



64 *Space* connection

**Satellieten:
onmisbaar voor het
klimaatonderzoek**

Satellieten, onmisbaar voor het klimaatonderzoek

*Foto cover:
De satelliet Meteosat 9
wordt uitgebaat door
Eumetsat en observeert
onafgebroken het weer
boven Europa.
Weersatellieten zijn een
onmisbaar instrument om
het weer te voorspellen
maar ook voor het
klimaatonderzoek.
© Eumetsat*

Smeltende ijslagen, een schuddende en schokkende aarde, de grillen van de atmosfeer, oceanen die een 'hoge rug' opzetten, exotische soorten die andere horizonten opzoeken... De opwarming van de aarde is op duizend-en-een manieren te merken.

Om al deze verschijnselen te onderzoeken hebben wetenschappers beproefde hulpmiddelen en onderzoeksmethoden ontwikkeld. Al tientallen en zelfs honderden jaren lang steunen onderzoekers op gegevens over temperatuur, vochtigheid of atmosferische druk. Zo kunnen ze als het ware de 'polsslag' van de aarde nemen. Deze gegevens zijn misschien ietwat eenvoudig, maar omdat ze ver in de tijd teruggaan zijn ze toch belangrijk. Ze geven daarom betrouwbare en belangrijke aanwijzingen over de gezondheidstoestand van onze planeet.

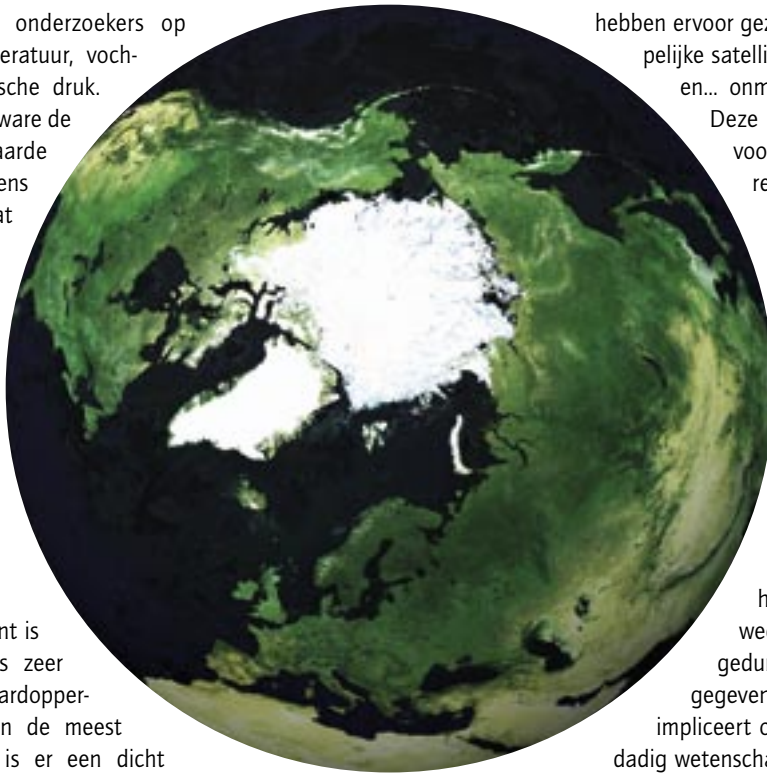
Maar hun zwakke punt is dat de meetstations zeer ongelijk over het aardoppervlak verdeeld zijn. In de meest ontwikkelde landen is er een dicht netwerk van waarnemingsstations. Maar de ontwikkelingslanden zijn minder goed bedeed. En dan spreken we nog niet over de oceanen, die voor drie vierde het grootste deel van onze planeet bedekken. Een aantal boeien zijn wel voorzien van meetapparatuur, maar dat is niet te vergelijken met de instrumenten die van op het land waarnemen.

Ruim vijftig jaar geleden begon het tijdperk van de ruimtevaart en nam de waarneming van het milieu met behulp van

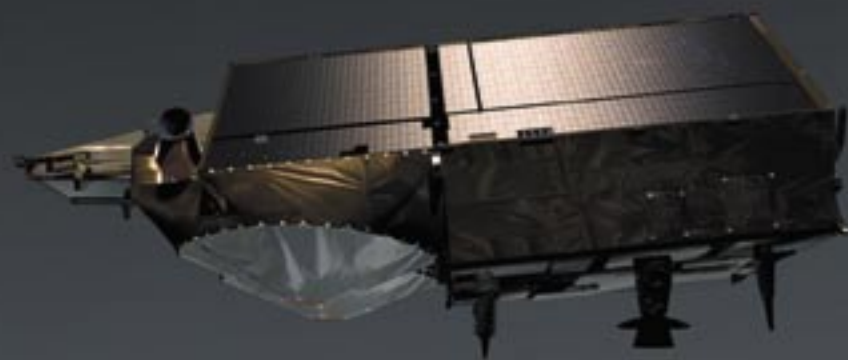
nieuwe observatieposten in de ruimte een hoge vlucht. Deze wetenschappelijke satellieten hebben voor heel wat verrassingen gezorgd. Zo ontdekten ze de stralingsgordels rond onze planeet of konden ze om het kwartier de evolutie van de atmosfeer volgen.

De technologische evolutie en de steeds grotere eisen van onderzoekers die proberen te begrijpen hoe het 'systeem aarde' functioneert en waarom het soms 'hapert', hebben ervoor gezorgd dat wetenschappelijke satellieten steeds krachtiger en... onmisbaar zijn geworden. Deze kunstmanen zorgen voor steeds nauwkeurigere informatie. Maar opdat de gegevens echt waardevol zouden zijn is het noodzakelijk dat ze op continue basis worden verzameld. Voor een onderzoeker is een meetinstrument aan boord van een satelliet beslist een verrijkende ervaring. Maar het is nog beter dat hij weet dat het instrument gedurende lange perioden gegevens kan verzamelen. Dat impliceert op dit vlak een krachtig wetenschapsbeleid.

Dit dossier van Space Connection bekijkt de nieuwe satellieten die zullen zorgen voor de continuïteit van het onderzoek van onze planeet vanuit de ruimte, dat nu al een halve eeuw bezig is. Ze zijn noodzakelijk om op globale maar ook op kleine schaal te begrijpen wat de invloed van de mens op de aarde is. Astronauten die onze planeet vanuit de ruimte hebben aanschouwd zeggen maar al te graag hoe mooi ze is, maar tegelijk ook dat ze uniek en bijzonder kwetsbaar is...



*De evolutie van de
poolgebieden is een van
de meest veelzeggende
voorbeelden van de
klimaatverandering
waarmee onze planeet
moet afrekenen. De
observatie van de
Noordpool is een routine-
taak voor de aard-
observatiesatellieten.
(ESA)*



De Earth Explorers van ESA



De Europese ruimtevaartorganisatie ESA heeft al spectaculaire successen geboekt op het vlak van de waarneming van de aarde (en de oceanen) vanuit de ruimte. Dat gebeurde met de radarsatellieten ERS 1 en 2 (waarvan het laatste exemplaar in 1995 werd gelanceerd) en de indrukwekkende satelliet Envisat, die met zijn verschillende instrumenten sinds 2002 rond de aarde draait. ESA heeft er nu voor gekozen een nieuwe familie van kleinere aardobservatiesatellieten te ontwikkelen. Die zijn meer gespecialiseerd maar tegelijk ook 'soepeler' in gebruik. Het gaat om de reeks *Earth Explorers*.

Deze 'verkenner van de aarde' maken deel uit van het programma *Living Planet* van ESA. *Core Missions* dienen een heel precies onderzoeksdomein, zijn van een groot wetenschappelijk belang en maken deel uit van de doelstellingen op lange termijn van ESA. Anderzijds moeten *Opportunity Missions* een antwoord helpen bieden op nieuwe gevoelige vragen in verband met ons milieu en waarvoor onderzoekers graag snel over nieuwe gegevens willen beschikken.

De eerste zes Earth Explorers bevinden zich al in een ver gevorderd stadium. We vinden er twee satellieten in terug die binnenkort worden gelanceerd. Het zijn GOCE en SMOS, waarover we het verder nog zullen hebben. Daarnaast staan er nog vier andere missies op stapel. Een overzicht:

Cryosat 2

Bij deze Opportunity Mission gaat het om een satelliet die de cryosfeer waarneemt. Hij zal het zee-ijs en de dikke ijslagen van Antarctica en Groenland onderzoeken. Cryosat moet gelanceerd worden in 2009 en zal drie jaar operationeel zijn. Het belangrijkste instrument aan boord is de zogenaamde synthetische apertuur radar (SAR) SIRAL, die via interferometrie radarhoogtemetingen kan uitvoeren.

ADM-Aeolus

Met deze Core Mission worden windprofielen in de atmosfeer bestudeerd. ADM-Aeolus (Atmospheric Dynamics Mission) moet in 2009 gelanceerd worden. Het belangrijkste instrument aan boord is het Atmospheric Laser Doppler

De satelliet Cryosat 2 van ESA is een copie van zijn voorganger die in 2005 verloren ging bij de lancering. © ESA

Instrument (ALADIN), een lidar waarmee voor het eerst de winden op globale schaal driedimensionaal in beeld zullen worden gebracht.

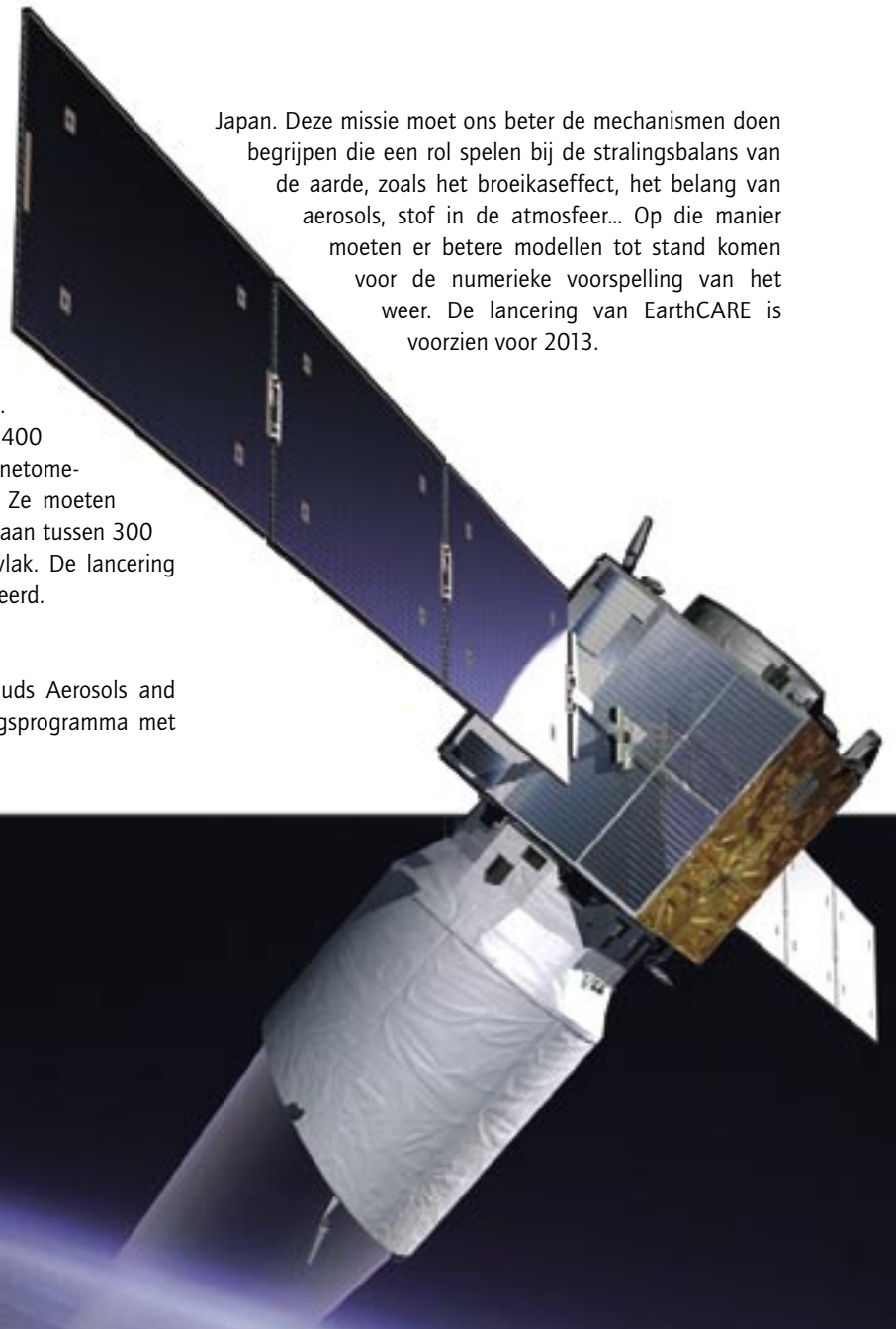
Swarm

Deze Opportunity Mission bestaat uit een vloot van drie satellieten, die het magnetisch veld van de aarde zullen bestuderen en de evolutie ervan in de tijd. De drie kleine satellieten wegen elk 30 à 400 kilogram en zullen uitgerust zijn met magnetometers, accelerometers en lasertelemeters. Ze moeten gedurende vier jaar ronddraaien in een baan tussen 300 en 530 kilometer boven het aardoppervlak. De lancering van Swarm staat voor 2010 geprogrammeerd.

EarthCARE

De Core Mission EarthCARE (Earth Clouds Aerosols and Radiation Explorer) is een samenwerkingsprogramma met

Japan. Deze missie moet ons beter de mechanismen doen begrijpen die een rol spelen bij de stralingsbalans van de aarde, zoals het broeikaseffect, het belang van aerosols, stof in de atmosfeer... Op die manier moeten er betere modellen tot stand komen voor de numerieke voorspelling van het weer. De lancering van EarthCARE is voorzien voor 2013.



Aeolus © ESA



Nieuwe reeks

Momenteel worden zes nieuwe projecten bestudeerd. ESA heeft onder wetenschappers een selectieprocedure gestart. Van deze zes bijkomende projecten zal er slechts één worden gekozen. Het zijn:

BIOMASS (monitoring van biomassa)

Deze Explorer moet met grote nauwkeurigheid het belang van de globale biomassa van bossen inschatten en er gegevens uit afleiden in verband met de koolstofcyclus. Het basisinstrument van deze missie is een SAR-radar. Die zou ook nog een blik kunnen werpen op het ijs van onze planeet en er de dikte en de interne structuur van kunnen bepalen. Hetzelfde instrument zou ook informatie kunnen leveren over de geologische toestand en de vochtigheid van de bodem in warme streken.

TRAQ (luchtkwaliteit en transport over grote afstanden van vervuilende stoffen in de lucht)

Hoe snel evolueert de luchtkwaliteit en op welke geografische schaal vindt deze plaats? Deze missie zou een antwoord moeten leveren op deze vraag door niet alleen de oorzaken vast te stellen maar ook 'putten' van aerosols en gassen in de troposfeer waar te nemen. Het verband dat bestaat tussen aerosols en wolkenformaties moet ook meer inzicht opleveren over het transport van vervuilende stoffen. TRAQ zou uitgerust worden met spectrometers, die waarnemingen kunnen verrichten van het ultraviolet tot het infrarood en met een camera om wolken te fotograferen.

PREMIER (verbanden tussen sporengassen in de atmosfeer, straling en de scheikunde van de atmosfeer)

Sporengassen in de stratosfeer, straling en de scheikunde van de hoge troposfeer en de lage stratosfeer, evenals stralingseffecten van het water en van wolken in dit deel van de aardse atmosfeer staan centraal bij de waarnemingen van deze Explorer. Die is daarvoor uitgerust met een infraroodspectrometer, die waarneemt via de zogenaamde occultatietechniek. De waarnemingsgegevens moeten worden vergeleken met de metingen van het polaire weerplatform MetOp, dat geëxploiteerd wordt door de organisatie Eumetsat, en van het Amerikaans systeem National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System (NPOESS).

FLEX (onderzoek van fotosynthese via metingen van fluorescentie)

De manier waarop fotosynthese gebeurt is een aanwijzing van de gezondheidstoestand van vegetatie. Met FLEX willen onderzoekers daarvan op globale schaal een kaart samenstellen door de emissie van de fluorescentie van chlorofyl waar te nemen. Dat geeft een idee van hoe fel dit proces verloopt. Vegetatie zendt dit soort straling uit in zichtbaar en infrarood licht. Ook hier wordt een uiterst gevoelige spectrometer gebruikt om het zwakke signaal van deze fluorescentie op te vangen, zodat men het kan onderscheiden van de weerkaatsing van het zonlicht 'op de achtergrond'.

A-SCOPE (globale en plaatselijke koolstofcycli)

Deze missie neemt de totale kolom koolstofdioxide in de atmosfeer waar met behulp van een lidar, die bijkomend ook heel nauwkeurig de *canopy*-hoogte kan meten. Als bonus kan deze Earth Explorer ook nog bijkomende informatie leveren over het wolkendek en aerosols.

CoReH2O (cycli van water onder de vorm van sneeuw en ijs)

Deze satelliet is uitgerust met twee SAR-radars, die in twee verschillende frequenties waarnemen. Zo kunnen ze een maximum aan informatie verzamelen over bepaalde onderdelen van de watercyclus, waarover momenteel nog niet heel veel bekend is. Het gaat vooral over gletsjers, sneeuwlagen en oppervlaktewater. Op die manier kan men betere modellen opstellen van deze cycli, in het bijzonder voor hoge breedtegraden, maar ook zorgen voor betere voorspellingen van reserves van drinkwater en van de evolutie van gletsjers in functie van de klimaatveranderingen.



esa-mm.esa.int/multimedia/earthexplorers2_8_05

2008: GOCE en SMOS

Aftellen voor de eerste twee Earth Explorers

De eerste twee Earth Explorers van ESA gaan weldra de ruimte in. De Core Mission *Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer (GOCE)* moet deze zomer vertrekken vanaf de Russische kosmodroom Plesetsk met behulp van een Rockot-lanceerraket. Deze missie gaat het zwaartekrachtveld van de aarde onderzoeken.

In april 2009 is het de beurt aan de Opportunity Mission *Soil Moisture and Ocean Salinity (SMOS)*, die eveneens vanaf Plesetsk wordt gelanceerd. SMOS zal op grote schaal de vochtigheid van de bodem meten. Op die manier kan men door gerichte besproeiing in de landbouw rendementsverlies als gevolg van droogte tegengaan. Deze satelliet zal ook de evolutie van het zoutgehalte van de zeeën en de oceanen onderzoeken. Bij deze gelegenheid zal overigens ook de Belgische satelliet PROBA 2 voor de waarneming van de zon gelanceerd worden.

De satellieten ERS en Envisat leverden reeds modellen op van het werkelijke «gelaat» van de aarde. Met de Earth Explorer GOCE zal dit beeld nog exacter worden. © ESA

GOCE: technische fiche

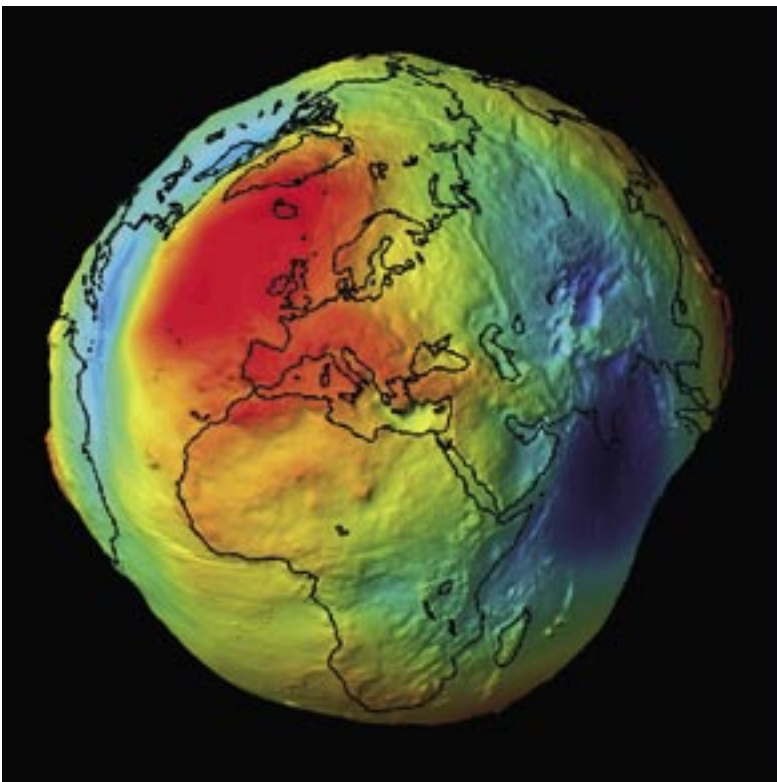
We leerden het zo op school, maar eigenlijk is de aarde niet helemaal rond. Ten minste... onze planeet is niet perfect rond en ook niet perfect glad. Het theoretische oppervlak van de aarde wordt aangeduid met de benaming *geoïde* waarin als het ware een aantal 'deuken' zitten, waardoor de aarde er eerder als een (weliswaar bijna bolvormige) aardappel uitziet. De specialisten van de gravimetrie willen weten hoe het zwaartekrachtveld van de aarde evolueert naargelang de plaats van meting.

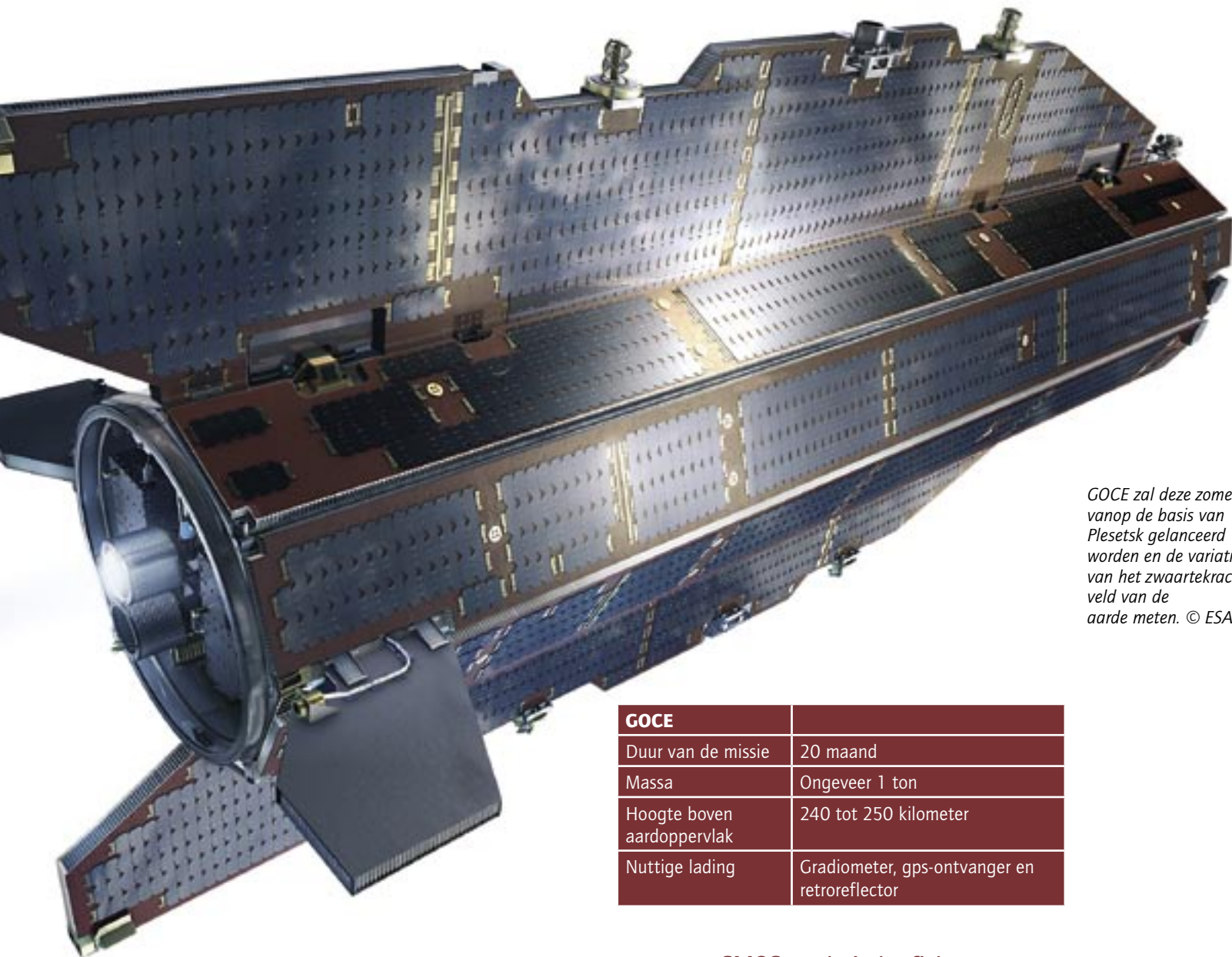
De aardse zwaartekracht is inderdaad niet overal op onze planeet gelijk en hangt af van verschillende parameters. Zo zijn er zones met 'anomalieën', waar de zwaartekracht (iets) zwakker is dan elders.

GOCE gaat de verschillen in het zwaartekrachtveld van de aarde meten. Daaruit zal men een nieuwe *geoïde* kunnen bepalen. Het is de theoretische vorm van de aarde als ze volledig zou bedekt zijn door een oceaan in rust en met bergen en dalen die alleen door de zwaartekracht gevormd worden. De *geoïde* is een theoretisch en universeel referentiepunt waarbij de gravitatiepotentiaal constant is. De afwijkingen ten overstaan van een ellipsoïdaal model van de aarde kunnen tot 100 meter bedragen.

De juiste bepaling van de *geoïde* is belangrijk voor de cartografie en de geodesie, het onderzoek van de inwendige dynamica van de aarde, de stromingen in de oceanen, de beweging van ijslagen en het bepalen van de veranderingen van het zeeniveau. De satelliet GOCE zal deze variaties kunnen bepalen met een nauwkeurigheid van één centimeter en een resolutie in de ruimte van 100 kilometer.

Gewoonlijk wordt het zwaartekrachtveld bepaald door de versnelling te meten van een massa die in vrije val is in een luchtledige buis. Het belangrijkste instrument aan boord van GOCE is een elektrostatische gradiometer van de zwaartekracht en omvat drie paren accelerometers. Ze omsluiten elk kleine massa's die in de drie richtingen elektrostatisch zijn opgehangen.





GOCE zal deze zomer vanop de basis van Plesetsk gelanceerd worden en de variaties van het zwaartekracht-veld van de aarde meten. © ESA

GOCE	
Duur van de missie	20 maand
Massa	Ongeveer 1 ton
Hoogte boven aardoppervlak	240 tot 250 kilometer
Nuttige lading	Gradiometer, gps-ontvanger en retroreflector

SMOS: technische fiche

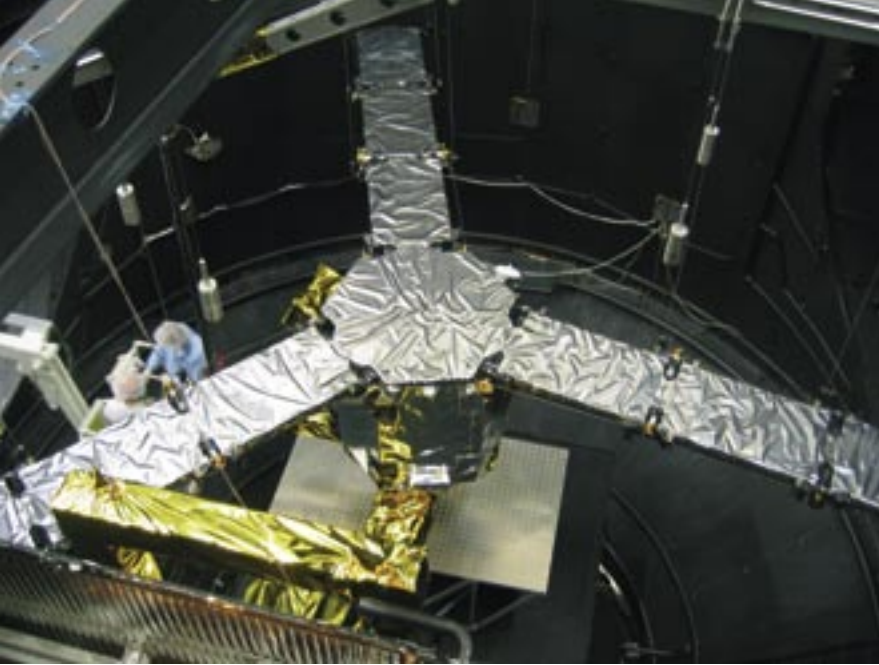
Wanneer GOCE over een deel van de aarde vliegt waar het zwaartekrachtveld afwijkingen vertoont, zullen de accelerometers reageren en op die manier een driedimensionaal beeld opleveren van het zwaartekrachtveld van onze planeet. Deze gradiometer is honderd keer gevoeliger dan tot nu toe gebruikte instrumenten.

Een van de problemen waarmee men te maken heeft bij de waarneming van het zwaartekrachtveld vanuit de ruimte, is dat de kracht van het signaal afneemt met de afstand. Daarom zal GOCE in een 'lage' baan op een hoogte van 250 kilometer boven het aardoppervlak vliegen. Een andere technologische uitdaging heeft te maken met de satelliet zelf. De uiterst gevoelige instrumenten aan boord mogen immers niet gestoord worden door de kunstmaan zelf. Daarom bevindt er zich geen enkel beweegbaar onderdeel aan boord van het ruimtetuig.

Het vochtgehalte van de bodem is een zeer belangrijke variabele bij zeer veel toepassingen gaande van hydrologie tot de weersvoorspelling en het opvolgen van de evolutie van het klimaat. Er is immers een rechtstreeks verband met de vochtigheid van de atmosfeer en dus ook met het weer. Maar er is ook een belang voor de waterreserves, de aanvoer van voedingsstoffen voor vegetatie of absorptie door de bodem. Dat is dan weer een belangrijk gegeven voor het inschatten van de risico's op overstromingen.

Een goede kennis van de vochtigheid van de bodem is cruciaal om de verschillende bestanddelen van de watercyclus op de aarde te kunnen inschatten. Precies om op globale schaal deze bodemvochtigheid en ook het zoutgehalte van de oceanen te bepalen kreeg de missie SMOS groen licht.

Nauwkeurige en herhaalde metingen van het zoutgehalte van de oceanen zijn eveneens uiterst belangrijk. Wanneer dit zoutgehalte verandert, bijvoorbeeld via de aanvoer van



Earth Explorer SMOS wordt getest bij ESTEC, het technologisch centrum van de ESA in Nederland.
© ESA

zoet water als gevolg van het afsmelten van ijs, is het mogelijk dat er veranderingen optreden in zeestromingen. Wat zouden de gevolgen niet zijn als bijvoorbeeld de Golfstroom, verantwoordelijk voor het gematigd klimaat in Europa, zou vertragen of zelfs stoppen... Dat zou misschien bijzonder strenge winters als gevolg hebben, te vergelijken met wat men aan de oostkust van de Verenigde Staten gewoon is, maar tegelijk ook perioden van grote droogte tijdens de zomer.

Het basisinstrument van de satelliet heet MIRAS of *Microwave Imaging Radiometer using Aperture Synthesis*. Deze radiometer neemt in hyperfrequenties de 'signatuur' waar van een oppervlak. Elk object zendt immers niet alleen thermische straling uit, maar ook straling in hyperfrequenties. Deze straling is overigens heel zwak en ongevaarlijk. De ESA-specialisten hebben berekend dat alle dergelijke straling van heel Scandinavië nauwelijks de helft bedraagt van die in een microgolfoven...

Toch varieert de emissie van dergelijke straling door de bodem in functie van het vochtgehalte en die van de oceanen in functie van het zoutgehalte. Met de MIRAS-detector zal SMOS uiterst minieme veranderingen in de concentraties kunnen waarnemen. Het is de eerste satelliet die dit soort informatie op wereldschaal levert en dat met een resolutie in de orde van 200 kilometer. Om de drie dagen worden de gegevens bovendien vernieuwd.

SMOS	
Duur van de missie	3 tot 5 jaar
Massa	600 kilogram
Hoogte boven aardoppervlak	755 km
Nuttige lading	MIRAS, een radiometer om opnamen te maken in hyperfrequenties



SMOS is de tweede Earth Explorer. © ESA

Operationele hoogtemetingen van de oceanen met Jason 2

Om het milieu en zijn evolutie te kunnen waarnemen is de continuïteit van de waarnemingen en van het verzamelen van gegevens van primordiaal belang. Dat geldt zowel voor waarnemingen van het land als van de oceanen, die een belangrijke rol spelen bij het klimaat van onze planeet en de evolutie ervan.

Een voorbeeld... Zeestromingen zijn dragers van energie waar men niet omheen kan. Ze verdelen constant grote hoeveelheden energie van de warme gebieden van de planeet naar meer koude zones. In Europa kennen we goed het verschijnsel van de Golfstroom, dat we hiervoor al noemden.

Op wereldschaal bekeken is dit evenwicht allesbehalve onveranderlijk. De schommelingen van het klimaat hebben een rechtstreekse impact op onder meer het niveau, zoutgehalte en de stromingen van zeeën en oceanen. Dat geldt zowel voor ijstijden of perioden van globale opwarming.

Uiteraard heeft het verband tussen de oceanen en het klimaat niet alleen te maken met dit transport van energie. De oceanen spelen ook een rol bij de koolstofcyclus, die een belangrijke factor is bij het broeikaseffect. Elke klimaatverandering als gevolg van het broeikaseffect heeft ook gevolgen voor de oceanen en hun stromingen. De capaciteit van de oceanen om koolstof in de atmosfeer op te vangen en op te slaan, is een ander interessant onderzoeksdomein dat rechtstreeks te maken heeft met de evolutie van het klimaat op de aarde. Het gaat om een onderzoeksthema dat van steeds meer globale gegevens kan gebruikmaken. Dergelijke data kunnen alleen maar door satellieten worden geleverd.

Om de 'kleine gewoonten' te kunnen bestuderen van de vloeibare massa die drie vierde van het oppervlak van onze planeet bedekt, beschikken onderzoekers over een reeks satellieten waar men niet meer omheen kan en die bedoeld zijn voor topografie van de oceanen. Ze werden door Frankrijk in samenwerking met de Verenigde Staten ontwikkeld. Het gaat om Topex/Poseidon, gevolgd door de Jason-satellieten. Dit systeem is reeds meer dan 15 jaar operationeel en dit jaar staat een derde generatie van satellieten op stapel.

Jason 2 moet in juni 2008 in een baan om de aarde komen. Sinds 1992 neemt Frankrijk (via zijn ruimteagentschap CNES) met de missie Topex/Poseidon in samenwerking met de Verenigde Staten (het Jet Propulsion Laboratory van de NASA in Pasadena in Californië) ononderbroken het oppervlak van de zeeën en oceanen van onze planeet waar. In december 2001 nam de satelliet Jason 1 het vaandel van Topex/Poseidon over. De kunstmannen stelden onder meer vast dat het niveau van de oceanen jaarlijks met ongeveer 3 millimeter toeneemt.



Het AATSR-instrument van Envisat meet de temperatuur van het oppervlak van zeeën en oceanen met een nauwkeurigheid van 0,2 graden. © ESA



Envisat is geen weersatelliet maar zijn instrumenten observeren ook atmosferische fenomenen zoals hier de orkaan Dean, op 27 augustus 2007 ten zuiden van Haiti. © ESA

Deze zomer is het de beurt aan Jason 2 om zijn voorganger Jason 1 af te lossen. Deze nieuwe kunstmaan zal vanuit een baan op 1336 kilometer hoogte waarnemingen uitvoeren. Hij heeft acht meetinstrumenten aan boord. Vijf ervan zijn verbeterde versies van instrumenten aan boord van Jason 1. De altimeter Poseidon 3 is het belangrijkste instrument van de missie. Hij meet de afstand tussen de satelliet en het zeeoppervlak. Deze radar zendt golven uit in twee verschillende frequenties en analyseert het signaal dat door het oppervlak wordt weerkaatst. De tijd die de golf er heen en weer over doet wordt zeer nauwkeurig gemeten en via enkele correcties kan men de afstand tussen de satelliet en het oppervlak berekenen.

Poseidon 3 zal gekoppeld worden aan het instrument DORIS voor geodetische positiebepaling. Zo kan men beter gegevens verzamelen nabij kustgebieden. Het tweede instrument is de radiometer AMR. Die meet verstoringen als gevolg van de aanwezigheid van water in de atmosfeer. Dit instrument onderzoekt de straling die door het oppervlak wordt uitgezonden in drie verschillende frequenties. Het doel is de bepaling van de hoeveelheid waterdamp en vloeibaar water in de atmosfeer door de combinatie van de meetgegevens in elk van deze frequenties. Eenmaal deze hoeveelheid water bekend is, leidt men er de correctie uit af die gebruikt wordt bij de hoogtemetingen, aangezien de radargolf van de altimeter vertraagt wordt door het water in de atmosfeer. AMR is een verbeterde versie van de radiometer aan boord van Jason 1 (JMR), die door de NASA werd ontwikkeld.

Met het systeem voor positiebepaling DORIS en nog twee andere systemen voor plaatsbepaling (GPSP en LRA) kan Jason 2 metingen uitvoeren met een nauwkeurigheid in de orde van een tiental millimeter. LRA (plaatsbepaling via laser) is weliswaar heel nauwkeurig, maar is beperkt omdat er grondstations voor nodig zijn, het vrij moeilijk in gebruik is en omdat er beperkingen zijn als gevolg van meteorologische omstandigheden. Het dient om de twee andere instrumenten te calibreren zodat de baan van de satelliet zo nauwkeurig mogelijk kan bepaald worden. GPSP (GPS) vult de gegevens van DORIS aan bij de nauwkeurige bepaling in *real time* van de baan van de satelliet.

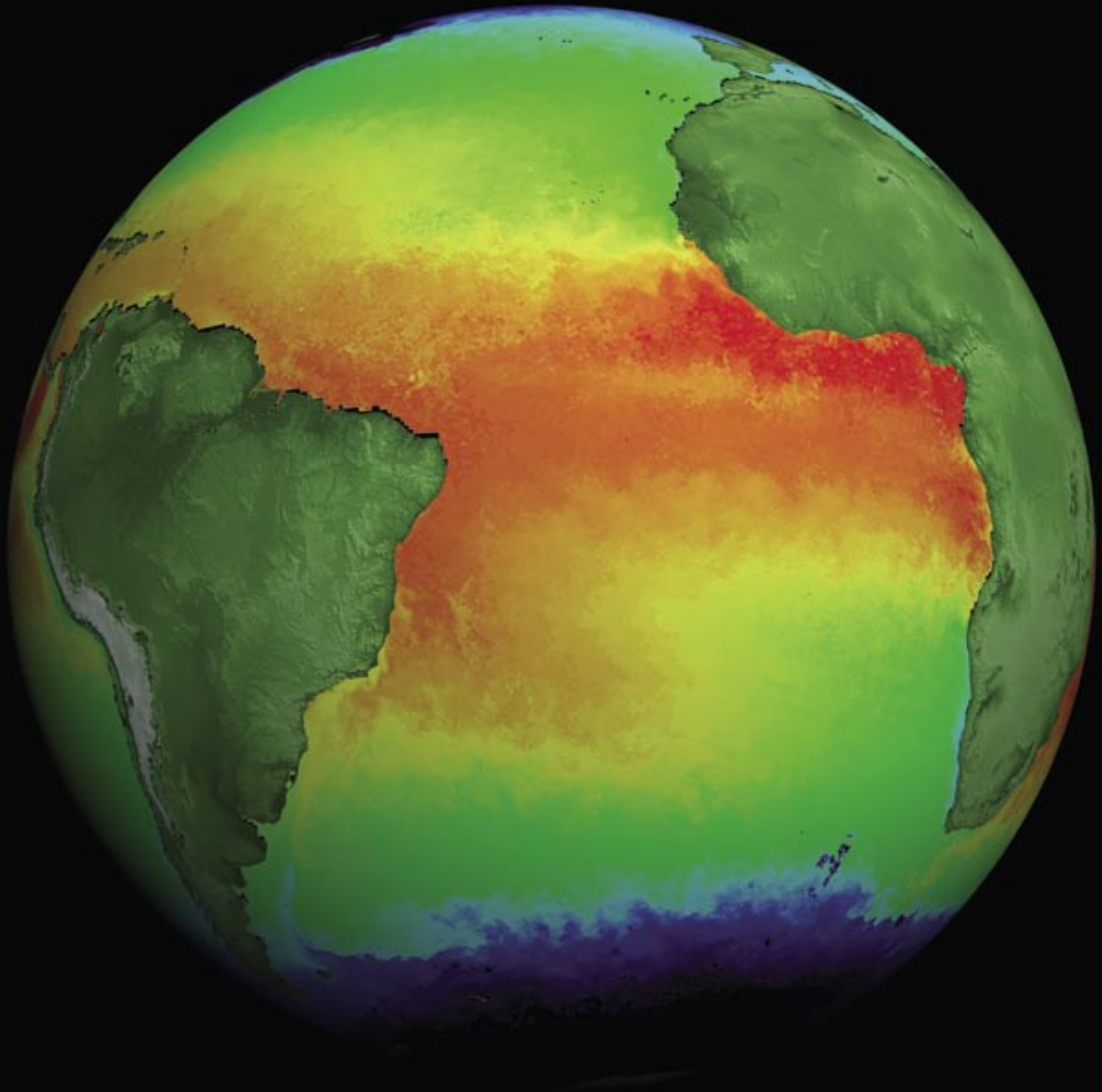
Tenslotte vullen drie experimentele instrumenten het gamma wetenschappelijke instrumenten aan boord van Jason 2 aan. Carmen 2, LPT (Light Particles Telescope) en T2L2 (Time Transfer by Laser Link) zijn twee dosimeters en een instrument om DORIS te calibreren.

Operationele exploitatie

Met Jason 2 komt de altimetrie (hoogtemeting) van de oceanen in een operationele fase. Bij de twee Frans-Amerikaanse partners van de beginperiode komen nu ook twee operationele gebruikers: het Europese agentschap Eumetsat en zijn Amerikaanse tegenhanger NOAA. Met deze twee organisaties van 'het terrein' worden met behulp van de gegevens van Jason 2 diensten in *real time* mogelijk voor verschillende soorten gebruikers. Enerzijds gaat het om voorspellingen van de toestand van zeeën en oceanen, anderzijds ook over honderden onderzoeksprojecten op het vlak van de oceanografie en het klimaat, die door wetenschappelijke teams in alle uithoeken van de wereld worden uitgevoerd.

'Jason 2 zal ook een essentieel bestanddeel zijn van het oceanografisch onderdeel van de systemen GMES en GEOSS', aldus CNES. GEOSS is het mondiaal netwerk van observatiesystemen van de aarde, waarbij 71 landen betrokken zijn.

De synthetische apertuur radar van Envisat observeert hier Kaapstad en omgeving. © ESA



Zeestromingen en warmtetransfers in oceanen bepalen het klimaat op aarde. Op dit Envisat-beeld zien we de evolutie van de oceaantemperatuur van de Noord- tot de Zuidpool. © ESA

GMES

Europese 'schildwachten' voor het milieu



Het Vegetation-instrument observeert regelmatig de concentratie van fytoplankton in de Amazonemonding.
© VITO/Spot

GMES of Global Monitoring for Environment and Security is een Europees initiatief voor informatiediensten, gebaseerd op aardobservatiegegevens. Deze gegevens komen van satellieten voor aardobservatie in een baan om de aarde, maar ook van meetinstrumenten op de aarde, op zee en in de lucht.

Momenteel bestaan er in Europa reeds zulke diensten. Maar ze zijn relatief verspreid en er is geen echte garantie dat ze over lange tijd beschikbaar blijven. Een uitzondering is de meteorologie. Met GMES willen de Europese autoriteiten beter deze bronnen coördineren en ze omzetten naar diensten voor nationale, regionale en lokale gemeenschappen of voor groepen van burgers met specifieke vragen of welbepaalde beroepen zoals vissers en transporteurs.

De opvolging van lavastromen, het opsporen van een lek in een oliepijplijn of de waarneming van bosbranden... De toepassingen van aardobservatiesatellieten zijn talrijk.
© Spot



De progressieve ingebruikneming van de GMES-diensten steunt op de activiteiten van de lidstaten van de Europese Unie en ESA en op door deze staten goedgekeurde investeringen. Het is ook een strategisch initiatief dat zorgt voor een betere toegang tot informatie over het milieu, de klimaatverandering en veiligheid.

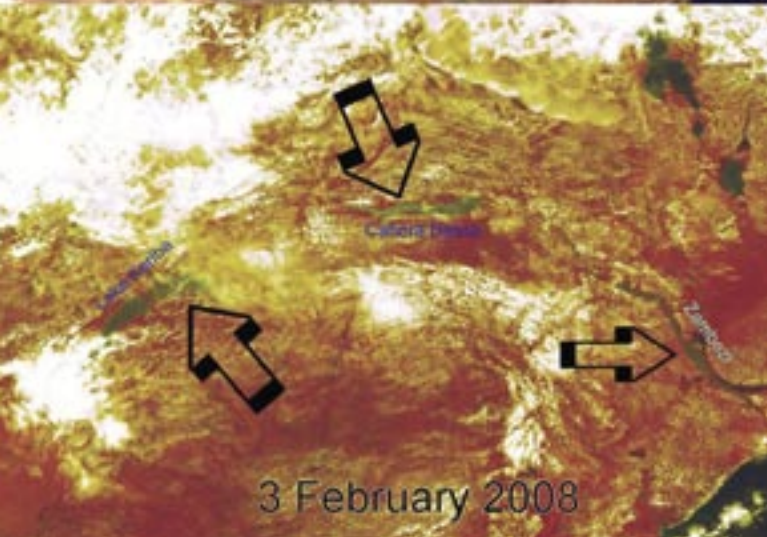
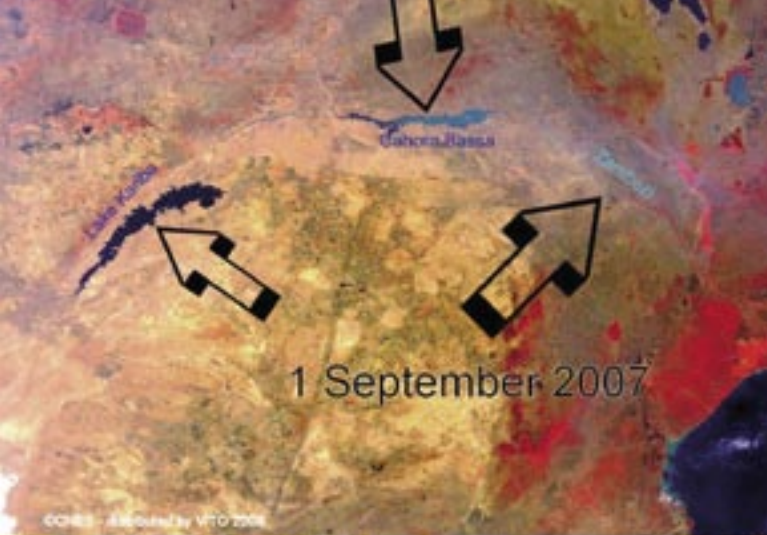
Het ruimtevaartluik van dit programma steunt op een reeks gespecialiseerde satellieten voor aardobservatie: de Sentinels ('Schildwachten'). ESA is belast met de ontwikkeling en de realisatie van deze satellieten. Deze ruimte-infrastructuur moet beantwoorden aan de noden die door de Europese Commissie zijn vastgelegd op het vlak van de GMES-diensten.

758 + 419 miljoen euro voor de eerste drie satellieten

Eind februari tekenden de directeur-generaal van de ESA, Jean-Jacques Dordain, en zijn collega Heinz Zourek van het directoraat Bedrijven en Industrie bij de Europese Commissie in Brussel een contract dat ESA een belangrijk budget van ongeveer 700 miljoen euro verschaft als bijdrage van de Commissie voor de ontwikkeling van het ruimtebestanddeel van GMES.

De overdracht van deze bijdrage gebeurt in twee etappes: 419 miljoen euro voor het eerste luik van het programma, daarna 205 miljoen euro (te bevestigen) voor het tweede





onderdeel. Dit tweede luik is trouwens het voorwerp van een voorstel waarvoor de ESA-lidstaten kunnen intekenen tijdens de bijeenkomst van de Raad van het agentschap die in november 2008 op ministerieel niveau plaatsvindt. De ESA-lidstaten hebben overigens al voor een bedrag van 758 miljoen euro in twee etappes (2005 en 2007) de hand in de geldbeugel gestopt voor het eerste luik van het programma. Het in Brussel ondertekende akkoord en de financiële bijdragen van de ESA-lidstaten maken de ontwikkeling en lancering mogelijk van de eerste drie Sentinel-satellieten (Sentinel 1, 2 en 3) en van het noodzakelijke grondsegment voor de ontvangst, verwerking en verspreiding van gegevens van de Sentinel-satellieten en van andere kunstmannen.

Sentinel 1 zal 24 uur op 24 uur en onder alle weersomstandigheden radarbeelden maken van de oceanen en het land. Sentinel 2 zal optische opnamen met hoge resolutie maken van land. Sentinel 3 zal dan weer uitgerust zijn met een aantal instrumenten voor altimetrie en op wereldwijde schaal de oceanen en het land waarnemen.

Na uitzonderlijk zware regenval tussen december 2007 en januari 2008, zagen de inwoners van de Karibaregio het peil van het meer stijgen met meer dan 2,2 meter. Satellieten zoals Spot 5 en het instrument Vegetation konden de evolutie van de Zambezirivier stroomafwaarts volgen nadat de spaarbekkens werden geopend.
© VITO/CNES

Een kwarteeuw Belgische expertise

De ontwikkeling van hulpmiddelen om oogsten te voorspellen, het opvolgen van de gevolgen van de klimaatverandering op de visvoorraden in het Tanganyikameer, het waarnemen van de ziekteoverbrengers van de blauwtongziekte op basis van verschillende soorten gegevens van aardobservatie... Deze voorbeelden van onderzoeksprojecten die verband houden met de klimaatverandering en die beroep doen op satellieten tonen mooi aan dat de Belgische onderzoekers in dit domein van de partij zijn.

Gedurende bijna een kwarteeuw heeft België een ontegensprekelijke ervaring opgebouwd op het vlak van het gebruik van satellietgegevens bij het onderzoek van de evolutie van het klimaat. Verschillende teams van universiteiten en onderzoeksinstituten in ons land zijn aldus regelmatig betrokken bij programma's die door het Federaal Wetenschapsbeleid worden opgestart of ondersteund.

Op nationaal niveau leidt het Federaal Wetenschapsbeleid verschillende federale programma's in verband met aardobservatie.

Dat was het geval voor de *Telsat*-programma's, gelanceerd in 1985 in het zog van de Belgische deelname aan het SPOT-programma van aardobservatiesatellieten. Tot 2001 waren er, verspreid over verschillende jaren, vier dergelijke *Telsat*-programma's. Bij deze programma's waren naast het Federaal Wetenschapsbeleid nog andere federale entiteiten en departementen betrokken.

Het federaal onderzoeksprogramma voor aardobservatie *Stereo I* was de opvolger van de *Telsat*-programma's. Het liep gedurende vijf jaar van 2001 tot 2006 en was goed voor de realisatie van 50 projecten. Een eindpublicatie van het programma, mooi geïllustreerd en voor iedereen toegankelijk, is op eenvoudige aanvraag (ouda@belspo.be) te verkrijgen.

Eind 2006 werd het programma *Stereo II* gelanceerd. Het richt zich resoluut op internationale deelname en verschillende disciplines. Voor *Stereo II* werden een reeks thematische onderzoeksprioriteiten vastgelegd, die geïnspireerd zijn op de doelstellingen van het GMES-initiatief. Het gaat om globale monitoring, milieubeheer, gezondheid en humanitaire hulp, veiligheid en risicobeheer.

In het kader van zijn bijdrage aan het programma SPOT staat België in voor de verwerking, archivering en verspreiding van gegevens van de *Vegetation*-instrumenten, die deel uitmaken van de nuttige lading aan boord van de satellieten SPOT 4 en SPOT 5. Het aanbieden van een dienst waarbij in *real time* en wereldwijd gegevens worden verspreid heeft de weg geopend tot de ontwikkeling van nieuwe operationele diensten. Dat sluit aan bij de Europese doelstellingen (ontwikkeling van diensten en producten) in het kader van het programma GMES. Dat is nog een versterking van de strategische doeleinden van deze programma's van het Federaal Wetenschapsbeleid.



Belgian earth observation platform
eo.belspo.be/About/Programmes.aspx
GMES
www.gmes.info
EOEdu
eoedu.belspo.be

Europa en de waarneming van het klimaat

Een gesprek met Jean-Jacques Dordain, directeur-generaal van ESA

Space Connection: Dit jaar worden de satellieten GOCE en SMOS gelanceerd, de eerste twee satellieten van de Earth Explorer-reeks van ESA. Wat is hun betekenis voor Europa en de Europese ruimtevaartorganisatie?

Jean-Jacques Dordain: Het programma Earth Explorer is volgens mij één van de mooiste en meest ambitieuze programma's van ESA. Dit jaar worden inderdaad de eerste twee satellieten van dit programma gelanceerd. Er zullen er nog meer volgen. De volgende tien jaar zal er gemiddeld elk jaar een Explorer in een baan om de aarde worden gebracht. Dat is voor een ruimtevaartorganisatie uitzonderlijk. Niemand anders zal zo iets doen.

Voor ons gaat het erom het vaandel van Envisat over te nemen en de continuïteit te verzekeren van de gegevens die deze satelliet verzamelt. Maar we willen onze kennis van het 'systeem aarde' ook verbeteren. Elke Earth Explorer zal gegevens verzamelen in heel specifieke domeinen: de stroming van de oceanen, de wind, de vochtigheid, de zwaartekracht enz... De nieuwe satellieten moeten onze kennis van het milieu dus aanzienlijk doen toenemen. Dat zal zorgen voor een grote vooruitgang van de wetenschap, maar ook van wat er na de wetenschap komt. Men kan wetenschap

namelijk niet los zien van dienstverlening naar de burgers toe.

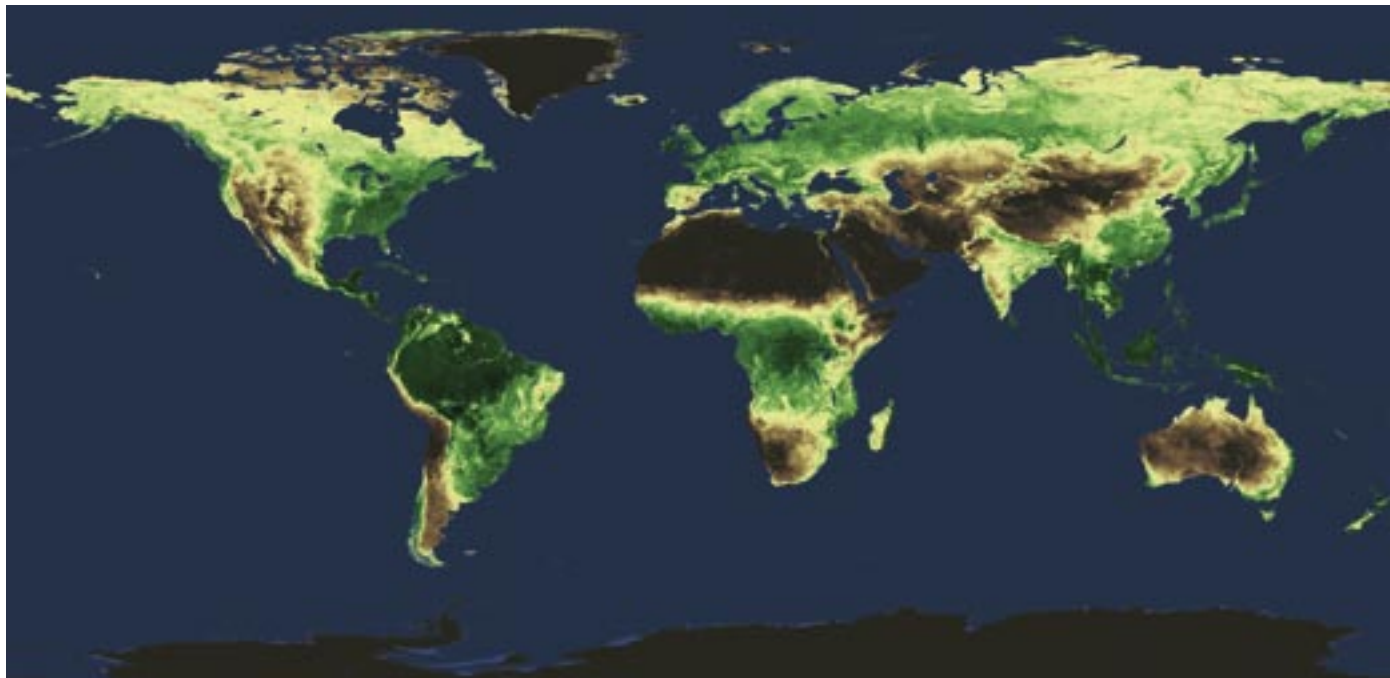
SC: U verwijst hier naar het initiatief GMES van de Europese Unie, het uitgebreide programma voor de globale waarneming van de aarde en het milieu waarvoor vijf andere satellieten - de Sentinels - op stapel staan in samenwerking met ESA?

JJD: Inderdaad. Drie Sentinel-satellieten hebben reeds groen licht gekregen en twee andere zouden moeten volgen. Als de Earth Explorers meer gericht zijn op de wetenschap, dan zijn de Sentinels eerder bestemd voor diensten. Daarbij zijn de satellieten slechts een hulpmiddel. In deze context mag men ook de weersatellieten niet vergeten, die uitgebaat worden door de organisatie Eumetsat.

SC: Wat staat er op de komende ESA-ministerconferentie eind dit jaar in Den Haag in Nederland op het spel, wat aardobservatie betreft?

JJD: Eerst en vooral moeten er financiële beslissingen worden genomen over het tweede segment van het programma GMES. Op dit ogenblik is de financiering van dit programma

In maart 2008 stelde een internationaal consortium bestaande uit o.a. ESA, het Europese milieuagentschap en universitaire teams van de Universiteit Catholique de Louvain, de kaart GlobCover voor. Deze kaart verzamelt gegevens van de spectrometer Meris van de satelliet Envisat.



allesbehalve rond. Voor de eerste drie Sentinel-satellieten is er al geld gevonden, maar nog niet voor de twee laatste. Sentinel 1, 2 en 3 zullen gelanceerd worden tussen 2011 en 2012, gevolgd door de twee laatste exemplaren. Maar we moeten ook al denken aan nieuwe satellieten die rond 2015-2017 zouden moeten gelanceerd worden. We moeten een oplossing vinden zodat de continuïteit van de diensten verzekerd wordt. Een dienst moet per definitie kunnen doorlopen. Het is tijd dat we in Den Haag nadenken over hoe we dat gaan realiseren.

SC: Er wordt dikwijls over bemane ruimtevluchten gesproken. Met de lancering van het eerste Europese vrachtruimteschip Automated Transfer Vehicle (ATV) naar het internationaal ruimtestation heeft ESA aangetoond dat het heel complexe en zware ruimtetuigen kan lanceren. Gaat ESA op het eind van het jaar de start van een nieuw programma voor bemane ruimtevluchten voorstellen?

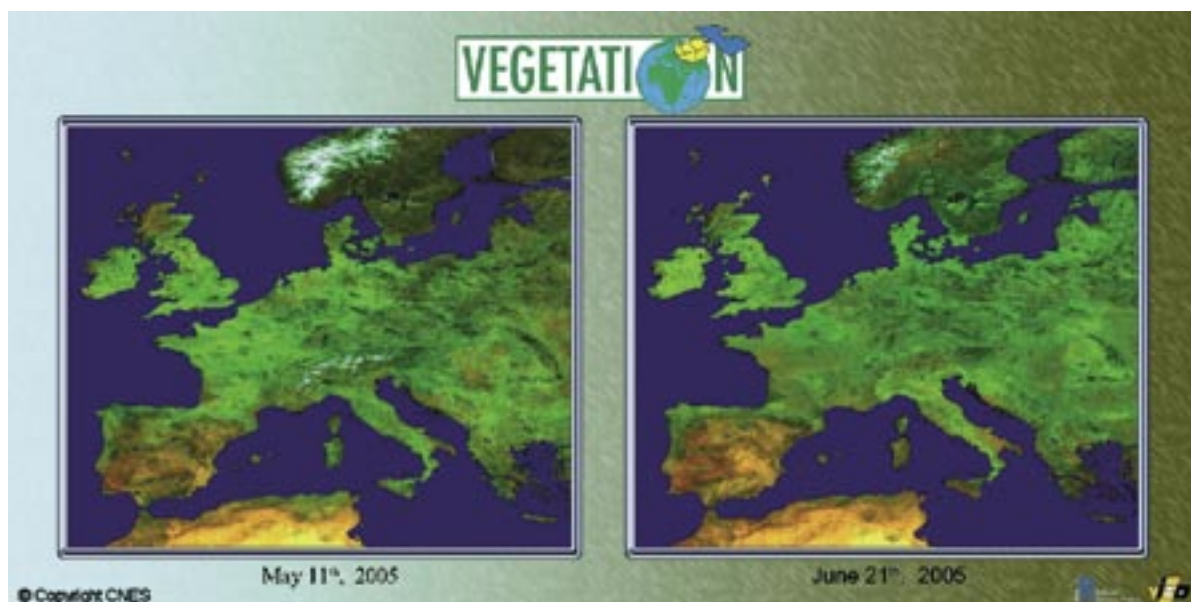
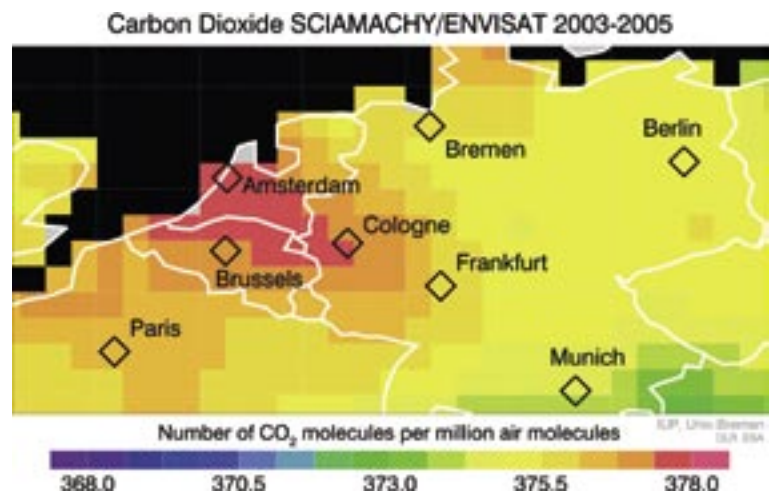
JJD: We hebben al een aantal denkpluizen om verder te bouwen op de knowhow die we ontwikkelden voor ATV. Ik denk dan onder meer automatische ruimtetuigen en het uitvoeren van koppelingen in de ruimte. Dat weerspiegelt zich in heel wat zaken, bijv. bij het ophalen van stalen van de Marsbodem. Maar er is momenteel geen sprake van te dromen over een bemand Europees ruimteschip. Als er in verband hiermee financiële keuzes moeten gemaakt worden, dan mag dat volgens mij in geen enkel geval gebeuren ten koste van het wetenschappelijk programma van de Europese ruimtevaartorganisatie.

Christian Du Brulle



Envisat levert soms uitzonderlijke beelden, zoals hier een ondergesneeuwd Europa.
© ESA

De CO₂-concentratie in onze gewesten is de hoogste van Europa.
© ESA



Evolutie van de droogte tijdens de zomer van 2005 in Europa zoals waargenomen door het instrument Vegetation.
© CNES



Columbus, ATV Jules Verne en België

Het Meteoritic and Debris Protection System (MDPS) (Sonaca)

Het laboratorium Columbus van 12,7 ton, vastgemaakt aan het internationaal ruimtestation ISS, is ESA's stek voor onder meer experimenten in microzwaartekracht, waarnemingen van de zon en de atmosfeer en het testen van geavanceerde technologie. Er is een grote betrokkenheid van de Belgische industrie en van Belgische laboratoria:

- Spacebel (Luik en Hoeilaart) voor het beheer van apparatuur (DMS/Data Management System) en voor software voor tests en de validering van de Europese laboratorium-module.
- Sonaca (Gosselies) voor de realisatie van de structuren van het Meteoritic & Debris Protection System (MDPS) en het omhulsel van koolstofvezel voor het Fluid Cell Experiment (FCE), gerealiseerd door Verhaert Space voor het Fluid Science Laboratory (FSL) in Columbus.
- Lambda-X (Nijvel) voor de optica van het PCDF-instrument (Verhaert Space) en van de spectrometer Solspec (Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie) op het platform Solar.
- Verhaert Space (Kruikebeke) bij drie gehelen van onderzoeksapparatuur: het Fluid Science Laboratory (FSL) voor het onderzoek van vloeistoffen in gewichtloosheid, Biolab voor tests met biologische stalen en het European Drawer Rack (EDR), uitgerust met de Protein Crystallisation Diagnostics Facility (PCDF).
- Thales Alenia Space Antwerp (Hoboken) voor het ontwerp en de realisatie van apparatuur voor elektrische tests op aarde.
- Space Applications Services (Zaventem) voor studies over het beheer van de payloads, de definitie van de grondinfrastructuur en de opleiding van astronauten, voor de operaties in het Belgian User Support & Operation Center (B.USOC) in Ukkel.
- LMS International (Leuven) bij de virtuele processen in verband met het ontwerp van het interieur van Columbus.

De ATV *Jules Verne* van 19 ton blijft tot augustus vastgekoppeld aan het ISS. Dit is een autonoom en 'intelligent' ruimtevaartuig dat ongeveer zo groot is als een dubbeldekker. Het met een Russisch koppelgedeelte uitgeruste ruimtetuig is het belangrijkste en meest complexe dat Europa tot nu toe heeft ontwikkeld. ESA heeft nog eens vier ATV's bij de Europese industrie besteld. De NASA wil er misschien om de dienstverlening te kunnen verder zetten die de spaceshuttle nog verzekert tot 2010, het jaar waarin het ruimteveer voor het laatst vliegt. De Belgische industrie heeft ook aan de ontwikkeling en de productie van ATV deelgenomen:

- Euro Heat Pipes (EHP, Nijvel) - een *spin-off* van de ULB - voor de ontwikkeling en de levering van 52 warmtegeleiders voor de thermische controle van de avionica en het voortstuwingssysteem van elke ATV.
- Thales Alenia Space Antwerp (Hoboken) voor het testsysteem dat gebruikt werd bij de integratie van de ATV en voor operationele ondersteuning op de aarde.
- Thales Alenia Space ETCA (Charleroi) met vier schakelkasten voor de voeding van sommige ATV-eenheden en voor de voeding van de videometer waarmee een ATV aan het ISS kan worden gekoppeld.
- Spacebel (Luik en Hoeilaart) voor de levering van simulators van de boordcalculators, voor de deelname van de ontwikkeling van software voor het rendez-vous en de koppeling met het ISS.
- Rhea (Louvain-la-Neuve) voor het gebruik van de software Manufacturing & Operations Information System (MOIS), bestemd voor het beheer van de operaties van het complexe netwerk van centra en stations op de aarde.
- Redu Space Services (ESA-grondstation in Redu) voor het opvolgen als *back-up* van de kritische fasen van de vlucht zoals de lancering, het rendez-vous en de koppeling met het ISS en de terugkeer in de atmosfeer.
- Space Applications Services (Zaventem) voor ondersteuning bij de definitie van het gehele ATV-systeem en opleidingen voor ATV-operaties.
- LMS International (Leuven) voor de modellering van akoestische tests en vibratietests van de ATV te ESTEC in Noordwijk (Nederland).

