen gevonden van het ontstaan van planeten rond *Beta Pictoris*. Het onderzoek werd uitgevoerd door een internationaal team van sterrenkundigen op basis van waarnemingen van de NASA-satelliet *Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer (FUSE)*.

Evolueren **kometen** toch?

Volgens een nieuw rapport zouden kometen toch niet helemaal primitieve en onaangepaste getuigen zijn uit de beginperiode van het zonnestelsel. Volgens *Alan Stern* van het *Southwest Research Institute* in Boulder, Colorado in de Verenigde Staten ondergaan kometen een aantal weliswaar kleine maar toch belangrijke veranderingen. Passerende sterren, interstellair stof en zelfs explosies van ver verwijderde sterren zouden het oppervlak van een komeet en hun inwendige structuur tot een diepte van wel 20 meter kunnen veranderen. Het idee dat kometen toch wel kunnen evolueren bestaat al zo'n dertig jaar, maar deze theorie krijgt de laatste jaren met de toenemende kennis over deze hemellichamen steeds meer aanhang.

Komeetachtige **planetoïden** en planetoïdeachtige **kometen**

Het is niet altijd duidelijk wanneer een hemellichaam als komeet of planetoïde moet beschouwd worden. Met onze voortschrijdende kennis wordt de grens tussen beide steeds vager. Zo was de komeet *Shoemaker-Levy 9*, die met Jupiter botste, misschien eerder een planetoïde. Hoewel kometen en planetoïden een verschillende oorsprong hebben, vertonen ze anderzijds een aantal gelijkenissen zoals hun weerkatsend vermogen en hun afmetingen. Een duidelijk kenmerk van een komeet is zijn staart, maar veel kometen hebben geen staart. Anderzijds zijn er planetoïden die zich als kometen gedragen. Ook de baan is geen referentie. Vroeger werden zeer elliptische banen met kometen geassocieerd, maar er zijn nu planetoïde-achtige objecten gevonden, zoals *Pholus*, die in een dergelijke baan rondraaien.

Een zeer mysterieus hemellichaam is *Chiron*, op 1 november 1977 ontdekt door *Charles Kowal*. *Chiron* is enerzijds net als kometen omgeven door een wazige coma van gas en stof, maar zijn afmetingen van rond 200 km maken hem eerder tot een planetoïde. Verder lijkt hij nog maar ten hoogste een paar miljoen jaar in zijn huidige sterk elliptische baan - ruwweg tussen de planeten Saturnus en Uranus - rond te draaien. Ondertussen zijn nog andere objecten als *Chiron* gevonden. Ze worden *Centaurs* genoemd, naar de half mens- en half paardachtige wezens uit de Griekse mythologie. Misschien zijn de *Centaurs* objecten die uit de Kuipergordel 'ontsnapt' zijn.

Sommige planetoïden zijn waarschijnlijk 'uitgedoofde' kometen. Misschien was bijvoorbeeld planetoïde *Phaethon* vroeger een komeet. Hij is verantwoordelijk voor de *Geminiden*-meteorregen. Dit lijkt ongewoon te zijn voor een planetoïde. Of *Phaethon* een komeet of een planetoïde is zal misschien pas duidelijk worden wanneer het bijzondere hemellichaam ooit door een ruimtesonde van nabij kan worden bestudeerd.

Maar sommige exemplaren kunnen echter beter als een ijzige bal van stof dan als een vuile sneeuwbal omschreven worden. 'We ontdekten dat een komeet niet echt een vuile sneeuwbal is aangezien hij vooral uit stof en minder uit ijs bestaat', zegt *Horst Uwe Keller* van het Duitse *Max Planck Institut für Aeronomie*. 'In plaats van bolvormig te zijn zoals een warme sneeuwbal is een komeetkern uitgerekt. De structuur van het binnenste van een komeet bestaat dus eerder uit stof dan uit ijs.'

Wanneer kometen in de buurt van de zon komen worden ze actief en nemen ze hun typische vorm als staartster aan. De eigenlijke komeet wordt gevormd door een kern van vast materiaal, die vooral uit ijs en stof bestaat. Hij wordt aan het oog onttrokken door een dichte wolk van water, koolstof-

dioxide en andere gassen die de *coma* wordt genoemd en een uiterst ijle *waterstofwolk* met een diameter van miljoenen kilometer. Heel typisch is de *staart* van de komeet. Die kan wel 10 miljoen km lang worden en bestaat uit stofdeeltjes die vanuit de kern door ontsnappend gas naar buiten worden gestoten. Bij heldere kometen is deze staart heel duidelijk met het blote oog te zien. Verder is er nog een *gasstaart* van plasma van wel 100 miljoen km lang.

Telkens wanneer een komeet in de buurt van de zon passeert verdampt een deel van het ijs. Uiteindelijk blijft een planetoïde-achtig object over. Waarschijnlijk zijn een groot deel van de planetoïden die de aarde dicht naderen dergelijk 'dode' kometen. Soms komt een komeet op een heel dramatische wijze aan zijn einde door als een kamikaze op de

zon te storten. Zo sloeg komeet *Shoemaker-Levy 9* in 1994 in op de planeet Jupiter. Dat leverde heel dramatische beelden op.

Kometen verbergen nog veel geheimen. *'We hebben over kometen meer theorieën dan feitelijke kennis'*, aldus *Joseph Veverka*, hoofdonderzoeker van het Amerikaanse komeetproject *Contour*. Zo toonde de flyby van de Amerikaanse sonde *Deep Space 1* voorbij de komeet *Borrelly* aan dat deze komeet een

heet en droog oppervlak heeft. *Deep Space 1* vond geen bevroren water op het oppervlak van de komeet. *'Het verbaasde ons dat we geen sporen van waterijs op het oppervlak vonden'*, zegt *Laurence Soderblom* van de U.S. Geological Survey. *'We weten dat het ijs er wel is, maar het zit verborgen onder het oppervlak.'* Het onderzoek van de komeet *Borrelly* is slechts één voorbeeld van de verrassingen die het komeetonderzoek ongetwijfeld nog voor ons in petto heeft.

Kosmische *tankstations* en waterputten

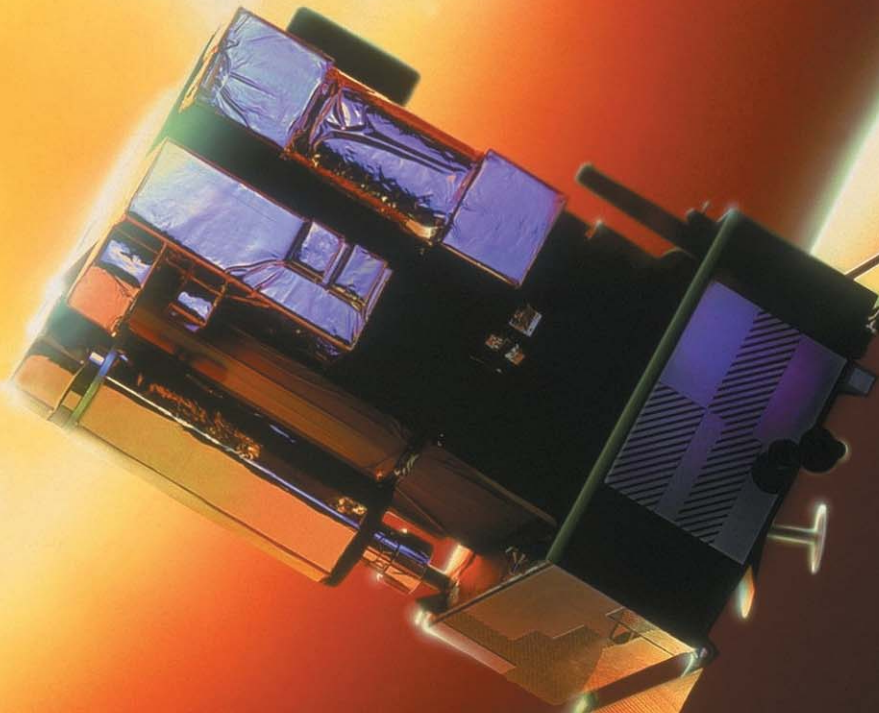
Kometen kunnen een belangrijke rol spelen bij de toekomstige kolonisatie van het zonnestelsel door de mens. Dat denkt *Donald Yeomans* van het *NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL)* in Pasadena in Californië. *'Wanneer we het zonnestelsel willen koloniseren hebben we ruwe materialen nodig om structuren in de ruimte te bouwen. En we zullen water nodig hebben. De massa van een komeet bestaat voor de helft uit water. Dat kan je opsplitsen in waterstof en zuurstof en die kunnen als raketbrandstof gebruikt worden'*, aldus *Yeomans*. *'Ooit kunnen kometen dus dienst doen als tankstations en waterputten bij interplanetaire kolonisatie.'*



↑ Toekomstige expeditie naar Mars. Misschien zorgen kometen ooit voor raketbrandstof. (ESA)

Kamikaze-kometen : sungrazers en sunstrikers

Sungrazers zijn kometen die heel dicht in de buurt van de zon terechtkomen. Satellieten voor waarneming van de zon zoals *SOHO* hebben al honderden sungrazers ontdekt. Af en toe nemen ze een *sunstriker* waar die op de zon terechtkomt. Sommige kometen vallen voor het zover is in stukken uiteen. De Duitser *Carl Heinrich Friedrich Kreutz* (1854-1907) merkte op dat verschillende kometen die de zon dicht naderen gelijkaardige baanelementen hadden. Deze zogenaamde *Kreutz*-groep van sungrazers is waarschijnlijk afkomstig van een enorme moederkomeet, misschien de komeet die volgens de Griekse astronoom *Ephorus* in 372 voor Christus in twee stukken brak die later nog verder uiteenvielen. De moederkomeet was misschien wel 100 km groot, 10 tot 20 keer groter dan een gewone komeet, waarmee het een reus onder de kometen zou geweest zijn. De heldere komeet *Ikeya-Seki* uit 1965 was ook een lid van deze groep. De meeste *Kreutz*-kometen werden ontdekt door *SOHO*.



↑ *SOHO* bevindt zich op 1,5 miljoen kilometer van de aarde en bekijkt vanuit die positie permanent de zon. Het project is een samenwerking tussen *ESA* en de *NASA*. De satelliet werd gebouwd in Europa. (*ESA*)

Dossier De kleine leden van ons zonnestelsel

4. Onderzoek *in situ*

Hoe kan je meer over een hemellichaam te weten komen dan het van nabij te bestuderen? Verschillende ruimtetuigen hebben in het verleden kometen en planetoïden bestudeerd of zullen dat weldra doen. Het bijzondere Europese Rosetta-project krijgt in het volgende hoofdstuk aandacht. In dit hoofdstuk geven we een overzicht van voorbije en geplande projecten. Het jaartal tussen haakjes is het jaar van lancering.

Kosmische verkenners naar kometen en planetoïden



↑ ICE bestudeerde als eerste sonde twee kometen. (NASA)

International Cometary Explorer (1978)

Oorspronkelijk was dit NASA-ruimtetuig bekend als de *International Sun-Earth Explorer 3 (ISEE 3)*. Na zijn oorspronkelijke opdracht, onderzoek van de wisselwerking tussen de aarde en de zon, kreeg hij zijn nieuwe naam *ICE* en passeerde door de staart van de komeet Giacobini-Zinner op 11 september 1985.

Hij nam in maart 1986 de komeet Halley waar vanop 28 miljoen km en werd de eerste sonde die twee kometen bestudeerde. Hij ging daarbij vooral na wat de invloed is van de zonnewind op kometen.

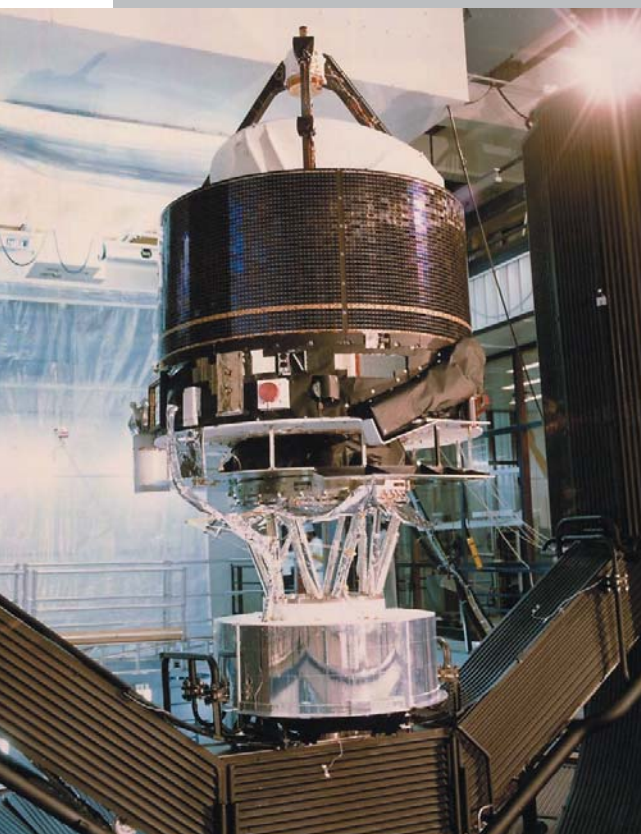
Vega 1 en Vega 2 (1984)

Deze twee Russische sondes naar Venus en de komeet Halley (*Vega* staat voor *VE*nus en *GA*lley, het Russisch kent geen 'h') werden gelanceerd vanaf de kosmodroom Bajkonoer in Kazachstan op 15 en 21 december 1984. Naast de toenmalige Sovjetunie namen nog andere landen en organisaties aan dit project deel. Op 11 en 15 juni 1985 passeerden de sondes de planeet Venus, waar ze ballons en landers afleverden. Op 6 en 9 maart 1986 vlogen Vega 1 en 2 op respectievelijk 8890 en 8030 km voorbij de komeet Halley. Ze namen foto's van de komeet en voerden 13 wetenschappelijke

experimenten uit. De waarnemingen van Vega 1 en 2 werden gebruikt om de Europese sonde *Giotto* te leiden naar zijn close encounter met komeet Halley.

Sakigake en Suisei (1985)

Deze twee Japanse sondes van het *Institute of Space and Astronautical Science (ISAS)* gingen respectievelijk op 7 januari 1985 en 18 augustus 1985 van op het Kagoshima Space Center op weg. *Suisei* ('Komeet') naderde de komeet Halley op 8 maart 1986 tot een afstand van 151.000 km en maakte beelden in het ultraviolet. Op de boordapparatuur na was *Sakigake* ('Pionier', oorspronkelijk MS-T5) identiek aan



← Giotto tijdens de voorbereiding van een test bij Intespace in Toulouse, Frankrijk. (ESA)



Suisei. Hij kwam op 11 maart 1986 tot iets minder dan 7 miljoen km van komeet Halley en bestudeerde onder meer de zonnewind en het interplanetair magnetisch veld. Normaal moesten de sondes in 1998 nog de komeet Giacobini-Zinner onderzoeken maar door brandstoftekort kon dit niet doorgaan.

Giotto (1985)

De eerste sonde die een komeet van zeer dichtbij onder de loep nam was Europees. *Giotto* werd gelanceerd vanop de Europese ruimtehaven in Kourou op 2 juli 1985. In de nacht van 13 op 14 maart 1986 vloog Giotto voorbij de komeet *Halley* op een afstand van amper 600 km. Zijn opnamen toonden met details van amper 50 meter een donker aardappelvormig object, met aan de langs de zon verlichte en warmere zijde heldere *jets* die gas en stof de ruimte inspuwen. Velen dachten dat daarmee de opdracht van Giotto zou zijn afgelopen en dat hij zijn passage van de komeet

niet zou overleven. Maar de inslagen van stofdeeltjes die de sonde als kogels bestormden beschadigden hem slechts gedeeltelijk. Hij kon aldus op 10 juli 1992 nog een kosmisch rendez-vous uitvoeren, deze keer met de komeet *Grigg-Skjellerup* waar hij op amper 200 km afstand voorbijaasceerde. Een opmerkelijke wetenschappelijke bonus van een heel bijzondere ruimtesonde.

Galileo (1989)

De Amerikaanse Jupitersonde *Galileo* werd gelanceerd op 18 oktober 1989 en kwam op 7 december 1995 bij Jupiter aan. Vanuit een baan rond Jupiter heeft Galileo gedurende bijna acht jaar spectaculaire opnamen gemaakt van de planeet en zijn manen. Onderweg naar Jupiter passeerde Galileo op 29 oktober 1991 de planetoïde *Gaspra* op een afstand van 1600 km en 28 augustus 1993 de planetoïde *Ida* op 2400 km. Het was voor het eerst dat planetoïden van dichtbij werden gefotografeerd.

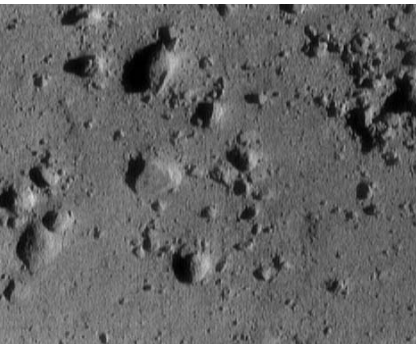
↗ Galileo-opname in valse kleuren van planetoïde 243 Ida op een afstand van 10500 kilometer. Rechts is het kleine satellietje Dactyl van Ida te zien. (NSSDC)

← Het oostelijk (boven) en westelijk halfrond van Eros, gefotografeerd door NEAR. Op het westelijk halfrond valt vooral de krater Psyche op, die een diameter heeft van ongeveer vijf kilometer. (NASA)

Gaia: blik op een blinde vlek

Sommige ruimteprojecten bekijken planetoïden niet *in situ*, maar leveren toch een belangrijke bijdrage tot onze kennis van deze hemellichamen. Zo bijvoorbeeld het *Gaia*-project van ESA. Heel wat planetoïden die zich vanop aarde gezien dicht bij de zon bevinden zijn zo goed als niet waarneembaar. *Gaia* zal wel in deze "blinde vlek" kunnen kijken en de banen van de zogenaamde *Aten*-planetoïden waarnemen. *Gaia* moet rond 2012 gelanceerd worden. Zelfs als tegen die tijd de *Aten*-planetoïden beter vanop de aarde kunnen worden waargenomen, zullen de gegevens van *Gaia* nog 30 keer nauwkeuriger zijn en dat is van belang om te bepalen of een planetoïde een bedreiging vormt voor de aarde.

↓ Eros, gefotografeerd door NEAR vanaf... 250 meter. De diagonaal van het beeld is 12 meter. (NASA)



↓ Zo maakte NEAR vanuit zijn baan rond Eros een landing op de planetoïde. (NASA)



Galileo ontdekte dat Gaspra een onregelmatige vorm heeft (19 x 12 x 11 km) en kon de planeetoïde langs alle zijden waarnemen. Gaspra bleek weinig grote kraters te hebben. Ook Ida bleek een onregelmatige vorm te hebben (58 x 23 km). Tot grote verrassing toonden de opnamen van Ida een klein maantje van amper 1,5 km dat de naam *Dactyl* kreeg en dat op 100 km van het centrum van Ida draait.

Near Earth Asteroid Rendezvous Shoemaker (1996)

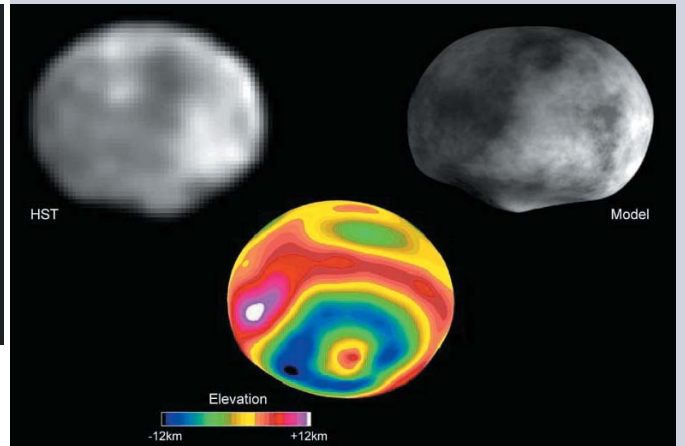
Op 12 februari 2001 maakte de Amerikaanse sonde *NEAR Shoemaker* (naar astronoom *Eugene Shoemaker*) een zachte landing op de planetoïde Eros. Dat was op zijn minst zeer opmerkelijk want NEAR was hierop helemaal niet voorzien! Gedurende nog twee weken daarna stuurde de sonde waardevolle info over Eros naar de aarde. Eerder had NEAR Eros al gedurende een jaar uitgebreid bestudeerd vanuit een baan om de planetoïde, een priemeur. Hij maakte daarbij duizenden opnamen die nog jaren zullen bestudeerd worden. NEAR was op 17 februari 1996 gelanceerd en vloog op 27 juni 1997 de in 1885 ontdekte planetoïde

Mathilde (diameter 61 km) voorbij. Daarna ging hij op weg naar Eros en kwam in februari 2000 in een baan om de planetoïde. Eros is 33 km lang en 13 km breed en werd in 1898 ontdekt. Het hemellichaam is naar schatting 4 miljard jaar oud en is waarschijnlijk een overblijfsel van een grotere planetoïde die na een botsing met een andere planetoïde in stukken is gebroken. Maar ook hier *'lost en gevonden'*, aldus NEAR-projectwetenschapper *Andrew Cheng*.

Cassini (1997)

Op 15 oktober 1997 werd de sonde *Cassini* gelanceerd, die in juli 2004 bij de planeet Saturnus moet aankomen. Hij heeft ook de Europese module *Huygens* aan boord die in januari 2005 een landing moet maken op de Saturnusmaan Titan. Op 23 januari 2000 passeerde *Cassini* op weliswaar grote afstand (1,5 miljoen km) de planetoïde *Masursky*, maar toch leverde de passage nieuwe gegevens op. De door *Cassini* gefotografeerde planetoïde bleek 15 tot 20 km groot te zijn. En hoewel de opnamen van *Masursky*, ontdekt op 3 mei 1981, niet zo spectaculair waren als de Galileo-beel-

Vesta: eerst de meteorieten, dan de moederplanetoïde



↑ Opname van Vesta (links) door de Hubble Space Telescope (mei 1996). Daaruit werd een computermodel van Vesta samengesteld (rechts) en een kaart van het reliëf (midden). (STScI)

Vesta is de helderste planetoïde in het zonnestelsel en soms zelfs zichtbaar met het blote oog. Hij werd op 29 maart 1807 als vierde planetoïde ontdekt door *Heinrich Wilhelm Matthäus Olbers*. Hij draait rond de zon in 3,6 jaar. Net als Ceres is *Vesta* zo interessant omdat de meeste andere planetoïden overblijfselen zijn van grotere planetoïden, die vernietigd werden bij catastrofale botsingen. Sterrenkundigen beschikken reeds over stukjes van *Vesta*. Ze zijn als meteorieten op de aarde gevallen. Ze suggereren dat *Vesta* ontstond uit stof in de zonnenevel binnen de eerste 5 tot 15 miljoen jaar waarin het zonnestelsel ongeveer 4,6 miljard jaar geleden werd geboren. Ook Ceres zou in die periode ontstaan zijn, maar er zijn nog geen meteorieten afkomstig van Ceres gevonden. *'Een ruimtemissie naar Vesta zal ons het algemene beeld opleveren waarbinnen deze stukjes ter grootte van een hand passen. Het is alsof we eerst van een dier het haar, de nagels en de beenderen hebben bestudeerd en daarna het hele dier voor het eerst in zijn geheel bestuderen'*, aldus de Dawn-projectwetenschappers.

den van *Gaspra* en *Ida*, suggereerden ze dat *Masursky* een andere samenstelling bleek te hebben dan verwacht.

Deep Space 1 (1998)

DS 1 werd op 24 oktober 1998 gelanceerd met de bedoeling 12 nieuwe geavanceerde technologieën in de ruimte te testen, ontwikkeld in het kader van het *New Millennium*-programma van



- ↑ Deep Space 1 wordt klaargemaakt voor de lancering. (NASA)
- Deep Space 1 vloog in 2001 voorbij de komeet Borrelly. (NASA)

de NASA. Op 28 juli 1999 vloog Deep Space 1 voorbij de planeetoïde *Braille* op slechts 26 km boven het oppervlak. Hij voerde met veel succes metingen uit van de samenstelling, afmetingen, helderheid en vorm van *Braille*, die goed lijkt op de planeetoïde *Vesta*. Spijtig genoeg leverde de passage geen spectaculaire beelden op aangezien de sonde door een richtprobleem pas na de passage enkele opnamen kon maken.

Deep Space 1 vloog op 22 september 2001 op een afstand van 2171 km met een snelheid van 16,5 km per seconde voorbij de kern van de komeet *Borrelly*. De onderzoekers waren bijzonder tevreden, want de flyby was eigenlijk maar een wetenschappelijke bonus waarbij Deep Space 1 de beste beelden ooit van een komeet maakte. Daaruit bleek dat de komeet een heet en droog oppervlak heeft. Deep Space 1 werd op 18 december 2001 uit dienst genomen.

Stardust (1999)

De Amerikaanse sonde *Stardust* werd op 7 februari 1999 gelan-

ceerd en moet stofdeeltjes verzamelen tijdens een close encounter met *komeet Wild 2* en ze voor onderzoek terug naar de aarde brengen. Op 2 januari 2004 moet hij op minder dan 150 km van de komeet passeren. Hij zal beelden maken, de deeltjes tellen die inslaan op de sonde en ze in real time analyseren. Hij zal door de coma van de komeet passeren en daarbij stofdeeltjes verzamelen die met een speciale *Sample Return Capsule* in januari 2006 naar de aarde worden gebracht op de *Utah Test and Training Range* van de U.S. Air Force. Op 2 november 2002 passeerde *Stardust* op 3300 km afstand de planeetoïde *Annefrank*. Daarbij testte hij een aantal procedures die hij ook bij *komeet Wild 2* moet uitvoeren. *Annefrank* bleek ongeveer acht km lang te zijn, dubbel zo groot als gedacht.

Contour (2002)

Op 3 juli 2002 werd de Amerikaanse sonde *Contour* gelanceerd, maar op 15 augustus 2002 ging het contact verloren. Nadat hij zich met behulp van zijn motor vanuit een baan om de aarde op weg had moeten

begeven werd geen signaal meer bekomen. Opnamen van de sonde, gemaakt van op de aarde, suggereren dat *Contour* in stukken is gebroken.

De mislukking is een zware tegenslag voor het kometenonderzoek. *Contour* had twee heel verschillende kometen moeten bestuderen om na te gaan hoe deze hemellichamen evolueren wanneer ze dicht bij de zon komen. Eerst moest hij een 15 maanden durende tocht naar *komeet Encke* maken waar hij in november 2003 op een afstand van 100 km had moeten passeren en daarna een trip van twee en een half jaar naar *komeet Schwassmann-Wachmann 3* in juni 2006, een jongere en actievere komeet. Normaal had de *Contour*-missie in september 2006 ten einde moeten lopen en er was zelfs een mogelijkheid voorzien om hem eventueel nog naar andere kometen te sturen.

Hayabusa (2003)

Hayabusa (vroeger bekend als *Muses C*) is een sonde van het Japanse *Institute of Space and Astronautical Science (ISAS)* en

↓ Samengestelde foto van de kern van de komeet *Borrelly*, gefotografeerd door Deep Space 1 op 22 september 2001 op een afstand van 4800 kilometer, en de coma van stof en gassen rond de kern. De kleuren zijn vervalsd om details beter te doen uitkomen. (NASA)

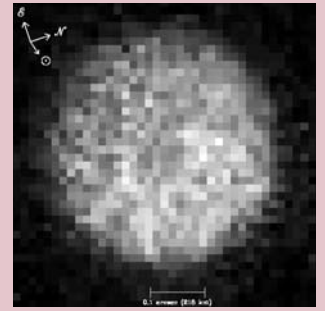


Ceres: de eerste, maar niet meer de grootste

Twee eeuwen lang was het het grootst bekende rotsblok in het zonnestelsel maar *Ceres*, de eerst ontdekte planetoïde ooit en reisdoel van de *Dawn*-missie, is zijn status kwijtgespeeld. In de Kuiper-gordel in de buitenste regio's van het zonnestelsel zijn sinds 2001 een aantal hemellichamen ontdekt die groter zijn dan Ceres. Het in 2002 ontdekte Kuiper-object *Quaoar* bijvoorbeeld draait 1 miljard km voorbij Pluto rond de zon en heeft een diameter van 1300 km. Het is het grootste object dat in ons zonnestelsel werd gevonden sinds de ontdekking van Pluto in 1930.

Ceres heeft een diameter van ongeveer 930 km. Het is een zeer primitieve planetoïde. Hij heeft misschien - zeer uitzonderlijk voor een planetoïde - een ijle atmosfeer en ijs op het oppervlak en infrarode waarnemingen vanop de aarde tonen aan dat hij een warm oppervlak heeft. De Amerikaanse ruimtesonde Dawn gaat hem in 2014 van nabij bekijken. Ceres is ook waarge-

nomen met de Hubble Space Telescope. De waarnemingen van Hubble tonen op het oppervlak van Ceres een grote vlek. Misschien is het een krater, ontstaan toen een andere planetoïde tegen Ceres aanvloog. Of het is gewoon meer donkere materie op het oppervlak van de planetoïde. *'Dawn zal de voorwaarden en processen van planeetvorming in het beginstadium van ons zonnestelsel bestuderen door twee van de grootste planetoïden te bestuderen die deze tijd hebben overleefd'*, zegt Dawn-projectwetenschapper Mark Sykes. *'Ceres heeft een diameter die meer dan een vierde bedraagt van de diameter van de maan, is rijk aan water en heeft zijn oorspronkelijke samenstelling behouden. Misschien vinden er wel heel bijzondere hydrologische processen plaats die poolkappen doen ontstaan. Misschien is er wel vloeibaar water onder het oppervlak. En Ceres heeft mogelijk ook een dunne atmosfeer, in tegenstelling tot de andere kleine planeten.'*



↑ Zo zag de Hubble-ruimte-telescoop in 2001 Ceres, niet met heel veel details maar toch voldoende om onder meer een grote donkere vlek met een diameter van 250 kilometer (in het midden van het beeld) te onthullen. Misschien is het een inslagkrater, maar zeker is dat niet. (STScI)

werd gelanceerd op 9 mei 2003 vanaf de basis Kagoshima. De belangrijkste wetenschappelijke doelstelling van de missie is het verzamelen van bodemstalen van de planetoïde *1998 SF36* en het vervolgens terugbrengen van dit staal naar de aarde voor analyse. Aanvankelijk had hij moeten vertrekken naar de planetoïde *Nereus*, maar de lancering werd uitgesteld door problemen met de lanceerraket M-V.

Hayabusa, die is uitgerust met een elektrische ionenmotor, komt in juni 2005 bij de planetoïde aan. Hij zal eerst de planetoïde gedurende een drietal maanden bestuderen en in kaart brengen van op een afstand van 20 km. Daarna zal hij op drie plaatsen stalen van het oppervlak nemen. De stalen zullen een totale massa hebben van ongeveer één gram - weinig in hoeveelheid, maar wetenschappelijk wel enorm betekenisvol - en worden opgeborgen in een terugkeercapsule met een massa

van 20 kilogram, een diameter van 40 centimeter en een hoogte van 25 centimeter.

Tegen het eind van 2005 begint Muses C aan de reis terug naar de aarde. Op een afstand van 300.000 tot 400.000 km van de aarde wordt de terugkeercapsule van de moedersonde afgestoten. Hij zal in juni 2007 in de atmosfeer van de aarde duiken en met een parachute op de grond terechtkomen bij Woomera in Australië.

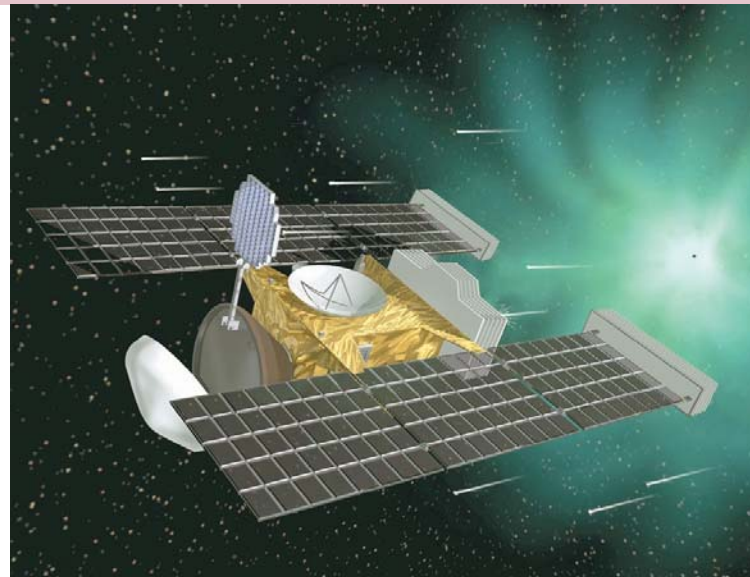
Rosetta (2004)

Zie uitvoerige beschrijving in het volgend hoofdstuk.

Deep Impact (2004)

In december 2004 lanceren de Amerikanen met een Delta II-raket een heel bijzondere ruimtesonde. *Deep Impact* zal begin

- Stardust ontmoet de komeet Wild 2 begin 2004. (NASA)
- ➔ Contour had twee heel verschillende kometen moeten onderzoeken. (NASA)





- ↑ Assemblage van de 'impactor' van Deep Impact. (NASA)
- Een oude droom die misschien in 2015 waarheid wordt: de New Horizons-sonde heeft een rendez-vous met Pluto. (JHUAPL-SwRI)



juli 2005 vanop een afstand van 885.000 km een zogenaamde *impactor* van 350 kilogram op de *komeet Tempel 1* afvuren. Een dag later zal die met volle kracht op het door de zon verlichte deel van de komeetkern terechtkomen en een spectaculaire krater veroorzaken, misschien wel zo groot als een voetbalveld en twee tot veertien verdiepingen diep. Dat moet de eerste beelden opleveren van wat er onder het oppervlak van een komeet te zien is. Andere gegevens moeten aanwijzingen geven over het ontstaan van het zonnestelsel en over de gevolgen van de mogelijke inslag van een komeet op de aarde. Deep Impact zal de komeet Tempel 1 als het ware een slag geven met een energie die overeenkomt met 4,5 ton TNT. Het moet een staaltje van uiterste precisie worden: een komeet van minder dan 5 km groot treffen vanop een afstand van miljoenen kilometer. De impactor zal dan ook gebruik maken van uiterst nauwkeurige navigatie-technieken, die eerder ontwikkeld werden voor de missie *Deep Space 1* naar komeet Borrelly. Het controlesysteem zal de impactor op weg naar de inslag op goede koers houden.

New Horizons Pluto-Kuiper Belt Mission (2006)

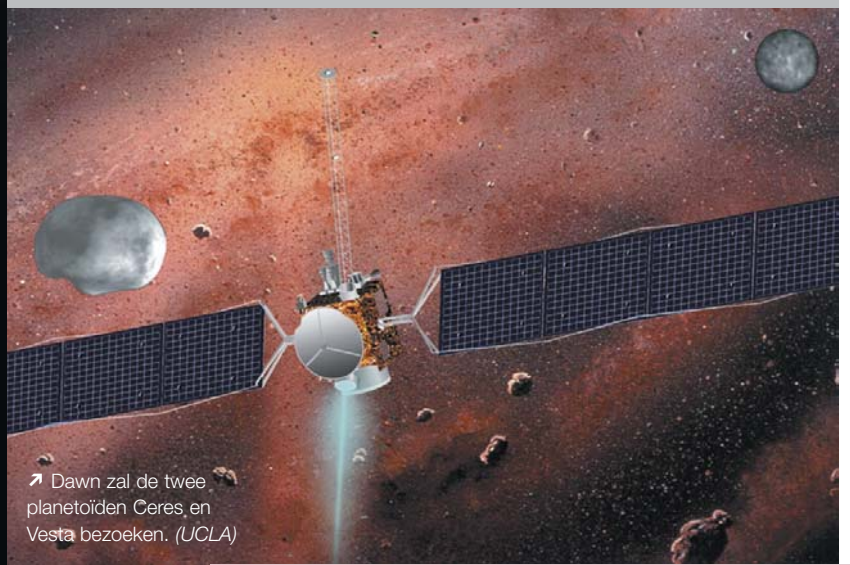
Het heeft heel wat voeten in de aarde gehad om dit project gefinancierd te krijgen. Deze missie moet de werelden aan de rand van het zonnestelsel bestuderen, een oude droom van astronomen. De planeet *Pluto* (diameter 2370 km) is de laatste die nog niet van dichtbij bezocht werd door een sonde. Samen met zijn maan *Charon* (diameter 1250 km), die heel anders is dan Pluto, vormt hij de enige echte dubbelplaneet in het zonnestelsel. Pluto en Charon werden resp. in 1930 en 1978 ontdekt. Charon staat op een afstand van 20.000 km van Pluto.

Het is belangrijk dat Pluto en Charon zo snel mogelijk bereikt worden. In 1989 bereikte Pluto in zijn baan het dichtste punt bij de zon. Sindsdien neemt de afstand tot de zon weer toe. Naar verwachting zal zijn atmosfeer 'uitvriezen' en men wil er geraken wanneer er nog een relatief dikke atmosfeer is. Een andere reden heeft te maken met het feit dat men een zo groot mogelijk deel van Pluto en Charon in kaart wil brengen.

De missie moet in januari 2006 van start gaan (lancering met een Atlas v-raket) en via een ommetje langs Jupiter in februari 2007 in juli 2015 bij Pluto en Charon aankomen. De sonde moet Pluto op een afstand van 9600 km en Charon op 27000 km passeren. Foto's moeten details van 60 meter onthullen. Daarna moet het ruimtetuig nog verder doordringen in de Kuiper gordel en er één of meerdere objecten van dichtbij onderzoeken. Dat zou voor 2026 moeten gebeuren.

Dawn (2006)

Het *Office of Space Science* van de NASA keurde een heel bijzondere *Discovery* mission goed die in mei 2006 moet gelanceerd worden. Het *Discovery Program* van de NASA houdt relatief goedkope, zeer specifieke en snel ontwikkelde ruimtetuigen in. *Dawn* ('Dageraad') is een missie naar de planetoïden *Ceres* en *Vesta*. Merkwaardig is dat de sonde in een baan rond elk van deze twee hemellichamen zal worden gebracht. Hij zal eerst een rendez-vous hebben met *Vesta* in juli 2010 en in een baan om de planeet



➤ Dawn zal de twee planetoïden Ceres en Vesta bezoeken. (UCLA)

toïde komen. Daarna zal hij gedurende een jaar de structuur en samenstelling van Vesta bestuderen. In juli 2011 verlaat Dawn zijn baan rond Vesta voor een drie jaar durende tocht naar Ceres, die hij tussen augustus 2014 en juli 2015 vanuit een baan errond onderzoekt. Daarna kan hij nog andere hemellichamen in de planetoïdengordel gaan onderzoeken.

Het doel van Dawn is beter de omstandigheden en processen te begrijpen tijdens de beginjaren van het zonnestelsel. *'Ceres en Vesta zijn twee van de grootste nog onverkende werelden in het zonnestelsel. We zullen meer te weten komen over de vorming van de planeten dan voordien'*, aldus Sarah Gavid, projectmanager bij het Jet Propulsion Laboratory in Californië.

Dawn zal met ionenvoortstuwing naar de planetoïdengordel vliegen. Hij is de eerste zuiver wetenschappelijke missie die dat zal doen, gebruik makend van geavanceerde technologie die werd gebruikt bij *Deep Space 1*.

Ceres en Vesta zijn de grootste protoplaneten, in feite babypla-

neetjes die zich als gevolg van de vorming van de grootste planeet Jupiter niet verder konden ontwikkelen. Er zijn drie belangrijke wetenschappelijke drijfveren voor deze missie:

- *onderzoek van de vroegste momenten in de geschiedenis van ons zonnestelsel*, dat ons beter kan doen begrijpen hoe de hemellichamen in het zonnestelsel ontstonden;
- *bepalen van de bouwstenen* waaruit de 'aardse' planeten ontstonden en een beter begrip van hoe die bouwstenen ontstonden;
- *onderzoek van het ontstaan en de evolutie van twee planetoïden* die een heel andere geschiedenis kenden.

Dawn wordt als een brug gezien tussen de verkenning van de rotsachtige hemellichamen in het binnenste deel van het zonnestelsel en de ijzige buitenste regionen van het zonnestelsel. Het project wordt ook als een afsluiting gezien van een eerste fase van de verkenning van het binnenste deel van het zonnestelsel en een aanvulling van het eerder onderzoek van de planeten Mercurius, Venus, de aarde en Mars.

Commerciële **belangstelling**

Het Amerikaanse bedrijf *Space Dev* stelt een *commercieel* programma voor om planetoïden te verkennen met als naam *Near Earth Asteroid Prospector (NEAP)*. Beelden en wetenschappelijke gegevens zouden daarbij op commerciële basis worden aangeboden aan de NASA, universiteiten en andere geïnteresseerden. De kosten voor het programma zouden minder dan 50 miljoen dollar kunnen bedragen.

'SpaceDev wil zo snel mogelijk missies uitvoeren zoals NEAP, maar er is nog geen datum vastgesteld omdat er nog geen financiering is', zegt stichter en voorzitter van SpaceDev *Jim Benson*. *'Maar dat zal zeker gebeuren'*, klinkt hij verzekerd.

NEAP is de eerste commerciële *deep space* missie die SpaceDev heeft ontworpen. In 1997 werd het project opgevat als een minisatelliet van 350 kilogram, te lanceren met een Russische *Eurokot*-raket. Daarna evolueerde het ontwerp naar een microsatteliet van 200 kilogram die als een bijkomende nuttige lading met een Europese *Ariane 5* kan worden gelanceerd, het gevolg van een contract van het Jet Propulsion Laboratory (JPL) waarbij SpaceDev micromissies naar Mars met een maximale kostprijs van 50 miljoen dollar bestudeerde. Daarna bleek dat hetzelfde ontwerp ook kan gebruikt worden voor andere missies in het zonnestelsel, waaronder naar planetoïden. Afhangende van zijn reisdoel kan NEAP binnen drie tot vijf jaar worden gelanceerd.

Dat de plannen van SpaceDev geen dromen hoeven te blijven bewijst de onlangs gelanceerde satelliet CHIPSat die door SpaceDev voor de NASA werd ontworpen, gebouwd en getest en gevolgd wordt. CHIPSat hangt voor 100% af van het internet. Hij kan vanaf elke laptop om het even waar in de wereld worden gevolgd. De kosten voor CHIPSat bedragen ongeveer 6 miljoen dollar, een habbekrats in de ruimtevaart. SpaceDev ontwikkelde en testte ook een hybride motor voor SpaceShipOne, een ontwerp voor bemande suborbitale ruimtemissies.

Meer over de plannen van SpaceDev op www.spacedev.com

Dossier De kleine leden van ons zonnestelsel

5. De Europese Rosetta-missie

Een blik op 4,6 miljard jaar geschiedenis

Een heel fundamentele vraag die nog altijd op een antwoord wacht is of het leven op aarde misschien door kometen werd uitgezaaid. Een Europese sonde van drie ton zal het antwoord helpen vinden. Rosetta zal terugblikken op de tijd toen er nog geen planeten bestonden en alleen een grote zwerm planetoïden en kometen de zon omgaven.



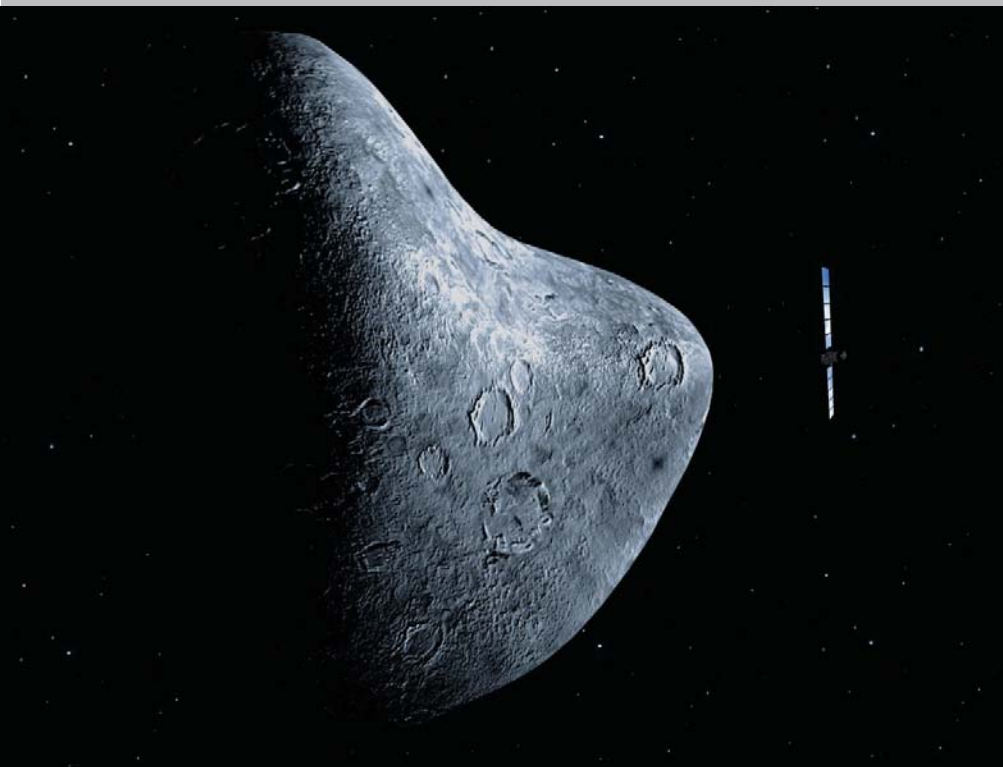
Rosetta bestaat uit een grote *orbiter* die gedurende tien jaar op grote afstand van de zon operationeel moet zijn en een kleine *lander*. Ze hebben wetenschappelijke experimenten aan boord die de meest gedetailleerde studie van een komeet ooit moeten uitvoeren.

Rosetta moest normaal in januari 2003 met een *Ariane 5*-raket worden gelanceerd vanaf Europa's ruimtehaven in Kourou in Frans Guyana. Hij zou op weg gaan naar de komeet *Wirtanen* en voorbij de planetoïden *Otawara* en *Siwa* vliegen. Maar een mislukte lancering van een nieuw type Ariane 5 (vlucht 157)

eind 2002 stak stokken in de wielen. Rosetta bleef aan de grond en moet nu in februari 2004 worden gelanceerd. In mei 2003 kreeg hij een nieuw reisdoel: de komeet *Churyumov-Gerasimenko*. Alleen al het kunnen bereiken van deze komeet vergde een volledig herontwerp van het vluchtplan. Indien Rosetta ook zijn nieuwe kans mist is er nog een lanceerpoging in februari 2005 mogelijk.

Met een lancering in februari 2004 zal Rosetta in 2014 in een baan om de komeet komen en een kleine lander op de kern van de komeet neerzetten. Churyumov-Gerasimenko is aanzienlijk groter dan Wirtanen,

➤ Omdat Rosetta zich relatief ver van de zon begeeft is de sonde uitgerust met grote zonnepanelen. (ESA)



Een kosmische steen van Rosetta

ESA's kometenmissie is genoemd naar de beroemde *Steen van Rosetta* in het British Museum te Londen, waarmee de hiërogliefen werden ontcijferd en de geheimen van het oude Egypte werden ontdekt. *Op dezelfde manier zal de sonde Rosetta levensbelangrijke aanwijzingen leveren aan wetenschappers die de geheimen willen ontdekken van hoe de planeten werden gevormd en van de oorsprong van het leven zelf*, zo wordt het bij ESA omschreven.

← Mogelijk zal Rosetta tijdens zijn tocht naar de komeet Churyumov-Gerasimenko ook een of twee planetoïden onderzoeken, zoals dat volgens zijn oorspronkelijke reisplan voorzien was. (ESA)

de kern van de komeet is waarschijnlijk ongeveer tien kilometer groot, zodat ook hier de missie grondig moest worden herbekeken. Vervolgens zal Rosetta gedurende een jaar de komeet vergezellen in haar baan naar de zon toe en nog eens een half jaar wanneer het hemellichaam zich terug van de zon verwijderd.

Hij zal dan vanuit zijn baan rond het hemellichaam kunnen onderzoeken hoe een komeet in bevroren toestand verandert onder invloed van de warmte van de zon. De instrumenten aan boord zullen de stof- en gasdeeltjes onderzoeken rond de komeet en hun wisselwerking met de zonnwind, de stroom van geladen deeltjes die de zon gestaag de ruimte instuurt. Ze zullen bekijken hoe actief de komeet wordt en misschien kunnen afleiden hoe hij ontstaan is. Ze zullen de kern van de komeet 100 keer scherper fotograferen dan Giotto de komeet Halley destijds in 1986. Op weg naar Churyumov-Gerasimenko moet Rosetta ook minstens één planetoïde onderzoeken. Ook hier viel het oorspronkelijk rendez-vous met Otagawa en Siwa uit de boot en moeten de vluchtplanners nieuwe planetoïden zoeken. Kandidaten zijn de planetoïden Rhodia en

Lutetia. Rhodia is ongeveer 25 km groot en reflecteert 56% van het zonlicht dat erop valt, wat ongewoon veel is. Lutetia is ongeveer 100 km groot en behoort tot de M-klasse van planetoïden, die slechts 4% van het totaal aantal planetoïden uitmaakt. Vroeger dacht men dat deze hemellichamen stukken zijn van de metaalachtige kernen van grotere planetoïden die als gevolg van botsingen uiteengespat zijn. Maar nu lijken de grote M-planetoïden, waaronder Lutetia, helemaal niet metaalachtig te zijn maar uit rotsen te bestaan die in hun vroege geschiedenis aan water zijn blootgesteld.

In verband met dit bezoek aan planetoïden is er wel nog een probleem. Omdat Rosetta meer manoeuvres moet uitvoeren om Churyumov-Gerasimenko te bereiken dan bij zijn oorspronkelijke reisdoel zou Rosetta in het geval hij twee planetoïden voorbijvliegt deze komeet op een kleinere afstand van de zon bereiken: 540 miljoen km in plaats van 600 miljoen km zoals bij de komeet Wirtanen was voorzien. De komeet is dan al aanzienlijk actiever en de vluchtplanners staan dus voor een keuze: zes extra maanden om Churyumov-Gerasimenko in detail te bestuderen of twee passages langs planetoïden.

Een definitieve keuze hoeft echter nog niet voor de lancering te worden gemaakt. Hoofdzak voor de betrokken onderzoekers is dat voor Wirtanen een alternatief is gevonden.

Meer dan 50 bedrijven uit 14 Europese landen, waaronder België, en de Verenigde Staten nemen deel aan Rosetta onder leiding van het Duitse *Astrium*. Bij de lancering heeft Rosetta een massa van ongeveer 3000 kg, waarvan 1670 kg aan brandstof, 165 kg aan wetenschappelijke apparatuur voor de orbiter en 100 kg voor de lander. Rosetta is voorzien van twee 14 meter lange zonnepanelen met een totale oppervlakte van 64 vierkante meter. Ze zijn zo groot omdat Rosetta zich tijdens zijn odyssee relatief ver van de zon verwijderd. Voor de zonnepanelen werden honderdduizenden speciaal ontwikkelde siliconcellen gebruikt. Ze kunnen over een hoek van 180° gedraaid worden om zoveel mogelijk zonlicht op te vangen. Rosetta zal gedurende relatief korte perioden bijzonder actief zijn maar zal zich gedurende lange tijd in een toestand van winterslaap bevinden. Dat spaart energie, brandstof en kosten. De meeste systemen zijn dan uitgeschakeld.

De **dreiging** van een kosmische botsing



↑ Een inslag op de aarde. (NASA)

De afgelopen 20 jaar zijn onderzoekers zich steeds meer bewust geworden van de *mogelijkheid van een inslag* op de aarde vanuit de kosmos. Computersimulaties laten zien hoe dergelijke inslagen van grote objecten het klimaat en de scheikunde van de atmosfeer kunnen veranderen. Er ontstaat een broeikas-effect, bovenop de stofdeeltjes en de roetdeeltjes die globale vuurstormen de atmosfeer inblazen. Er kan een soort nucleaire winter ontstaan. Misschien ontstaat een ring van brokstukken rond de aarde. Die kan het zonlicht blokkeren en de globale temperatuur grondig verstoren. Satellieten in een lage baan om de aarde zouden kunnen getroffen worden door brokstukken. Als een planeet in de oceanen terechtkomt kunnen tsunami's ontstaan met verregaande gevolgen voor kustgebieden.

Hierop werd nader ingegaan in het dossier *Dreiging uit de ruimte* in *Space Connection* 41.

Het vluchtcontrolecentrum bevindt zich in het *European Space Operations Centre (ESOC)* van de ESA in Darmstadt (Duitsland). Van hieruit worden de sonde en zijn nuttige lading gevolgd, de baan bepaald en de wetenschappelijke gegevens verspreid naar de onderzoekers. Wanneer de sonde 'actie' is zal er ook een *Science Operations Centre* gevestigd zijn om de wetenschappelijke activiteiten te coördineren. De operaties van de *lander* worden gecoördineerd vanuit een controlecentrum van de Duitse *DLR* in Keulen en een wetenschappelijk controlecentrum van de Franse ruimtevaartorganisatie *Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)* in Toulouse.

Voor de communicatie met de aarde is Rosetta uitgerust met een schotelantenne met een diameter van 2,2 meter. ESA heeft in New Norcia bij Perth in Australië de beschikking over een nieuwe *deep space*-antenne voor de communicatie met de sonde. Deze parabolische antenne heeft een diameter van

35 m. Omdat de sonde niet altijd 'zichtbaar' is vanuit New Norcia (gemiddeld 12 uur per dag en soms zit hij 'achter' de zon) kan Rosetta tot 25 Gbits aan boord opslaan en in uitgesteld relais naar de aarde doorsturen.

Rosetta zal in de ruimte ook met uiterst *extreme omstandigheden* te maken krijgen. In de buurt van de zon is er gevaar voor oververhitting zodat radiatoren overtollige warmte in de ruimte moeten uitstralen. Ver van de zon moet de apparatuur aan boord juist tegen bittere koude worden beschermd. Daarvoor zijn er warmte-elementen aan boord en wordt Rosetta als het ware ingepakt met isolatiemateriaal dat uit vele lagen bestaat.

De kosten voor de Rosetta-missie bedragen alles inbegrepen ongeveer een miljard euro. Het uitstel van de lancering bracht een meerkost van ongeveer 70 miljoen euro met zich mee. Rosetta moet 11 jaar operationeel zijn. Zijn missie eindigt in december 2015.

Ook **België** van de partij

Ook ons land is bij de Rosetta-missie betrokken. Zo doet het *Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie* mee aan het experiment *ROSINA (Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis)*, dat bestaat uit drie sensoren die de komeet atmosfeer moeten bestuderen en dat één van de belangrijke aan boord van Rosetta is.

Het BIRA werkte, samen met andere partners, mee aan één van deze sensoren, een massaspectrometer. De *Double Focusing Mass Spectrometer (DFMS)* moet de gas- en ionensamenstelling van de gaswolk rond de komeet analyseren. DFMS werd ontwikkeld met de Universiteit van Bern in Zwitserland als hoofdonderzoeker en met bijdragen van wetenschappelijke instituten in België, Frankrijk, Duitsland en de Verenigde Staten. Het BIRA is niet alleen mede-onderzoeker maar stond ook in voor de bouw van een deel van de DFMS-sensor, die als *state-of-the-art* technologie wordt aanzien.

Zo werd het belangrijkste detectorsysteem *Linear Electron Detector Array (LEDA)* door het BIRA ontworpen en gebouwd. Het BIRA stond verder in voor een stuk elektronica en zorgt ook mede voor de mechanische integratie van de detectoren en de elektronische modules in het instrument. Bij dit alles is ook de Belgische industrie betrokken, onder meer IMEC in Leuven en OIP in Oudenaarde.

Meer informatie op de website van het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie <http://www.oma.be/BIRA-IASB/Public/Research/Comet/RosettaProject.nl.html>

De wetenschappelijke experimenten aan boord van *Rosetta*

Rosetta heeft 11 wetenschappelijke experimenten aan boord. Een kort overzicht:

- **OSIRIS** (*Optical, Spectroscopic and Infrared Remote Imaging System*): camera-systeem van Rosetta;
- **ALICE** (*Ultraviolet Imaging Spectrometer*): analyseert gassen in de coma en de staart van de komeet, meet de productie van water en koolstofmono- en dioxine, levert informatie over de samenstelling van de komeetkern;
- **VIRTIS** (*Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer*): bestudeert het vast oppervlak van de komeetkern en de temperatuur aan het oppervlak, meet de komeetgassen en de fysische kenmerken van de komeet, helpt bij uitzoeken van landingsplaatsen voor de lander;
- **MIRO** (*Microwave Instrument for the Rosetta Orbiter*): meet bij planetoïden en de komeet Churyumov-Gerasimenko de temperatuur onder het oppervlak en gassen in hun onmiddellijke omgeving;
- **ROSINA** (*Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis*): meet de samenstelling van de atmosfeer en ionosfeer rond de komeet en *outgassing* bij planetoïden;
- **COSIMA** (*Cometary Secondary Ion Mass Analyser*): analyseert de stofdeeltjes die door de komeet worden uitgezonden;
- **MIDAS** (*Micro-Imaging Dust Analysis System*): bestudeert stof rond planetoïden en de komeet (hun aantal, afmetingen, volume en vorm);
- **CONSERT** (*Comet Nucleus Sounding Experiment by Radiowave Transmission*): bestudeert via radiogolven het binnenste van de komeet;
- **GIADA** (*Grain Impact Analyser and Dust Accumulator*): bestudeert en meet de stofdeeltjes, afkomstig van de komeet en van elders (bijvoorbeeld afgebogen door de druk van de straling van de zon);
- **RPC** (*Rosetta Plasma Consortium*): meet de fysische eigenschappen van de kern, de structuur van de coma, de activiteit van de komeet en zijn wisselwerking met de zonnewind;
- **RSI** (*Radio Science Investigation*): meet met behulp van radio-signalen de massa, dichtheid, zwaartekracht van de komeetkern,

de baan van de komeet en de coma, de massa en dichtheid van planetoïden en bestudeert ook de corona van de zon wanneer de sonde vanop aarde gezien achter de zon passeert.

De lander heeft de volgende experimenten aan boord:

- **COSAC** (*Cometary Sampling and Composition Experiment*): analyseert gassen, detecteert complexe organische moleculen;
- **MODULUS PTOLEMY**: meet de isotopische verhoudingen van lichte elementen;
- **MUPUS** (*Multi-Purpose Sensors for Surface and Subsurface Science*): sensoren om de dichtheid en thermale en mechanische eigenschappen van het komeetoppervlak te meten;
- **ROMAP** (*Rosetta Lander Magnetometer and Plasma Monitor*): meet het plaatselijke magnetische veld en de wisselwerking tussen de komeet en de zonnewind;
- **SESAME** (*Surface Electrical, Seismic and Acoustic Monitoring Experiments*): drie instrumenten om de eigenschappen van de buitenste lagen van de komeet te meten: hoe planten geluidsgolven zich door het oppervlak door, wat zijn de elektrische eigenschappen en meting van het stof dat terug op het oppervlak valt;
- **APXS** (*Alpha X-ray Spectrometer*): levert informatie over de samenstelling van de komeetkern via detectie van alfa-deeltjes en X-straling;
- **CONSERT** (*Comet Nucleus Sounding Experiment by Radiowave Transmission*): meet via radiogolven de interne structuur van de komeetkern;
- **ÇIVA**: zes microcamera's nemen panoramische foto's van het oppervlak, een spectrometer meet stalen van het oppervlak;
- **ROLIS** (*Rosetta Lander Imaging System*): deze CCD-camera moet beelden met hoge resolutie maken tijdens de landing en panoramische stereo- opnamen;
- **SD2** (*Sample and Distribution Device*): boort tot meer dan 20 cm in het komeetoppervlak en verzamelt stalen voor onderzoek.

Dossier De kleine leden van ons zonnestelsel

Wanneer Rosetta zijn opdracht in december 2015 beëindigt zullen er meer dan 20 jaar verlopen zijn sinds de goedkeuring van het project in november 1993. De odyssee van Rosetta doorheen het zonnestelsel moet meer dan elf jaar duren.

Een spelletje kosmische *biljart*

Dat komt onder meer omdat geen enkele bestaande raket krachtig genoeg is om een zo zware sonde als Rosetta rechtstreeks naar zijn reisbestemming, de komeet Churyumov-Gerasimenko, te sturen. Rosetta zal daarom als een soort *kosmische biljartbal* doorheen het zonnestelsel reizen. Zijn passages van de aarde en Mars geven hem de nodige gravitatie-duwtjes om de komeet Churyumov-Gerasimenko te bereiken.

• februari 2004

Lancering van Rosetta vanaf de lanceerbasis Kourou in Frans Guyana met een Ariane 5-raket. Hij komt in een ellipsvormige "parkeerbaan" rond de aarde tussen 200 en 4000 km boven het aardoppervlak. Na twee uur stuwt de bovenste Ariane 5-rakettrap de sonde op zijn interplanetaire traject. Daarna worden de zonnepanelen ontplooid. De volgende maanden worden de boordsystemen getest.

• maart 2005

Rosetta arriveert terug bij zijn thuisplaneet. Hij vliegt de aarde voorbij en zijn baan wordt aangepast.

• februari 2007

Rosetta vliegt Mars voorbij en

voert wetenschappelijke waarnemingen uit.

• november 2007

Tweede passage van de aarde door Rosetta. Hij komt in een baan die hem exact twee jaar later weer bij onze planeet moet brengen.

• september 2008

Rosetta vliegt mogelijk voorbij de planetoïde Rhodia met een snelheid van 41.000 km per uur.

• november 2009

Rosetta groet de aarde nog een derde en laatste keer voor een *gravity-assist flyby*. Hij komt in een baan terecht die hem bijna zover van de zon zal verwijderen als de planeet Jupiter.

• juli 2010

Rosetta vliegt mogelijk voorbij de planetoïde Lutetia met een snelheid van 55.000 km per uur.

• half 2011

Met behulp van zijn motor past Rosetta zijn baan aan om de komeet Churyumov-Gerasimenko te bereiken.

• mei 2014

Rosetta heeft rendez-vous met de komeet Churyumov-Gerasimenko op een afstand van 580-600 miljoen km van de zon na maandenlange kleine manoeuvres om zijn baan te verfijnen. Gedurende verschillende uren remmen de moto-

ren van de sonde de relatieve snelheid t.o.v. de komeet af. Daarna 'drijft' de sonde naar de kern van de komeet toe. De eerste beelden van de komeet moeten helpen om de baan, de positie, de grootte, de afmetingen en de rotatietijd nauwkeuriger te bepalen. De volgende maanden brengt Rosetta de komeet in kaart en worden mogelijke landingsplaatsen voor de lander bepaald.

• november 2014

Landing op de komeet! De lander wordt vanop een hoogte van ongeveer één kilometer losgelaten en komt met wandelsnelheid op de komeet terecht. De komeet bevindt zich dan op 450 miljoen kilometer van de zon, drie keer zover als de afstand van de aarde tot de zon. De lander wordt aan de kern 'verankerd' en stuurt foto's en andere waarnemingen naar de moeder-sonde die ze aan boord opslaat en naar de aarde doorstuurt wanneer er contact is met het grondstation.

• tot december 2015

Gedurende een jaar 'begeleidt' Rosetta de komeet om waar te nemen wat er gebeurt als het hemellichaam steeds dichterbij de zon komt.



Dossier De kleine leden van ons zonnestelsel

Op het internet is een massa informatie te vinden over kometen, planetoïden en de voorbije en geplande ruimtemissies ernaartoe. Onderstaande lijst is dus verre van volledig en bedoeld als springplank voor verdere verkenning op het net. De meeste vermelde sites (die op het moment van de redactie van dit dossier operationeel waren) bevatten op hun beurt weer links naar nieuwe webpagina's.

Achtergrond

- <http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html>
Het Minor Planet Center is verantwoordelijk voor het efficiënt verzamelen, berekenen, opvolgen en verspreiden van astrometrische waarnemingen en de baangegevens van planetoïden en kometen.
- <http://cfa-www.harvard.edu/iau/NEO/TheNEOPage.html>
The Near Earth Object (NEO) webpagina.
- <http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/lists/MPNames.html>
Alfabetische lijst van namen van planetoïden.
- <http://cfa-www.harvard.edu/iau/lists/Dangerous.html>
Lijst van mogelijk gevaarlijke planetoïden (Potentially Hazardous Asteroids), die de aarde dicht kunnen naderen.
- <http://comets.amsmeteors.org/comets/lcomets/1999s4.html>
Over de komeet LINEAR (C/1999 S4) die in 2000 in stukken brak.
- <http://comets.amsmeteors.org/comets/nearcomet.html>
De dichtste afstanden van kometen tot de aarde.
- <http://deepimpact.jpl.nasa.gov>
Homepage van het programma Deep Impact.
- <http://discovery.nasa.gov>
Over het Discovery-programma van de NASA, met verwijzingen naar projecten als NEAR, Stardust, Contour, Deep Impact en Dawn.
- <http://echo.jpl.nasa.gov>
Over radaronderzoek van planetoïden.
- <http://impact.arc.nasa.gov>
Pagina van het NASA Ames Research Center over de gevaren van inslagen van kometen en planetoïden.
- <http://jonathanclarkdunn.com/links/minor.shtml>
Lijst met links in verband met planetoïden.
- <http://near.jhuapl.edu>
Over de NEAR-missie naar de planetoïde Eros.
- <http://neat.jpl.nasa.gov>
Near Earth Asteroid Tracking, samenwerkingsproject tussen de NASA en de U.S. Air Force om te zoeken naar planetoïden en kometen die de aarde dicht kunnen naderen.
- <http://neo.jpl.nasa.gov>
Het Near-Earth Object Program van de NASA.
- <http://neo.jpl.nasa.gov/risk>
Lijst van planetoïden, gedetecteerd met het Sentry-systeem, die mogelijk op de aarde kunnen inslaan.
- <http://newton.dm.unipi.it/cgi-bin/neodyS/neoibo>
Over het systeem NEODYs voor informatie in verband met Near Earth Asteroids.

- <http://nmp.jpl.nasa.gov/ds1>
Over de Deep Space 1-missie.
- <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/tmp/1978-079A.html>
Over ISEE 3, later herdoopt tot International Cometary Explorer (ICE).
- <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/tmp/1985-001A.html>
Over de Japanse sonde Sakigake naar komeet Halley.
- <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/tmp/1985-073A.html>
Over de Japanse sonde Suisei naar komeet Halley.
- <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/planets/asteroidpage.html>
Heel veel links naar informatie over planetoïden en kometen.
- <http://pluto.jhuapl.edu>
Over een sonde naar Pluto en de Kuiper gordel.
- <http://sci.esa.int>
Algemene info over het wetenschappelijk programma van ESA.
- <http://sci.esa.int/home/gaia/index.cfm>
Homepage van de ESA-missie GAIA.
- <http://sci.esa.int/home/giotto>
Over de succesvolle ESA-sonde Giotto naar de komeet Halley.
- <http://sci.esa.int/rosetta>
ESA-site over de kometen-sonde Rosetta met info over de missie, de wetenschappelijke experimenten, resources en kometen en planetoïden.
- <http://sherpa.sandia.gov/planet-impact/asteroid>
Simulatie van de inslag van een planetoïde voor de kust van New York.
- <http://spaceguard.ias.rm.cnr.it/tumblingstone>
Over Near Earth Objects en de gevaren van een inslag op de aarde. Over kometen, planetoïden en hun kenmerken, meteoren, meteorieten, kraters, inslagen, ruimtemissies...
- <http://spacewatch.lpl.arizona.edu>
Het programma Spacewatch.
- <http://spaceweather.com>
Het 'weer' in de ruimte met een lijstje van nauwe passages van planetoïden voorbij de aarde.
- <http://spdxdev.estec.esa.nl/home/giotto/index.cfm>
Over de Europese Giotto-missie naar komeet Halley.
- http://ssd.jpl.nasa.gov/great_comets.html
De grote kometen uit de geschiedenis.
- <http://stardust.jpl.nasa.gov>
Homepage van het Stardust-project.
- <http://stardust.jpl.nasa.gov/news/comets.html>
Het laatste nieuws in verband met kometen.
- <http://sungrazer.nascom.nasa.gov>
Over de sungrazer-kometen.
- <http://www.ast.cam.ac.uk/~jds/kreutz.htm>
Over de Kruetz-groep van sungrazers.
- http://www.astro.unipa.it/versione_inglese/Hystory/BODE'S_LAW.htm
De wet van Bode en de ontdekking van de planetoïde Ceres.
- <http://www.barringercrater.com>
Over de Barringer Meteor Crater in Arizona.

- <http://www.astro.uu.se/planet/earn>
De European Asteroid Research Node, een informele vereniging van Europese groepen die zich met planetoïdenonderzoek bezighouden.
- <http://www.contour2002.org>
Over de Comet Nucleus Tour-missie (Contour). Bevat ook veel informatie over kometen.
- <http://www.contour2002.org/about4.html>
Links naar informatie over kometen.
- <http://www.iau.org>
Webpagina van de International Astronomical Union (IAU)
- <http://www.iki.rssi.ru/spp/vega.html>
Over de Russische sondes Vega 1 en Vega 2 naar de komeet Halley.
- <http://www.ll.mit.edu/LINEAR>
Het programma LINEAR.
- <http://www.nearearthobjects.co.uk>
Het Near Earth Object Information Centre in het Verenigd Koninkrijk. Bevat lijst van dichte passage van planetoïden langs de aarde en een lijst van inslagen die op de aarde aanzienlijke schade hebben toegebracht.
- http://www.projectpluto.com/mp_group.htm
Over de verschillende soorten en groep planetoïden.
- <http://www.seds.org/nineplanets/nineplanets/asteroids.html>
Info met veel links over planetoïden.
- <http://www.seds.org/sl9/sl9.html>
Over de botsing van komeet Shoemaker-Levy 9 met Jupiter in 1994.
- <http://www.solarviews.com/eng/asteroid.htm>
Korte inleiding op planetoïden en interessante links.
- <http://www.solarviews.com/eng/vesta.htm>
Informatie over de planetoïde Vesta.
- <http://www.solstation.com/stars/asteroid.htm>
Over de planetoïdengordel tussen Mars en Jupiter.
- <http://www.solstation.com/stars/kuiper.htm>
Over de Kuipergordel en Pluto.
- <http://www.spacedev.com>
Over de commerciële activiteiten van het bedrijf SpaceDev, dat de deep space-missie NEAP heeft ontworpen.
- <http://www.spaceguarduk.com>
Spaceguard UK is in het Verenigd Koninkrijk de nationale focus op mogelijke botsingen van planetoïden en kometen met de aarde. Het heeft onlangs met privégeld het Spaceguard Centre opgericht in het vroegere Powys Observatory.
- <http://spaceguard.ias.rm.cnr.it/NScience/neo/main-text.htm>
Veel informatie over Near Earth Objects (NEO's).
- <http://www.ss.astro.umd.edu/deepimpact>
Homepage van het Deep Impact-programma.
- <http://www-ssc.igpp.ucla.edu/dawn>
Beschrijving van de Amerikaanse missie Dawn naar de planetoïden Ceres en Vesta.
- <http://www-th.bo.infn.it/tunguska>
Over de Toengoeska-explosie en de botsing van hemellichamen met de aarde. Dit is slechts één van de vele webpagina's over deze gebeurtenis.
- <http://www.unb.ca/passc/ImpactDatabase>
Earth Impact Data Base van de Geological Survey of Canada. Bevat lijst en beeldarchief van kraters op de aarde.

Actualiteit

20 jonge Brusselaars tarten de **zwaartekracht**

In juli voerden 120 studenten van universiteiten uit 15 landen experimenten uit aan boord van een speciale *zero-g* Airbus A-300. België was daarbij op een heel bijzondere manier betrokken, want jonge Brusselaars gingen immers de zwaartekracht tarten.

De *Student Parabolic Flight Campaign* wordt georganiseerd door het *Education Office* van ESA. Daarbij worden experimenten uitgevoerd in verschillende domeinen van de wetenschap zoals natuurkunde, menselijke biologie, materiaalwetenschappen en robotica.

Vanaf de luchthaven Bordeaux-Mérignac werden vier parabolische vluchten uitgevoerd door het Franse bedrijf *Novespace* voor rekening van ESA. Tijdens elke vlucht werden 31 parabolen uitgevoerd en bij elke paraboel was er gedurende ongeveer 20 seconden een toestand van gewichtloosheid.

Onder de experimenten waren er een aantal heel bijzondere. Zo onderzocht een Duits team met behulp van ballen uit een soort gelatine die zich in een waterdichte container bevinden, hoe planeten oscilleren. Een team van het Imperial College in Londen bekeek dan weer hoe motten zich aan een toestand van gewichtloosheid aanpassen. Dat moet inzichten opleveren over de aanpassing van dieren aan de zwaartekracht van andere planeten.



De parabolische vluchten voor studenten kaderden in het *Outreach and Education Programme* van ESA. Men hoopt daarbij dat de campagnes studenten zal aanzetten na te denken over de mogelijkheden van ruimteonderzoek. Misschien is het voor sommigen de aanzet voor een toekomstige loopbaan. Verscheidene studenten die aan vroegere ESA-campagnes hebben deelgenomen, zijn immers nu onderzoekers of ingenieurs in de ruimtevaartsector. En de beste experimenten van de campagne mogen later nog eens de lucht in tijdens 'professionele' campagnes, een bewijs dat de ideeën van studenten die van professionele onderzoekers best kunnen evenaren.

Brussels initiatief

Als onderdeel van een wetenschappelijke week in België en ter promotie van de campagnes van parabolische vluchten onder Belgische studenten landde voor het eerst een vliegtuig tijdens een parabolische campagne van ESA in Melsbroek. Gesteund door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, de Federale overheidssdienst Defensie, de bedrijven SABCA en Alcatel, de universiteiten VUB en ULB en het Euro Space Center Belgium, gingen 20 jonge Brusselaars de zwaartekracht tarten voor wat men de *Brussels 'Zero G' Experience* is gaan noemen.

Hier gaat het niet om universiteitsstudenten maar om 15 leerlingen geselecteerd uit de laatste twee jaar van de 151 Brusselse middelbare scholen. Zij staan op het punt een keuze te maken naar het hoger onderwijs toe of misschien gaan ze direct het beroepsleven in. Samen met vijf kandidaat-ingenieurs, vijf Brusselse leraars en vier 'niet-vliegende' leerlingen voerden ze vijf wetenschappelijke experimenten uit in gewichtloze toestand tijdens twee vluchten. De *zero-g* Airbus A-300 werd daarvoor door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest gecharterd en was de luchthaven van Melsbroek gastheer. De Brusselse experimenten werden uitgevoerd tijdens een vlucht Bordeaux - Brussel op 22 juli en een vlucht Brussel - Bordeaux op 23 juli. En dat was een primeur, want nog nooit organiseerde ESA parabolische vluchten met een Airbus A-300 buiten Frankrijk. Er gaan al stemmen op om het initiatief te herhalen.

(bron ESA)

(ESA)

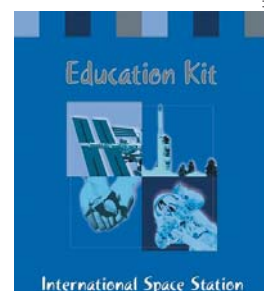
Nieuw ISS-**lespakket**

De ESA ontwikkelde in samenwerking met leraren een nieuw lespakket over het International Space Station. Er worden in totaal 40.000 exemplaren in 11 talen gedrukt die aan belangstellende leraren in alle 15 ESA-lidstaten worden verzonden. Het is bestemd voor leraren van middelbare scholieren in de leeftijd van 12 tot 15 jaar.

In vijf hoofdstukken worden verschillende aspecten van het ISS besproken: wat is het ISS, hoe is het gebouwd, hoe leeft en werkt men aan boord en hoe zullen toekomstige vluchten eruit zien. Het pakket bevat bovendien themagebonden, interdisciplinaire oefeningen, een leidraad voor de leraar, een woordenlijst, presentatiesheets in kleur en een CD. De modules kunnen klassikaal worden besproken, ter ondersteuning van werkgroepjes worden gebruikt, als huiswerk worden meegegeven of voor elke leerling apart worden gecopieerd.

Als u graag een kosteloos exemplaar van het ISS-lespakket voor uw school wilt bestellen, vul dan het aanvraagformulier in dat u terugvindt op: <http://ravel.esrin.esa.it/docs/hsf/edukit/EduKitRequestForm.doc> en stuur dit via naar educationkit@esa.int

(bron ESA)



(ESA)

Actualiteit

Betere weersvoorspellingen met Belgische *knowhow*

Hoewel de zeer succesvolle ERS-missie voor de waarneming van de aarde formeel voorbij is, blijft de satelliet ERS-2 nog waarnemen. Met behulp van een nieuw systeem voor de verwerking van gegevens, waarbij ook ons land betrokken is, kunnen weersvoorspellers blijven profiteren van de unieke gegevens van de scatterometer aan boord van ERS-2.

Met de *scatterometer* worden windsnelheden gemeten en weerdeskundigen zijn erop uit om nog verder gegevens binnen te krijgen van dit instrument. Het instrument is uniek in de zin dat het dag en nacht en onder alle omstandigheden voor gegevens kan zorgen en niet beïnvloed wordt door bijvoorbeeld regen. Voor de onderzoekers is dat precies wat ze willen: gegevens ontvangen onder slechte weersomstandigheden.

Vroeg opsporen van orkanen

Het Europees Centrum voor Weersverwachtingen op Middellange Termijn (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts of ECMWF) in Reading bij Londen is in het bijzonder geïnteresseerd in deze gegevens over windsnelheden en golven over het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan.

“De scatterometer van ERS-2 is in het bijzonder nuttig voor het vroeg opsporen van orkanen in de Atlantische Oceaan en van felle winterstormen”, zegt *Philippe Bougeault*, die aan het hoofd staat van de onderzoeksafdeling van het ECMWF.

Instrumenten ERS-2 langer operationeel

“Het instrument levert een unieke gelegenheid om bijvoorbeeld reders en uitbaters van olieplatforms tijdig van nauwkeurige informatie te voorzien over het weer op zee en over de golven.” Volgens *Hans Hersbach*, gespecialiseerd in golven op de oceanen heeft de ERS-scatterometer al waardevolle informatie opgeleverd. Sinds 2001 hadden gebruikers niet meer de beschikking over de gegevens van de scatterometer. Toen begaven de gyroscopen van ERS-2 het. Die staan in voor de stabilisatie van de satelliet. In januari 2001 slaagde men er wel in ERS-2 verder te laten vliegen zonder de gyroscopen, waardoor de operationele levensduur van verschillende instrumenten aan boord kon worden verlengd.

Software

Maar er was een probleem. De scatterometer bleef wel verder waarnemen, maar de gegevens over de windsnelheden konden niet langer meer verwerkt worden door de weersvoorspellers. In het ESA-onderzoekscentrum in Italië begonnen deskundigen te zoeken naar een manier om de kostbare informatie toch te kunnen binnenhalen. Een eerste onderzoek leek veelbelovend en de industrie kreeg groen licht om de nodige software te ontwikkelen ter compensatie van de veranderde baan van de satelliet en waarmee de gegevens van de scatterometer uit de ruwe gegevens konden worden voortgebracht.

België van de partij

En hierbij heeft België een rol gespeeld. De *Koninklijke Militaire School (KMS)* ontwikkelde de nieuwe ESACA-processor, terwijl *Spacebel* in Angleur de *engineering code* produceerde. Het Noorse *Spacetek* integreerde de nieuwe systemen in de grondstations van Kiruna (Zweden), Maspalomas (Canarische Eilanden) en Gatineau

(Canada) en het referentiestation van ESA/ESRIN in Frascati (Italië). Weldra volgt ook nog een installatie in West Freugh (Schotland). De originele scatterometer was bedoeld om windsnelheden boven de zee waar te nemen. Maar nu is er nog meer mogelijk met onvoorziene toepassingen op het vlak van de waarneming van het land, het ijs op zee, de vochtigheid van de bodem en de vegetatie.

Gegevens van ERS-1 en -2 herbekeken

Het software-algoritme zal ook worden gebruikt om de berg gearchiveerde gegevens van de scatterometers aan boord van ERS-1 en -2 nog eens opnieuw te bewerken. De continuïteit van deze waarnemingen, die sinds 1991 zijn uitgevoerd, is van onschatbare waarde voor onderzoekers van de veranderingen van het klimaat op lange termijn.

ERS-1 werd met een Ariane-4 gelanceerd in juli 1991, op 21 april 1995 gevolgd door de bijna identieke ERS-2. De kunstmannen hebben een schat aan gegevens verzameld over het landoppervlak van de aarde, de oceanen en de poolkappen. Beide satellieten hebben veel langer dan hun voorziene levensduur gewerkt. ERS-1 volbracht zijn opdracht in 2000. De globale missie van ERS-2 is formeel over, maar de satelliet levert nog steeds gegevens over het Noord-Atlantisch gebied.

De toekomst: MetOp

En de toekomst lonkt al met de Europese *MetOp*-satellieten, die vanuit een polaire baan om de aarde het weer in de gaten zullen houden. Vanaf 2005 zullen er over een periode van 14 jaar drie exemplaren van worden gelanceerd. Het gaat om de Europese bijdrage aan een gezamenlijk initiatief met de Verenigde Staten dat het klimaat in de gaten moet houden en voor betere weersvoorspellingen moet zorgen. De nieuwe Europese instrumenten zullen voor nauwkeurigere waarnemingen zorgen van de temperatuur, de vochtigheid, de windsnelheden en -richtingen (in het bijzonder boven de oceanen) en de ozonprofielen in de atmosfeer. *MetOp* vormt het ruimtesegment van het *Eumetsat Polar System (EPS)*.

(bron ESA)



Nieuwe **educatieve** ESA-**website**

Om leerkrachten te helpen meer studenten aan te trekken voor wetenschappelijke onderwerpen heeft ESA zijn educatieve website herontworpen. Ze richt zich tot studenten en leerkrachten en staat vol informatie, ideeën, hulpmiddelen voor gebruik in de klas. Alles is voorgesteld in een aantrekkelijk en gebruiksvriendelijk formaat. Er zijn speciale items voor studenten van het middelbaar en hoger onderwijs en leraars. Studenten kunnen leren hoe de wetenschap ons dagelijks leven beïnvloedt. Men kan er ook gemakkelijk materiaal downloaden, informatie vinden over opleidingscursussen en er is een overzicht van andere interessante sites van ESA-partners.

Ruimteonderzoek is niet alleen nuttig om traditionele wetenschappelijke onderwerpen te onderwijzen, zoals fysica, scheikunde en biologie. Het onderwerp kan ook gebruikt worden in de lessen aardrijkskunde om onze wereld en zijn omgeving beter te begrijpen, als inspiratiebron voor kunst en cultuur en een hulp bij het aanleren van vreemde talen.

De educatieve dienst van ESA kreeg bij het ontwerp van de site advies van Europese leerkrachten. Voorlopig is de site alleen nog maar in het Engels beschikbaar maar weldra komt er ook materiaal in andere talen van de ESA-lidstaten. Nieuwe ideeën zijn steeds welkom.

Naast de nieuwe educatieve site is er ook nog Eduspace, de Europese site voor aardobservatie voor middelbare scholen. Die kan nu geraadpleegd worden in vijf talen: Engels, Frans, Duits, Italiaans en Spaans en weldra in het Deens.

(bron: ESA)

<http://www.esa.int/export/esaED/index.html>

Ruimteonderzoek strijdt mee tegen **kanker**



De vloot telescopen van de Darwin-missie (ESA)

Bij de speurtocht naar planeten buiten ons zonnestelsel worden technieken gebruikt waarmee wetenschappers ook baanbrekend werk kunnen verrichten bij het opsporen van cellen in de eerste stadia van kanker.

Uit sterrenkundig onderzoek kan worden afgeleid dat de meeste sterren planeten hebben. Maar door de enorme hoeveelheid licht die een ster afgeeft, is het vaak erg moeilijk om die omringende planeten ook daadwerkelijk te zien. Door gebruik te maken van een techniek waarbij signalen van twee of meer telescopen worden gecombineerd, kunnen astronomen van ESA het felle sterlicht echter onderdrukken. Bij een toekomstige ruimtemissie kan het zwakkere licht van de planeten daardoor toch worden waargenomen.

Europese wetenschappers hebben deze techniek verder ontwikkeld en kunnen nu zelfs de atmosfeer van dergelijke planeten onderzoeken. De Darwin-missie van ESA, die is voorgesteld om in januari 2014 te worden gelancerd, kan zo'n 1000 dichtbijgelegen sterren onderzoeken en deze techniek als één van de eerste gebruiken om ons een stap dichtbij het antwoord te brengen op de vraag of we alleen zijn in het heelal.

Maar wetenschappers in Nederland zijn ook onder de indruk van een andere toepassing van de voor Darwin ontwikkelde techniek. De nationale onderzoeksorganisatie TNO/TPD past Darwins beeldtechnologie nu ook toe op medisch gebied. Met behulp van de nieuwe techniek zijn wetenschappers nu in staat beelden van huid of weefsel met een veel hogere resolutie te onderzoeken dan tot nu toe mogelijk was. De techniek wordt reeds toegepast bij het onderzoek naar veranderingen in bloedvaten en het netvlies, maar kan ook worden gebruikt als methode om de groei van kankerweefsel in een vroeg stadium te kunnen constateren.

Dit zal niet de eerste keer zijn dat ruimtevaarttechnologie in de strijd tegen kanker wordt ingezet. Een computerprogramma dat oorspronkelijk was ontwikkeld voor het opsporen van röntgenbronnen in de verre ruimte, werd aangepast en nu gebruikt in een computerondersteunde techniek voor de vroegtijdige opsporing van huidmelanomen.

De originele software werd gebruikt om achtergrondruis in signalen vanuit de ruimte te blokkeren. Zo konden zwakkere signalen worden waargenomen, die worden uitgezonden door de restanten van supernova-explosies. Hier op aarde wordt een monster van het huidoppervlak gescand en vervolgens 10 maal vergroot. Het computerprogramma kan vervolgens uiterst kleine kleurveranderingen vaststellen, waardoor artsen veel beter in staat zijn vast te stellen of er sprake is van onregelmatigheden in de celgroei die verband houden met kwaadaardige melanomen.

(ESA-communiqué van 19 november 2003)

Actualiteit

Ruimtevaart in de **Benelux** (vervolg)

Het dossier *Ruimtevaart in de Benelux* in het vorig nummer van *Space Connection* kon op veel belangstelling rekenen. We ontvingen nog een aantal aanvullingen en opmerkingen in verband met de realisaties die getuigen van de dynamiek van de industrie en de onderzoekers die in de Benelux bij ruimteonderzoek betrokken zijn.

- Het **Departement Zonnefysica van de Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB)** deelde ons mee dat in het artikel over *PROBA* het instrument *LYRA* (*Lyman alpha Radiometer – PROBA 2*) ten onrechte wordt toegeschreven aan het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie, dat overigens slechts in beperkte mate bij deze missie betrokken is. Het is het *Departement Zonnefysica*, in het bijzonder *Jean-François Hochedez*, die het instrument *LYRA* heeft ontworpen en momenteel als hoofdonderzoeker (*principal investigator of PI*) aan het hoofd staat van de bouw ervan die door het *Centre Spatial de Liège* (CSL) wordt gecoördineerd. Het team staat ook aan het hoofd van het instrument *Sun Watcher using APS detectors and imaging Processing (SWAP)*, het andere instrument voor onderzoek van de zon aan boord van *PROBA 2*, waarbij het CSL tot de lancering de bouw coördineert met de rol van de hoofdonderzoeker. Het Departement Zonnefysica wordt steeds actiever en is tenslotte ook co-onderzoeker voor *EIT* bij het *SOHO*-project (ESA/NASA) en voor *SECCHI* bij *STEREO* (NASA). Telkens gaat het om telescopen die beelden maken van de zonnecorona in het extreem ultraviolet. Bij dit O&O-thema bouwde het Departement de afgelopen acht jaar een gewaardeerde knowhow op. De instrumenten aan boord van *PROBA 2* zijn de eerste concrete verwezenlijkingen van deze expertise op een zuiver Belgisch ruimteplatform.
- **Alcatel Bell Space** deelde in het succes van de Europese kometensonde *Giotto*. In het begin van de jaren '80 ontwikkelde het voor het *European Space Operations Center (ESOC)* een krachtige *demodulator (High Performance Demodulator of HPD)*. Door verschillende HPD's te gebruiken konden de gegevens en de opna-

men van de sonde onder uitstekende omstandigheden naar de aarde worden gestuurd. ESA heeft de grondstations van haar *deep space* netwerk met een tweede generatie van deze HPD's uitgerust.

- **Lambda-X** is een KMO die gespecialiseerd is in het ontwerp, de ontwikkeling en de realisatie van *optische meetapparatuur* voor ruimteonderzoek. Het is een spinoff van de *Université Libre de Bruxelles (ULB)* en werd in 1996 opgericht met privé-geld om de activiteiten van het *Microgravity Research Center* op het vlak van de ontwikkeling van optische systemen te promoten. Het *Microgravity Research Center* staat onder leiding van professor *J.C. Legros*. Eind 2002 werd *Lambda-X* een NV en de ULB één van de vier aandeelhouders. Nu werken er negen mensen, waaronder acht ingenieurs en fysici. Samen bezitten ze de nodige expertise in optica en mechanica op het vlak van uitlijningstechnieken en nauwkeurige metrologie. Het bedrijf is momenteel gevestigd in de gebouwen van de universiteit.

Er zijn drie soorten activiteiten:

1. **De ontwikkeling van apparatuur:** *Lambda-X* realiseert verschillende optische meetinstrumenten voor ruimteonderzoek (aan boord van sondeerraketten, autonome satellieten of het internationaal ruimtestation...). In de meeste gevallen gaat het om unieke instrumenten die beantwoorden aan zeer strikte vereisten wat betreft capaciteiten (precisie, stabiliteit) en beperkingen (volume, gewicht). Heel vaak gaat het om spits technologie. Zo ontwikkelde en realiseerde *Lambda-X* de allereerste optische *tomograaf* die aan boord van een sondeerraket de ruimte inging. Hij moest de driedimensionale temperatuurverdeling in een verdampende vloeistof meten. *Lambda-X* kan ook met eenzelfde instrument verschillende diagnoses combineren en dat wordt gewaardeerd. Die capaciteit is al herhaaldelijk gedemonstreerd met het *Fluid Science Lab* voor het internationaal ruimtestation ISS, het laboratorium voor vloeistoffenmechanica *FluidPac* voor de Russische satelliet *Foton* en de *Protein Crystallisation Diagnostics Facility (PCDF)*. Anderzijds wil *Lambda-X* zijn ervaring en kennis in toege-

past ruimteonderzoek ook ter beschikking stellen van de industrie. Momenteel zijn er op dit vlak verschillende initiatieven.

2. **Metrologie:** *Lambda-X* stelt zijn diensten op het vlak van optische metrologie voor industriële toepassingen ter beschikking: niet-destructieve tests op composietpanelen, controle en metingen van vervormbare spiegels, uitgevoerd in de laboratoria of *clean room* van *Lambda-X*. Het bedrijf wil dit nog uitbreiden tot inspecties van optische systemen en controle van procédés. In het laatste geval gebeurt dit ter plaatse bij de industriële opdrachtgever.
3. **Onderzoek en ontwikkeling (O&O):** *Lambda-X* wil voortdurend instrumenten verbeteren en originele technieken ontwikkelen, steunend op de competentie van zijn ingenieurs en fysici - meestal gedoctoreerd - en de universitaire omgeving waarbinnen het operationeel is. Het uiteindelijke doel van de O&O-activiteit is de ontwikkeling van originele en moduleerbare instrumenten voor de ruimtevaart en de industrie en het nog verder uitbreiden van de capaciteit om apparatuur en metrologische diensten te ontwikkelen.

- **YES (Young Engineers' Satellite)** is een kleine satelliet, gerealiseerd met een budget van minder dan één miljoen euro op zeven maand tijd door een team studenten van de *Technische Universiteit Delft*. Dit initiatief werd ondersteund door de Nederlandse astronaut *Wubbo Ockels*, toen verantwoordelijk voor het educatief programma van ESA, en kreeg technische bijstand van ESTEC in Noordwijk. De microsatteliet was een deel van *Team-sat*, een technologische nuttige lading die op 30 oktober 1997 door de tweede *Ariane 5* werd gelanceerd. Als gevolg van de ervaringen met YES werd in Leiden de KMO *Delta-Utec Space Research & Consultancy* opgericht. Die werkt nu aan het project *YES 2*, waarbij een opblaasbare capsule zal worden aangebracht aan boord van een Russische *Foton M*-satelliet voor experimenten in microzwaartekracht. Men wil nagaan hoe YES 2 met behulp van een kabel "uit zijn baan kan worden gehaald" met het oog op zijn terugkeer op de aarde. Een eerste proef vindt plaats tijdens de missie *Foton M2* in 2004.

Actualiteit

Proba neemt gevolgen van bosbranden in **Californië** waar

De in België gebouwde ESA-kunstmaan *Proba* toont op het satellietbeeld hiernaast de vernietigende kracht van de bosbranden die de stad San Diego onlangs hebben genaderd tot amper 40 kilometer.



Het zuiden van Californië werd in oktober door bosbranden geteisterd. De Santa Ana-woestijnwinden wakkerden meer dan een dozijn aparte vuurhaarden aan die de rand van steden bedreigden. Naar schatting brandden ongeveer 300.000 hectaren af en de economische schade wordt geschat op 1,74 miljard dollar.

De opname van *Proba* toont de gevolgen van de grootste vuurhaard, *Cedar Fire* genoemd, die op een bepaald ogenblik een muur van vlammen met een diameter van 70 kilometer vormde. Gelukkig kregen de brandweermannen, die het vuur onder controle moesten krijgen, hulp van zachter weer, regen en sneeuw.

Het bijgaand beeld werd gemaakt op 5 november, toen het ergste al achter de rug was. Het toont een door vuur geteisterd landelijk gebied ten noorden van het San Vicente Reservoir (de noordelijke tip van het reservoir is naar rechtsboven toe te zien). Het district Santee van San Diego is van rechtsonder te zien, met Poway naar linksboven toe. In het midden van de opname is het weinige te zien van wat er nog overblijft van het Scyamore Canyon Open Space Preserve.

Achtergrond

Proba of Project for On Board Autonomy is een microsatteliet van ESA, die werd gebouwd door een consortium onder leiding van het Belgisch bedrijf Verhaert. *Proba* werd in oktober 2001 gelanceerd en wordt gevolgd vanuit het ESA-grondstation in Redu in de provincie Luxemburg.

De kunstmaan draait op een hoogte van 600 kilometer boven het aardoppervlak en was ontworpen als een technologische demonstratiemissie van één jaar. Maar zijn operationele levensduur werd verlengd zodat de satelliet de aarde nog meer kan waarnemen. *Proba* levert nu routinematig beelden aan onderzoekers met behulp van zijn *Compact High Resolution Imaging Spectrometer (CHRIS)*. *CHRIS* is één van de belangrijkste instrumenten aan boord van de satelliet en werd ontworpen door het Britse Sira Electro-Optics Ltd.

Proba heeft een 'intelligente' nuttige lading aan boord. Hij kan eenzelfde gebied op de aarde vanuit een aantal verschillende hoeken waarnemen en opnamen maken met details van 18 meter. In Europa maken meer dan 60 onderzoeksteams gebruik van de gegevens van *Proba*. Er wordt al gedacht aan de vervolgmisssie *Proba 2* die rond 2005 de ruimte moet ingaan.

(ESA-communiq  25 november 2003)

- Het **Center for Space Radiation (CSR)** (Louvain-la-Neuve) maakt deel uit van de *Groupe des Hautes Energies* van het *Institut de Physique nucléaire* van de UCL. Ontwerp en karakterisering van stralingsdetectoren in de ruimte. Analyse van gegevens over straling in de ruimte.

www.fynu.ucl.ac.be/themes/he/radiations/overview

- **ESA-grondstation van Redu** (Redu-Libin): infrastructuur voor het European Space Operations Centre (ESOC). Systemen voor het volgen, controleren, testen en uitvoeren van missies in een baan om de aarde. Diensten met commerciële uitbaters van geostationaire satellieten.

www.esoc.esa.de/pr.stations/redu.php3

- **Ionic Software** (Gr ce Hollogne): ontwikkeling van software voor de verspreiding en onderlinge wisselwerking van geografische informatiesystemen (GIS) op het internet. Oplossingen "op maat" voor satellietbeelden voor ESA (Envisat) en NASA.

www.ionicsoft.com

- **Nexans Harnesses** (Huizingen): specialist op het vlak van kablering. Realisatie van *kabelbomen* (complexe tamelijk korte verbindingkabels) aan boord van ESA-satellieten en -sondes.

www.nexans.be

- **Septentrio Satellite Navigation** (Leuven) : filiaal van *IMEC* voor de ontwikkeling en de productie van ontvangers voor satellietnavigatie, compatibel met *GPS*, *GLONASS* en *EGNOS* (voorloper van *Galileo*).

www.septentrio.com

Wil je alles weten
over het federale
wetenschapsbeleid ?
www.belspo.be

