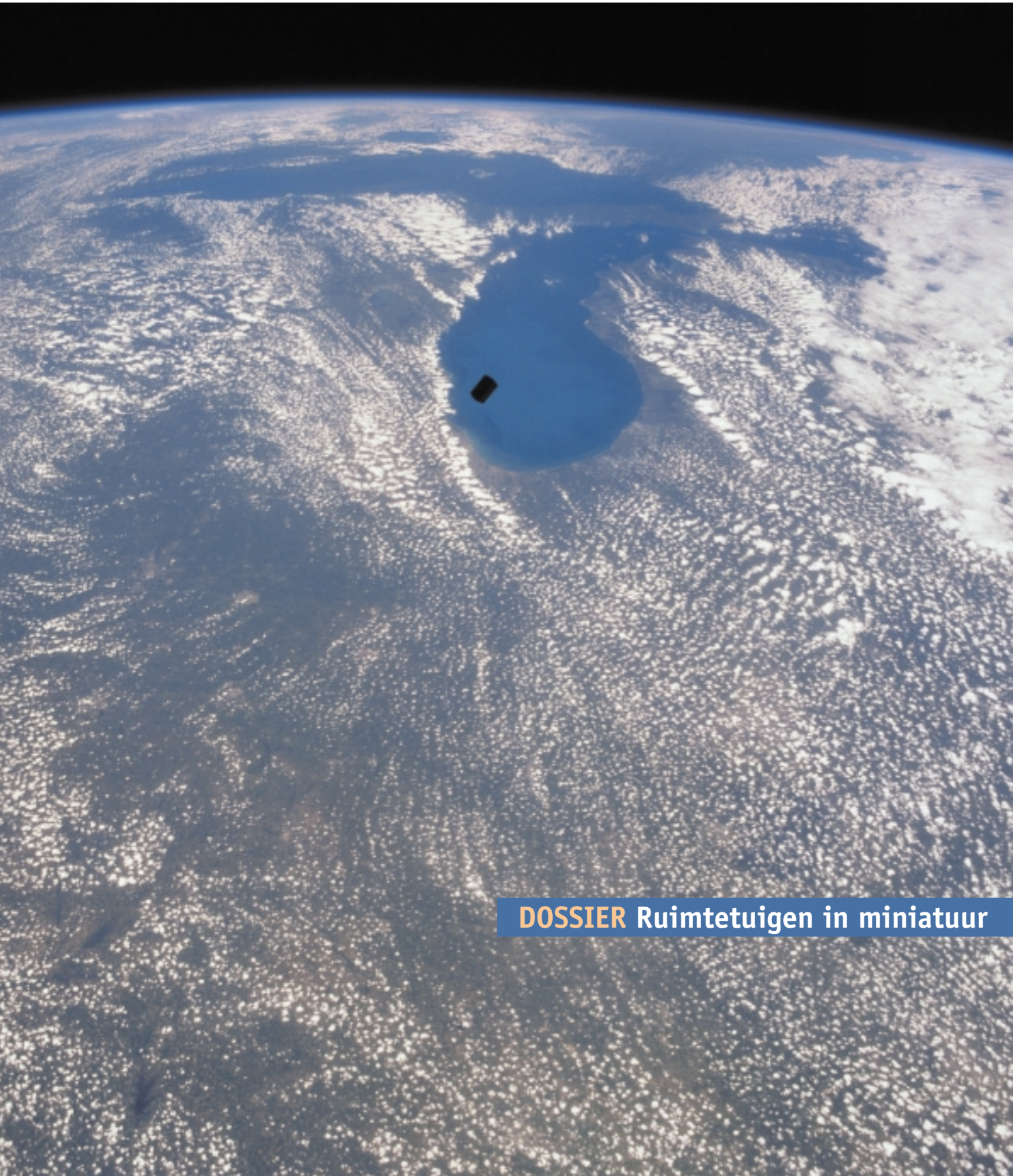


# 38

Mei 2002

# SPACE CONNECTION



**DOSSIER** Ruimtetuigen in miniatuur

# Wetenschap vind je overal

behalve in een donker hoekje



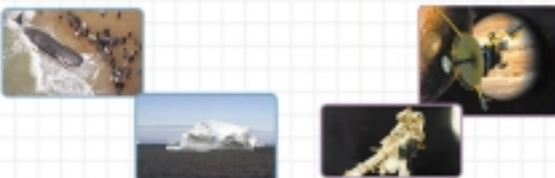
De Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden (DWTC) bouwden speciaal voor de jeugd een nieuwe interactieve website.

De DWTC worden aldus de eerste overheidsadministratie van het land die zijn activiteiten aan een jong publiek voorstelt.

## De 'jongerensite' van de DWTC is er !

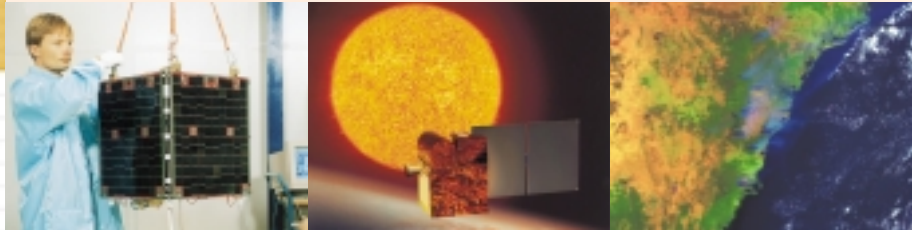
"Wetenschap vind je overal" biedt een staalkaart van de activiteiten die onderzoeksteams verrichten in verband met ruimtevaart, nieuwe technologieën, de Noordzee, het restaureren van kunstwerken, milieubeheer, aardobservatiesatellieten enz.

Men vindt er allerlei tests, een beeldenbank, links, een tweetalig glossarium, enz. De bezoeker kan tevens zijn mening kwijt of zelf een bijdrage leveren.



<http://www.belspo.be/young>

## Inhoud



**Dossier** : Ruimtetuigen in miniatuur

- 03** Ruimte voor het lichtste en het kleinste
- 05** De discrete revolutie van het ultrakleine
- 06** OSCAR, adelbrief van de miniaturisatie in de ruimte
- 07** PROBA 1, de eerste Belgische microsatteliet voor Europa en de jeugd
- 10** Britse universiteit is kampioen van de microsattelieten
- 12** Uosat, MOSAIC, Beagle-2, HAND: Engelse mini's in de ruimte
- 14** Europa in een baan om de maan met SMART 1
- 15** Myriade: een Franse reeks van microsattelieten
- 16** Zij gaan waar de mens niet kan komen...
- 18** Speciale lanceerraketten voor kleine satellieten?
- 20** USA: universitaire microsattelieten ten dienste van het publiek
- 21** Tabel van micro- en minisattelieten (1995-2005)
- 25** Rendez-vous op het web met de ruimtemini's
- 27** Vegetation aan boord van vierde SPOT-satelliet
- 31** De grote oren van Redu
- 33** **Actualiteit**



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

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

*Space Connection gratis ontvangen?*

Stuur uw naam en adres naar:

**Cel e-info  
Secretariaat-generaal  
D.W.T.C.**

Wetenschapsstraat 8  
1000 Brussel  
of stuur een e-mail naar  
dhae@belspo.be

<http://www.belspo.be>

**Verantwoordelijke uitgever:**

Ir. Eric Beka  
Secretaris-generaal van de D.W.T.C.

**Redactie:**

Cel e-info  
Secretariaat-generaal  
D.W.T.C.  
Wetenschapsstraat 8  
1000 Brussel

**Externe medewerking:**

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

**Coördinatie:**

Patrick Ribouville

**Abonnementenbeheer:**

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

**Foto voorpagina:**

De kleine SimpleSAT boven Lake Michigan kort nadat hij vanuit het laadruim van de spaceshuttle in de ruimte werd uitgezet (vlucht STS 105 in augustus 2001). (NASA/JSC)

**Nummer 38 - Mei 2002**

## Inleiding

# Ruimte voor het *lichtste* en het *kleinste*

In de ruimtevaart zien we momenteel uitersten. Met al zijn modules en vele tonnen wegende apparatuur en een prijskaartje van miljarden euro, krijgt het *International Space Station (ISS)* vorm in een baan om de aarde. Daartegenover zijn door een doorgedreven miniaturisatie van ruimtevaartsystemen ruimtemissies mogelijk met goedkopere, kleinere en lichtere automatische satellieten. Die hebben verbazingwekkende mogelijkheden, in het bijzonder om onze aardbol continu in de gaten te houden of om hemellichamen in situ te verkennen.

Europa, de Verenigde Staten, Rusland, Oekraïne, China, Japan en India zijn in een commercieel opbod verwikkeld en ontwikkelen almaar krachtigere lanceerraketten om zware satellieten de ruimte in te sturen die bestemd zijn voor telecommunicatie, multimedietoepassingen en de waarneming van de aarde. Maar tegelijk wordt tevens een steeds vermogender technologie van miniatuurruimte- tuigen ontwikkeld. Hun ontwikkeling kost minder geld omdat hun technologie, die moet aangepast zijn aan de ruimteomstandigheden, vaak reeds op de markt beschikbaar is. Ze wegen minder en dus kost het minder om ze in een baan om de aarde te brengen; door hun beperkte omvang kunnen er meerdere tegelijk gelanceerd worden.



↑ De robot Sojourner reed op Mars in de zomer van 1997. (NASA/KSC)

Deze "dreumesen van de ruimte" staan in voor verschillende diensten: gegevens verzamelen, opnamen maken, boodschappen doorsturen, metingen in de ruimte verrichten, nieuwe technologieën uittesten... Als interplanetaire sondes of automatische robots op het oppervlak van hemellichamen leveren ze

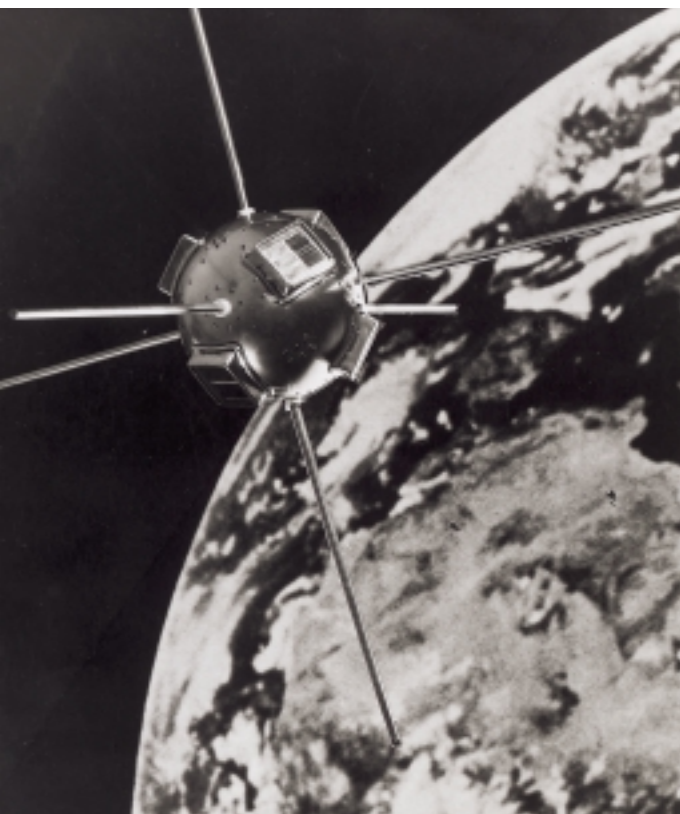
een bijdrage tot de verkenning van het zonnestelsel in het kader van de strategie *faster, better, cheaper* (sneller, beter, goedkoper) van de NASA. Het meest spectaculair was het succes van het robotje *Sojourner* in de zomer van 1997 dat amper 10,5 kg woog. Internauten waren getuige hoe deze microrobot op zes elektrische wielen op het rotsachtige Marsoppervlak rondartelde. Men denkt eraan geminiaturiseerde automaten te gebruiken om astronauten en kosmonauten aan boord van het ISS bij te staan, verkenningmissies uit te voeren, metingen van de omgeving van het station te doen en delicate experimenten in microzwaartekracht uit te voeren... ►

→ De AERcam Sprint draait rond boven de spaceshuttle. Hij moet een hulpmiddel voor de astronauten zijn en werd getest in december 1997. (NASA/JSC)

► Er is steeds meer belangstelling voor lichte en kleine ruimtetuigen. Al sedert de jaren '60 wezen radioamateurs, universitaire centra en militaire laboratoria de weg met de ontwikkeling van kleine satellieten voor technologische doeleinden. In hun spoor werden kleine en middelgrote ondernemingen opgericht. Ze commercialiseerden lichte en compacte platforms waarmee satellieten "op maat" kunnen ontwikkeld worden. Ze zijn bovendien "klaar voor gebruik" met relatief eenvoudige apparatuur die bediend wordt via Internet. Voor weinig geld en zonder al te veel risico kregen ontwikkelingslanden aldus toegang tot de dimensie van de ruimtevaart. Teams van ingenieurs en technici kunnen

zich vertrouwd maken met ruimtevaartsystemen en ze realiseren en uitbaten.

De toename van het aantal kleine satellieten stelt ook problemen. De "vervuiling" van de ruimte door moeilijk te volgen en waar te nemen satellieten houdt een risico in voor bemane ruimteschepen en grote en dure observatoria. De transfer van de technologie voor kleine satellieten, de relatief lage kosten om ze in constellaties te ontplooien en het klaarblijkelijke gemak om ze operationeel te maken doen tevens de vrees ontstaan dat communicatie- en observatiemiddelen over de aarde worden verspreid die gemakkelijk in handen kunnen vallen van terroristische netwerken.



## De *nestor* van de ruimtetuigen: de Amerikaanse microsatteliet "Pompelmoes"

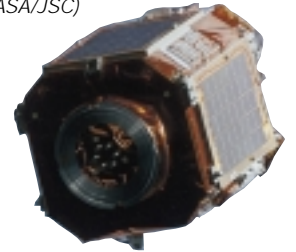
Nadat de Sovjetunie voor een verrassing had gezorgd met de lancering van de eerste Spoetnik-satellieten, werkten de Verenigde Staten dubbel zo hard om de eer te redden. In 1957 maakte de U.S. Navy haar kleine Vanguard-drietrapsraket gereed voor de lancering van een bol van amper 1,47 kg en een diameter van 16 cm in een baan om de aarde. Het satellietje kreeg als bijnaam *Pompelmoes*. Pas bij de derde poging in 1958 slaagde men erin deze microsatteliet in een baan tussen 654 en 3968 km te brengen. In deze omloopbaan kan *Vanguard 1* minstens

twee eeuwen door de ruimte blijven vliegen.

Vanguard 1 kon dankzij zijn zonnecellen tot in 1964 blijven functioneren en toonde aan dat onze aarde geen perfecte bol is, maar er uitziet als een peer als gevolg van interne convectiekrachten. De missie van de drie gelanceerde microsattelieten van het Vanguard-programma kostte indertijd ongeveer 125.000 dollar. Een Zweedse internetsite over Vanguard 1 vermeldt onafgebroken het aantal kilometers en omloopbanen dat deze nestor van de kunstmanen heeft afgelegd.

## Dossier Ruimtetuigen in miniatuur

→ De Argentijnse minisatelliet SAC A. (NASA/JSC)



# De discrete revolutie van het *ultrakleine*

**Zoals computers, camera's, mobilifoons en elektronische schakelingen wordt de apparatuur voor telecommunicatie en navigatie compacter en krachtiger.**

Ruimtevaart staat dus voor de technologische uitdagingen van de ultraminiaturisatie. Deze vooruitgang is in het bijzonder merkbaar bij de sondes die de hemellichamen in het zonnestelsel verkennen: belangrijk hierbij is gewicht te besparen bij de te lanceren massa en de energie aan boord zo rendabel mogelijk te maken door een intensief gebruik van elektronische en optische micromechanismen.

Miniatuursatellieten bieden de mogelijkheid om klimaatveranderingen op onze planeet te volgen

↓ Het bedrijf Orbital Sciences Corporation heeft de minisatellieten van de constellatie Orbcomm voor het doorsturen van boodschappen gebouwd. Ze zien er enigszins als platte koekjes uit en kunnen per acht vanaf een vliegtuig gelanceerd worden met de raket Pegasus. (OSC)

en aardbevingen te begrijpen en te voorspellen. Optische sensoren (multi- en hyperspectraal) en radarsystemen aan boord van minisatellieten kunnen op gedetailleerde wijze de verschijnselen en de natuurlijke rijkdommen op aarde waarnemen. Anderzijds denkt men eraan nanosatellieten te gebruiken voor de inspectie van ruimteafval. Deze satellietjes kunnen in serie en tegen heel lage kostprijs geproduceerd worden.

Het Surrey Space Centre (Verenigd Koninkrijk) maakte een rangschikking van satellieten (zie tabel hieronder).

Door de multidisciplinaire benadering van de nanotechnologie zal de tendens om de boordsystemen te miniaturiseren zich nog verder zetten. In nanotechnologieën convergeren natuurkundige, scheikundige en biologische activiteiten op moleculair niveau. In het zesde kaderpro-

gramma voor Onderzoek en Ontwikkeling van de Europese Unie voor de periode 2002-2006 wordt nanotechnologie als een sleutelprioriteit beschouwd. Ze heeft betrekking op productieprocedures van uiterst lichte materialen en intelligente microsystemen.

Enkele nanotechnologieën waarvan de vooruitgang een impact zal hebben op het ontwerp van toekomstige satellieten zijn:

- nanobuizen in koolstof die met een factor 100 het draagoppervlak van elektroden op extreem lichte structuren zouden moeten kunnen doen toenemen;
- met de *Application Specific Integrated Microinstruments (ASIM)*, *Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS)* en *Micro-Opto-Electro-Mechanical Systems (MOEMS)* kunnen ruimtetuigen van de grootte van een hand ontworpen worden.

Dit zo goed als onzichtbare universum van intelligente

microsystemen speelt niet alleen een rol bij ruimtesystemen maar geeft ook aanleiding tot een hele reeks "aardse" toepassingen in het dagelijks leven, het menselijk lichaam... IMEC (*Independent Microelectronics Research & Development Center*) in Leuven is een belangrijke medespeler op het vlak van de revolutie van de microelektronica in Europa. Het beheerst de technologie van krachtige halfgeleiders en ontwerpt en produceert microcircuits "op maat" voor informatiesystemen en systemen voor communicatie en aardobservatie. Zo nam IMEC deel aan de ontwikkeling van microcamera's die toonden hoe satellieten zich op delicate wijze in een baan om de aarde ontplooiden. Alcatel ETCA in Charleroi beheerst de productie van hybride nanoschakelingen die hun toepassing vinden in de ontwikkeling van subsystemen voor de energievoorziening van satellieten.



Soort	Massa	Kostprijs voor realisatie
Grote satelliet	meer dan 1 ton	meer dan 150 miljoen euro
Kleine satelliet	van 500 kg tot 1 ton	van 50 tot 150 miljoen euro
Minisatelliet	van 100 kg tot 500 kg	van 10 tot 40 miljoen euro
Microsatelliet	van 10 kg tot 100 kg	van 3 tot 8 miljoen euro
Nanosatelliet	van 1 kg tot 10 kg	van 300.000 tot 2 miljoen euro
Picosatelliet	minder dan 1 kg	minder dan 300.000 euro

## Dossier Ruimtetuigen in miniatuur

# OSCAR, adelbrief van de miniaturisatie in de ruimte

*OSCAR is een afkorting van Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio. Het is de naam van een aantal compacte satellieten die ontworpen en gebouwd werden door radioamateurs in de hele wereld.*



↑ De Russisch-Oekraïense raket Zenit 2 lanceerde in 1998 microsattelieten voor Duitsland, Israël, Chili, Thailand... evenals een kleine Belgische nuttige lading voor het doorsturen van berichten. Ze waren bevestigd op de structuur van de Russische aardobservatiesatelliet Resoers 01. (OHB)

OSCAR 1 woog 4,5 kg en ging in 1961 de ruimte in. Het was een eenvoudig radiobaken, werkend op batterijen, dat in Californië werd gebouwd. In zijn zog werden andere kleine amateursatellieten gelan-

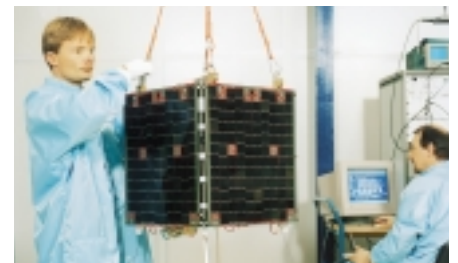
ceerd. Zo ontstond op wereldschaal een heuse familie, bekend als AMSAT.

Deze organisatie ontwikkelde satellieten bedoeld om nieuwe transmissiesystemen tussen de radioamateurs van de hele wereld te testen. Zo zagen een veertigtal OSCAR-kunstmannen met een massa tussen 10 en 100 kg het daglicht, meestal vanuit de privé-sector gefinancierd. Dit zorgde voor technologische vooruitgang, zoals de numerieke compressie van boodschappen, de verwerking van signalen aan boord van een satelliet, het gebruik van ultrakorte golven...

De nieuwste in de rij zijn de drie microsattelieten die in september 2001 vanaf de Kodiak-basis in Alaska gelanceerd werden.

De satelliet PCsat van de U.S. Naval Academy in Annapolis (Maryland) is een microsatteliet van minder dan 20 kg voor persoonlijke communicatie via draagbare en mobiele

terminals. Starshine 3 van het Naval Research Laboratory maakt deel uit van het educatieve initiatief *Students of the World*. Deze bol van 90 kg is een baken dat informatie geeft over zijn gedragingen in de ruimte. *Sapphire (Stanford AudioPhonic Photographic InfraRed Experiment)* weegt amper 20 kg en is eveneens bedoeld voor studenten: hij test detectoren in het infrarood, een numerieke camera en een vocale synthesizer.



↑ Het Duitse bedrijf OHB-System ontwikkelde deze microsatteliet SAFIR 2 voor het doorsturen van berichten. Hij werd op 10 juli 1998 gelanceerd met een Russisch-Oekraïense Zenit 2-raket en wordt commercieel uitgebaat. (OHB)

## De Tsjechische microsatteliet *Mimosa*

Eind 2002 brengt een Russische *Rokot*-raket twee microsattelieten in de ruimte. De astronomische microsatteliet *MOST (Microvariability and Oscillations of Stars)* is van Canadese makelij en ziet er uit als een aktetas van 60 kg. Hij kan gedurende verschillende weken een miniatuurtelescoop met een diameter van 0,15 m op sterren richten. De gevoeligheid en stabiliteit van de telescoop maken een continue analyse mogelijk van trillingen in sterren, die identiek zijn aan onze eigen zon. De andere microsatteliet van 66 kg heet *MIMOSA (MicroMeasurements Of Satellite Acceleration)* en moet vanuit een ellipsvormige baan de afremming van de atmosfeer en de niet-gravitationele krachten bestuderen. ESA werkt samen met de Tsjechische Academie van Wetenschappen en zou met microsattelieten die van MIMOSA zijn afgeleid goedkope missies kunnen realiseren. Tsjechië neemt voornamelijk op bescheiden wijze deel aan de ESA-activiteiten.

# PROBA 1, de eerste **Belgische** microsatteliet voor Europa en de jeugd

Op 22 oktober 2001 werd vanop het eiland Sriharikota in India (ten noorden van Madras) de Indiase raket PSLV-C3 (*Polar Satellite Launch Vehicle*) gelanceerd. De lancering van de spionagesatelliet TES werd uitgevoerd door de Indiase ruimtevaartorganisatie ISRO (*Indian Space Research Organisation*) en zou niet door de Belgische media zijn opgemerkt... Maar in de neuskegel van de raket bevond zich ook de eerste Belgische satelliet PROBA 1 (*Project for On-Board Autonomy*), een microsatteliet van 94 kg bestemd voor ESA en gerealiseerd door het bedrijf Verhaert Design & Development in Kruibeke bij Antwerpen.

De vier trappen van de raket werkten volgens plan. De tweede trap werd voortgestuwd door de Indiase variant van de Viking-motor van de Ariane 4 en scheidde zich na 280 seconden af op een hoogte van 240 km. Met de derde trap op vaste brandstof en de vierde op vloeibare brandstof werd de gewenste cirkelvormige baan op 568 km bereikt. Eerst werden de ISRO-satelliet TES (1 ton) en de microsatteliet BIRD (*Bispectral Infrared Remote Detection*) (92 kg) van het DLR (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt*) afgestoten. PROBA moest nog een tiental minuten wachten. In die tijdsspanne werden de motoren voor de standregeling van de vierde trap opnieuw aangezet om een langgerekte baan tussen 570 en 638 km te

bekomen. Een team van Verhaert beleefde de blijde gebeurtenis mee. Jo Bermyn, hoofd van de PROBA-missie, was erbij: *"Deze lancering is ons aangeboden door het ISRO-filiaal Antrix voor de interessante prijs van 850.000 dollar. Daarvoor kregen we een dienstverlening die een groot professionalisme uitstraalde van de Indiase ingenieurs en technici. Ze leverden een grote inspanning."*

Anderhalf uur later bevestigde het grondstation van Kiruna in Zweden dat PROBA 1 in een goede baan was terechtgekomen. Toen het controlestation van Redu in de provincie Luxemburg in contact kwam met de Belgische kunstmaan klonk gejuich in Kruibeke. Het resultaat van drie jaar werk bevindt zich nu op de juiste plaats in een baan om de aarde. *"PROBA behoort tegelijk tot de grootste microsattelieten en tot de kleinste minisattelieten"*, verklaart Paul Verhaert. Hij staat aan het hoofd van het bedrijf dat de satelliet maakte. Stralend kijkt hij naar zijn nieuwste telg in een baan om de aarde. België stelde dit project voor een geautomatiseerde microsatteliet in februari 1998 aan ESA voor in het kader van het technologische programma GSTP (*General Support Technology Programme*) via een financiering van de DWTC (Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden). Het Vlaamse Gewest nam in belangrijke mate deel aan de ontwikkeling van deze



↑ PROBA geïnstalleerd op het laadplatform van de Indiase PSLV. (Verhaert)

kleine satelliet waarvan het "intelligente" platform volledige autonomie verzekert tijdens zijn opdracht in de ruimte. Door het ESA-contract kan Verhaert Design & Development een belangrijke plaats verwerven als systeembouwer van apparatuur voor ruimteonderzoek en van volledige satellieten.

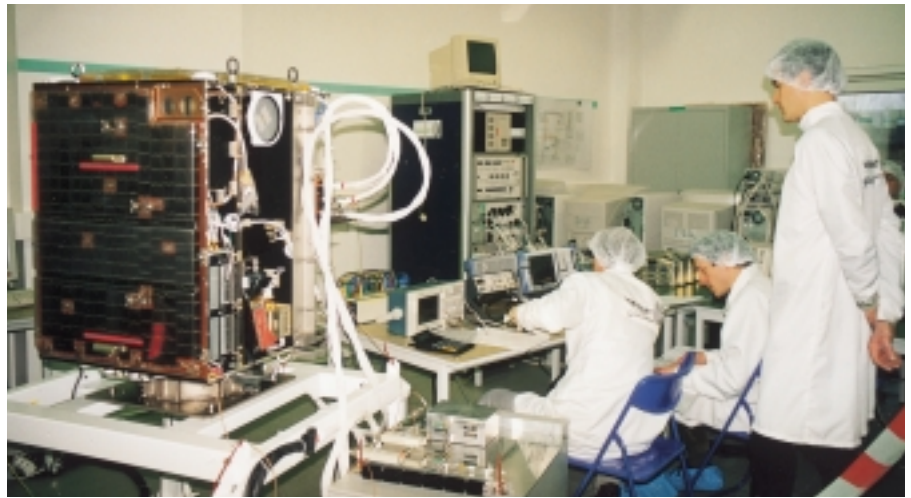
### Volgens het model *faster, better, cheaper*

De ontwikkeling van PROBA past in een nieuwe ESA-strategie die geïnspireerd is op het *faster, better, cheaper*-beleid dat Daniel Goldin, NASA-hoofd van 1992 tot 2001, oplegde aan de Amerikaanse industrie om ambitieuze missies in het zonnestelsel te lanceren voor een lagere kostprijs en binnen een kort tijdsbestek. PROBA ziet er uit als

een wat uitgerokken kubus (80 x 60 x 60 cm) en is het prototype van een reeks goedkope kleine satellieten. Zijn ontwerp beantwoordt aan de methodologie *COTS (Commercial Off-The-Shelf)*, waarbij courant gebruikte onderdelen worden geassembleerd. PROBA is bovendien een testbank voor de technologie *MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems)* van elektromechanische microsystemen. Zijn "intelligente" platform is uitgerust met een boordcomputer met een enorm geheugen van 1 Gbit en krachtige processoren. Volgens ESA is het computersysteem vijftig keer krachtiger dan dat van de satelliet *SOHO (Solar and Heliospheric Observatory)*, die sinds december 1995 de zon onder de loep neemt.

Volgens Piet Holbrouck, directeur van het ruimtevaartdepartement van Verhaert, "zorgt de compacte vorm van PROBA dat de satelliet een minimale plaats inneemt aan boord van de Indiase PSLV-raket. Daarvoor gebruikten we geminiaturiseerde hoogtechnologische systemen voor autonomie in een baan om de aarde en voor de standregeling." Dankzij sterrensensoren, een GPS-ontvanger (Global Positioning System), twee magnetometers, vier magnetiseerbare staven, vier reactiewielen of miniatuurgyroscopen kan PROBA zich uiterst nauwkeurig richten naar het aardoppervlak. Hij is in het bijzonder goed geschikt voor aardobservatie met hoge resolutie. Een andere troef van PROBA is dat zijn wetenschappelijke instrumenten via internet toegankelijk zijn. Zo kunnen onderzoeksteams en studenten de experimenten bedienen die ze hebben voorgesteld en resultaten downloaden via een server in het controlestation van Redu.

PROBA werd ontworpen en gebouwd door een internationaal consortium onder leiding van Verhaert Design & Development met de medewerking van Belgische bedrijven: Spacebel (Hoeilaart) met de boordsoftware voor gegevensverwerking, Space Applications Services (Zaventem) met het station en de grondoperaties in Redu, OIP Sensor



↑ PROBA 1 wordt klaargemaakt in de installaties van Verhaert in Kruikebeke bij Antwerpen. (Verhaert)

Systems (Oudenaarde) met de groothoekcamera's voor hogeresolutiewaarnemingen.

### Drie keer zien, ruiken en voelen

25 kg van PROBA 1 bestaat uit de nuttige lading. Dat is meer dan een vierde van zijn totale massa. De nuttige lading omvat drie "ogen" (een spectrometer en twee camera's) en stralings- en stofdetectoren. Deze geminiaturiseerde apparatuur moet een dubbele missie voor wetenschappelijke en educatieve doeleinden mogelijk maken:

- Voor **aardobservatie** worden twee soorten instrumenten gebruikt om opnamen te maken met CCD-sensoren. Het belangrijkste is *CHRIS (Compact High Resolution Imaging Spectrometer)*. Deze hyperspectrale spectrometer bekijkt het aardoppervlak in stroken van 19 km met een resolutie van 25 m in 63 spectrale banden van zichtbaar licht tot het nabije infrarood. Twee zwartwitcamera's die ontwikkeld werden door OIP Sensor Systems, leveren groothoekopnamen (gezichtsveld van 40 x 31 graden). Ze tonen details in de orde van 10 m. Omdat PROBA in staat is in verschillende schalen waar te nemen en toegankelijk is via het internet, leent de kunstmaan zich goed tot snelle waarnemingen voor humanitaire hulp.
- Het **onderzoek "in situ" van het ruimtemilieu** steunt op de stralingsdetector *SREM*

(*Space Radiation Environment Monitoring*) en op de sensor *DEBIE (Debris In orbit Evaluator)* voor de waarneming van stofdeeltjes. Deze instrumenten leveren nauwkeurige gegevens over de kenmerken van de stralingsflux en de deeltjes rond de poolgebieden.

Naar schatting werd in PROBA ongeveer 15 miljoen euro geïnvesteerd voor de hele missie, lancering en grondapparatuur inbegrepen. Een belangrijk deel daarvan vertegenwoordigde de ontwikkeling van het nieuwe platform voor microsattelieten. In zijn zo goed als polaire baan zal PROBA 1 zijn mogelijkheden om autonoom te werken gedurende minstens twee jaar moeten aantonen. Tijdens het eerste semester van 2002 zal de satelliet ter beschikking worden gesteld van het programma voor technologische vernieuwing van ESA. De DWTC hebben onderzoeksactiviteiten voorzien in het kader van de Belgische deelname aan het Europese programma Prodex en met technische ondersteuning van het B.USOC (Belgian User Support and Operation Centre). Bijgaande tabel geeft meer details over de door ESA goedgekeurde activiteiten.

De controle van de satelliet gebeurt vanuit het ESA-grondstation in Redu: de kleine terminal in S-band (2,5 GHz) met een oriënteerbare



<b>KUL</b> (Katholieke Universiteit - Leuven) Departement landbeheer	Ontwikkeling van hyperspectrale indicatoren van de veranderingen in de toestand van bosgebieden, analyse van de textuur van de kruinlaag
<b>KUL</b> (Katholieke Universiteit - Leuven) Hydraulisch laboratorium	Hyperspectrale teledetectie van sedimentatie en suspensie in kustwateren
<b>MUMM</b> (Management Unit of the North Sea Mathematical Models)	In kaart brengen van het chlorofyl in kustwateren door spectroscopie van satellietbeelden
<b>RUG</b> (Universiteit Gent)-Laboratorium voor hydrologie en beheer van de zeeën	Verwerking van gegevens over verdamping die vanop afstand zijn waargenomen voor onderzoek van de wisselwerking atmosfeer-grond-vegetatie
<b>VITO</b> (Vlaamse Instelling voor Technologische Onderzoek)	Onderzoek van de biofysische eigenschappen van de functie van bidirectionele reflectie met behulp van CHRIS
<b>UCL</b> (Université Catholique de Louvain)	Onderzoek van de boomsoorten in bosgebieden, milieuwetenschap en planning van landgebruik

parabool van 2,4 m en de apparatuur voor tests en het volgen van de satelliet werden er geïnstalleerd door Space Applications Services met technische bijstand van VitroCiset. PROBA 1 is vier keer per dag gedurende tien minuten in het gezichtsveld van Redu. De activiteiten in verband met het verzamelen van gegevens en het sturen van opdrachten naar PROBA via een internetverbinding verlopen automatisch.

### Wordt vervolgd...

Piet Holbrouck is zich bewust van de inspanningen die men zich heeft moeten getroosten om de satelliet te ontwerpen en te ontwikkelen: *"Het resultaat is er: ons PROBA-platform heeft een voorsprong van vele jaren op zijn concurrenten door zijn autonomie tijdens de vlucht, de stabilisatie op drie assen en de toegankelijkheid via het internet. Wij hebben hoge verwachtingen van de goede werking van onze eersteling in een baan om de aarde en hopen de contacten die we reeds voor andere missies hebben gelegd een vervolg te kunnen geven. Met het oog op een professionele dienstverlening zou een tweede exemplaar, zo goed als identiek aan het eerste, al over een jaar kunnen gerealiseerd worden."* Een dergelijke microsatteliet werd in het kader van mogelijke nieuwe activiteiten op het vlak van Belgisch-Russische samenwerking in de ruimte besproken.

Bij Verhaert werken 170 mensen waarvan een honderdtal voor de Space Business Unit. Het bedrijf zoekt commerciële partners binnen de context van een Europese alliantie van kleine en middelgrote ruimtevaartondernemingen. Nu reeds toont ESA interesse voor een verbeterde versie met PROBA 2. Hierbij stelt zich een nieuwe uitdaging: de helft van de massa moet uit nuttige lading bestaan. Er is al een oproep gedaan voor experimenten met het oog op een missie die al in 2004 kan plaatsvinden. Ook de missie *ARGUS (Advanced Resolution Generated Using Small Satellites)* voor opnamen met een resolutie van 1 m wordt bestudeerd. Zij kan worden gereali-

↓ De eerste Belgische microsatteliet werd bij Verhaert met alle zorgen omringd. (Th.P./SIC)



seerd in het kader van een Europese constellatie van kleine satellieten. Die past dan weer in het initiatief *GMES (Global Monitoring for Environment and Security)* ten dienste van milieu en veiligheid.

### In het bereik van studenten

In samenwerking met de Euro Space Foundation lanceerden de Belgische federale en regionale overheden de wedstrijd Eduproba voor het secundair onderwijs. Daarbij werden groepen studenten onder leiding van hun leraars uitgenodigd om met PROBA 1 experimenten te ontwerpen en te gebruiken. Zes scholen van de Franstalige en negen van de Vlaamse Gemeenschap zetten werkgroepen op en deden voorstellen voor een deelname aan de exploitatie van PROBA 1. In het Euro Space Center te Transinne-Libin (niet ver van het ESA-grondstation in Redu) volgden zo'n 300 leerlingen in februari 2001 een Eduproba-vormingsstage. Gedurende een ruimtekلاس van drie dagen konden zij hun kennis van de ruimtevaartsystemen perfectioneren. Ten behoeve van hun project legden ingenieurs van Verhaert uit hoe de microsatteliet werkt. Het merendeel van de voorstellen hebben betrekking op de waarneming van de aarde vanuit de ruimte.

## Dossier Ruimtetuigen in miniatuur

# Britse universiteit is kampioen van de microsattelieten

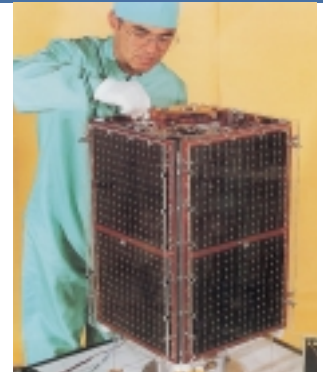
*Aan de Universiteit van Surrey (in het zuiden van Engeland) werken 2000 professoren en onderzoekers en studeren zo'n 10.000 studenten uit een honderdtal landen. De universiteit geeft voorrang aan onderzoek van geavanceerde technieken en aan technologische partnerships met de industrie.*

Haar internationaal gerenommeerde parel is het *Surrey Space Centre* dat Professor Martin Sweeting leidt. Er werken 135 onderzoekers, ingenieurs, technici en studenten. Dankzij het programma Uosat voor de ontwikkeling van kleine satellieten is dit centrum de ware kampioen van geminiaturiseerde systemen in een baan om de aarde, zelfs voor militaire doeleinden. Het Franse Ministerie van Defensie (voor de Cerise-microsattelieten) en de U.S. Air Force (Picosat) deden reeds beroep op zijn knowhow.

De Universiteit van Surrey begon een kwarteeuw geleden vrij bescheiden met zijn ruimtevaartactiviteiten. Uosat werd in 1974 opgezet door de jonge student Martin Sweeting. Hij richtte een laboratorium in en een station dat de signalen van meteorologische en radioamateursattelieten kon opvangen en verwerken. Door het multidisciplinaire karakter van het initiatief trok het de aandacht van de academische overheid. In 1978 ontwierp hij het stoutmoedige project voor de realisatie van een microsatelliet. Hij stelde een team samen van een twaalfstal onderzoekers, technici en studenten en ging op zoek naar financiële en industriële steun.

Hij verzamelde 220.000 pond, kreeg een werkruimte aan de universiteit en een gratis lancering door de NASA. De kleine Uosat 1 werd gebouwd met onmiddellijk beschikbare onderdelen en "ambachtelijk" getest. In 1981 werd deze eerste Britse microsatelliet vanop de basis Vandenberg in Californië gelanceerd tot op 550 km hoogte. De gegevens van de satelliet werden doorgestuurd met behulp van een stemsynthesizer die werd gestuurd met een boordcomputer. Deze gegevens konden in scholen ontvangen worden met vrij goedkope draagbare apparatuur.

↓ Eind 1998 maakte het Surrey Space Centre tegelijk drie verschillende satellieten klaar voor de lancering: v.l.n.r. de microsatelliet Picosat van de US Air Force (gelanceerd in augustus 2001), de microsatelliet Tiungsat voor Malaisië (in augustus 2000) en de minisatelliet UoSat 12 voor aardobservatie en telecommunicatie (in april 1999). (SSTL)



↑ Martin Sweeting, stichter van het Surrey Space Centre. Het platform UoSat diende voor deze microsatelliet HealthSat-2 voor het communicatienetwerk HealthNet van de Amerikaanse organisatie SatelLife. HealthSat 2 werd gelanceerd met een Ariane 4 in 1993. (SSTL)

Uosat 1 werkte acht jaar alvorens in de atmosfeer terug te vallen.

### De ruimte voor een prikje

Uosat 2 was vrijwel identiek aan zijn voorganger en werd in zes maanden tijd gebouwd. Hij ging in 1984 de ruimte in en was de eerste satelliet die elektronische boodschappen opsloeg en doorstuurde. Na een operationeel leven van 17 jaar vervult hij nog steeds een educatieve opdracht. Uosat 3 en 4 werden in 1990 met een Ariane 4-raket

## De satellieten in ontwikkeling bij het **SSTL** (2002-2005)

gelanceerd. Deze satellieten bestaan uit een modulaair platform. Professor Sweeting richtte in 1985 binnen de Universiteit het bedrijf Surrey Satellite Technology Limited (SSTL) op dat het Uosat-ontwerp commercialiseert. Zo werden al microsattelieten gebouwd voor rekening van klanten zoals de Amerikaanse organisatie SatelLife, de Franse ruimtevaartorganisatie CNES, Zuid-Korea, Portugal, de Chileense luchtmacht... Ze hebben allemaal een gemeenschappelijk kenmerk: een modulaire "microbus" met een uitklapbare arm van 6 m die door een zwaartekrachtgradiënt de stabiliteit verzekert. Met dit ontwerp kan een satelliet van 50 kg, nuttige lading inbegrepen, op één jaar tijd gerealiseerd worden. De totale kostprijs van een missie "op maat" bedraagt ongeveer 3 miljoen euro.

In april 1999 brak voor het Uosat-programma een nieuw hoofdstuk aan met de lancering van een eerste minisatelliet met een massa van 325 kg. Uosat 12 werd gelanceerd vanaf de kosmodroom Bajkonoer en is uitgerust met een systeem voor het maken van opnamen en een "intelligente" zender voor numerieke communicatie. Uosat 12 werd ontwikkeld door het SSTL voor 9 miljoen euro. Deze investering beschouwt Martin Sweeting als veelbelovend: *"Er is veel interesse voor dit minisatellietplatform voor aardobservatiemissies in een polaire baan en voor telecommunicatie vanuit een geostationaire baan. Het Duitse bedrijf RapidEye heeft er vier besteld voor een constellatie van waarnemingsatellieten in multispectrale modus en met hoge resolutie"*.

In juni 2000 zorgde het team van Martin Sweeting voor een andere première met de lancering van SNAP 1 (Surrey Nanosatellite Applications Platform). Deze nanosatelliet van amper 6,5 kg is uitgerust met een micromotor van het type "resistojet" en kan objecten in de ruimte inspecteren. Voorzien van vier microcamera's fotografeerde hij de Russische navigatiesatelliet Nadjezda en de

Satelliet (Klant, land)	Kenmerken van de missie (baan)	Stand van zaken (voorzien lancering)
BILTENSAT (TUBITAK/BILTEN, Turkije)	Aardobservatiemissie in panchromatische- resolutie van 12 m - en multispectrale modus - 26 m (polaire baan op 650 km)	Verbeterde MS van 100 kg (einde 2002)
"NANOSAT" (U.S. Air Force, USA)	Militaire missie van het type Geosat (polaire baan?)	Twee nanosatellieten, afgeleid van SNAP 1 (2003 ?)
DMC UK (BNSC, Verenigd Koninkrijk)	Disaster Monitoring Constellation voor de waarneming - met een resolutie van 32 m - van rampen (polaire baan op 772 km)	MS van 70 kg met vier andere (zie hieronder) voor een constellatie (begin 2003)
DMC Algeria of ALSAT 1 CNTS, Algerije)	Disaster Monitoring Constellation (polaire baan op 772 km)	MS van 80 tot 100 kg van een internationale constellatie (begin 2003)
DMC Nigeria (Ministry of Science & Technology, Nigeria)	Disaster Monitoring Constellation (polaire baan op 772 km)	MS van 80 tot 100 kg van een internationale constellatie (begin 2003)
*DMC Thailand (Mahanakorn University, Thailand)	Disaster Monitoring Constellation (polaire baan op 772 km)	MS van 80 tot 100 kg van een internationale constellatie (eerste helft van 2002)
*DMC Tsinghua (Tsinghua University, China)	Disaster Monitoring Constellation (polaire baan op 772 km)	MS van 80 tot 100 kg van een internationale constellatie (begin 2003)
TOPSAT (BNSC/DERA, Verenigd Koninkrijk)	Militaire observatiemissie met een hoge resolutie van 2,5 m in het kader van MOSAIC (polaire baan)	MS van 100 kg in samenwerking met QinetiQ [ex-DERA] (début 2004)
*RAPIDEYE (RapidEye AG, Duitsland)	Constellatie van vier minisatellieten voor waarnemingen met hoge resolutie (6,5 m) in multispectrale modus (polaire baan op 600 km)	Minisatellieten van 380 kg, afgeleid van Uosat 12 voor commerciële toepassingen via internet (lancering in 2004)
*"GEMINI" (Ministry of Science & Technology, Nigeria)	Nationaal systeem voor telecommunicatie met een Uosat van 400 kg (geostationaire baan op 25° westerlengte)	Minisatelliet met vier zenders in Ku-band, wordt bestudeerd met steun van het BNSC in het kader van MOSAIC (2005)
* Project waarvan de financiering nog niet rond is		
MOSAIC : Micro Satellite Applications In Collaboration (programma van het Britse ruimtevaartagentschap BNSC met een budget van 25 miljoen euro) MS : Micro-Satelliet BNSC : British National Space Centre	CNTS : Centre National des Techniques Spatiales DERA : Defence Evaluation & Research Agency, is nu het bedrijf QinetiQ. GEMINI : GEOstationary MINI-satellite	

Chinese microsatteliet Tsinghua 1 op het moment dat ze in een baan om de aarde werden gebracht. *"Wij tonen nu de mogelijkheden van onze satelliet voor inspectiemissies in de ruimte en wij rekenen erop dat we hem aan boord van het International Space Station kunnen laten gebruiken."*

### Solidariteit en nieuwe ontwikkelingen in een baan om de aarde

Met Uosat 12 en SNAP 1 stelt het SSTL een volledig "sleutel op de deur"-systeem voor, van de satelliet in een baan om de aarde tot de grondapparatuur. SSTL stelt diensten

voor op het vlak van technologietransfer en opleidingen in ruimtevaarttechnieken. Het helpt universitaire teams zich vertrouwd te maken met de bouw van satellieten, de ontwikkeling van hun instrumenten en hun toepassingen. In het kader van het contract worden professoren en studenten in Guildford uitgenodigd om de voorbereiding, de assemblage en de tests met de microsatteliet te volgen. Ze leren ook de satelliet te controleren en in de ruimte te exploiteren. Men wil een missie zo goedkoop mogelijk houden. Eenvoudige computers, verbonden met compacte stations, dienen als terminals voor de uitvoering van experimenten.

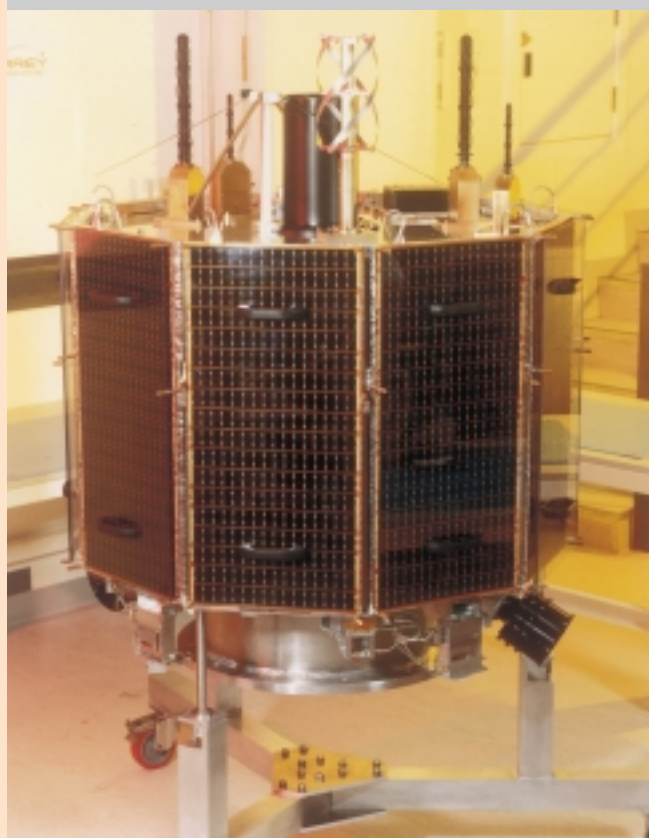
## **Uosat, MOSAIC, Beagle-2, HAND :** Engelse mini's in de ruimte

**Het Verenigd Koninkrijk zet alles op kleine satellieten. Drie Britse bedrijven ontwikkelen miniaturruimtetuigen voor wetenschappelijke, technologische en commerciële missies voor drie programma's: Uosat van de Universiteit van Surrey (zie hiervoor), MOSAIC (Micro Satellite Applications In Collaboration) van het British National Space Centre en Beagle 2 van de Open University (Britse bijdrage aan de Europese sonde Mars Express).**

In het spoor van de Universiteit van Surrey ontwikkelde het Britse Ministerie van Defensie microsattelieten voor technologisch onderzoek met het DERA (Defence Evaluation Research Agency). Het British National Space Center ondernam met steun van het DTI (Department of Trade and Industry) in 2000 het programma MOSAIC. Daarbij worden kleine satellieten ontwikkeld voor aardobservatie en telecommunicatie. Naast de projecten DMC (Disaster Management Constellation) en GEMINI, die aan SSTL (Surrey Satellite Technology) werden toevertrouwd, is er nog Topsat, een minisatelliet voor aardobservatie voor dual gebruik (burgerlijk en militair) die bovendien gefinancierd wordt door het Ministerie van Defensie. Topsat wordt gerealiseerd door het bedrijf QinetiQ en moet opnamen maken die details van minstens 2,5 m tonen. In het kader van een tweede MOSAIC-programma stelt QinetiQ de minisonde SIMONE (Spacecraft Intercept Mission to an Object Near Earth) voor. Deze sonde van 120 kg moet met een elektrische ionenmotor planetoïden verkennen.

Van zijn kant bestudeert Astrium Ltd het project MicroSAR voor een mini-radarsatelliet (200-300 kg) in X-band met een resolutie van 5-10 m. MicroSAR maakt gebruik van het ontvouwbare Snapdragon-platform. Astrium Ltd is ook betrokken bij de ontwikkeling van de kleine Marslander Beagle 2, die 60 kg weegt, de systemen om zacht op Mars te landen inbegrepen. Deze micro-robot moet eind 2003 door de Europese sonde Mars Express op de Rode Planeet afgeleverd worden. Hij zal dienst doen als een technologische pionier voor de NetLander-stations die Frankrijk in 2008 op het Marsoppervlak wil ontplooiën.

*HAND (Human Activated Nano-satellite Demonstration)* is een draagbare microsatelliet van 6,5 kg die op batterijen werkt. Een astronaut kan hem met de hand lanceren tijdens een ruimtewandeling. De satelliet gebruikt *Bus-Gamma*, een compact platform dat ontwikkeld werd door studenten van de universiteit van Bristol.



Gesterkt door zijn wereldwijde partnerships startte professor Sweeting de *Surrey Space Club*. Deze wil de internationale samenwerking in de ruimtevaarttechnologie nog versterken en een soort "gemenebest" vormen de negen landen die met het Surrey Space Centre samenwerken: Pakistan, Zuid-Korea, Portugal, Zuid-Afrika, Chili, Thailand, Singapore, Malaisië, China. Door hun respectieve microsattelieten gemeenschappelijk te gebruiken, hun grondstations te coördineren en hun toekomstige activiteiten te harmoniseren streven ze een drievoudig doel na: een wereldwijd netwerk opzetten voor noodgevallen en hulp bij rampen, de toegang tot de ruimte goedkoper maken, een technologische knowhow behouden dankzij nieuwe ruimtemissies...

### **Een constellatie voor veiligheid**

De meest originele missie die gepland is voor 2003 betreft de ontwikkeling, door een internationaal consortium, van de eerste constellatie DMC (Disaster Management Constellation) voor inzet bij rampen. "Wij willen tegelijk vijf microsattelieten ontwikkelen met een financiering van het British National Space Centre dankzij het MOSAIC-programma van kleine satellieten",

← UoSat 12 (massa 325 kg) is de belangrijkste satelliet die door het Surrey Space Centre werd gerealiseerd. (SSTL)

verduidelijkt professor Sweeting. *“De vijf DMC-satellieten voor waarnemingen met een resolutie van 32 m worden tegelijkertijd door een Russische raket gelanceerd, maar elk land is eigenaar en uitbater van de satelliet die het ten dienste van de constellatie stelt. Het Verenigd Koninkrijk, Algerije en Nigeria willen deelnemen. Onze Thaise partner en de Chinese Universiteit van Tsinghua moeten het pad effenen. Turkije wil zijn microsatelliet Biltensat ter beschikking van het systeem stellen. Die kan beelden met een resolutie van 12 m maken.”* Op de Universiteit van Surrey bestudeert men reeds een DMC-constellatie van de tweede generatie. Die zal bestaan uit microsatellieten van het type Constella die opnamen maken met een resolutie van 4 m.

Martin Sweeting onderstreept dat deze technologie bij aardobservatie voor commerciële toepassingen competitiever is en 50 tot 100 keer minder kost. SSTL realiseert tevens het aardobservatiesysteem van het Duitse bedrijf RapidEye. Het is een constellatie van vier minisatellieten die zijn afgeleid van Uosat 12 en uitgerust met multispectrale sensoren voor het maken van opnamen met een resolutie van 6,5 m. Ze worden in 2004 met een enkele raket gelanceerd en moeten dienen om constant geografische informatiesystemen te ontwikkelen. Uosat 12 zou ook dienst kunnen doen bij de ontwikkeling van de geostationaire minisatelliet Gemini voor telecommunicatie. Voor dit ambitieuze project kreeg de Universiteit van Surrey financiële steun van het British National Space Centre. *“De president van Nigeria toont interesse voor een satelliet die met vier zenders is uitgerust en die een positie moet innemen op 25 graden oosterlengte. Dit project kost 25 miljoen pond en zou voor 85% door Nigeria en voor 15% door het BNSC gefinancierd worden. Het gaat hier zeker om een duurdere en meer risicovolle oplossing dan het huren van zenders op een Intelsat-satelliet. Maar er zijn voor het land ook voordelen: het innemen van de gereserveerde positie in de geostationaire baan, een specifiek antwoord op zijn behoeften en de technologische knowhow.”*

## Leerlingen polijsten kleine spiegels voor *Starshine*

*Starshine* is een educatief programma van de NASA in samenwerking met het *US Naval Research Laboratory*. In het kader van schoolactiviteiten worden hierbij passieve microsatellieten gebouwd en gebruikt. Ze zijn bolvormig en bedekt met 850 tot 1000 kleine spiegeltjes. Het programma is origineel omdat duizenden jongeren in honderden scholen en onderwijsinstellingen in de wereld de spiegels polijsten. Dat gebeurt volgens aanwijzingen in een kit die de deelnemende scholen ontvangen. Zo heeft bijvoorbeeld de Volkssterrenwacht van Beisbroek (Brugge) deelgenomen aan de realisatie van *Starshine 2*.

Deze sferen zijn aan de hemel zichtbaar doordat hun spiegels het zonlicht weerkaatsen en flitsen tweebrengen. De bedoeling is na te gaan hoe de baan van de satellieten wordt afgeremd door de atmosfeer. Op de grond moeten de waarnemingen heel nauwgezet gebeuren. Waarnemers vergelijken de flitsen met bekende sterren, schatten de helderheid en bepalen het juiste tijdstip van de flitsen met chronometers, die geijkt zijn op het *GPS (Global Positioning System)*. Ze sturen hun gegevens via het Internet door naar de *Starshine*-site. In een rekencentrum worden de verschillende parameters van de door de *Starshine*-satellieten gevolgde banen berekend. Deze metingen worden vergeleken met de waarnemingen die de ESA-satelliet *SOHO (Solar and Heliospheric Observatory)* vanop 1,5 miljoen km van de aarde naar het Goddard-centrum van de NASA doorstuurt. Momenteel zijn drie *Starshine*-microsatellieten gebouwd:

- *Starshine 1* werd in de ruimte uitgezet vanuit het laadruim van de spaceshuttle *Discovery* in juni 1999. Hij verbrandde in februari 2000 in de atmosfeer. Ongeveer 25.000 jongeren uit 660 scholen in 18 landen hebben de 878 spiegels in aluminium gepolijst. Elk van deze spiegels heeft een diameter van 2,5 cm.
- De lancering van *Starshine 3* vond plaats in augustus 2001. Deze bol met een diameter van 1 m is bedekt met ongeveer duizend spiegels en een twintigtal laserreflectoren. Ongeveer 40.000 leerlingen in 26 landen waren betrokken bij het polijsten van de spiegels.
- Aan de realisatie van *Starshine 2* hebben ongeveer 25.000 leerlingen in 26 landen deelgenomen. Deze kunstmaan is voorzien van 858 spiegels en 20 laserreflectoren en van een systeem dat de rotatie van de satelliet stabiliseert. *Starshine 2* werd op 15 december 2001 door de bemanning van de spaceshuttle *Endeavour* in de ruimte uitgezet, kort nadat ze het International Space Station *ISS* had verlaten.

Het duo *Starshine 4* en *5* moet tijdens vlucht *STS 114* van de spaceshuttle in december 2002 gelanceerd worden. Sinds Kerstmis 2001 zijn de instructies voor het polijsten van hun spiegels op CD-ROM ter beschikking voor groepen jongeren die actief bij het ruimtevaartavontuur willen betrokken zijn. Alle informatie over een eventuele deelname is te vinden op de site van het *Starshine*-project (<http://www.azinet.com/starshine/>).

## Dossier Ruimtetuigen in miniatuur

# Europa in een baan om de maan met *Smart 1*

*ESA werkt aan het technologische programma SMART (Small Missions for Advanced Research in Technology). Daarbij worden kleine ruimtetuigen gebruikt om nieuwe systemen uit te testen, bedoeld voor ambitieuze wetenschappelijke missies.*



↑ De microsonde SMART 1 zal een vlucht naar de maan uitvoeren. (ESA)

**S**MART 1 wordt klaargemaakt voor een lancering aan boord van een Ariane 5-raket voor eind 2002. Met de instrumenten aan boord zal Europa voor het eerst experimenteren in een baan om de maan kunnen uitvoeren en dit met een budget van 85 miljoen euro. De kleine maansonde van 350 kg wordt gebouwd door de Swedish Space Corporation en moet een xenon-plasmamotor uittesten (met een elektrische voeding van Alcatel ETCA) evenals zeer krachtige sensoren.

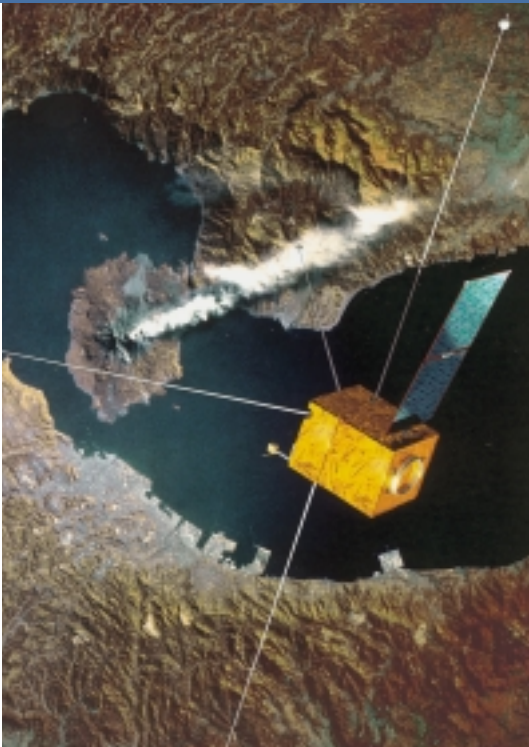
SMART 1 wordt gevolgd door ESOC (European Space Operations Center). De software aan boord is ontwikkeld door Spacebel (op basis van de software die ook instaat voor de autonomie van PROBA 1 in zijn baan om de aarde). De sonde zal over een grote autonomie beschikken om met zijn elektrische motor te manoeuvreren en beetje bij beetje onze natuurlijke satelliet te naderen. De minisonde zal 18 maanden van baancorrecties nodig hebben om de maan te bereiken. In 2003-2004 moet de technologie gekwalificeerd worden die zal gebruikt worden voor de verkenning van de planeet Mercurius met de missie BepiColombo tussen 2009 en 2013. Daarbij zullen twee modules met elektrische voortstuwing twee sondes rond Mercurius laten ronddraaien en een kleine robot op het oppervlak van de planeet neerzetten.

SMART 1 komt in een baan om onze natuurlijke satelliet en zal gedurende een jaar waarnemingen verrichten met miniatuurinstrumenten:

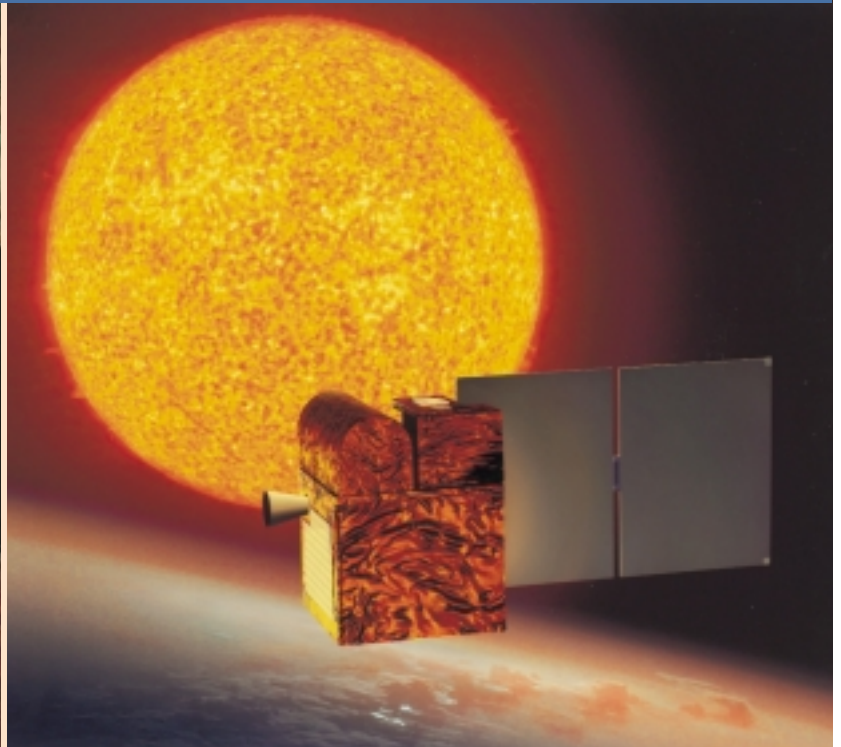
- de camera *AMIE (Asteroid-Moon Imaging Experiment)* van 1,7 kg voor multispectrale opnamen met hoge resolutie van het maanoppervlak;
- een compacte spectrometer in X-straling van 3,3 kg om de samenstelling van de maanbodem te bestuderen;
- een miniatuurspectrometer van 2 kg die in het nabij infrarood een staat opmaakt van de mineralen op de maan.

SMART 2 is voorzien vanaf 2006 en is een technologisch programma: twee satellieten van 100 kg moeten evalueren hoe ver ze verwijderd zijn en dat met een hogere nauwkeurigheid dan voorheen. De bedoeling is een essentiële techniek uit te testen voor de programma's *LISA (Laser Interferometry Space Antenna)* voor de waarneming van gravitatiegolven en Darwin, die planeten zoals de aarde rond ver verwijderde sterren moet vinden. LISA (2011) en Darwin (2015) zullen waarnemingen doen met interferometrie: zwermen van satellieten zullen op gecoördineerde wijze in de ruimte voortbewegen op ver verwijderde trajecten.

## Dossier Ruimtetuigen in miniatuur



↑ Demeter. (CNES)



↑ De microsatteliet Picard. (CNES)

## *Myriade*: een Franse reeks van microsattelieten

**Onder de mooie naam Myriade gooit de Franse ruimtevaartorganisatie CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) zich op de realisatie van een reeks microsattelieten voor vrij goedkope en weinig risicovolle specifieke missies.**

Nu al zijn vier microsattelieten van 100 tot 120 kg in voorbereiding. Hun missies en hun specifieke nuttige ladingen tonen het gemak waarmee ze kunnen gebruikt worden: *Demeter* (lancering met een Indiase PSLV-raket eind 2002) om het voorspellen van aardbevingen te testen, *Picard* om de invloed van de zon op het klimaat beter te begrijpen, *Parasol* om de wolken vanuit de ruimte te kenmerken, *Microscope* om het equivalentieprincipe uit de fundamentele fysica te bevestigen.

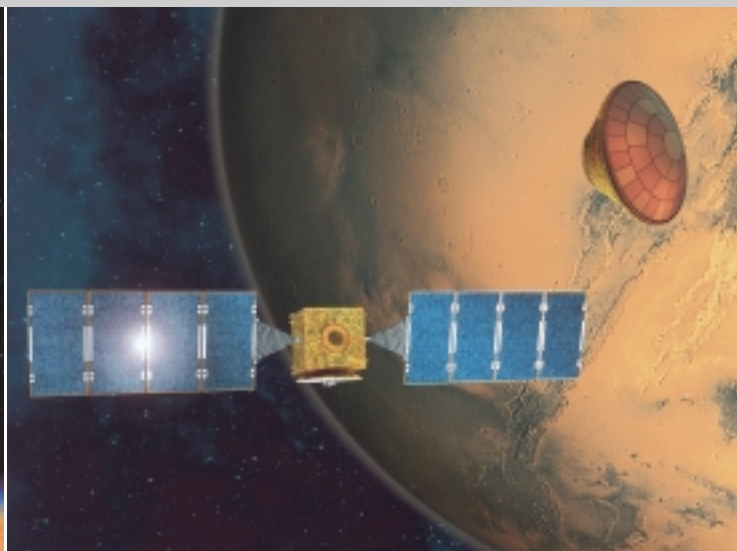
Het Myriadeplatform wordt aangewend door de onderneming Astrium bij de ontwikkeling van COMINT, een groep van vier microsattel-

ieten voor radio-ontvangst. Deze zullen in 2004 gelanceerd worden ten behoeve van het Franse ministerie van landsverdediging.

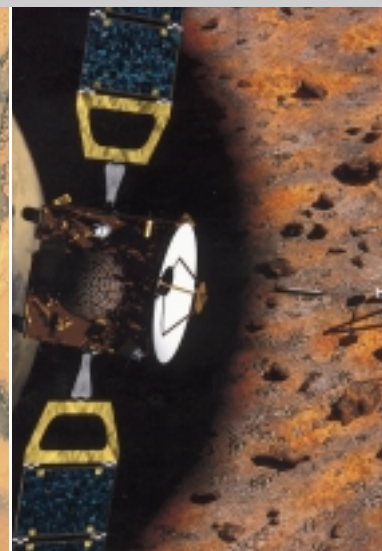
CNES heeft de bouw van de microsatteliet toevertrouwd aan het bedrijf Latécoère in Toulouse. Dat is gespecialiseerd in de levering van vliegtuigstructuren en hun bekabeling. Latécoère moet de structuur en de bekabeling van de microsatteliet realiseren en daarna onder controle van CNES de vooraf geïntegreerde modules aanbrengen van de subsystemen voor standregeling (Snecma), energievoorziening (Alcatel ETCA), verwerking van gegevens aan boord (processors van Astrium)...



↑ Een cruciaal ogenblik voor Huygens: begin 2005 moet deze sonde neerdalen op de mysterieuze Saturnusmaan Titan. (Doc. ESA)



↑ In 2003 probeert Europa met de sonde Mars Express een kleine robot op de Rode Planeet neer te zetten. (ESA)



## Zij gaan waar de mens niet kan komen...

*De vanop de aarde bestuurde miniatursondes die planeten, hun manen, planetoïden en kometen verkennen zijn een van de belangrijkste instrumenten van de wetenschappelijke gemeenschap.*

Zo hebben de kamikazemissies van de Ranger-sondes van de NASA in de jaren '60 het oppervlak van de maan onderzocht. In de jaren '70 slaagden capsules van Venera-sondes van de Sovjetunie erin te blijven functioneren in de "oven" die het oppervlak van de planeet Venus was. Het verste exploit is dat van een kegelvormige module van 339 kg die in 1995 in de wilde en verhitte atmosfeer van Jupiter dook.

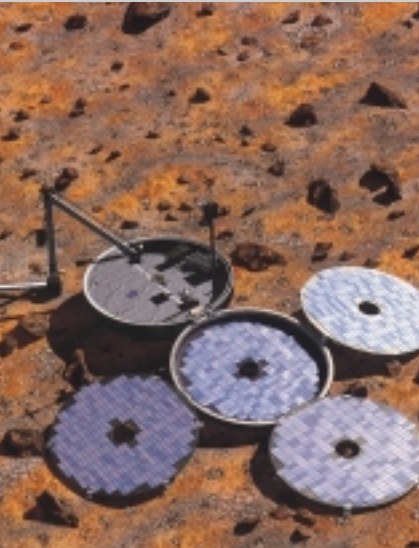
### Europa op Mars (2003) en Titan (2005)

Het wetenschappelijk programma van ESA toont interesse voor de in situ verkenning van de hemellichamen in het zonnestelsel. Het zet de Europese industrie er toe aan de ruimtesondes die moeten functioneren in een omgeving die heel anders is dan de omgeving van de aarde, te miniaturiseren. De eerste van deze verkenners is de sonde Huygens (318 kg) die bevestigd is op de NASA-sonde Cassini. Die is sinds 1997 op weg naar Saturnus op een afstand van 1,5 miljard km van ons. Huygens zal in 2004 in een baan om de geringde planeet komen en nadien Huygens afstoten. Die zal in 2005 op Titan landen, de mysterieuze maan van Saturnus. Voor deze minicapsule levert Alcatel ETCA in Charleroi het subsysteem

voor de elektrische voeding. Hij moet gedurende de 137 minuten durende afdaling gegevens doorsturen. Het contact met het oppervlak van Titan (dat vast of vloeibaar is) gebeurt met een snelheid van 20 kilometer per uur. Dankzij de zes instrumenten aan boord van Huygens hoopt men beelden van Titan te bekomen evenals informatie over de atmosfeer tijdens de afdaling en over het gebied waar de sonde terecht komt.

In 2003 heeft Europa voor het eerst rendez-vous met een planeet. De sonde Mars Express wordt vanop Bajkonoer gelanceerd in juni 2003 en bereikt zijn bestemming op het eind van dat jaar. Alvorens hij in een baan om Mars komt zal hij een capsule loslaten met daarin de micro-robot Beagle 2 die met behulp





van airbags op Mars moet landen. Deze robot van 30 kg moet in het voorziene gebied Isidis Planitia op 10 graden noorderbreedte terechtkomen. Het compacte tuig zal vier zonnepanelen ontvouwen, nodig om een complexe nuttige lading te doen werken: drie camera's, spectrometers, detectoren die het Martiaanse milieu waarnemen, een systeem voor het verzamelen van bodemonsters... De bedoeling is bewijzen te vinden van sporen van water, organische overblijfselen en carbonaten.

De ervaringen met Beagle 2 zullen in het bijzonder nuttig zijn als voorbereiding van de Netlander-microstations aan boord van de Franse sonde *PREMIER* (*Programme de Retour d'Echantillons Martiens et Installation d'Expériences en Réseau*), die in 2007 wordt gelanceerd. Daarbij zullen vier identieke modules, gevoed door vijf bloembladige zonnepanelen, landen in verschillende gebieden op Mars en er een netwerk vormen. De Koninklijke Sterrenwacht van België neemt deel aan het programma Netlander, dat de Rode Planeet geofysisch moet bestuderen.

← De Britse microrobot Beagle 2 moet in 2004 werkzaam zijn op het Marsoppervlak. (*Astrium*)

### Op weg naar een komeet (2011) en naar Mercurius (2012)

Vijf maanden voor de lancering van Mars Express zal ESA de sonde Rosetta de ruimte hebben ingestuurd voor een odyssee door het zonnestelsel. Rosetta wordt met een Ariane 5 gelanceerd voor een rendez-vous met planetoïden en met de komeet 46P/Wirtanen die in 2011 bereikt wordt. Gedurende anderhalf jaar zal Rosetta rond de kern van de komeet draaien en er een landingsmodule van 75 kg op neerzetten. Deze miniaturauto-maat met drie poten is uitgerust om de omgeving te fotograferen en de samenstelling van de bodem en de ondergrond te onderzoeken.

In 2009 zullen twee Sojoez-Fregat-raketten BepiColombo naar de planeet Mercurius lanceren. Een duo van verkennende robots, die

chemisch en elektrisch worden voortgestuwd, moeten in 2012 in een baan om Mercurius komen. In totaal zullen vijf verschillende elementen zich in de omgeving van Mercurius afscheiden. Een van de twee wetenschappelijke sondes moet in samenwerking met de Japanse organisatie *ISAS* (*Institute of Space and Astronautical Science*) gerealiseerd worden. Hij weegt minder dan 200 kg en moet het magnetisch veld van deze planeet dicht bij de zon bestuderen. Nadat hij in een baan om Mercurius komt zal zijn voortstuwingsmodule gebruikt worden om het geminiaturiseerde deel *MSE* (*Mercurie Surface Element*) van amper 44 kg tussen de kraters op Mercurius te laten landen. Het wordt vanop een hoogte van 120 m losgelaten en zal de impact op het oppervlak overleven dankzij airbags.

MSE is het spectaculairste onderdeel van BepiColombo. Het

↓ Deze nanochod zal het oppervlak van Mercurius in 2012 verkennen! (*Th.P./SIC*)



moet gedurende een week functioneren, opnamen maken, de grond doorboren met een elektronische "mol" en een microrover uitzetten die met een kabel tot een afstand van 50 m wordt geleid. Deze rover heeft rupsbanden van het Nanochod-type, op basis van een Russisch ontwerp, en wordt ontwikkeld door het *Max-Planck-Institut für Chemie*. De Mercuriaanse Nanochod heeft een massa van 1,6 kg (de nuttige lading van 0,9 kg inbegrepen) en werd ontworpen en getest door het Duitse bedrijf Von Hoerner & Sulger. Space Applications Services in Zaventem neemt deel aan het ontwerp van dit miniatuursysteem dat in uitzonderlijk moeilijke omstandigheden operationeel moet zijn.

↓ De sonde Rosetta moet een dwergrobot met drie poten op de kern van een komeet neerzetten. (*ESA/J. Huart*)



## Dossier Ruimtetuigen in miniatuur

# Speciale lanceerraketten voor kleine satellieten?

*Eén kilogram in de ruimte brengen kost veel geld.*

*Kleine satellieten zijn dus goedkoper.*



↑ De Russische lanceerraket Kosmos 3M. (OHB-System)

In het geval van de Belgische microsateeliet *PROBA 1* van 94 kg kostte de lancering met een Indiase lanceerraket ongeveer 940.000 euro of 10.000 euro per kilogram. Maar deze "aantrekkelijke" prijs had ook zijn beperkingen: *PROBA 1* was slechts een bijkomende passagier en zijn baan hing af van de doelstellingen van de hoofdsatelliet. De Indiërs hebben het vluchtplan van hun raket wel gewijzigd om *PROBA 1* in een zo goed mogelijke baan te brengen.

Miniatuursatellieten worden vaak *piggyback* gelanceerd, op de "rug" van een grote satelliet, of met een hele tros andere kunstmanen tegelijk. Lanceerraketten van het type *Delta* (Verenigde Staten), *Ariane* (Europa), *Lange Mars* (China), *Zenit* (Rusland/Oekraïne), *PSLV* (India) bieden net zoals de spaceshuttle "groepsformules" aan. Deze "gedeelde" lanceringen werden in het verleden reeds uitgevoerd. Maar de klanten

hebben hierbij niet het laatste woord over de operaties en krijgen geen voorrang voor het bereiken van de gewenste baan. Voor een meer gepersonaliseerde service moeten ze meer betalen. Er bestaan kleine lanceerraketten waarbij men de kosten probeert te drukken. Vraag is of er meer geïnvesteerd moet worden in nieuwe lanceerraketten die aangepast zijn aan de eerder beperkte markt van miniatuursatellieten.

Het economisch antwoord hierop is het ombouwen van langeafstandsraketten tot lanceerraketten voor kleine satellieten. Die worden door commerciële bedrijven uitgebaut tegen aantrekkelijke lanceertarieven. Het Amerikaanse bedrijf *Orbital Sciences Corporation (OSC)* durfde de uitdaging aan te gaan om kleine satellieten te ontwikkelen en te

commercialiseren, evenals eigen middelen om ze te lanceren. Momenteel heeft OSC als enige deze krachttoer kunnen realiseren met zijn lanceerraketten *Pegasus*, *Taurus* en *Minotaur*. ESA heeft besloten de familie van de zware *Ariane 5*-raketten aan te vullen met een modulaire raket op vaste brandstof. *Vega* is van Italiaans ontwerp en zal tijdens zijn demonstratievlucht eind 2005 een nieuwe stuwaket op vaste brandstof voor de *Ariane 5* testen. Hetzelfde geldt voor het Japanse ruimtevaartagentschap *NASDA (National Space Development Agency)*. *NASDA* wil naast de familie van de krachtige *HIIA*-raketten een verbeterde *JI*-lanceerraket.

Een kort overzicht van de operationele capaciteit voor lanceringen van compacte en lichte satellieten:

↓ De vanaf een vliegtuig gelanceerde raket *Pegasus* van *Orbital Sciences Corporation (OSC)*



Lanceer-raket	Ontwikkeld of gecommmercialiseerd door	Kenmerken
<b>Athena</b>	Lockheed Martin Commercial Launch Services, USA	Een familie van lanceerraketten "op maat". Sinds 1995 werden zeven exemplaren gelanceerd, waarvan er vijf succesvol waren. Bij gebrek aan een voldoende grote markt krijgt het programma voorlopig geen vervolg.
<b>Dnjepr</b>	Kosmotras/Joezjnoje, Rusland/Oekraïne	Gelanceerd vanuit een silo op de kosmodroom Bajkonoer. Kan 1,5 ton in een polaire baan brengen. Tijdens de tweede vlucht in 2000 lanceerde deze raket vijf microsatellieten: Tiungsat 1 (Maleisië), Megsat 1 en Unisat (Italië), Saudisat 1A en Saudisat 1B (Saoedi-Arabië).
<b>Kaituoze 1 of KT 1</b>	China Aerospace Science & Industry Corporation, China	Maakt gebruik van een derde rakettrap om een honderdtal kg in de ruimte te brengen. Eerste lancering van KT 1 is voorzien in de zomer van 2002.
<b>LeoLink-Shavit</b>	Israël Aircraft Industries/ Coleman Aerospace/Astrum, Israël/USA	Gelanceerd vanaf de basis Palmachim in een retrograde baan (in tegengestelde zin aan de west-oost rotatie van de aarde). De eerste vluchten van LK zijn voorzien in 2002 maar er zijn nog geen klanten...
<b>Minotaur</b>	US Air Force Space & Missile Systems/Orbital Sciences Corporation, USA	Kan 300 kg in een polaire baan brengen. Bij de eerste vlucht in 2000 werden vier microsatellieten en zes picosatellieten gelanceerd met een militair technologisch doel en ontwikkeld door universitaire instellingen.
<b>Pegasus</b>	Orbital Sciences Corporation, USA	Deze "gevleugelde" drietrapsraket op vaste brandstof is de enige - naast de spaceshuttle - die naar de ruimte vliegt. Deze raket is zo origineel omdat ze onder een groot transportvliegtuig wordt getransporteerd om vervolgens op 12.000 m hoogte te worden losgelaten. Pegasus kan een gewicht van 200 tot 300 kg lanceren en is het paradedepaar voor de lancering van kleine satellieten vanaf een luchtmachtbasis.
<b>Sjtíl</b>	Russische marine/Makejev Design Bureau, Rusland	Intercontinentale raket, gelanceerd vanaf een nucleaire onderzeeër. Kan 50 tot 100 kg in een lage baan om de aarde brengen.
<b>Start</b>	Poeskovije Oesloegi, Rusland	Deze raket bestaat in een viertrapsversie (Start 1) en een vijftrapsvariant (Start) en wordt gelanceerd vanaf de kosmodroom Svobodni in Siberië. Alleen Start 1, die tot een halve ton kan lanceren, wordt sinds maart 1993 gelanceerd.
<b>Strela</b>	NPO Masjinstrojenije, Rusland	Deze tweetrapsraket is de intercontinentale raket SS 19, waarvan een honderdtal exemplaren beschikbaar zijn voor lanceringen naar de ruimte. Ze vertrekken vanaf een silo op de basis Svobodni en kunnen tot 1 ton in een baan om de aarde brengen. De eerste lancering is voorzien in de loop van 2002.
<b>Taurus</b>	Orbital Sciences Corporation, USA	Deze viertrapsraket is de "aardse" en krachtiger versie van de Pegasus-raket van OSC. Zij kan tot 1 ton in een baan om de aarde brengen.
<b>VLS 1</b>	Centro Tecnico Aeroespacial, Brazilië	Deze viertrapsraket werkt op vaste brandstof en moet Brazilië een autonome toegang tot de ruimte geven voor minisatellieten van 200 kg. Twee proefvluchten liepen uit op een mislukking. In de loop van 2002 is een derde beslissende vlucht gepland.

↑ Italië ontwikkelt met deelname van de Belgische industrie voor ESA deze Vega-lanceerraket die vanaf de lanceerbasis Kourou in Frans Guyana vanaf 2005 zal vertrekken. (ESA/J.Huart)

## Europese nanosatellieten gelanceerd vanaf een Russische onderzeeër

Voor de Technische Universiteit Berlin (TUB) betekent de realisatie van microsatellieten een interdisciplinaire ervaring voor haar studenten. Ze begon daarom met de ontwikkeling van de modulaire TUBsat-kunstmanen. De kubusvormige TUBsat A (35 kg) en de meer langwerpige TUBsat B (40 kg) werden in 1991 en 1994 gelanceerd. De kubusvormige TUBsat C (45 kg) werd gerealiseerd voor het Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt en ging in 1999 de ruimte in als commerciële passagier aan boord van de Indiase raket PSLV C2. Deze microsatelliet voor aardobservatie was uitgerust met drie camera's om op de aarde details waar te nemen van 360 m tot 6 m. Hij ging de eerste Marokkaanse satelliet vooraf. Maroc-TUBsat (47 kg) werd in december 2001 in een baan om de aarde gebracht. Hij maakt opnamen van de aarde en dient voor communicatie.

In 1998 was de TUB betrokken bij een première in de ruimtevaart: de lancering van een duo van nanosatellieten. TUBsat N (8,5 kg) en TUBsat N1 (3 kg) gaan na hoe met kleine mobiele terminals kan worden gecommuniceerd. Hun ontwikkeling en lancering zouden minder dan 390.000 euro hebben gekost. Andere nanosatellieten staan op het programma voor komende lanceringen vanaf onderzeeërs in de Noordelijke IJszee.

## Dossier Ruimtetuigen in miniatuur

# USA: universitaire microsattelieten *ten dienste van het publiek*

*Het DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), de NASA en de Amerikaanse industrie hebben het programma Nanosatellite toevertrouwd aan verschillende universiteiten en polytechnische instituten.*

Teams van professoren en studenten moeten een constellatie van een tiental microsattelieten van 1 tot 10 kg ontwikkelen. Ze zullen gelanceerd worden in 2002-2003:

- De Utah State University, de University of Washington en het Virginia Polytechnic Institute werken samen aan het systeem Ion-F van drie microsattelieten voor gecoördineerde metingen in de ionosfeer.
- De Arizona State University, de University of Colorado Boulder en de New Mexico University werken aan drie identieke nanosatellieten voor het project Three Corner Sat. Ze zullen in formatie rond de aarde draaien en verbindingen moeten mogelijk maken met mobiele gebruikers, 3D-waarnemingen moeten verrichten met een

resolutie van 100 m en de technologie voor micromotoren testen.

Verschillende labo's van de Stanford University en de Santa Clara University hebben de missie Emerald op zich genomen. Deze microsatelliet zal zich in twee splitsen en het daaruit ontstane duo zal eerst door een kabel verbonden worden. Eens deze is afgesneden zullen ze volledig autonoom worden. Ze zullen communicatie tussen satellieten onderling en het gebruik van nanomotoren demonstreren.

De Boston University en het Draper Lab werken samen bij de bouw van drie picosatellieten van minder dan 1 kg, bestemd voor de constellatie Pathfinder. Ze zullen variaties in het magnetisch veld van de aarde onderzoeken.

De Carnegie Mellon University wil Solar Blade uittesten. Deze nanosatelliet met een massa van minder dan 5 kg zal nauwelijks meer ruimte innemen dan een brandblusser. Eenmaal hij zijn vier zonnepanelen van elk 20 m heeft opgevouwd zal hij eruit zien als een windmolen in de ruimte.

Deze snelle toename van het aantal micro- en nanosatellieten ontwikkeld door Amerikaanse universiteiten toont aan hoe ruimtevaarttechnologie ook tegemoet komt aan educatieve doelstellingen: studenten leren probleemoplossend na te denken vertrekkende vanuit concrete situaties. Het Europese onderwijs zou zich kunnen laten inspireren door deze pedagogische methode.

## *Zarkae Al Yamama*, een Marokkaanse microsatelliet

Op 10 december 2001 bracht een Oekraïense Zenit 2-raket vanaf de kosmodroom Bajkonoer de Russische weersatelliet Meteor 3M en vier microsattelieten in een baan op een hoogte van 1000 km boven het aardoppervlak. Daaronder bevond zich de Marokkaanse microsatelliet *Maroc-TUBSat*, omgedoopt tot *Zarkae Al Yamama*. De satelliet werd gerealiseerd door de Technische Universität Berlin in samenwerking met onderzoekers en ingenieurs van het *Centre Royal de Télédétection Spatiale (CRTS)* in Rabat. Deze kleine kunstmaan ziet er uit als een kubus en heeft een massa van 47 kg. *Zarkae Al Yamama* heeft apparatuur aan boord voor aardobservatie en het doorsturen van boodschappen. Met zijn multispectrale camera kan hij vegetatie waarnemen met een resolutie van 300 m.

## Dossier Ruimtetuigen in miniatuur

# Tabel van *micro-* en *minisatellieten* (1995-2005)

LAND (Verantwoordelijke organisatie) [hoofdconstructeur]	PROJECT (lanceerdatum/raket) [voorzien datum/raket]	Opricht en experimenten (situatie op 1 januari 2002) (MS = microsatelliet)
<b>ZUID-AFRIKA</b> (Stellenbosch University) [Electronic Systems Laboratory/ Sun Space and Information Systems]	<b>SUNSAT 1, SUNSAT 2</b> (1999/Delta 2) [2003?/te bepalen]	Eerste MS voor het maken van opnamen met hoge resolutie en communicatie met radioamateurs (in een baan om de aarde, twee jaar operationeel). Mogelijkheid voor de realisatie van een tweede meer gesofisticeerde MS in samenwerking met andere Afrikaanse landen (gepland).
<b>ALGERIJE</b> (Centre National de Technologie spatiale) [SSTL]	<b>ALSAT 1 of DMC-Algeria</b> [eind 2002/te bepalen]	Nationaal MS-project voor wetenschappelijke en educatieve doeleinden, dat zal uitmaken van het internationaal systeem Disaster Monitoring Constellation deel (in opbouw).
<b>SAOEDI-ARABIË</b> (King Abdulaziz City for Science and Technology) [Space Research Institute]	<b>SAUDISAT 1A/1B</b> (2000/Dnjepr 1)	Een eerste MS-duo (10 kg) voor communicatie en het verzamelen van gegevens, gelanceerd door een Dnjepr-raket (in een baan om de aarde). Weinig info over de andere MS (in voorbereiding).
<b>ARGENTINIË</b> (Comision Nacional de Actividades Espaciales/NASA) [INVAP]	<b>SAC A</b> (december 1998/ spaceshuttle Endeavour)	Technologische MS van 68 kg om de technologie voor SAC C te testen, waaronder een CCD-camera (operationeel tot augustus 1999).
(Comision Nacional de Actividades Espaciales/NASA) [INVAP]	<b>SAC C</b> (1999/Delta II)	Minisatelliet van 475 kg voor een internationale missie voor aardobservatie in het kader van een constellatie met de satellieten Landsat 7, EO 1 en Terra van de NASA (in een baan om de aarde).
[Instituto Universitario Aeronautico Cordoba] <b>µSAT 1 VICTOR</b> ,	<b>µSAT 2</b> (1996/Molnija) [2002?/Dnjepr 1?]	Educatieve MS-kunstmanen van 30 kg (in een baan om de aarde) en 32 kg (in voorbereiding) voor het maken van meteorologische opnamen.
[Universidad Nacional del Comahue + AATE + Amsat Argentina]	<b>MICROPEHUENSAT 1</b> [2003?/Zenit 3SL?]	Educatieve MS van 30 kg voor radioamateurs en het uitvoeren van waarnemingen.
[Universidad Nacional del Comahue + AATE + Amsat Argentina]	<b>NANOPEHUENSAT 1</b> [2002/Lange Mars 4?]	Technologische nanosatelliet van 7 kg voor telecommunicatie.
<b>AUSTRALIË</b> (Cooperative Research Centre for Satellite Systems) [SpaceDev]	<b>FEDSAT</b> [2002/HIIA]	MS voor communicatie, navigatie en magnetische metingen.
[Australian Space Research Institute/ Queensland University of Technology]	<b>JAESAT of Joint Australian Engineering Satellite</b> [2002/Dnjepr 1?]	Technologische MS van het type AMSAT voor communicatie met radioamateurs, uitgerust met webcams voor waarnemingen (in aanbouw).

<b>BRAZILIË</b> (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) [INPE]	<b>SCD 1, SCD 2</b> (1993/Pegasus, 1998/ Pegasus XL)	Minisatellieten van 110 kg, gestabiliseerd door rotatie, van Braziliaanse makelij. Ze zijn bedoeld voor het verzamelen van gegevens over het milieu in Amazonië (in een baan om de aarde).
(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) [INPE]	<b>SCD 3</b> [2005/ te bepalen]	Verbeterde versie van de eerste twee SCD-satellieten, gestabiliseerd op drie assen en met een massa van 300 kg (in voorbereiding).
(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) [INPE]	<b>SSR 1, SSR 2</b> [2004, 2006?/ te bepalen]	Minisatellieten van 290 kg op basis van een Braziliaans platform en gestabiliseerd op drie assen voor multispectrale waarnemingen van gebieden rond de evenaar met een resolutie van 80 m (gebouwd sinds 1990).
(Agencia Espacial Brasileira/ Centre National d'Etudes Spatiales) [INPE/CNES]	<b>FBM</b> [2004/VLS 1?]	Eerste Frans-Braziliaanse MS voor wetenschappelijk onderzoek met een massa van 100 kg en gestabiliseerd op drie assen. Uitgerust om de invloed van uitbarstingen op de zon op het ruimtemilieu boven de evenaar te onderzoeken (in aanbouw).
(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) [INPE]	<b>SACI 1</b> (1999/Lange Mars 4B)	Braziliaanse technologische MS van 60 kg voor het programma SACI of Satellite Brasileiro de Aplicacoes Cientificas. De eerste missie voor onderzoek van de magnetosfeer mislukte door een communicatieprobleem (in een baan om de aarde).
<b>CHILI</b>		
(Fuerza Aerea de Chile Space Division) [SSTL]	<b>FASAT Alfa</b> (1995/Tsiklon) <b>FASAT Bravo</b> (1998/Zenit 2)	Technologische en wetenschappelijke MS-kunstmanen van 50 kg, gerealiseerd in samenwerking met de Britse universiteit van Surrey. Bestemd voor communicatie onder radioamateurs en voor regelmatige metingen van de ozonlaag (alleen de tweede MS kwam goed in een baan om de aarde).
(Fuerza Aerea de Chile Space Division) [Universidad Catolica]	<b>FASAT Charlie</b> (2003 ?/ te bepalen)	Technologische MS van 100 kg voor metingen van de ozonlaag en het maken van opnamen van het aardoppervlak (in voorbereiding).
(ENTEL) [Amsat-CE]	<b>CESAR 1</b> [2003 ?/ te bepalen]	MS van 12 kg van Chileense makelij voor het uitwisselen van boodschappen (in opbouw).
<b>CHINA</b>		
(Tsinghua University, Beijing) [Tsinghua Space and Satellite Company + SSTL]	<b>HANGTIAN TSINGHUA 1</b> (2000/Kosmos 3M)	Demonstratiesatelliet, vrucht van samenwerking tussen de universiteiten van Tsinghua en Surrey, bedoeld om rampgebieden in de gaten te houden met een resolutie van 40 m (in een baan om de aarde).
(Tsinghua University, Beijing) [Tsinghua Space and Satellite Company + SSTL]	<b>THNS 1/OLYMPIADSAT 1</b> [2002/Lange Mars 4B?]	Nanosatelliet van minder dan 10 kg voor waarnemingen van het aardoppervlak (in aanbouw).
(Chinese Ministry of Science & Technology)[Tsinghua Space Satellite Company + SSTL]	<b>DMC China</b> [2003/ te bepalen]	Chinese MS voor het systeem Disaster Monitoring Constellation van het Surrey Space Centre, uitgerust voor het maken van opnamen met hoge resolutie, ter voorbereiding van het Chinese systeem ter voorkoming van rampen (Space System for Disaster Mitigation).
(Chinese Academy of Space Technology) [Aerospace Dongfanghong Satellite Ltd]	<b>HY 1</b> [2002/Lange Mars 4B]	Minisatelliet voor aardobservatie met een massa van 360 kg voor multispectraal onderzoek van de oceanen, de kustgebieden en eilanden met een resolutie van 250 m (in aanbouw).
(Chinese Academy of Space Technology) [Harbin Institute of Technology]	<b>TANSUO 1</b> [2002/Lange Mars 1D?]	Minisatelliet voor aardobservatie met hoge resolutie ter voorbereiding van de constellatie China Space System for Disaster Mitigation van acht minisatellieten (in aanbouw).
(China Aerospace Science & Technology Corporation) [Tsinghua Space and Satellite Company]	<b>OLYMPIADSAT 2</b> [2002/Kaituoze 1?]	Educatieve MS voor het doorsturen van berichten en aardobservatie, gefinancierd door de China Youth Development Foundation en de Veteran Scientists Association in het kader van manifestaties voor de Olympische Spelen van 2008 in Beijing (in aanbouw).
<b>ZUID-KOREA</b>		
(SaTRec/Korea Advanced Institute of Space & Technology) [KAIST + SSTL]	<b>KITSAT 1, KITSAT 2</b> (1992/Ariane 4, 1993/Ariane 4)	Technologische MS-kunstmanen met een massa van 48 kg voor telecommunicatie en waarnemingen, ontwikkeld door SaTRec in samenwerking met Surrey Satellite Technology Ltd (in een baan om de aarde, Kitsat 1 is sinds eind 1999 niet meer operationeel).

(SaTRec/Korea Advanced Institute of Space & Technology) [KAIST]	<b>KITSAT 3</b> (1999/PSLV)	Minisatelliet van 110 kg, op drie assen gestabiliseerd en uitgerust voor onderzoek van het ruimtemilieu. Hij heeft de camera MEIS (Multispectral Earth Imaging System) aan boord voor het maken van opnamen met een resolutie van 15 m (in een baan om de aarde).
(SaTRec/Korea Advanced Institute of Space & Technology) [KAIST]	<b>KAISTSAT 4</b> (2003/ te bepalen)	Technologische minisatelliet met een massa van 130 kg, uitgerust voor onderzoek van interstellaire materie, voor de analyse van plasma in de ruimte en met een geavanceerd systeem voor het opvangen en uitwisselen van berichten, dat in Australië werd ontwikkeld (in aanbouw).
<b>EGYPTE</b> (National Authority for Remote Sensing and Space Sciences) [Joezjnoje]	<b>EGYPTSAT 1</b> (2003?/Dnjepr 1)	Technologisch project voor een minisatelliet van 110 kg, geleverd door Oekraïne, voor de waarneming van het aardoppervlak met een resolutie van minder dan 10 m (in voorbereiding).
(National Authority for Remote Sensing and Space Sciences) [Carlo Gavazzi]	<b>DESERTSAT</b> [2005/te bepalen]	Educatief project in samenwerking met Italië voor een minisatelliet van 120 kg op basis van het platform MITA voor onderzoek van woestijngebieden (in voorbereiding).
<b>INDIA</b> (Anna University) [+ ISRO]	<b>ANNA-SAT</b> (2004/PSLV)	Experimentele MS van 60 kg gerealiseerd door een groep studenten voor berichtenuitwisseling.
(Amsat-India) [+ ISRO/ANTRIX]	<b>VUSAT</b> (2003/PSLV of GSLV)	MS uitgerust met een baken voor experimenten van radioamateurs.
<b>IRAN</b> (Ministry of Culture and Higher Education) [Iraanse industrie]	<b>MESBAH</b> [2003?/Shahab 5 of IRIS-Kosar?]	Experimentele minisatelliet voor telecommunicatie die de Iraanse universiteiten en bedrijven moet initiëren in de vereisten van de ruimtevaarttechnologie (in voorbereiding samen met het nationale project voor een lanceerraket voor minisatellieten).
<b>MALEISIË</b> (Astronautic Technology Sdn Bhd) [SSTL]	<b>TIUNGSAT 1</b> (september 2000/Dnjepr 1)	Technologische MS van 50 kg, ontwikkeld met hulp van Surrey Satellite Technology Ltd voor communicatie ten behoeve van radioamateurs, meteorologische waarnemingen en metingen van kosmische straling (in een baan om de aarde).
(Astronautic Technology Sdn Bhd) [nog te bepalen]	<b>NEq0</b> [2004?/ te bepalen]	Projet Near Equatorial Orbit voor een constellatie van acht MS-kunstmanen voor waarnemingen van de aarde en numerieke communicatie (gepland).
<b>MAROKKO</b> (CRTS of Centre Royal de Télédétection Spatiale) [Vectronic Aerospace]	<b>MAROC-TUBSAT</b> (december 2001/Zenit 2)	Technologische MS van 47 kg voor meteorologie en het doorsturen van berichten, gebaseerd op het platform TUBsat van de Technische Universität Berlin (in een baan om de aarde).
<b>MEXICO</b> (Universidad Nacional Autonoma de Mexico) [PUIDE /AMSAT]	<b>UNAMSAT B/OSCAR 30</b> (1996/Kosmos 3M)	Educatieve MS van 17 kg voor onderzoek van micrometeorieten in de bovenste lagen van de atmosfeer, gerealiseerd in het kader van het Programa Universitario de Investigacion y Desarrollo Espacial (in een baan om de aarde, niet meer operationeel).
<b>NIGERIA</b> (National Space Research & Development Agency) [SSTL]	<b>NIGERIASAT 1/DMC-Nigeria</b> [2003/Dnjepr 1?]	Educatief project voor een technologische MS, ondersteund door de Britse universiteit van Surrey in het kader van het internationaal systeem Disaster Monitoring Constellation van het Surrey Space Centre (in aanbouw).
<b>PAKISTAN</b> (SUPARCO/Space & Upper Atmosphere Research Commission) [SUPARCO]	<b>BADR 1 en BADR 2</b> (1990/Lange Mars 2E, 2001/Zenit 2)	Technologische MS, verworven met steun van Surrey Satellite Technology Ltd. Een tweede satelliet van 69 kg werd op 10 december 2001 vanaf Bajkonoer gelanceerd voor het maken van opnamen vanaf 1000 km hoogte (in een baan om de aarde).

	<b>BADR C ?</b> [2004 ?/Ghauri ?]	Technologische MS in het kader van een project voor een nationale lanceerraket voor kleine satellieten.
<b>PERU</b> (Comision Nacional de Investigacion y Desarrollo Aeroespacial) [CONIDA + Astrium]	<b>CONIDASAT 01</b> [2002 of 2003/ te bepalen]	Minisatelliet van 200 kg voor een aardobservatiemissie met hoge resolutie, voor het waarnemen van details van 3 m (in aanbouw).
<b>ROEMENIË</b> (Romanian Space Agency) [?]	<b>ROSASAT ?</b> (2004?/ te bepalen)	Educatief project voor een MS voor de waarneming van gebieden met een groot risico op natuurrampen (ter studie voor internationale samenwerking).
<b>SINGAPORE</b> (Nanyang Technological University) [NTU + DSO National Laboratories]	<b>NTU X-SAT</b> [2007/ te bepalen]	Minisatelliet van 100 tot 150 kg voor het maken van opnamen met hoge resolutie en voor een geavanceerd systeem voor het doorsturen van berichten (in voorbereiding).
<b>TAIWAN</b> (National Space Program Office) [TRW]	<b>ROCSAT 1</b> (1999/Athena 1)	Minisatelliet van 395 kg voor waarnemingen van de oceanen, onderzoek van de ionosfeer en communicatie (30/20 GHz). In een baan om de aarde.
(National Space Program Office)	<b>ROCSAT-3/COSMIC</b> [2004/ te bepalen]	Gezamenlijk project tussen de Verenigde Staten en Taiwan voor zes MS-kunstmanen voor COSMIC (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere and Climate) (in aanbouw).
(Aerospace Science & Technology Research Center)[NSPO]	<b>YAMSAT-ACUBE</b> [2002/Dnjepr 1?]	Picosatelliet van minder dan 1 kg van de Cubesat-familie. Moet het gebruik van nanotechnologie voor aardobservatie aantonen (in aanbouw).
<b>TUNESIË</b> (Union du Maghreb Arabe)	<b>MAGHSAT 1</b> [2005/ te bepalen]	MS voor aardobservatie en het doorsturen van berichten voor de Maghreb-landen (gepland).
<b>TSJECHIË</b> (Czech Space Devices Company) (tussen 1989 en 1996/Tsiklon)/	<b>MAGION/MIMOSA</b> [eind 2002/Rokot]	Wetenschappelijke MS-satellieten van nationale makelij, technologie ontwikkeld in het kader van het Interkosmos-programma. MS uitgerust met een zeer gevoelige versnellingsmeter (in aanbouw).
<b>THAILAND</b> (Mahanakorn University of Technology) [SSTL]	<b>TMSAT-THAI PUHT</b> (1998/Zenit 2)	MS van 50 kg voor aardobservatie en het doorsturen van gegevens (in een baan om de aarde).
(Thai Micro Satellite Company) [TMSC]	<b>DMC-Thailand</b> [2003/Dnjepr 1?]	MS van 100 kg voor het systeem Disaster Monitoring Constellation van het Surrey Space Centre (in aanbouw).
<b>TURKIJE</b> (Tubitak Information Technology and Electronics Research Institute) [SSTL]	<b>TUBITAK-BILTENSAT</b> of <b>DMC-TURKEY</b> [2003/Dnepr 1?]	Verbeterde MS van 100 kg, gerealiseerd met Surrey Satellite Technology Ltd voor het maken van opnamen van het aardoppervlak (met een resolutie van 12 m) voor het systeem Disaster Monitoring Constellation voor een technologisch experiment (in aanbouw).
<b>VIETNAM</b> (NCST of National Centre for natural Science and Technology) [SSTL]	<b>MICROSAT</b> of <b>DMC-Vietnam</b> [2003/te bepalen]	Verbeterde MS, gerealiseerd met Surrey Satellite Technology Ltd voor waarnemingen met hoge resolutie voor het systeem Disaster Monitoring Constellation (in aanbouw).



# Rendez-vous op het **web** met de ruimtemini's

**www.amsat.org:** De *Radio Amateur Satellite Corporation* is één van de eerste internationale organisaties voor toegepast ruimteonderzoek. Deze educatieve organisatie werd in 1969 opgericht voor groepen van radioamateurs en realiseert de OSCAR-miniaturesatellieten. Op deze site is alle informatie te vinden over de werking van satellieten voor radioamateurs en een stand van zaken van de lopende projecten in heel de wereld.

**http://csmt.jpl.nasa.gov** en **www.jpl.nasa.gov:** Het *Center for Space Microelectronics Technology (CSMT)* van het *Jet Propulsion Laboratory* is gespecialiseerd in nanotechnologie voor ruimtemissies. JPL is betrokken bij de grote Amerikaanse programma's voor verkenning van het zonnestelsel. Het *Discovery Program* en het *New Millennium Program* realiseren wetenschappelijke en technologische missies binnen een 'faster, better, cheaper'-strategie.

**www.ee.surrey.ac.uk:** Klik op "satellites" om het dynamisme te ontdekken van de Britse *Universiteit van Surrey (UniS)* op het vlak van de technologie voor miniaturesatellieten.

**www.eurospace.org:** *Eurospace* is de Europese organisatie van ruimtevaartbedrijven en publiceert een interessante gegevensbank over de in Europa beschikbare satellietplatforms.

**www.flosat.be:** De groep *Floreffe Espace* werd opgericht door leerkrachten en leerlingen van het *Séminaire de Floreffe* (secundair onderwijs). Ze stelden twee experimenten voor met de microsatelliet *PROBA 1*. In het Frans, Nederlands, Spaans en Engels.

**www.isas.ac.jp:** Het *Japanse Institute of Space and Astronautical Science* is gespecialiseerd in ruimtetuigen met kleine afmetingen. Dat komt door de beperkingen opgelegd door haar op vaste brandstof werkende lanceerraketten. Deze site geeft een weinig gedetailleerd overzicht van miniaturesatellieten voor technologische en wetenschappelijke missies.

**www.issd.uni-bremen.de:** Het *ZARM (Zentrum für Angewandte Raumfahrt-technologie und Mikrogravitation)* van de universiteit van Bremen ontwikkelde de *Internet Support Space Database (ISSD)*. Dit is een gegevensbank over ruimtevaartsystemen, in het bijzonder voor de realisatie van kleine satellieten. Om deze site te kunnen raadplegen moet men eerst een paswoord bekomen.

**www.magellanaerospace.com:** Het Canadese bedrijf *Bristol Aerospace Ltd* produceert de *Black Brant*-sondeerraketten. Het moet de eerste Canadese minisatelliet *Scisat 1* van 160 kg realiseren. Deze kunstmaan zal de chemische processen in de atmosfeer onderzoeken.

**www.megsat.it:** De Italiaanse *Megsat*-microsatellieten.

**www.nanosat.usu.edu:** Informatie over de tien ultrakleine en hoogtechnologische satellieten die Amerikaanse universiteiten weldra gaan testen voor wetenschappelijke en militaire doeleinden.

**www.nanospace.systems.org:** Het *Center for NanoSpace Technologies (NST)* wil toegepaste ruimtesystemen promoten waarin nanoelektronica en *Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS)* geïntegreerd worden.

**www.orbitessera.com:** Een gegevensbank over de omloopbanen en de frequenties van het ISS, weersatellieten en satellieten voor radioamateurs. Interessant voor wie wil communiceren met ruimtetuigen.

**www.orbital.com:** Het bedrijf *Orbital Sciences Corporation* is gespecialiseerd in de ontwikkeling en lancering van kleine satellieten. Het realiseerde de systemen *Orbcomm* (voor telecommunicatie) en *Orbimage* (voor aardobservatie). OSC ontwikkelde de lanceerraketten *Pegasus* (gelanceerd vanaf een vliegtuig), *Taurus* en *Minotaur* en baat ze ook uit.

[www.oss.com](http://www.oss.com): Het bedrijf *One Stop Satellite Solutions (OSS)* commercialiseert een kant-en-klare dienstverlening op het vlak van de realisatie, lancering en controle van micro- of nanosatellieten. Het wil de constellatie TropNet lanceren in een equatoriaal vlak. TropNet bestaat uit 16 tot 24 microsattelieten in een lage baan om de aarde voor het doorsturen van gegevens.

[www.sdl.usu.edu](http://www.sdl.usu.edu): Het *Space Dynamics Laboratory (SDL)* werd in 1959 opgericht binnen de *Utah State University (USU)* en is gespecialiseerd in micro-elektronica voor ruimtesystemen. Het organiseert midden augustus een conferentie over kleine satellieten. Daar wordt gesproken over technologieën voor miniaturisatie van satellieten voor zowel burgerlijke als militaire doeleinden.

[www.smallsatellites.org](http://www.smallsatellites.org): Deze site van het *Surrey Space Centre* omvat de *Small Satellites Home Page* met talrijke informatie over de verschillende soorten kleine satellieten en hun toepassingen. Hij geeft informatie over instellingen en bedrijven die kleine satellieten bouwen en over de soorten raketten die ze in de ruimte kunnen brengen.

[www.spacedev.com](http://www.spacedev.com): Het bedrijf *SpaceDev* commercialiseert miniaturisatiesatellieten voor opdrachten in een baan om de aarde en voor de verkenning van het zonnestelsel. Het promoot hybride voortstuwingsystemen (vast en vloeibaar) voor toekomstige lanceerraketten.

<http://spacedevices.i-line.cz>: Deze KMO uit Praag werd in 1991 opgericht en maakt gebruik van de Tsjechische knowhow bij de ontwikkeling van hoogtechnologische instrumenten voor ruimteonderzoek en van de wetenschappelijke *MAGION*-microsatellieten. Het is hoofdconstructeur van de kleine satelliet *MIMOSA* voor onderzoek van de atmosfeer.

<http://spacescience.nasa.gov/missions/>: In de rubriek "*space science*" van de NASA ontdekt men een grote verscheidenheid aan voorbije missies, lopende projecten en programma's in voorbereiding.

[www.ssd.stanford.edu](http://www.ssd.stanford.edu): Het *Stanford University Space Systems Development Laboratory (SSDL)* realiseert picosatellieten in het kader van het CubeSat-programma.

[www.sseti.net](http://www.sseti.net): Het *Student Space Exploration & Technology Initiative* van ESA wil wetenschap en ruimtevaarttechnologie bij studenten promoten. Het is een aanmoediging bij hun opleiding door de ontwikkeling, bouw en gebruik van een microsatteliet met een educatieve missie.

[www.suparco.gov.pk](http://www.suparco.gov.pk): De *Space and Upper Atmosphere Commission* is het Pakistaanse ruimtevaartagentschap. Het realiseert de sondeerraketten Rehbar, de Badr-microsatellieten en instrumenten voor experimenten in de ruimte.

[www.verhaert.com](http://www.verhaert.com): De site van het bedrijf dat de eerste Belgische microsatteliet *PROBA 1* heeft gerealiseerd.

[www.vectronic-aerospace.com](http://www.vectronic-aerospace.com): Deze Berlijnse onderneming ontwikkelt communicatiesystemen voor de ruimtevaart. In de rubriek "*space applications*" worden de Tubsat-nano- en microsattelieten van de *Technische Universität Berlin* beschreven.

<http://www.vs.af.mil>: Het *Space Vehicles Directorate* van het *Air Force Research Laboratory (AFRL)* onthult hier verschillende geavanceerde technologieën die door de onderzoekscentra van de US Air Force worden ontwikkeld in het kader van militaire ruimtemissies. De rubriek "*factsheets*" is een goudmijn aan informatie over de geminiaturiseerde microsystemen die in de ruimte worden getest zoals in het bijzonder de *Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS)* en de programma's *XSS Microsatellite* en *TechSat 21*.

# Vegetation aan boord van vierde SPOT-satelliet

*In de nacht van 23 op 24 maart 1998 bracht een Ariane-raket de aardobservatiesatelliet SPOT 4 in een baan om de aarde. De kunstmaan maakt deel uit van een hele reeks satellieten die zijn mogelijkheden reeds heeft bewezen.*

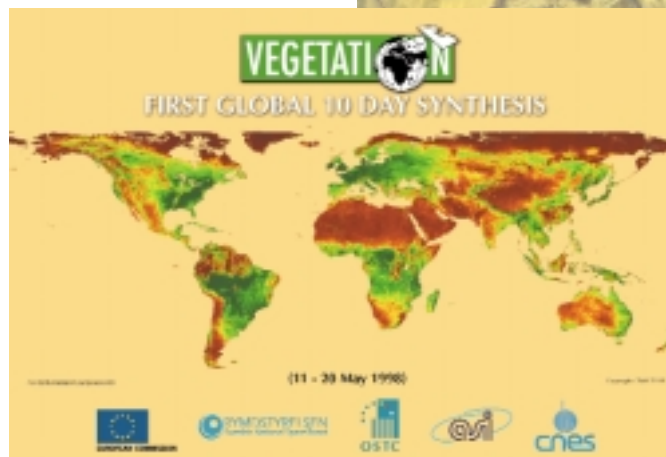
Eerder gingen reeds drie satellieten van dezelfde familie de ruimte in: SPOT 1 in 1986, SPOT 2 in 1990 en SPOT 3 in 1993. Hoewel ze voor een levensduur van 3 tot 4 jaar werden ontworpen, zijn de satellieten SPOT 1 en 2 nog in beperkte mate operationeel, terwijl SPOT 3 in november 1996 zijn activiteit staakte.

SPOT is het eerste Europese programma waarbij beelden met een hoge resolutie van het aardoppervlak worden gemaakt. Het programma werd door Frankrijk in 1976 aan haar Europese partners voorgesteld om binnen het kader van ESA te worden uitgevoerd. Het programma werd uiteindelijk gerealiseerd als een samenwerking tussen Frankrijk, Zweden en België. SPOT 4 is gebouwd door Matra Marconi Space voor het Franse Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) en heeft twee hoofdoopdrachten: opnamen maken met een hoge resolutie voor aardobservatie en beelden met een middelhoge resolutie voor een globale milieumonitoring.

De totale massa van SPOT 4 bij de lancering bedroeg 2755 kilogram. De satelliet bestaat uit een platform dat voor verschillende opdrachten kan worden gebruikt, een nuttige lading voor opnamen met een hoge resolutie en mogelijkheid tot waarnemingen in het infrarood en nog bijkomende apparatuur waaronder: een groot massa-geheugen Mdm; Pastel, een experiment voor optische verbindingen tussen satellieten in het kader van het Silex-programma (om het concept te valideren van het optisch doorsturen van HRVIR-opnamen (Haute Résolution dans le Visible et l'Infrarouge) aan 50 Mbit per seconde naar de stations van Redu in België en Aussguel in Frankrijk via de geostationaire communicatiesatelliet Artemis); Doris (voor plaatsbepaling); de Vega-radar; Poam om ozon te meten; Vegetation, een instrument om de aarde over een breed gezichtsveld waar te nemen. De voorziene levensduur van SPOT 4, die in een heliosynchrone baan op 822 kilometer hoogte werd geplaatst, bedraagt 5 jaar.

## Voor welke gebruikers?

Vegetation heeft zijn naam niet gestolen: deze nuttige lading is immers in staat nauwkeurige gegevens te leveren op grote schaal over de fundamentele kenmerken van de vegetatie (bossen, landbouw,...). Het instrument werd gezamenlijk gefinancierd door de Europese Commissie, Frankrijk, Zweden, Italië en België en levert lage resolutie-beelden van zeer hoge kwaliteit. Ze kunnen met de hoge resolutie-opnamen van SPOT 4 gecombineerd worden. Daardoor kunnen gebruikers de beelden over elkaar leggen en



↑ De eerste synthese-opname met Vegetationgegevens gespreid over tien dagen in 1998. (CNES)

↑ Vegetationopname van de Rode Zee. (CNES)

aldus gegevens op verschillende schaal bekomen. Deze mogelijkheid is bijzonder nuttig om bijvoorbeeld in te zoomen op een bepaald gebied waarin men vooraf een abnormale situatie heeft vastgesteld.

De gegevens van Vegetation kunnen tegelijk op wetenschappelijke en operationele wijze gebruikt worden en situeren zich op verschillende geografische niveaus: globaal, nationaal of regionaal. Op globaal vlak levert Vegetation een grote bijdrage tot een wetenschappelijke benadering van de veranderingen

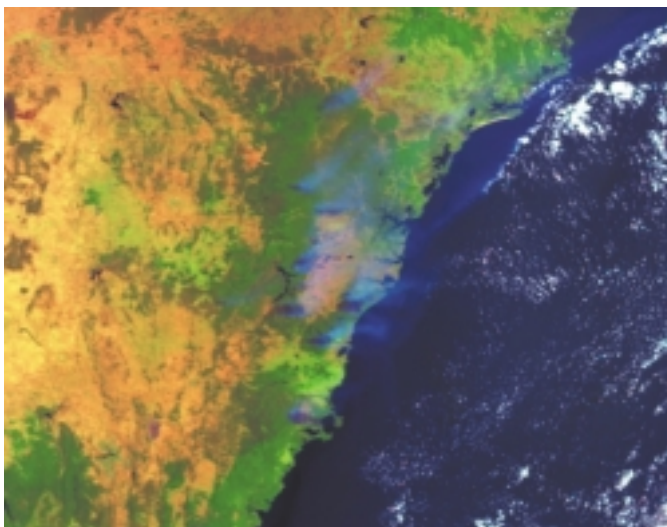
van de continentale biosfeer, zoals bijvoorbeeld het inschatten van de invloed van de biosfeer op de uitwisseling van stikstof of concentraties van gassen, op de waterbalans enz. Allemaal nuttige informatie om trends en hun waarschijnlijke gevolgen te voorspellen: Vegetation bestrijkt elke dag 90% van de evenaarsgebieden en laat toe betrouwbare ramingen te maken van de oppervlakte en de toestand van bosrijke gebieden. Anderzijds is het voor de gematigde en noordelijk gelegen streken een nuttig hulpmiddel om de grootte van de bossen te

bepalen en op te volgen. Europa, de Sahel, Noord- en West-Afrika, China... - m.a.w. de grote gebieden op onze planeet - gebruiken in verschillende mate volgens hun ontwikkelingsniveau 70 tot 80% van de informatie, geleverd door Vegetation. Voor Europa dienen de gegevens bijvoorbeeld om de analyse van de landbouwconjunctuur te ondersteunen, de gevolgen van droogte, vriesweer of overstromingen in te schatten en onregelmatigheden of zelfs ziekten vast te stellen die gewassen bedreigen of beïnvloeden. Sommige internationale organisaties zoals de FAO (Food and Agricultural Organisation) beschikken reeds over een operationeel systeem om met de Végétation-gegevens de vegetatieve zones te bepalen waarin sprinkhanen kunnen gedijen en zich kunnen ontwikkelen. Zij zijn zeer schadelijk voor gewassen en zijn zeer actief in Noord-Afrika. Zo wil de organisatie zeer snel maatregelen treffen voor het geteisterde gebied.

In de ontwikkelingslanden kan Vegetation onschatbare dien-

sten bewijzen door regelmatig gegevens te leveren over de toestand van de gewassen. Daardoor kunnen wetenschappers zeer snel een situatie vaststellen die tot een voedseltekort dreigt te leiden en de alarmbel luiden bij de verantwoordelijke instanties. Tussen het waarnemen van een gebied met gewassen en het eventueel luiden van de alarmbel verloopt wel een zekere tijd aangezien de gegevens verwerkt en verspreid moeten worden. De snelheid waarmee dat gebeurt heeft talloze gevolgen, die het grote publiek vaak ontgaan. De agro-industriële sector zoals bijvoorbeeld de producenten van mest en zaadkorrels maakt gebruik van de door Vegetation geleverde informatie. Maar ze moet erover kunnen beschikken in een onmiddellijk te gebruiken vorm en binnen een kort tijdsbestek. Door een bijna-real time voorspelling van een luizenplaag of van de ontwikkeling van paddestoelen op bepaalde gewassen kan men op een interessante "commerciële" wijze reageren.

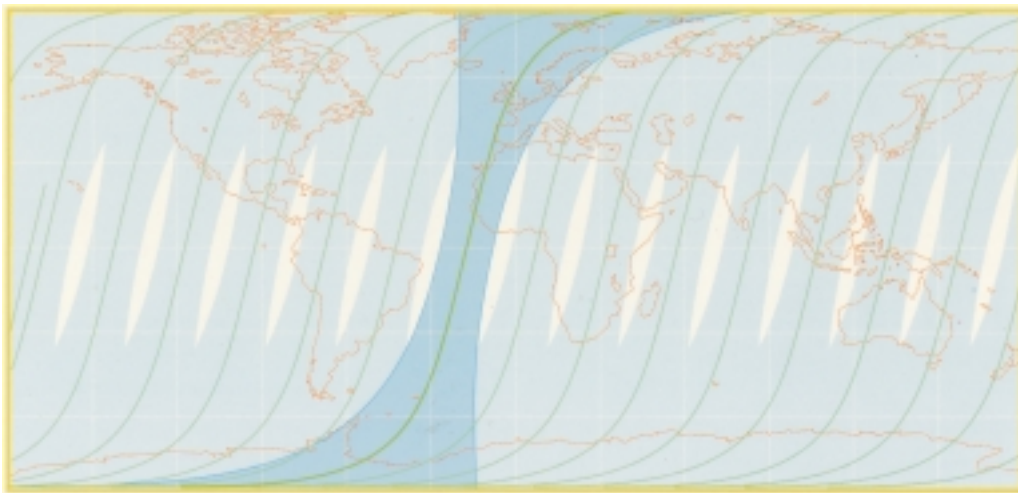
Dankzij de gegevens die Vegetation dagelijks over de hele planeet verzamelt en hun verspreiding in real time naar gebruikers, beschikken de onderzoekers over permanente en systematische waarnemingsmogelijkheden van de veranderingen in ons milieu. Daardoor kunnen ze beter de mechanismen begrijpen van de globale veranderingen en dus nog beter onze toekomst veilig stellen.



↑ Vegetationopname van de bosbranden in Australië. (CNES)

## Fuegosat jaagt op branden

Spanje ontwikkelt het *Fuego*-project. Deze constellatie van een twaalfstal minisatellieten met infrarode sensoren moet bosbranden of het begin van vulkanische activiteit waarnemen en hun evolutie volgen met een resolutie van 35 tot 50 m. De eerste Fuegosat moet in 2004 gelanceerd worden. De constellatie zou vanaf 2006 operationeel moeten zijn en gebieden tussen 50 graden noorder- en zuiderbreedte in het oog houden. Madrid kreeg steun van ESA in het kader van het ESA-programma *Earth Watch*. Alcatel Space (Frankrijk), Officine Galileo (Italië), het Duitse DLR en universiteiten in Griekenland en Portugal zijn bij dit programma betrokken dat goed aansluit bij de doelstellingen van het programma *GMES (Global Monitoring for Environment and Security)*.



← Gebied dat Vegetation dagelijks bestrijkt (baan van SPOT 4). Dankzij een bereik van 2250 km kan het instrument bijna volledig het aardoppervlak bestrijken gedurende de 14 banen om de aarde die het elke dag uitvoert. Alleen een aantal gebieden nabij de evenaar worden niet bestreken. Maar zij komen dan de dag nadien aan de beurt. Zones boven een breedte van 35° worden minstens een keer per dag bekeken.

### Vegetation, een uitzonderlijk instrument

Met de nuttige lading Vegetation (150 kilogram) kan men baanbrekende studies uitvoeren van de vegetatie over de hele planeet in ruimte én tijd. De hoofdpdracht van het systeem is het leveren van nauwkeurige en operationele metingen voor verschillende gebruikers. In het bijzonder gaat het over wetenschappelijke studies waarbij regionale of plaatselijke waarnemingen nodig zijn over lange perioden, of nog systemen waarbij de nodige beslissingen moeten worden genomen voor het beheer van belangrijke culturen van gewassen in landbouw en bosbouw. De bedoeling is niet hoge resolutie-beelden te bekomen, maar een zeer grote repetitiviteit te realiseren. Bij een aantal toepassingen zoals biologisch en klimatologisch onderzoek of de voorspelling van oogsten moet de vegetatie immers permanent gevolgd worden. Met dit voor ogen heeft men een heel groot veld met een

hoek van 100° gekozen. Het "bestrijkt" 2.250 km met een resolutie van een kilometer waardoor gebieden op een breedtegraad hoger dan 35° dagelijks kunnen bekeken worden en equatoriale zones om de twee dagen.

De ontwikkeling van dit programma steunt op Europese teams van de Europese Commissie, Frankrijk, Zweden, Italië en België. Zij voegen hun capaciteit op het vlak van onderzoek en vernieuwing samen, evenals hun technisch en industrieel kunnen en hun kennis van de noden van de gebruikers. Om de vastgestelde doelstellingen beter te kunnen realiseren legt het systeem een link tussen de nuttige lading en een grondsegment. Zo bevindt zich aan boord van de satelliet een instrument dat opnamen maakt in vier spectrale banden in zichtbaar licht (blauw en rood), het nabij infrarood en het midden-infrarood (zoals de apparatuur met hoge resolutie aan boord van SPOT 4) met een resolutie van één kilometer.

### Het grondsegment

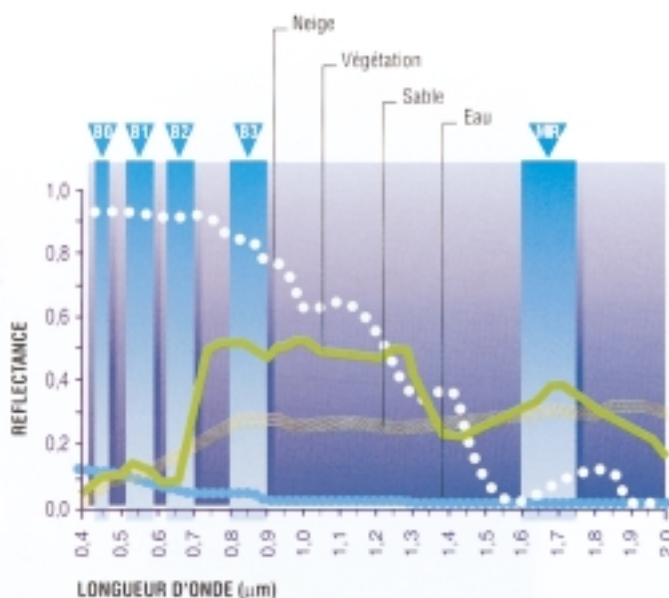
Het grondsegment bestaat onder meer uit een grondstation (SRIV) voor de ontvangst (in X-band) van de metingen op wereldschaal. Die slaat Vegetation aan boord op. Het station bevindt zich in Kiruna in Zweden en moet eveneens de ruwe gegevens inventariseren en archiveren. Het controle- en programmatiecentrum van SPOT 4 (evenals een netwerk van stations in S-band) moet het dagelijks programma (ontvangst van beelden en opname van gegevens) doorsturen en wordt door CNES verzekerd vanuit het Franse Toulouse. Een regionaal referentieontvangststation (SRVL) moet de mogelijkheden van ontvangst in L-band nagaan en bevindt zich eveneens in Toulouse. Tenslotte werd een centrum voor beeldverwerking en archivering (CTIV) opgericht binnen VITO in Mol. Het verwerkt de opnamen van het grondstation in Kiruna, het beheert het wereldarchief van alle Vegetationopnamen die sinds de lancering in 1998 werden gemaakt en verspreidt de afgewerkte producten naar

gebruikers. De verspreiding van de Vegetation-producten van het CTIV-centrum gebeurt eveneens door het bedrijf Spot Image in Toulouse met de steun van de drie subverdelers EOWorks (België), Satellus (Zweden) en Telespazio (Italië).

*"Zeven dagen na de lancering van SPOT 4, namelijk op 31 maart 1998, ontving het grondstation in Toulouse de eerste beelden van het instrument Vegetation. De volgende dagen werd er ook contact gelegd met het station van Kiruna zodat elke schakel van het systeem was getest. In september van hetzelfde jaar werd het operationeel en sindsdien ontvangt het hoofdstation in Kiruna dagelijks een hoeveelheid van 1 tot 2 gigabyte aan ruwe informatie die alle continentale gebieden op de aarde bestrijkt",* verklaart Dirk Van Speybroeck, coördinator van het Vegetation-systeem in het CTIV. *"Direct na ontvangst worden de gegevens geïnventariseerd en doorgestuurd naar het CTIV in Mol. Dat werkt 365 dagen per jaar met een ploeg van 11*

Bandes spectrales	HRVIR		VEGETATION	
	Résolution	Fauchée	Résolution	Fauchée
B0 bleu			1 km	2 250 km
B1 vert	20 m	60 km		
M panchro (rouge)	10 m	60 km		
B2 rouge	20 m	60 km	1 km	2 250 km
B3 proche infrarouge	20 m	60 km	1 km	2 250 km
MIR moyen infrarouge	20 m	60 km	1 km	2 250 km
Résolution radiométrique	NE $\Delta$ p $\leq$ 0,005		NE $\Delta$ p $\leq$ 0,003	
Dynamique des réflectances	0,1 $\leq$ p $\leq$ 0,6		0,1 $\leq$ p $\leq$ 0,6	
Coalignement HRVIR/VGT	0,3 pixel Végétation			
Etalonnage absolu	9 %		5 %	
Couverture terrestre globale	26 jours		1 jour	

↑ ↗ Kenmerken van het systeem Végétation.



mensen. Hier worden alle ontvangen metingen gearchiveerd en systematisch verwerkt om aldus op wereldschaal een dagelijkse synthese te bekomen. Op basis daarvan werkt het geleidelijk ook aan een synthese over een periode van 10 dagen, gebaseerd op de beste meting die in tien dagen wordt bekomen en gebaseerd op een algoritme (ontwikkeld door VITO met de steun van het bedrijf Trasys) dat rekening houdt met de aanwezigheid van wolken op het ogenblik van de meting. Dit centrum heeft ook de capaciteit om gebruikers op CD-ROM of magneetband in minder dan twee dagen na ontvangst van de beelden specifieke producten op aanvraag te leveren."

### In afwachting van SPOT 5

Dankzij Vegetation heeft het Europa van de wetenschap en de technologie een nieuwe uitdaging gewonnen op het vlak van de verkenning van onze planeet. Europa kan nu zelfs beter dan de AVHRR-sensoren van het Amerikaanse NOAA (National

Oceanic Atmospheric Administration) de wereldproductie van gewassen ramen en de gezondheidstoestand bepalen van de natuurlijke vegetatie. Bewerkt of braakliggend land, koolzaad of maïs, velden met graangewassen of suikerbieten, savanne of bos, overstromde of uitgedroogde streken... Vegetation neemt permanent vanuit de ruimte de evolutie van de mantel van de aarde waar.

De satellieten van de SPOT-reeks hebben aangetoond dat de technologische keuzes die CNES heeft gemaakt bij het ontwerp van dit systeem voor de ontvangst, verwerking en verspreiding van Vegetation-gegevens een stevige basis hebben. België (via VITO) heeft ook besloten de samenwerking met Frankrijk en Zweden op dit vlak verder te zetten. Het onderzoek van de ecosystemen van de planeet zal dus worden verdergezet met de nuttige lading Vegetation 2, dat bijna identiek is aan zijn voorganger, en dit tot minstens 2010.

## VITO in het kort

Het Kempense stadje Mol ligt op de grens van de provincies Antwerpen en Limburg en was lange tijd bekend voor het in 1953 opgerichte Centrum voor Kernonderzoek, waar Euratom in samenwerking met België een experimentele reactor uitbaatte. De uit deze werkzaamheden voortgekomen activiteiten werden alsmear belangrijker en tegen het einde van de jaren '80 en in het begin van de jaren '90 werd het nucleaire onderzoek afgesplitst van de overige activiteiten. Zo riep de Vlaamse Regering de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) in het leven.

VITO situeert zich tussen de universiteiten en de industrie en werkt hoofdzakelijk onder de vorm van welomlijnde contracten zoals de uitvoering van metingen van vervuiling of ceramische materialen voor de privé-sector, in het bijzonder de KMO's, en voor de overheden. Momenteel werken er 470 onderzoekers, waaronder een aantal jonge doctoraalstudenten.

De activiteiten van VITO situeren zich op het vlak van energie, materialen en het milieu, meer bepaald binnen de acht gespecialiseerde centra waarvan er één zich toelegt op de analyse van satellietbeelden. Het Centre of Expertise Remote Sensing and Atmospheric Processes (TAP) voert onderzoek uit voor privéklanten of internationale instellingen. <http://www.vito.be>

Om er meer over te weten:

<http://www.vgt.vito.be>

<http://www.spot-vegetation.com>

<http://vegetation.cnes.fr>

<http://www.spotimage.fr>

## Dossier Ruimtetuigen in miniatuur

*Het kleine Redu, deelgemeente van Libin (provincie Luxemburg) is bij het grote publiek bekend als het Boekendorp met soms een tikkeltje ruimtevaart. Via een omwegje omzoomd door velden en bossen, ontdekt men een twintigtal naar de hemel gerichte parabolische antennes. In dit immense natuurlijke amfitheater van 19 hectare op een hoogte van 350 meter en ver van alle radio-elektrische storingen, installeerde het Europa van de ruimtevaart in 1968 een station voor het volgen en sturen van satellieten.*

# De grote oren van **Redu**

Het station was toen een relaisstation en stuurde signalen van de wetenschappelijke satellieten (zoals ESRO 1B, HEOS A1 en A2, TD 1A en COS B) van de *European Space Research Organisation (ESRO)* door naar het *European Space Operations Centre (ESOC)* in Darmstadt (Duitsland). Na de oprichting van de ESA in 1975 en met de komst van de geostationaire satellieten werd het station van Redu geïntegreerd in een netwerk voor het volgen en besturen van satellieten dat ook de stations van Kourou, Malindi, Perth en Ibaraki omvat. Het nam ook deel aan de lancering van de satellieten GEOS (Geosynchronous Orbital Satellite), OTS (Orbital Test Satellite), MARECS (Maritime European Communications Satellite), Meteosat (Meteorological Satellite), MOS (Marine Observation Satellite, in samenwerking met Japan), en ECS (European Communications Satellite), waarvan het controlecentrum zich nog steeds in Redu bevindt. Het station was ook betrokken bij de operationele activiteiten van de satelliet OLYMPUS tussen 1989 en 1993.

### Een bijenkorf

Momenteel verzekert het station van Redu de opvolging in een baan om de aarde van de ECS-satellieten voor rekening van de Europese organisatie voor satellietcommunicatie EUTELSAT en van de MARECS-satelliet. De door deze satellieten doorgestuurde signalen zijn hoofdzakelijk televisie-, radio- en telefoonsignalen en signalen voor het doorsturen van data en voor mobiele communicatie. Het volgen van de satellieten houdt de bepaling van de baan in, het in een juiste positie houden van de kunstmaan met behulp van koerscorrecties, de verwerking van meetgegevens en het doorsturen van opdrachten naar de satelliet. Dat alles gebeurt met behulp van antennes van verschillende grootte die de verbinding met de satellieten verzekeren en dankzij hele batterijen van computers en gesofisticeerde meetapparatuur die de controle ruimten vullen. Een vijftigtal ingenieurs en technici staan onder leiding van de Britse ingenieur John MacLauchlan. Redu meet ook

de prestaties van de zenders/ontvangers van de Eutelsat-communicatiesatellieten.

Het station richt zich ook naar de toekomst: het is betrokken bij het ESA-programma *ARTEMIS (Advanced Relay and TEchnology MISsion)* waarbij een satelliet van meer dan drie ton de ruimte werd ingestuurd. ARTEMIS moet de grote hoeveelheden gegevens doorsturen van satellieten in een lage baan om de aarde zoals SPOT 4 (reeds in een baan om de aarde), Envisat (ESA), OICETS en ADEOS (van de Japanse ruimtevaartorganisatie NASDA) en JEM (de Japanse module aan het ISS) in de S- en Ka-band en ook op optische wijze (via een laserbundel). Redu moet in het kader van dit programma de nuttige lading aan boord volgen en nagaan hoe het als verbindingstation dienst kan doen voor het doorsturen van gegevens tussen satellieten onderling. Momenteel staat het nieuwe controlecentrum in voor het opvolgen in een baan om de aarde van de missie PASTEL, een transmissie-terminal voor gegevens in optische laserband

aan boord van de satelliet SPOT 4. Een gelijkwaardige terminal bevindt zich aan boord van Artemis en heet daar OPALÉ.

De laserverbinding tussen SPOT 4 in een polaire baan op 822 km hoogte en Artemis in een geostationaire baan op 36.000 km, is een echte technologische uitdaging. De marge voor de verbinding tussen de twee satellieten bedraagt slechts 300 meter, terwijl ze zich op 45.000 km van elkaar bevinden. Dit soort verbindingen moet toelaten het doorsturen van gegevens gevoelig te verhogen: aan 50 Mbits per seconde met een energie van slechts 6 mW (diodelaser). Bij een satelliet als SPOT 4, waarbij een deel van de energie nodig is voor het maken van opnamen van de aarde, is de intersatellitaire verbinding veel goedkoper op het vlak van energie dan het doorsturen van de gegevens naar stations op de aarde. Op termijn zou deze techniek dus ook kunnen gebruikt worden voor toekomstige constellaties van multimediasatellieten.

### Een woud van antennes

In Redu zal men ook de satelliet INTEGRAL (lancering voorzien in 2002) volgen met behulp van een parabolische antenne met een diameter van 15 meter. Er bevindt zich ook het noodcontrolecentrum voor de satel-

lieten XMM en Newskies en er worden tevens de telemetriewaarnemingen verricht van de Amerikaanse wetenschappelijke satelliet IMP 8. Deze metingen worden direct naar de NASA doorgestuurd.

Tenslotte bevindt zich in Redu ook het controlecentrum voor PROBA, de eerste Belgische satelliet. Deze kunstmaan werd ontworpen en gebouwd door het bedrijf Verhaert in Kruike bij Antwerpen en is de eerste van een familie van microsattelieten. PROBA (PROject voor on-Board Autonomy) weegt ongeveer 100 kg en is bijna-kubusvormig (80 x 60 x 60 cm). Hij werd door een Indiase raket in een polaire baan op een hoogte van 600 km gebracht. Hij is uitgerust met een spectrometer die beelden met een hoge resolutie maakt, een stralingsmeter en een detector van stofdeeltjes. Op die manier kan hij de aarde en de ruimte waarnemen in opdracht van de internationale wetenschappelijke gemeenschap en van... leerlingen van scholen in heel België. Verder beschikt de satelliet over een GPS-ontvanger waardoor hij zelf zijn traject kan berekenen, een batterij, foto-elektrische cellen, een computer, verschillende sensoren en over apparatuur om met de aarde te kunnen communiceren. PROBA werd voor de ESA ontwikkeld,

moet twee jaar operationeel zijn, maar zal ongeveer tien jaar in een baan om de aarde blijven ronddraaien.

Uiteraard zijn voor al deze volg- en controleopdrachten talloze parabolische en andere antennes nodig. De grootste dient voor de INTEGRAL-satelliet, terwijl vier andere metingen moeten uitvoeren van de capaciteit van de zenders van de communicatiesatellieten ECS, Eutelsat en ARTEMIS. De niet-parabolische antennes zijn VHF-antennes die gebruikt worden voor telemetrie en het doorsturen van opdrachten naar de satellieten ECS, MARECS en IMP 8.

Buiten het domein werd een toren gebouwd voor de calibratie van antennes. Tenslotte is Redu verbonden met het Belgacom-netwerk van optische vezels op twee van elkaar onafhankelijke manieren. Zo kunnen gegevens met hoog debiet doorgestuurd worden. Sinds de oprichting in 1968 heeft het volgen en controlestation van Redu een opmerkelijke ervaring opgedaan op het vlak van ruimtetelecommunicatie. Het heeft aldus vandaag alle troeven om zijn belangrijke infrastructuur bij uitbaters van communicatiesatellieten en wetenschappelijke instellingen rendabel te maken.

↓ Vanuit het ESA-grondstation in Redu (provincie Luxemburg) wordt de microsatteliet PROBA 1 gevolgd. (Th.P./SIC)





## België in Edinburgh bevestigd als het “grootste van de kleine ESA-lidstaten”

Op de ESA-Raad op 14 en 15 november 2001 in Edinburgh heeft Yvan Ylieff, Regeringscommissaris toegevoegd aan de Minister van Wetenschappelijk Onderzoek binnen de Belgische regering, gevraagd dat de rol van ESA t.o.v. haar industriële partners, in het bijzonder van de “kleine landen”, zou gedefinieerd worden: “Deze rol moet aan hun bedrijven - zowel onderaannemers als leveranciers van apparatuur - toelaten zich op competitieve wijze te positioneren en hun plaats in te nemen naast de grote groepen. In dit opzicht is het onontbeerlijk de centrale rol van het Agentschap nog te versterken als uitvoerder van projecten en als catalysator van initiatieven voor de privé-sector, in het bijzonder door adequate technische ondersteuning te verlenen”. Zo heeft België de ambitie de niches te ontwikkelen en te versterken van strategische specialisatie binnen de industriële wereld (uitrusting van lanceerraketten, elementen van ruimtetuigen, systemen van microsattelieten) en wetenschappelijke teams aan te moedigen voor activiteiten op het vlak van microzwaartekracht, space science, aardobservatie, de ontwikkeling van technologische

spinoffs en de opzet van controlecentra en centra voor de verwerking van gegevens...

Regeringscommissaris Ylieff herinnerde aan de discussies over de herstructurering van de industriële ontwikkeling van de versie Ariane 5 Plus (2006) en herhaalde dat “België de plaats van zijn industrie bij de reeds verworven niches sinds het begin van het Ariane-programma wil behouden en nog versterken”. Hij heeft duidelijk aangegeven tegenstander te zijn van een industriële herstructurering die de opdrachten voor de Belgische industrie bij de derde verbeteringsfase van de Ariane 5 in vraag zou stellen. Hij verklaarde in tegendeel bereid te zijn te praten met alle betrokkenen over een eventuele herstructurering van de productiefase zodat de Ariane-raket internationaal competitief zou blijven.

“Voor België,” zo herinnerde de Belgische Commissaris, “is de deelname aan de programma’s en activiteiten van ESA van primordiaal belang. Sinds verscheidene jaren blijkt de keuze om bijna al onze middelen via het Agentschap te investeren nog altijd lonend. Voor België speelt ESA dus een bijkomende rol en niet van de minste: die

van nationale ruimtevaartstructuur.” België was naar Edinburgh gekomen nadat het zijn deelname aan alle optionele ESA-programma’s goed had voorbereid. Tot 1995 onderscheidde het Belgische ruimtevaartbeleid zich door een vastberaden engagement in infrastructuurprogramma’s: de Ariane-lanceerraketten, de bemande ruimtemissies met Spacelab en het ISS (International Space Station), de aardobservatie, in het bijzonder in samenwerking met Frankrijk voor de SPOT-sattelieten en het Vegetation-instrument. Sinds de ESA-Raad in Toulouse werd een nog grotere en bijkomende inspanning geleverd op het vlak van wetenschappelijke apparatuur met Prodex (ondersteuning van ruimtevaartexperimenten) en technologische systemen met ARTES (Advanced Research in Telecommunications Systems) en GSTP (General Support Technology Programme). In het kader van dit laatste programma hebben in Vlaanderen gevestigde bedrijven de microsatteliet PROBA 1 voor ESA gerealiseerd. Deze satelliet werd op 22 oktober 2001 door een Indiase raket in een baan om de aarde gebracht en maakte ondertussen zijn eerste opnamen van de aarde, onder controle van het ESA-grondstation in Redu.

Het huidige Belgische ruimtevaartbeleid betreft in de drie Gewesten zowel de ontwikkeling van industriële en commerciële toepassingen, het onderzoek naar nieuwe technologieën als het ondersteunen van wetenschappelijk onderzoek in universiteiten en in federale en internationale instellingen (zoals het von Karman Institute for Fluid Dynamics). In Europese context wordt de vorming van polen aangemoedigd evenals de samenwerking tussen deze polen en de industrie, de specialisatie in innoverende technologieën, toepassingen van algemeen nut, het dual gebruik - voor burgerlijke en militaire doeleinden - van ruimtevaartsystemen voor telecommunicatie en aardobservatie. Om het Belgische ruimtevaartbeleid te optimaliseren en continu bij te stellen zullen een raadgevend comité met vertegenwoordigers van de Federale overheid, de Gewesten en de Gemeenschappen evenals een forum met wetenschappelijke en industriële ruimtevaartactoren en met openbare en privé-gebruikers worden opgericht.

### DE PLAATS VAN BELGIË TUSSEN DE ESA-LIDSTATEN

Lidstaat	Verplichte activiteiten pro rata het BNP (*)	Alle verplichte en optionele programma’s
<b>België</b>	<b>3,3 % (8<sup>ste</sup> plaats)</b>	<b>6,8 % (5<sup>de</sup> plaats)</b>
Denemarken	1,9 %	0,9 %
Duitsland	24,4 %	22,9 %
Finland	1,4 %	0,4 %
Frankrijk	17,2 %	30,8 %
Ierland	0,7 %	0,3 %
Italië	13,6 %	15,5 %
Nederland	4,7 %	2,4 %
Noorwegen	1,7 %	1,2 %
Oostenrijk	2,5 %	1,2 %
Portugal	0,9 %	0,4 %
Spanje	6,9 %	5 %
Verenigd Koninkrijk	14,1 %	7,1 %
Zweden	2,6 %	2,2 %
Zwitserland	3,7 %	2,4 %
Canada (werkt samen met ESA)	0,3 %	0,7 %

(\*) Deze houden de budgetten in voor de werking van ESA en voor het wetenschappelijk programma waaraan de ESA-lidstaten verplicht moeten deelnemen.

## Actualiteit

### Luikse knowhow ten dienste van ruimteonderzoek in India

De Luikse ruimtevaartpool is gespecialiseerd in het uittesten van optische ruimtevaartsystemen. De *Indian Space Research Organisation* doet er beroep op voor het testen van zijn satellieten. De Indiërs willen beetje bij beetje op technologisch vlak autonoom worden voor de bouw en uitbating van toepassingsgerichte satellieten (telecommunicatie, televisie, meteorologie, aardobservatie...) en bij de ontwikkeling en lancering van raketten. In 1980 werd India het zevende land dat met een eigen raket een satelliet lanceerde. Vergeten we ook niet dat de eerste Belgische satelliet PROBA 1 een baan om de aarde kon bereiken met behulp van een Indiase PSLV-raket.

India is het enige land ter wereld dat een federaal ministerie voor ruimteonderzoek heeft. Het budget van dit ministerie is op vijf jaar tijd verdubbeld en overschreed in 2000 het bedrag van 450 miljoen dollar (drie keer het Belgische ruimtevaartbudget). Het Indiase ruimtevaartprogramma geeft voorrang aan toegepast ruimteonderzoek voor de socio-economische ontwikkeling van een bevolking van meer dan een miljard inwoners. Er werken meer dan 18.000 mensen voor ISRO in vijf hoogtechnologische centra. Tweederde daarvan zijn ingenieurs en technici.

Begin 1999 werd het *Centre Spatial de Liège (CSL)* door de Indiase industrie gecontacteerd in verband met een simulatieruimte met een diameter van 5,5 m, bedoeld voor de ontwikkeling van de optische apparatuur aan boord van de volgende Indiase aardobservatiesatellieten met hoge resolutie. Na ongeveer tien maanden van evaluatie op de simulator kreeg het CSL in samenwerking met het bedrijf *AMOS (Advanced Mechanical and Optical Systems)* een contract van 140 miljoen frank van Bharat Heavy Plate & Vessels. Dit Indiase bedrijf bouwde ter plaatse het gebouw en realiseerde de simulatieruimte. Het CSL was verantwoordelijk voor alle elektronica en de mechanische apparatuur, terwijl AMOS belast was met de stabilisatie en de thermische systemen.



Het bedrijf Alcatel ETCA in Charleroi is gespecialiseerd in apparatuur voor de elektrische voeding van satellieten. (Alcatel-ETCA)

### Chinees order voor Alcatel ETCA

De *Chinese Academy of Space Technology* koos Alcatel ETCA voor de bouw van het elektrische hart van de eerste twee DFH 4-satellieten voor telecommunicatie. Die moeten in 2003-2004 gelanceerd worden. De bij Alcatel ETCA bestelde apparatuur is het subsysteem *PCU (Power Conditioning Unit)* van 9 kW en met een massa van 42 kg, dat momenteel één van de krachtigste in de wereld is. Het order van 3,7 miljoen euro is goed voor zo'n 17.000 werkuren. De oplevering moet in zeer korte tijd gebeuren: 13 maanden voor het subsysteem van de eerste satelliet en 17 maanden voor de tweede. "Deze opdracht toont aan dat het belangrijk is de voortdurende inspanningen op het vlak van onderzoek en ontwikkeling binnen ons bedrijf verder te zetten met ondersteuning van ESA en de DWTC", stelt René Hannon, gedelegeerd bestuurder van Alcatel ETCA. In het jaar 2000 had Alcatel ETCA, waar 675 mensen werken, een zakencijfer van 76 miljoen euro.

### Voorstelling van de ESO-activiteiten

Op 20 november 2001 had in het Planetarium op de Heizel in aanwezigheid van Europees Commissaris voor Onderzoek Philippe Busquin en Regeringscommissaris voor Wetenschapsbeleid Yvan Ylief, een voorstelling plaats van de huidige en toekomstige projecten van ESO (European Southern Observatory of Europese Zuidelijke Sterrenwacht). Er waren een 100-tal aanwezigen uit politieke, wetenschappelijke en industriële middens alsook amateur-astronomen en de pers.

Het evenement vond plaats in het kader van het Belgisch voorzitterschap van de EU en werd gemeenschappelijk georganiseerd door de Federale diensten voor wetenschappelijke, techni-

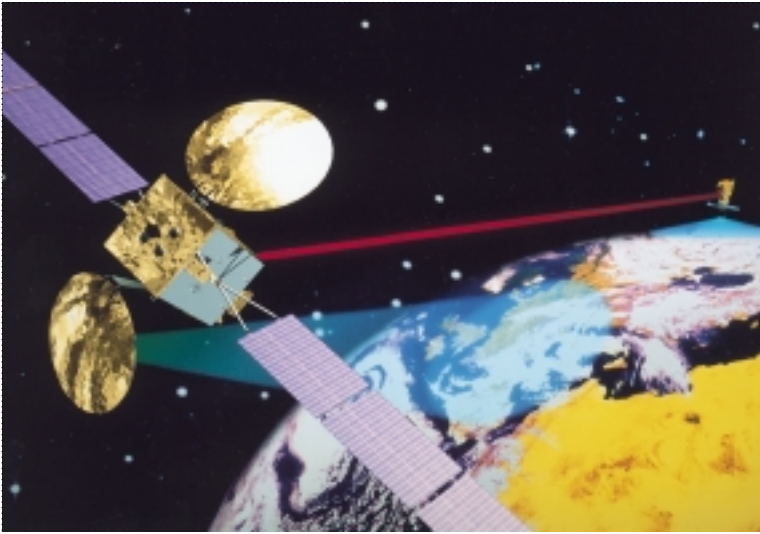
sche en culturele aangelegenheden (DWTC) en ESO. Het past in het initiatief van de directeur-generaal van ESO, Dr. Catherine Cesarsky, om de organisatie beter bekend te maken in de lidstaten. De voorstelling in België was de derde in de reeks, na Duitsland en Portugal.

Na de inleidende uiteenzetting door de Directeur-generaal omtrent de historiek en ambitieuze toekomstperspectieven van ESO onderstreepte Commissaris Busquin de rol van de grote infrastructuur in de realisatie van de Europese Onderzoeksruimte. Voorbeelden van wetenschappelijke en technologische participaties van België aan de activiteiten van ESO werden op illustratieve wijze aangebracht

door Dr. Maarten Baes (RUG) en Ir. Jean-Pierre Chisogne (AMOS). De uiteenzettingen betroffen respectievelijk de studie van melkwegstelsels met behulp van de Very Large Telescope (VLT) en de bouw van hulptelescopen door AMOS voor de VLT-interferometer.

Regeringscommissaris Yvan Ylief gaf een slotbeschouwing over het belang van ESO voor België. De projectie van de film "Astronomy to the power of four" gaf een indrukwekkend beeld van de constructie en de mogelijkheden van de VLT.

Voor bijkomende inlichtingen en documentatie contacteer: DWTC (Monnik DESMETH, dmth@belspo.be of Alain Heynen heyne@belspo.be).



Een grote "première" voor ESA en de Europese industrie: een optische verbinding met laserbundels tussen de aardobservatiesatelliet SPOT 4 en de telecommunicatiesatelliet Artemis. (ESA)

## Eerste **niet-militaire** laserverbinding tussen een quasi-geostationaire en een quasi-polaire satelliet

Op 20 november 2001 realiseerde Europa een première met een niet-militaire burgerlijke optische laserverbinding tussen de communicatiesatelliet *Artemis* in een overgangsbahn op 31.000 km en de aardobservatiesatelliet *SPOT 4* op 832 km. Bij het experiment werd vier keer een verbinding tot stand gebracht. De SILEX-terminal aan boord van *Artemis* activeerde daarbij het optische baken OPALE, dat het gebied afspeurde waarin *SPOT 4* zich bevond. Na ontvangst van het optische signaal van *Artemis* antwoordde de PASTEL-terminal aan boord van *SPOT 4* door een eigen laserbundel terug te sturen. Eenmaal het antwoord ontvangen stopte *Artemis* met het zoeken naar *SPOT 4* en kon de laserverbinding gedurende een voorgeprogrammeerde duur van 4 tot 20 minuten behouden worden. Deze verbinding kwam tot stand met behulp van het station van Redu, met behulp van een team van ESA en Ciset International. Het optische baken van de OPALE-terminal aan boord van *Artemis* werd gerealiseerd door Spacebel in samenwerking met het Centre Spatial de Liège.

Tien dagen later konden met de laserverbinding tussen *Artemis* en *SPOT 4* videobeelden verstuurd worden aan 50 Mbs/s tussen de PASTEL-terminal aan boord van *SPOT 4* en de OPALE-terminal van *Artemis*. De doorgestuurde beelden zijn van perfecte kwaliteit. Deze demonstratie opent nieuwe perspectieven op het vlak van intersatellitaire verbindingen en verbindingen met het International Space Station (ISS), interplanetaire sondes, satellieten in een geostationaire baan en constellaties van satellieten in een lage baan om de aarde.

## Satellietbeelden op de **Koninklijke Militaire School**

Op de GMES-conferentie in Brussel (15 oktober 2001) stelde de Koninklijke Militaire School twee toepassingen van satellietfoto's voor humanitaire doeleinden voor. Zijn *Signal and Image Center* neemt deel aan multidisciplinaire projecten voor de interpretatie van satellietbeelden in het kader van het Belgische programma Telsat en met steun van de WEU. Dit centrum werkt samen met specialisten van het Ministerie van Defensie, de ULB (Université Libre de Bruxelles) en het DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) in Duitsland.

*PARADIS* (Prototype for Assisting Rational Activities in humanitarian Demining using Images from Satellites) wil de ontmijningscampagnes efficiënter en sneller doen verlopen door mijnevelden nauwkeuriger te lokaliseren, te bepalen en te evalueren. Met satellietbeelden met hoge resolutie, in combinatie met beelden vanuit vliegtuigen, kan men terreinen met mijnen goed bestuderen en beter "in situ"-acties voorbereiden. Samen met het IGEAT (Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire) van de ULB ontwikkelde het SIC een methodologie voor het verzamelen van informatie voor campagnes in Mozambique en Laos.

*SAHARA* (Semi-Automatic Help for Aerial Region analysis) ontwikkelt technieken die de verwerking van informatie van satellietwaarnemingen vergemakkelijken en versnellen. De beelden van multi- en hyperspectrale sensoren, het gebruik van radarsystemen in een baan om de aarde, confronteren de gebruiker met een complexe stroom van gegevens, die moeilijk te beheersen is in vergelijking met de gewenste resultaten. Samen met het DLR en het Spaanse bedrijf Sener bestudeerde het SIC de infrastructuur van vijf luchthavens in het kader van een geografisch informatiesysteem, bestemd voor missies van de West-Europese Unie.

Wil je alles weten  
over het federale  
wetenschapsbeleid ?  
[www.belspo.be](http://www.belspo.be)

