

Dossier Het internationaal ruimtestation ISS

België en het ruimtestation

↑ Bij zonsondergang ziet het zonnepaneel van de Zvezda-module van het ruimtestation er als goud uit (NASA).

Ons land is weliswaar in absolute cijfers een kleine, maar per hoofd van de bevolking een relatief belangrijke en zeker een zeer gewaardeerde medespeler op het vlak van ruimteonderzoek. Ook bij het ISS-programma wil het een belangrijke rol spelen. België betaalt 3% van het ontwikkelingsprogramma van de Europese bijdrage aan het ISS. Het draagt ook 3% bij aan de vaste kosten van de uitbating en 2% van de variabele kosten (1% voor de CRV) en maar liefst 10% van het eerste gebruik van het ISS.

Onnodig te zeggen dat dit de onderzoekers en de industrie van ons land ten goede komt. België rechtvaardigt zijn hoge bijdrage aan het ISS vanuit een industrieel en een wetenschappelijk/technologisch belang. Bedrijven als Alcatel-ETCA, SABCA, Space Applications Services, Sonaca CRV, Spacebel, Trasys Space, Verhaert... zijn aldus betrokken bij alle Europese ISS-

programma's. Zo droeg België voor 10% bij aan de ontwikkeling van de microzwaartekrachtfaciliteiten voor *Columbus*. Door het internationale karakter van het ISS-programma hebben Belgische wetenschappers de gelegenheid met Europese en niet-Europese partners samen te werken in zowat alle belangrijke domeinen van het ruimteonderzoek.

Ten dienste van wetenschap én industrie

Wie beter dan een wetenschapper zelf kan uitleggen welke de betekenis is van een deelname aan een ruimteproject? Space Connection sprak met Prof. Ludo Froyen en zijn doctoraalstudent Jimmy De Wilde van het departement MTM (Metaalkunde en Toegepaste Materiaalkunde) van de Katholieke Universiteit Leuven (KUL). Daar is men al sinds 1973 met ruimteonderzoek bezig. Terwijl de Europese ruimtevaart nog in een pril stadium verkeerde vloog er reeds een Leuvense experiment mee aan boord van het Amerikaanse ruimtelaboratorium Skylab. Nu werkt men er aan de projecten SETA en UNESTA, waarbij geavanceerde materialen worden ontworpen, commerciële materialen worden verbeterd en fysische modellen en software op het vlak van stollingsverschijnselen worden ontwikkeld.

Kunt u uw onderzoek kort situeren?

Het is gericht op de ontwikkeling en *processing* van materialen. Wij zitten in de onderzoeksgroep legeringsontwikkeling, gericht op het verbeteren en ontwikkelen van commerciële materialen en ook het fundamenteel onderzoek in verband daarmee. Wij zijn geïnteresseerd in de *stolling* van materialen vanaf een vloeibare toestand, zoals dat bijvoorbeeld gebeurt bij het gieten van een velg van een wiel. Het doel van het onderzoek is dit stollingsproces en de eigenschappen ervan beter te begrijpen en aldus tot betere, lichtere, sterkere, beter recycleerbare en vooral goedkopere materialen te komen. Dat laatste is een belangrijke drijfveer voor de industrie. Een nieuwe evolutie is blijkbaar dat men niet zozeer de materialen zelf wil verbeteren, maar eerder

het proces wil bijsturen. Ons onderzoek in microzwaartekracht gebeurt op verschillende niveaus. Wij maken gebruik van valtorens, sondeerraketten, het International Space Station...

Wat wil u aan boord van het ISS precies doen en wat is de historiek van uw project?

Het onderzoek dat we aan boord van het ISS willen uitvoeren is eigenlijk een compromis: we willen enerzijds nieuwe materialen ontwikkelen maar toch tegen een fundamenteel wetenschappelijke achtergrond. Op het vlak van stollingsonderzoek is er in het verleden al heel wat gebeurd. We voerden experimenten uit aan boord van het Europese Spacelab, tijdens de Euromir-vluchten en in de spaceshuttle. Het onderzoek is nu vooral gericht op zuiwere stoffen en binaire legeringen (waarbij twee stoffen worden samengevoegd). In de toekomst zullen we systemen met meerdere componenten onderzoeken. Dat is belangrijk voor industriële processen.

We zijn rond 1996 begonnen, maar door de vertragingen in het ISS-programma heeft de ontwikkeling van ons project ook achterstand opgelopen. Eerst was er een voorbereidingstijd, waarbij verschillende teams het te onderzoeken probleem moesten definiëren. Wij vonden dat we eigenlijk té wetenschappelijk werkten met materialen die vanuit wetenschappelijk standpunt wel boeiend waren, maar er was een vraag vanuit de industrie om beter inzicht te krijgen in het stollingsgedrag van complexe legeringen.

Ikzelf ben al 24 jaar met ruimteonderzoek bezig en heb goede contacten binnen ESTEC en ESA. Zo is stilaan een projectdefinitie gekomen om industrieel relevante proble-

men aan te pakken. Daaruit is dan een voorstel gegroeid voor de uitvoering van het experiment *SETA (Solidification of Eutectic Ternary Alloys)* aan boord van het ISS. Wanneer het precies zal worden uitgevoerd weet nog niemand, maar we denken rond 2005. Ondertussen hebben we ook een nieuw voorstel ingediend - *UNESTA of Unconstrained Eutectic Solidification in Ternary Alloys* - dat al tijdens een missie met een sondeerraket in 2002 of 2003 kan vliegen. Voor SETA zijn ook twee ovens in ontwikkeling (*LGF of Low Gradient Facility* en *SQF of Solidification and Quenching Facility*), die aan boord van het ISS in het *Materials Science Laboratory (MSL)* van ESA zullen worden ingebracht. De ontwikkeling van deze ovens verliep parallel aan de definitiefase van het experiment. En dat is goed, want de gebruikers van deze apparaten ontwikkelen ook de experimenten die ermee worden uitgevoerd. De juiste parameters van ons experiment liggen vandaag nog niet vast. Dat zal pas over één of twee jaar het geval zijn.

Volgt uw onderzoek de industrie of is het andersom?

De industrie is eigenlijk vragende partij maar zij wordt door ons gestimuleerd. Dat klinkt misschien vreemd. Dit is een ingenieursfaculteit. Wij ondersteunen dus de ingenieurs- en technologische wetenschappen. Maar vanuit materiaalkundig oogpunt gaat het hier anderzijds ook om een zeer wetenschappelijke aangelegenheid. Wij dienen dus zowel de wetenschap als de technologie. Wij hebben 80-85 onderzoekers, waarvan ongeveer 70% *toegepast* werkt. Het toegepaste overheerst hier dus, maar wijzelf werken wel vooral vanuit een wetenschappelijke achtergrond. ESA heeft in dit verband een aantal groepen van wetenschappers samengesteld. Die werken niet noodzakelijk binnen hetzelfde project, maar wel rond eenzelfde

↓ LISS-astronauten moeten veelzijdig zijn. Jeffrey Williams en James Voss voeren werk uit aan de Russische Strela-kraan. Bij de bouw van het ISS zijn tientallen van deze ruimtewandelingen nodig (NASA).

thema. Daarbij worden ook de industriële partners uitgenodigd om hun wensen kenbaar te maken. Het gaat hier meestal om problemen op lange termijn.

Kan uw onderzoek niet op de aarde (en dus goedkoper) worden uitgevoerd?

Dit project heeft een zeer grote omvang. Er zijn mensen bij betrokken uit Frankrijk, Duitsland en België. Het gaat in totaal om wel 30 of 40 manjaren! Het is absurd te denken dat hierbij alle werk in de uitvoering van één ruimte-experiment wordt gestoken. In meer dan 95% van de gevallen wordt zinvol onderzoek op de aarde uitgevoerd. Voor ons heeft een ruimte-experiment vooral een ondersteunende functie. We bestuderen zaken die we op de aarde moeilijker kunnen bekijken wegens de *sedimentatie* van zwaardere deeltjes naar beneden en het opstijgen van lichtere deeltjes en de invloed van *convectorie*, dit is het fenomeen van vloeistofstromen als gevolg van temperatuurverschillen bij stolling, wat het 'stollingsfront' aan de grens tussen het vloeibare en vaste deel van een stof verstoort. Een groot voordeel van het ISS is dat we langdurige experimenten in een toestand van microzwaartekracht kunnen uitvoeren. Zo mag

de stolling maar a rato van een paar millimeter per uur vooruitgaan, zodat een proef uren en zelfs dagen kan duren.

Welke praktische gevolgen heeft uw onderzoek?

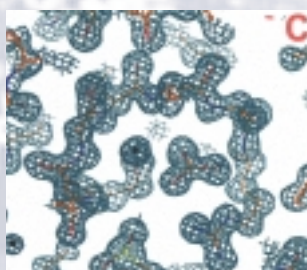
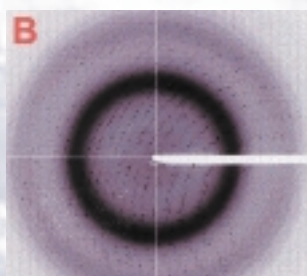
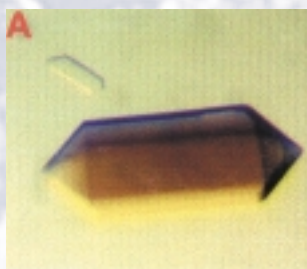
We richten ons op inzicht én toepasbaarheid. Wat we vinden wordt direct geïmplementeerd in bestaande computersimulatiemodellen. We voorspellen hoe de afkoeling van de stof verloopt en de structuur en zelfs de eigenschappen veranderen. Bij een velg van een wiel bijvoorbeeld zijn de eigenschappen niet overal gelijk. Op de meest belaste plaats mogen zich niet de structureel zwakste punten bevinden. De industrie gebruikt dat soort simulatiemodellen dagdagelijks. Dit onderzoek is dus iteratief: de uitgevoerde experimenten zorgen voor verbeterde

modellen. Nieuwe proeven worden dan op basis van die nieuwe modellen ontworpen. Zo is er een voortdurende wisselwerking.

Waar past België in dit alles?

Wij Belgen zijn in dit onderzoek slechts een schakel, maar wel een essentiële schakel. We kunnen niet hetzelfde soort onderzoek uitvoeren zoals in grote landen als Frankrijk en Duitsland, die veel grotere programma's hebben. We zien onszelf echter niet als "klein" maar als een gelijkwaardige partner in een Europese groep. We voelen ons vooral verenigd door het wetenschappelijke thema. Het is internationaal teamwork: wij gaan bijvoorbeeld regelmatig naar Duitsland, de Duitsers komen hier metingen doen. Er is een belangrijke solidariteit tussen de verschillende labo's. We dachten al internationaal in de jaren '70, lang voor in onze contreien het onderzoek op Europees niveau werd gestimuleerd en nog voor we de ruimte waren ingegaan.





↑ De verschillende stappen van het oplossen van de structuur van een eiwit (doc. VUB – prof. Wyns)

Eerste **Belgische experimenten** naar het ISS: onderzoek naar de machines van het leven

In augustus zijn de eerste twee Belgische experimenten naar het ISS gelanceerd tijdens vlucht STS 105 van de Amerikaanse spaceshuttle. Ze hebben te maken met de kristallisatie van eiwitten.

Kristallisatie van de antilichamen van kamelen (VUB)

"Van magie naar wetenschap", zo wordt het experiment van Prof. Lode Wyns van het Laboratorium voor Ultrastructuur (Instituut voor Moleculaire Biologie of IMOL van de Vrije Universiteit Brussel) omschreven. Daarbij wil men de eigenlijke processen die ten grondslag liggen van de kristallisatie van eiwitten beter begrijpen. "Tot nu toe werden ze meestal gegroeid door heel veel groei-condities uit te proberen en te hopen dat men een keer prijs had. Elk laboratorium had zo zijn eigen trucs om kristallen te doen groeien, en het hele proces had soms meer weg van magie dan van wetenschap."

De vakgroep Ultrastructuur houdt zich al tien jaar bezig met eiwitkristallografie en heeft in die periode internationale faam

verworven. *"We zijn onder de indruk van het feit dat we de start van het ISS van dichtbij kunnen meemaken",* zeggen de VUB-onderzoekers verheugd. *"Onze experimenten kunnen nu vier maanden in de ruimte blijven, veel langer dan dat bij de spaceshuttle het geval was."*

Men zal de eiwitkristallen doen groeien in de APCF-faciliteit (Advanced Protein Crystallization Facility). Via video en microscopie wordt het hele kristallisatieproces gevolgd. De kwaliteit van de kristallen wordt later op de aarde geanalyseerd. Dit soort onderzoek is bijzonder belangrijk want eiwitten zijn de moleculen die in levende organismen al het werk doen. Ze zijn bijvoorbeeld de bouwstenen van onze spieren, verteren het eten en zijn een centraal onderdeel van het immuunsysteem dat ons beschermt tegen bacteriën en virussen. Ze zorgen ervoor dat een levend organisme kan functioneren.

Een probleem bij de bestudering van eiwitten zijn hun afmetingen van amper 5 tot een 50 miljoenste van een millimeter,

dat is weliswaar groot in de wereld van de moleculen, maar te klein om met een eenvoudige microscoop te bestuderen. Met X-straal-kristallografie kan men hun driedimensionale structuur bepalen en daarbij is kristallisatie noodzakelijk.

"In een kristal zijn een groot aantal eiwitmoleculen immers geordend in een rooster en kunnen de verstrooiings patronen van de verschillende individuele moleculen elkaar versterken. Eenmaal men een kristal heeft wordt dat in een bundel X-stralen gezet. De elektronen in het kristal buigen de X-stralen af in een specifiek patroon. Dat kan ons een model van het eiwit opleveren." De microzwaartekracht in de ruimte heeft een positieve invloed op de kristallen die er ontstaan. Men kan er veel beter de fundamentele processen waarnemen van kristallisatie. En uiteindelijk hoopt men dan op de aarde zelf betere kristallen te kunnen aanmaken.

De eiwitten die de VUB in het ruimtestation zal kristalliseren zijn de antilichamen van... kamelen. Waarom? "Acht jaar geleden

werd ontdekt dat kamelen antilichamen hebben die anders en eenvoudiger zijn dan die van alle andere zoogdieren. Sindsdien zijn de antilichamen van kamelen uitgegroeid tot een onderzoeksdomein met belangrijke implicaties in de biotechnologie en medische wetenschappen."

(naar een VUB-persmededeling en met dank aan Prof. Wyns en Ingrid Zegers)

Kunstmatige eiwitten: bijdrage tot een revolutie in de geneeskunde (ULg)

"Het project voor de ontwikkeling van kunstmatige eiwitten, ook wel 'inverse folding genoemd' maakt deel uit van een internationale inspanning om het leven beter te begrijpen. De nauwkeurige analyse van het menselijk genoom en meer bepaald van de 3D-structuur van de eiwitten die het codeert zal tot een nooit geziene revolutie in de geneeskunde leiden en de ontdekking van talloze therapieën opleveren."

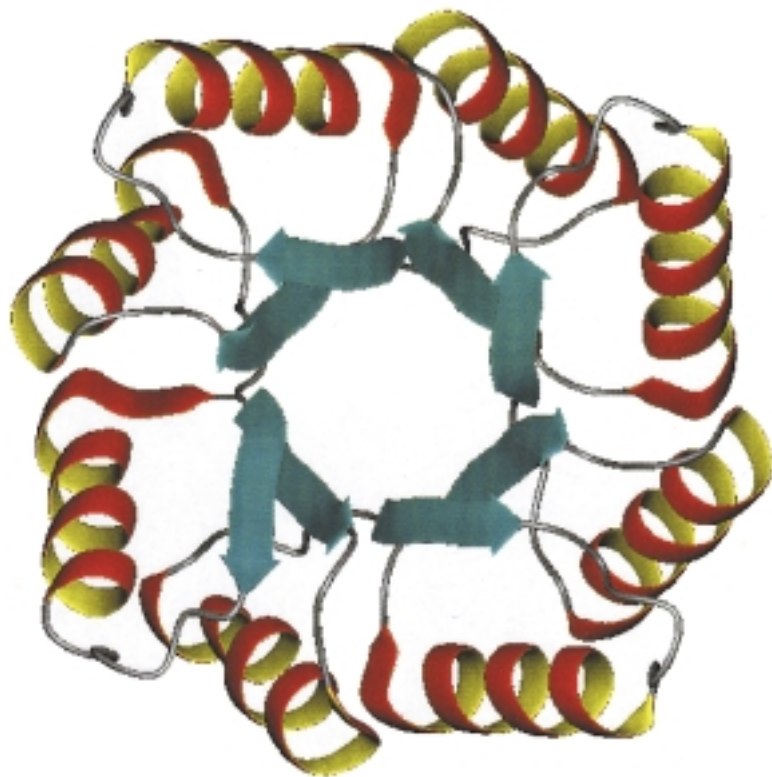
Al vele jaren ziet het *Laboratoire de Biologie Moléculaire et Génie Génétique* van Prof. Joseph Martial van de Université de Liège het als een uitdaging kunstmatige eiwitten met bepaalde nauwkeurig vastgelegde kenmerken voort te brengen. Dit gebeurt in verschillende fasen.

Eerst moet het kunstmatig eiwit met behulp van een computer ontworpen worden. Dit steunt op waarnemingen van natuurlijke structuren en houdt rekening met krachten die op molecuulair

niveau op de eiwitten worden uitgeoefend. Daarna worden de proteïnen samengesteld op basis van aminozuren. In een derde stap wordt nagegaan of alles voldoet aan het 'bouwplan'. Dat gebeurt met optische spectroscopie en kristallisatie. Precies dat laatste levert de nodige moeilijkheden op. De productie van bepaalde soorten eiwitten is nog steeds een ingewikkelde en vrij onzekere zaak. De in het labo van professor Martial ontworpen kunstmatige eiwitten vallen onder deze categorie, maar de toestand van microzwaartekracht in de ruimte zou dit vergemakkelijken.

Stalen van kunstmatige eiwitten zullen nu aan boord van het ISS in de APCF-faciliteit worden gekristalliseerd in het kader van het project *Crystallization of the next generation of octarellins* met als bedoeling een nieuwe generatie van kunstmatige eiwitten te ontwerpen en de 3D-structuur ervan te bepalen. Daarbij is er samenwerking met professor Wyns van de VUB. Er is financiële ondersteuning van de Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden (DWTC) in het kader van het Prodex-programma.

Het labo van professor Martial is met het experiment overigens niet aan zijn proefstuk toe. Het nam al deel aan vluchten van de spaceshuttle in 1994, 1995 en 1998. Sinds 1997 is Martial directeur van het ESA-programma voor kristallografie in



de ruimte. Op die manier is hij ook betrokken bij de opleiding van astronauten op het vlak van kristallografische experimenten. Zijn onderzoek is vooral fundamenteel, maar biedt ook heel wat potentiële mogelijkheden in verschillende domeinen zoals de geneeskunde en de industriële enzymologie. *"Eenmaal we de technieken van de aanmaak van kunstmatige eiwitten onder de knie hebben, is het bijvoorbeeld denkbaar dat we enzymen kunnen ontwikkelen die onder bepaalde omstandigheden werkzaam zijn. Maar het is heel het domein van de aanmaak van geneesmiddelen dat zich dankzij deze nieuwe technologie aanzienlijk kan ontwikkelen."*

(Met dank professor Martial en dr. Jean-Marie François van de ULg)

↑ Stalen van kunstmatige eiwitten zullen aan boord van het ISS worden gekristalliseerd (doc. ULg – prof. Martial)

→ De Rus Joeri Gidzenko aan boord van de Italiaanse MPLM-module Leonardo (NASA).



Het B.USOC experimenten in “real time”

In het kader van de ruimtevaartprogramma's waarbij België betrokken is, was het interessant een controlecentrum te ontwikkelen voor de experimenten aan boord van satellieten en ruimteschepen. Deze doelstelling werd met succes bereikt tijdens de missie *Atlas 2* (1992), dankzij de samenwerking tussen de Amerikaanse en Europese ruimtevaartorganisaties en de *Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden* (DWTC), die een bijdrage leverden tot de ontwikkeling van de materiële hulpmiddelen, de infrastructuur en de communicatie zowel in de Verenigde Staten als in Europa (in de eerste plaats in ESTEC in Nederland en daarna in het Koninklijk Meteorologisch Instituut in België).

Dit idee van *teleoperaties* en *telewetenschap* volgt uiteraard uit de noodzaak om het verloop van een experiment in *real time* (eventueel met een lichte vertraging) te kunnen opvolgen. Zo kunnen via commando's de parameters ervan worden veranderd of het verloop aangepast, net zoals dat in een labo mogelijk is, in het bijzonder wanneer de

plaats waar het experiment zich afspeelt op een zekere afstand bevindt. Dat is het geval voor experimenten die plaatsvinden aan boord van de spaceshuttle of het internationaal ruimtestation of nog aan boord van ruimtetuigen zoals Cluster, Soho, XMM...

Als gevolg van het succes van deze “première” maar vooral om te voldoen aan de noden van zowel de onderzoekers als de industrie die in ruimteonderzoek wil investeren, besloten de DWTC in februari 1997 tegen maart van het jaar daarop het *B.USOC (Belgian User Support and Operation Centre)* op te richten als een aparte eenheid binnen het BIRA. Er zijn nog andere USOC-centra in verschillende Europese landen, met name in Italië (MARS), Duitsland (MUSC), Denemarken (DAMEC), Spanje (IDR/UPM), Nederland (DUC) en Zwitserland (BIOTESC).

De opdrachten

Het B.USOC heeft drie hoofdopdrachten: informatie en promotie, technische ondersteuning en operationele ondersteuning.

Om zijn promotie- en informatietaak te vervullen werden een website en een gegevensbank ontwikkeld met samenvattingen en referenties van wetenschappelijke publicaties. Het B.USOC brengt eveneens de wetenschappers op de hoogte wanneer ruimtevaartagentschappen voorstellen voor experimenten vragen, over de financieringsmogelijkheden en helpt hen erop te antwoorden door een beschrijving te geven van reeds bestaande apparatuur. Aldus ondersteunt het B.USOC vijf voor telescience uitgeruste laboratoria (zogenaamde *User Home Bases* of *UHB's*) in het KMI (zonne-experimenten), de KUL (materiaalexperimenten), de ULB (één voor experimenten met vloeistoffen en één voor levenswetenschappen) en de Koninklijke Sterrenwacht van België (ruimtetwetenschappen).

Sinds 1993 werden reeds verschillende telescience-operaties uitgevoerd met Belgische experimenten aan boord van de spaceshuttle en onbemande sondes en satellieten. Met de komst van het ISS en de koppeling van de Europese laboratoriummodule Columbus aan het ISS

in 2004 zal de vraag om experimenten vanop aarde te kunnen sturen nog toenemen. Een overzicht van vroegere en toekomstige Belgische telescience-experimenten is te vinden op http://www.oma.be/B.USOC/Telescience_en.html. Daarenboven zorgt het voor de nodige public relations wanneer een Belgisch experiment aan een ruimtemissie deelneemt.

Het B.USOC fungeert ook als een orgaan voor technische bijstand, zowel voor wetenschappers als tijdens besprekingen tussen industriële partners en Belgische en internationale organisaties met het oog op de uitwerking van dossiers en voor de definitie en uitvoering van kwalificatietests van het materieel. Het legt eveneens de nodige contacten met het *European Space Research and Technology Center (ESTEC)* in Nederland.

Tenslotte zorgt het B.USOC voor de coördinatie van de communicatie voor de teleoperaties zowel in België als in samenhang met de internationale ruimtevaartorganisaties of de betrokken landen. In de praktijk gaat het om ondersteuning van de operaties

waarbij de experimenten in de ruimte vanop afstand commando's ontvangen, de voorbereiding van missies, de tests van de nodige infrastructuur voor deze teleoperaties en het opslaan en verspreiden van gegevens.

PRODEX

De deelname van de wetenschap en de industrie aan de programma's van de Europese ruimtevaartorganisatie op het vlak van de microzwaartekracht, de aardobservatie en de ruimtewetenschappen werd vergemakkelijkt door de toetreding, ongeveer tien jaar geleden, van ons land aan het programma *Prodex* voor de financiering van ruimteonderzoek. België draagt hier aanzienlijk toe bij om haar investeringen wetenschappelijk te rentabiliseren. Belgische onderzoekers kunnen aldus op een praktische manier antwoorden op verzoeken voor voorstellen

door ESA. Eenmaal de experimenten aangeduid ontwikkelt de Belgische industrie de apparatuur die meevliegt, worden de experimenten operationeel gehouden en de gegevens geanalyseerd dankzij de Prodex-financiering. Het onderzoek op het vlak van ruimtevaarttechnologie aan universiteiten en in onderzoekscentra wordt in het algemeen gefinancierd in het kader van ESA-contracten maar kan ook worden bekostigd in het kader van technologische onderzoeksprogramma's als *TRP (Technology Research Programme)* of *GSTP (General Support Technology Programme)* of nog de ontwikkelingsprogramma's voor de Ariane-lanceerraket of het International Space Station.

We moeten ook de belangrijke bijdrage benadrukken die België levert bij het toekomstig gebruik van het International Space Station. België neemt

↓ Julie Payette aan het werk in de Russische Zarya-module. Zij vertegenwoordigde de Canadian Space Agency (CSA).



Belgische industriële bijdrage aan het ISS

Bedrijf	Onderdeel
Alcatel Space	COF, ATV, CTV
Alcatel ETCA	ATV, CTV, ARD
Lambda X	PCDF
Von Karman Instituut	ARD, CTV
SAS	COF, ATV, CTV
Spacebel	COF, ATV
Trasys	COF, ATV
Verhaert	COF
SONACA	CTV

Belgische bijdrage aan de CRV

Bedrijf	Onderdeel
SABCA	Structuur
SONACA	Structuur
SAS	Interface mens/machine
Spacebel	Validatie en verificatie software
Verhaert Design & Development	Mechanismen voor koppeling en samen-trekking van spullen

Belgische bijdrage aan belangrijke Europese wetenschappelijke ISS-ladingen

Bedrijf	Onderdeel
Verhaert Design & Development	Microgravity glovebox, Columbus laboratories, European Modular Cultivation System, enz.
Lambda X	Fluid Science Laboratory



voor 10% deel aan het micro-zwaartekrachtprogramma van ESA, voor 10% aan het "vroege" gebruik ervan en voor 10% aan de ontwikkeling van de wetenschappelijke apparatuur. Het onderzoek van de verschillende universiteiten van ons land heeft betrekking op onderwerpen als celbiologie, osteoporose, life support en straling gedurende langdurige missies, longonderzoek, vloeistoffenonderzoek, zeolieten, eiwitten, composietmetalen en lichtgevoelige materialen. In een aantal van deze domeinen nemen onze onderzoekers zelfs een vooraanstaande plaats in via projecten die bijzonder economisch rendabel zijn, zoals in de farmaceutische industrie of de olie-industrie. Zo zet men een samenwerking op tussen de industrie en de wetenschap, betrokken bij ruimteprojecten. Aldus komt er tevens een harmonieuze transfer tot stand tussen de industrie en de laboratoria en wordt er tussen beide actoren "knowhow" versluisd. De door de universiteiten ont-

wikkelde spijttechnologie wordt geïndustrialiseerd via de ontwikkeling van spin-offbedrijven.

Overigens zijn op het vlak van de aardobservatie drie groepen wetenschappers in het bijzonder betrokken bij onderzoek in verband met de scheikundige processen in de atmosfeer terwijl meteorologisch en klimatologisch onderzoek het Koninklijk Meteorologisch Instituut toelaten om, in samenwerking met Europese deskundigen, instrumenten te ontwerpen die een plaats moeten krijgen aan boord van de *Meteosat*-kunstmanen van de tweede generatie. Anderzijds kan een programma als *Telsat* het Belgisch onderzoek van land en oceanen oriënteren en structureert het dit onderzoek uitgevoerd in universitaire laboratoria en onderzoeksinstituten rond bepaalde thematische "polen".

Tenslotte kunnen op Europees niveau vooraanstaande instellingen zoals bijvoorbeeld het *Institut d'astrophysique de Liège* en het *Sterrenkundig Instituut van*

de Katholieke Universiteit Leuven, die elk verbonden zijn met het *Centre Spatial de Liège* of met federale wetenschappelijke instellingen zoals de Koninklijke Sterrenwacht van België, het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie of het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, instrumenten ontwerpen (of deelnemen aan het ontwerp), de validatie ervan voorbereiden en de opslag van de verzamelde gegevens verzekeren.

"Een organisatie in onderzoekspolen met het oog op de exploitatie van toekomstige ruimtemissies zal noodzakelijk zijn indien we willen vermijden dat de onderzoekers van onze instituten en universiteiten van dit soort onderzoek worden uitgesloten ten voordele van organismen met een veel grotere dimensie in grote landen", besluit Marie-Claude Limbourg die verantwoordelijk is voor het B.USOC. Het is duidelijk dat het B.USOC een belangrijke rol zal blijven vervullen bij de coördinatie van het ruimteonderzoek.

↑ Vanaf het vluchtdak van de spaceshuttle Atlantis kijkt Marshallins naar haar collega's die een ruimtewandeling maken (NASA).

Dossier Het internationaal ruimtestation ISS

Het ISS op het *web*

Nog veel meer informatie over het internationaal ruimtestation is te vinden op het internet.

De websites van onderstaande lijst zijn een eerste behoorlijke kennismaking met dit boeiend project.

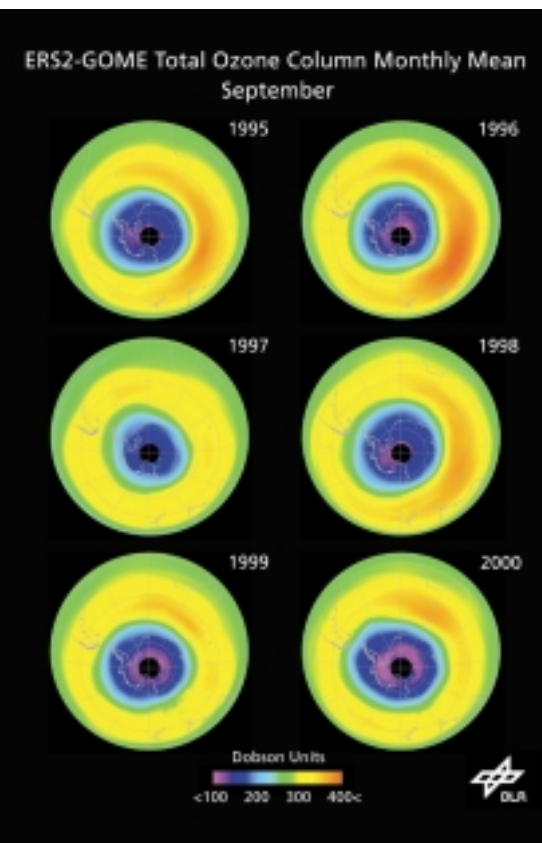
- <http://www.nasa.gov/> Uitstekende NASA-website met info over de verschillende NASA-programma's en -centra. Een goed vertrekpunt voor informatie over het ISS.
- <http://www.space.com/> Ruimtevaartactualiteit en informatie over de verschillende missies, lanceringen, wetenschappelijk ruimteonderzoek en sterrenkunde. Voor meer info over ruimtestations en het ISS, gebruik "search" en zoekwoorden als "space station", "ISS", "Mir",
- <http://spaceflight.nasa.gov/station/> Nieuws over het ruimtestation en antwoorden op verschillende vragen. Waar is het ruimtestation? Kan ik het volgen? Inclusief een virtuele verkenning van het ISS.
- <http://spaceflight.nasa.gov/spacenews/reports/index.html> Statusrapporten van de spaceshuttlevluchten en de activiteiten in en om het ISS.
- <http://www.boeing.com/defense-space/space/spacestation/index.html> De Boeing-webpagina voor het ISS. Met een overzicht van het project, informatie over de verschillende assemblagemissies en de verschillende componenten en structuren van het station.
- <http://www.cosmicimages.com/iss/overview.html> Mooie site met overzichten, nieuws, schema's, bemanningen, geschiedenis, onderzoek, links, Mir...
- <http://www.discovery.com/stories/science/iss/iss.html> Mooie site van Discovery.com over het ISS.
- <http://www.science.sp-agency.ca/K3-IMSPG-facilities.htm> Overzicht van de ISS-faciliteiten voor onderzoek in microzwaarte-kracht.
- <http://www.issnews.com/links.html> Links naar allerlei ISS-sites.
- <http://www.estec.esa.nl/spaceflight/zarya.htm> Antwoorden op veel gestelde vragen in verband met het ISS.
- <http://www.friends-partners.org/mwade/craftfam/usstions.htm> Overzicht van Amerikaanse plannen voor ruimtestations.
- <http://www.zarya.freemove.co.uk/Diaries/ISS/> Dagboek van de gebeurtenissen aan boord.
- <http://spaceflight.nasa.gov/station/crew/exp1/ex1logs.html> Commandant William M. Shepherd van de eerste permanente ISS-bemanning hield tijdens zijn verblijf van 136 dagen aan boord van het ISS een "logboek" bij dat hier in PDF-formaat kan opgehaald worden.
- <http://www.esa.int> Site van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA. Voer bij "search" bijvoorbeeld "ISS".
- <http://www.estec.esa.nl/spaceflight/expfacil.htm> Overzicht van Europese faciliteiten voor experimenten op het ISS.
- <http://www.estec.esa.nl/spaceflight/iniss.htm> Een Europese kijk op het ISS-programma.
- <http://esapub.esrin.esa.it/onstation/onstation.htm> Newsletter van het Directorate of Manned Spaceflight and Microgravity van de Europese ruimtevaartorganisatie.
- <http://www.spaceflight.esa.int/file.cfm?filename=astronauts> Informatie over het European Astronaut Centre (EAC), thuisbasis van het Europese astronautencorps in Keulen (Duitsland).
- <http://www.oma.be/B.USOC/> Website van het B.USOC.
- <http://russianspaceweb.com/iss.html> Mooi overzicht van de geschiedenis van het ISS vanaf de eerste plannen voor ruimtestations met de Russische en Amerikaanse wortels van het ISS-programma en de bijdragen van de verschillende partners.
- <http://www.energia.ru/> Site van het Russische ruimtevaartbedrijf Energija. Met Engelse teksten en nieuws over het ISS vanuit Russisch standpunt. Mooi fotoarchief.
- <http://www.space.gc.ca/> De Canadese ruimtevaartorganisatie Canadian Space Agency (CSA) en haar programma's, waaronder de Canadese bijdrage aan bemande ruimtemissies en het ISS. Ook interessante info over het ISS in het algemeen.
- http://jem.tksn.nasda.go.jp/index_e.html Over de Japanse bijdrage aan het ISS. Site van de Japanse ruimtevaartorganisatie NASDA.
- <http://ars.rm.asi.it/~webars/iss/issitEV.html> Over de Italiaanse bijdrage aan het ISS.
- <http://www.asi.it/> Over de Italiaanse ruimtevaartorganisatie Agenzia Spaziale Italiana en haar programma's.
- <http://www.inpe.br/programas/iss/ingles/default.htm> Over de Braziliaanse deelname aan het ISS.
- <http://www.agespacial.gov.br/english.htm> Over het Braziliaanse ruimtevaartbeleid.
- <http://spacehab.com/> Info over de producten van het commerciële bedrijf Spacehab, waarvan logistieke modules de ruimte ingingen naar het ISS.

Dossier Het internationaal ruimtestation ISS

Het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie (BIRA)

De geschiedenis van de wetenschappelijke instellingen die zich nu samen op het plateau van Ukkel in de Brusselse agglomeratie bevinden, gaat terug tot de Hollandse periode. Zo werd de Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB), opgericht in 1824 toen ons land nog niet onafhankelijk was, er in 1890 gevestigd. Aan de vooravond van de Eerste Wereldoorlog ontstond uit de KSB het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI). Daaruit werd in 1964 nog eens het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie (BIRA) opgericht. De drie instellingen hebben specifieke opdrachten die verband houden met de wetenschappelijke ontwikkelingen van de voorbije decennia.

↓ Veranderingen in het ozongat boven
Antarctica gemeten door GOME. (doc ESA)

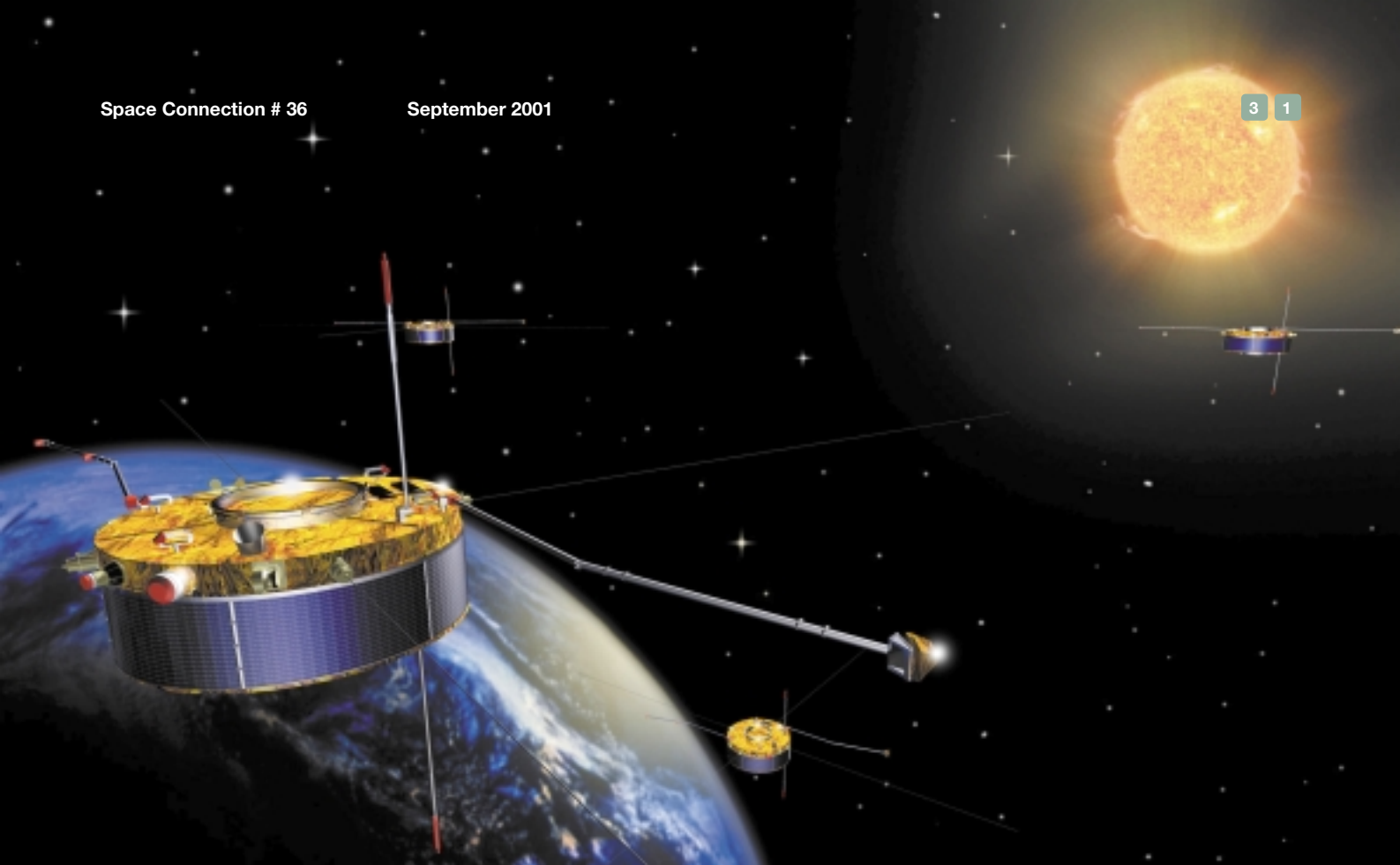


Reeds in 1939 had KMI-directeur J. Jau-motte binnen zijn instituut een project ontworpen om straling te bestuderen en de leiding ervan toevertrouwd aan M. Nicolet. Die werd benoemd tot secretaris-generaal van het bijzonder comité van het Internationaal Geofysisch Jaar 1957-1958 en meende net als toenmalig KMI-directeur J. Van Mieghem dat de diverse disciplines van de meteorologie en de aëronomie in het tijdperk van raketten en kunstmatige satellieten moesten worden toevertrouwd aan twee van elkaar onderscheiden instituten. Op deze manier werd op 25 november 1964 door een Koninklijk Besluit het jongste nationale wetenschappelijke instituut opgericht onder de naam "Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie" (BIRA) met als eerste directeur Professor Nicolet. De huidige BIRA-directeur is Paul Simon. Het Instituut staat onder het toezicht van de Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden (DWTC).

Sinds 1992 werd geleidelijk aan op het plateau van Ukkel het Belgian User and Operation Centre (B.USOC) voor zogenaamde teleoperaties opgericht. Het wordt gezamenlijk door het BIRA en de DWTC beheerd. Het B.USOC geeft informatie en technische en operationele ondersteuning voor de onderzoekers en de Belgische industrie, betrokken bij ruimteonderzoek.

Wat is aëronomie?

"De aëronomie begint waar de atmosfeer eindigt", verklaart BIRA-onderzoeker Jacques Vercheval. "Anders gezegd is het de wetenschap die de bovenste delen van de aardse atmosfeer bestudeert. Onderaan valt het onderzoeksgebied van de aëronomie samen met de stratosfeer, m.a.w. met de atmosferische lagen die zich onmiddellijk boven de troposfeer bevinden, waar zich de belangrijkste weersverschijnselen afspelen. Naar boven toe strekt het zich uit in de



↑ Cluster (doc ESA).

interplanetaire ruimte tot afstanden van verschillende duizenden kilometer van de aarde. Daar is er geen atmosfeer meer maar bevindt men zich nog wel in het 'kielzog' van het magnetisch veld van onze planeet. De aëronomie bestudeert de onmiddellijke omgeving van de aarde in zijn quasi-totaliteit maar is ook op meer algemene wijze geïnteresseerd in de atmosferen van planeten, waar zich ionisatie- en ontbindingsverschijnselen voordoen die meestal door de straling van de zon in gang worden gezet."

Deze woorden roepen onmiddellijk de problemen op in verband met de ozonlaag, het broeikaseffect, de ultraviolette straling, de voortplanting van radiogolven in de ionosfeer, de magnetische stormen die de telecommunicatie verstoren, de stralings gordels die een bron van gevaar zijn voor astronauten en elektronische apparatuur aan boord van ruimtetuigen, de banen van satellieten verstoren en hun val veroorzaken enz... Het zijn zoveel elementen die het belang aantonen van een goede kennis en begrip van de verschijnselen die in het hoger gedeelte van de atmosfeer worden waargenomen.

Dit betekent voor het BIRA: gegevens verzamelen, interpreteren en bewaren met behulp van ruimte-experimenten aan boord van ballons, raketten of kunstmanen. Daarenboven is het noodzakelijk onderzoek in laboratoria uit te voeren om de fundamentele fysische parameters te bepalen. Het Instituut neemt ook deel aan de ontwikkeling van technieken op het vlak van apparatuur en de informatica, nodig voor het verzamelen van gegevens in de ruimte en voor hun validatie vanop de grond. Voor de interpretatie van deze gegevens zijn krachtige computerhulpmiddelen nodig. Zo kunnen modellen van de atmosfeer worden ontwikkeld om de aëronomische processen te kunnen begrijpen en voorzien en simulaties te realiseren, gebaseerd op scenario's die een eventuele verandering van ons milieu voorstellen.

"De wezenlijke kenmerken van het wetenschappelijk onderzoek in een Instituut als het BIRA zijn dus het interdisciplinair werken, de geografische globaliteit van de bestudeerde verschijnselen en de continuïteit in de tijd. Het grootste deel van de waargenomen en bestudeerde geofysische verschijnselen strekken zich immers over

uiterst lange perioden uit. Deze activiteiten maken deel uit van nationale programma's of internationale programma's van de Europese Unie, de ESA en de Amerikaanse, Russische en Franse ruimtevaartagentschappen. Ze hebben vooral betrekking op het onderzoek van de ozonlaag, de straling van de zon, het opstellen van modellen van de atmosfeer, de interactie tussen de zonnewind, de magnetosfeer en de ionosfeer en op de ontwikkeling van specifieke instrumenten voor de betreffende ruimtemissies", verduidelijkt directeur Paul Simon.

Atmosfeer en stratosfeer

De atmosfeer van de aarde is onderverdeeld in verschillende "sferen" in functie van de variatie van de temperatuur met de hoogte. Naargelang men hoger gaat treft men aldus opeenvolgend de troposfeer, de stratosfeer, de mesosfeer, de thermosfeer en de exosfeer aan. Normaal behoort de studie van de troposfeer (die 85% van de totale massa van de atmosfeer bevat) tot het domein van de meteorologie en de klimatologie, maar bepaalde chemische bestanddelen uit de stratosfeer kunnen erin aanwezig zijn (zelfs onder

→ Envisat (doc ESA).

de vorm van "sporen") en schade berokkenen aan onze gezondheid of aan de vegetatie.

In tegenstelling tot de troposfeer stijgt in de stratosfeer de temperatuur met de hoogte wegens de absorptie van het grootste deel van de UV-straling van de zon door de ozonlaag. Door de ozonlaag is op aarde leven mogelijk. Een twintigtal jaar geleden ontdekten onderzoekers boven de zuidpool een gat in de ozonlaag. Dit verscheen in het zuidelijk halfrond elk jaar weer in de herfst en de winter. Men neemt aan dat door de mens geproduceerde broom- en chloorverbindingen grotendeels aan de basis liggen van de ozonafname in de atmosfeer. Door het BIRA ontwikkelde wiskundige modellen houden rekening met deze algemene afname en met de vorming van een ozongat, niet alleen boven de zuid- maar ook boven de noordpool.

Het was dus van belang de evolutie van deze afname op te volgen als men weet dat de UV-straling van de zon aan de basis kan liggen van huidkankers of staar. Daarom zullen de instrumenten op de komende Europese aardobservatiesatellieten bijdragen tot een beter begrip van het verband dat er kan zijn tussen de afname van de ozonlaag en de veranderingen in het klimaat. Het BIRA neemt regelmatig deel aan Europese waarnemingscampagnes van de ozonlaag met behulp van stratosferische ballonnen die vanaf de basis Esrange in Kiruna (Zweden) worden opgelaten en doet eveneens mee aan het experiment GOME (Global Ozone Monitoring Experiment) aan boord van de satelliet ERS 2.

GOME bestaat uit een mechanisme dat het aardoppervlak afspeurt, vier spectrometers en fotodioden. Het experiment meet doorlopend en over het geheel van het aardoppervlak de door de atmosfeer verspreide spectrale straling en de zonneflux van het ultraviolet tot het nabije infrarood. De spectrometrische analyse van deze radiometri-

sche metingen laat toe in verticale richting talloze sporengassen te detecteren (zuurstof, broommonoxide, stikstof- en chloordioxide...) evenals de verticale verdeling van ozon. De met GOME bekomen radiometrische en chemische informatie laat tevens toe de intensiteit van de ultraviolette (UV-B) en zichtbare zonnestraling op het aardoppervlak te evalueren.

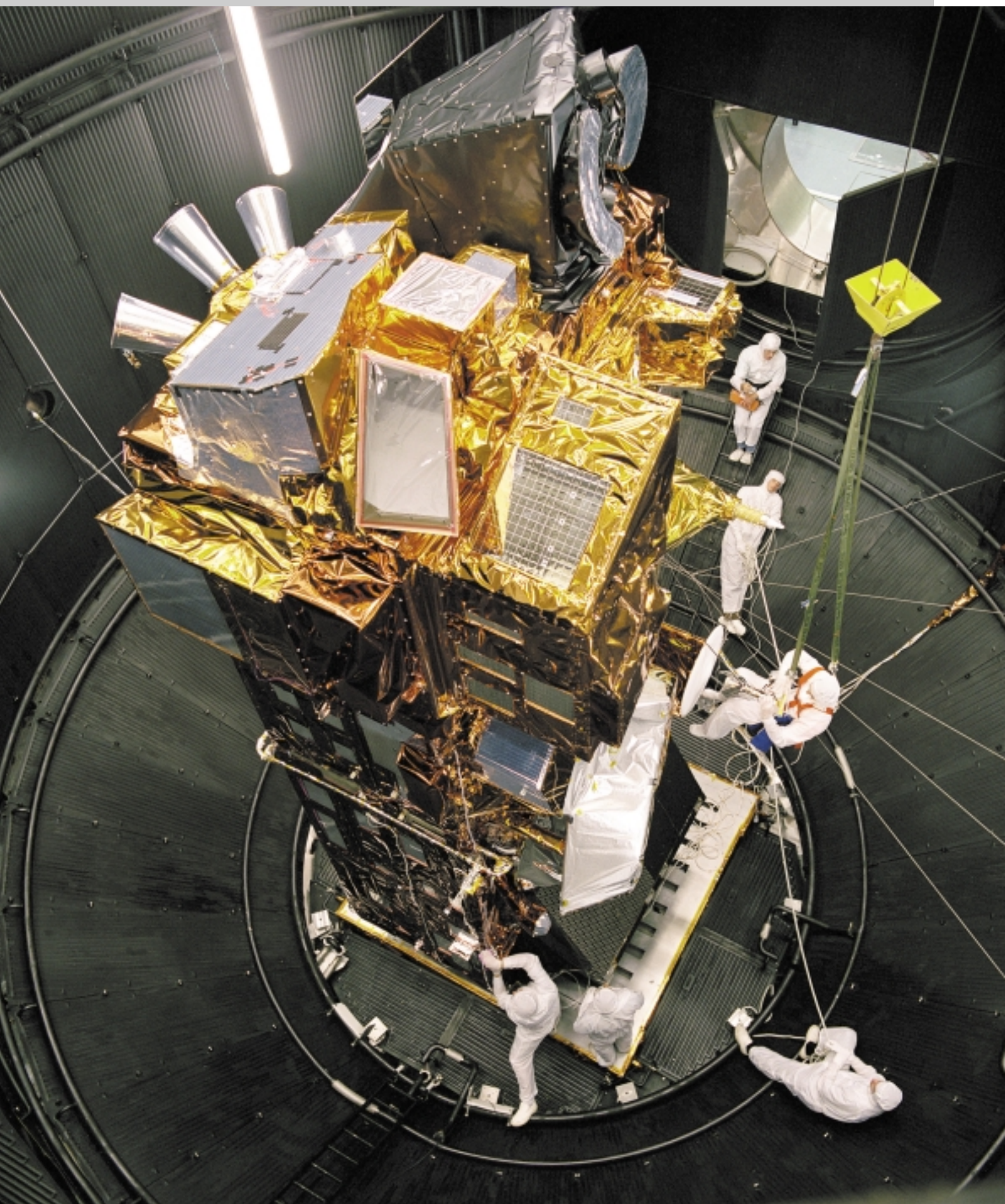
Op het vlak van de ultraviolette straling van de zon ontwikkelde het BIRA de spectrograaf SOLSPEC (Solar Spectrum), die de zonnestraling meet tussen 180 en 3200 nanometer van het ultraviolet tot het infrarood. SOLSPEC bepaalt hoe de energie van de zon wordt verdeeld in functie van de golflengte en varieert gedurende een elf jaar durende cyclus van zonneactiviteit. Het experiment laat ook toe het verband te onderzoeken tussen de variatie in de energie van de zon en veranderingen van het klimaat. Het instrument vloog vier keer aan boord van de Amerikaanse spaceshuttle tijdens de missies Spacelab 1 en Atlas 1, 2 en 3. Een nieuwe missie is voorzien aan boord van het International Space Station ISS.

Stratosferische aerosols

De aerosols in de atmosfeer bestaan uit fijne deeltjes, afkomstig van de aarde (vulkaanuitbarstingen) of uit de kosmos (stofdeeltjes van meteorieten). Ze spelen een belangrijke rol bij de afbraak van ozon en de hoeveelheid licht die het aardoppervlak bereikt. Ze worden ook door het BIRA bestudeerd door de horizon van de aarde vanuit stratosferische gondels te fotograferen. De aerosols worden zichtbaar door de verspreiding van het zonlicht en de onderzoekers bepalen hun grootte, aantal en de refractie-index van de materie waaruit ze bestaan in functie van de hoogte. Hun concentratie werd eveneens waargenomen met radiometrische en spectroscopische hulpmiddelen vanuit ruimtetuigen.

Op 31 juli 1992 lanceerde de Amerikaanse spaceshuttle Atlantis het recupereerbare Europese ruimteplatform EURECA met een massa van 4500 kg en plaatste het twee dagen later in een baan om de aarde op een hoogte van ongeveer 500 km. Aan boord bevonden zich 15 volledig automatische instrumenten, die 71 verschillende experimenten realiseerden. Ze waren voorbereid door Europese en Amerikaanse geleerden in domeinen als de microzwaartekracht, de levens- en materiaalwetenschappen, de radiobiologie en de astronomie. Onder de 37 ESA-experimenten waren er drie met een Belgische hoofdonderzoeker (van de Université Libre de Bruxelles, het Koninklijk Meteorologisch Instituut en het BIRA) en met een Belgisch aandeel in verschillende andere. Het gaat in het bijzonder om de meting van het zonnenspectrum (SOSP) door het BIRA en het experiment ORA (Occultation Radiometer) van het BIRA, gerealiseerd in samenwerking met de universiteit van Oxford (Groot-Brittannië). Het had als doel gedurende een periode van minstens zes maanden bepaalde weinig voorkomende gassen en aerosols in de mesosfeer en de stratosfeer te meten. EURECA werd op 24 juni 1993 terug opgepikt door de spaceshuttle Endeavour na meer dan een miljard gegevens naar de aarde te hebben doorgestuurd!

Op een ogenblik dat de publieke opinie ontdekt in welke mate ons milieu een kostbaar bezit is, zal Europa de satelliet Envisat lanceren, een 10 meter lang gevaarte (zonder rekening te houden met een 25 meter groot zonnepaneel voor de energievoorziening) en met een massa van meer dan 8 ton. De tien wetenschappelijke instrumenten aan boord zullen permanent de atmosfeer, de oceanen, de poolkappen, de continenten en de vegetatie op de aarde bekijken. Op het vlak van de waarneming van de atmosfeer neemt het BIRA deel aan het experiment GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars). Dit apparaat bestaat uit een telescoop en



twee spectrografen, gemonteerd op een oriënteerbaar platform, en analyseert het licht van een ster en de veranderingen die het ondergaat wanneer men deze ster doorheen de atmosfeer van de aarde bekijkt. Op deze manier kan de concentratie van gassen in de stratosfeer gemeten worden. Het gaat in het bijzonder om ozon, maar ook om een profiel van NO_2 , NO_3 , H_2O en van aerosols.

Magnetosfeer en zonnwind

Voor de uitvinding van de microscoop lag de wereld van het oneindig kleine buiten het bereik van de onderzoekers. De ruimtetuigen zijn nu onze microscopen geworden want met hen kunnen we de relatie tussen de aarde en de zon ontdekken. De foto's van de Amerikaanse satelliet Image (gelanceerd op 26 maart 2000) onthulden reeds de vorm van de magnetosfeer (die bestaat uit de hoogste geïoniseerde - dwz. elektrisch geladen - lagen boven de atmosfeer), die de aarde beschermt tegen de kosmische stra-

ling en het voortdurend bombardement door de deeltjes van de zonnwind. Ze toonden aan dat de circulatie van geïoniseerde gassen veel complexer is dan de geleerden dachten.

De vier Cluster-satellieten van ESA vliegen momenteel in formatie rond de aarde in een baan waarin ze regelmatig doorheen de grensgebieden gaan waarin de invloeden van de zonnwind en van het magnetisch veld van de aarde zich doen gelden. Hun waarnemingen bevestigden niet alleen deze eerste bevindingen maar toonden ook aan dat de magnetopauze (de grens van de magnetosfeer) geen eenvoudige meetkundige vorm heeft. De magnetopauze bestaat in werkelijkheid uit een onregelmatig grensgebied dat ook veranderlijk is en dat doorlopen wordt door grote golven met een lengte van verschillende honderden kilometer die zich met een snelheid van 80 km/s (288.000 km/h) verplaatsen als gevolg van de zonnwind.

Het mechanisme dat de zonnwind, de kosmische straling, het magnetisch veld van de aarde, de Van Allen-stralingsgordels rond de aarde enz... met elkaar verbindt is het onderzoeksobject van een gespecialiseerd BIRA-labo. De verschijnselen die zich in de magnetosfeer voordoen kunnen immers niet alleen een nefaste weerslag hebben op de nuttige lading aan boord van satellieten (in het bijzonder de telecommunicatiesatellieten) of op de kunstmanen zelf (de zonnepanelen), maar ze kunnen eveneens de oorzaak zijn van storingen bij de elektriciteitsvoorzieningen of van corrosie van pijplijnen. Toen ESA en NASA besloten samen een ruimtesonde te ontwikkelen (die de naam Ulysses kreeg en gelanceerd werd op 6 oktober 1990) om de eigenschappen van het interplanetaire midden en van de zonnwind buiten het vlak van de ecliptica (waarin de meeste planeten rond de zon draaien) te bestuderen, stelde het BIRA

voor aan deze interplanetaire missie deel te nemen door de waarnemingen te analyseren en te interpreteren, die tegelijkertijd worden uitgevoerd met behulp van verschillende meetinstrumenten aan boord van deze sonde. De bedoeling was deze waarnemingen te gebruiken om theoretische modellen, ontwikkeld door het laboratorium van Michel Roth en Joseph Lemaire, te testen en te verbeteren.

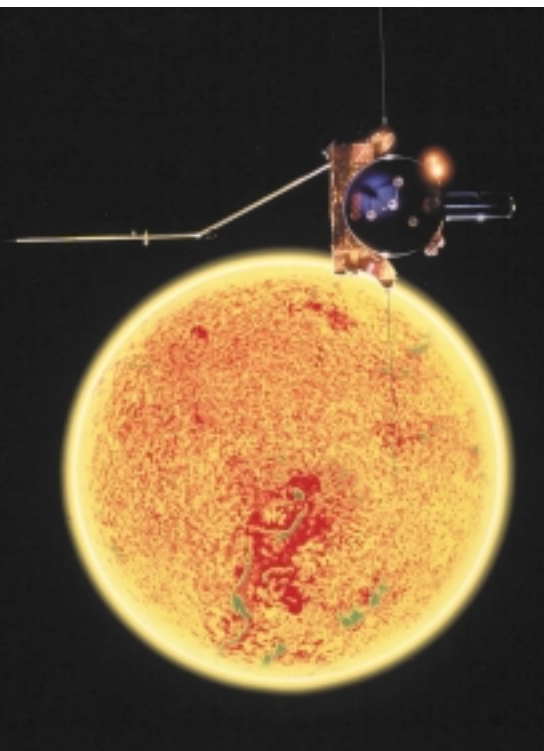
Planeten en kometen

De Grieken kenden slechts de planeten die wij met het blote oog kunnen zien. Ze noemden ze naar de goden uit hun mythologie en wij kennen ze onder hun Latijnse namen: Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus. Aan deze lijst werden later Uranus, Neptunus en Pluto toegevoegd en het is nog steeds niet zeker dat hij volledig is. Maar de planeten zijn niet de enige hemellichamen in ons zonnestelsel. Met behulp van een kleine telescoop kunnen wij vandaag gemakkelijk de satellieten identificeren die rond Jupiter draaien, de ringen rond Saturnus waarnemen en, met wat geluk, de snelle passage van een komeet zien.

Sinds ongeveer 40 jaar interesseren astrofysici zich voor de planet Mars en zijn atmosfeer en de mogelijkheid er een of andere vorm van leven aan te treffen. Het BIRA heeft bij de missie Mars 96 stevige ervaring opgedaan bij de uitwerking van theoretische modellen en bij de ontwikkeling van kwalitatief hoogstaande instrumenten en stelt nu twee experimenten voor de ESA-missie Mars Express voor, die in 2003 van start moet gaan. Het gaat om de experimenten DYMIX waarbij Frankrijk, Rusland, Hongarije, de Verenigde Staten en België samenwerken en SPICAM-Light, gezamenlijk gerealiseerd door Frankrijk, Rusland, de Verenigde Staten en ons land.

Het experiment DYMIX zal met veel oog voor detail de interactie tussen de zonnwind en

↓ Ulysses (doc ESA).



de neutrale en geïoniseerde atmosfeer van de rode planeet onderzoeken met behulp van de techniek van massaspectroscopie. Het experiment SPYCAM-Light zal de chemische samenstelling en de dynamica van de evolutie van de Marsatmosfeer bestuderen met behulp van een UV/IR-spectrometer (ultraviolet en infrarood). De UV-spectrometer zal vooral ozon, aerosols, temperatuur en ionosferische samenstelling meten terwijl de IR-spectrometer, die volledig door het BIRA werd ontwikkeld, vooral waterdamp, de dichtheid van de atmosfeer, aerosols en CO zal meten. Hij zal eveneens de mogelijke aanwezigheid van moleculen van stabiel koolstof in de atmosfeer van de planeet waarnemen. De resultaten van deze metingen zullen vervolgens in wiskundige modellen worden ingebracht om een samenhangende voorstelling te bekomen van de chemische samenstelling van en het weer in de atmosfeer van Mars, twee elementen die zouden moeten toelaten de oxyderende capaciteit van deze atmosfeer te bepalen evenals de UV-flux op het Marsoppervlak. Deze twee parameters zijn zeer belangrijk voor de oxidatie van mineralen en eventuele organische moleculen.

Anderzijds interesseren de wetenschappers zich bijzonder voor kometen omdat ze bepaalde substanties bevatten die zich in de interstellaire ruimte bevonden op het ogenblik van de geboorte van ons zonnestelsel. Die worden aldus beschouwd als reliëken van het primitieve materiaal waaruit de zon en de planeten 4,5 miljard jaar geleden ontstonden. Ze lijken ook een essentiële rol te hebben gespeeld bij de biologische evolutie van de aarde doordat ze water en koolstofhoudende materie aanvoerden. De ESA-missie Rosetta werd in 1993 weerhouden als derde hoeksteen van het programma Horizon 2000. Begin 2003 zal een Ariane 5-raket deze sonde naar de komeet 46P/Wirtanen lanceren waarmee hij in november 2011 een rendez-vous heeft. In de loop van de meer dan acht

jaar durende reis zal Rosetta nog de planetoiden Otawara (in juli 2006) en Siwa (in juli 2008) voorbijvliegen. In 2012 zal de sonde in een baan rond de komeet komen en het hemellichaam gedurende 17 maanden begeleiden, wanneer het steeds dichterbij de zon komt. Rosetta zal ook een lander op het oppervlak van de komeet Wirtanen laten afdalen om de topografie en de chemische samenstelling te bepalen. Dit ambitieuze project kon bijgevolg de BIRA-onderzoekers niet onverschillig laten en ze zijn momenteel betrokken bij de realisatie van bepaalde experimenten en de ontwikkeling van wetenschappelijke instrumenten.

“Het onderzoek met betrekking tot de aardwetenschappen, dat van nature interdisciplinair en dus complex is, is veel verschuldigd aan de ontwikkeling van nieuwe apparatuur, zowel op de aarde als in de ruimte, numerieke simulaties en waarnemingscampagnes. De aëronomie heeft als gevolg van deze verschillende instrumenten al voor spectaculaire wetenschappelijke doorbraken gezorgd, in het bijzonder bij een beter begrip van het gat in de ozonlaag boven de zuidpool en bij de globale gevolgen van de chloorsamenstellingen”, vertelde BIRA-directeur Paul Simon onlangs.

**Belgisch Instituut
voor Ruimte-Aëronomie (BIRA)**

Ringlaan 3
1180 Brussel
tel.: 02/373.04.04
fax: 02/374.84.23
www.oma.be/BIRA-IASB/

**Belgian User Support
and Operation Centre (B.USOC)**

Ringlaan 3
1180 Brussel
tel.: 02/373.04.47
of 02/373.04.49
fax: 02/373.04.52
www.oma.be/B.USOC

Belgische actualiteit

Grote Belgische armen besturen Ariane 5

De besturing van een krachtige lanceerraket als Ariane 5 zou onmogelijk zijn zonder een systeem dat nauwkeurig en snel grote krachten kan opleggen op de straalpijpen van de motoren. De stuwkracht, die bij de lancering 1200 ton bedraagt, moet stevig gestuurd worden om de lanceerraket met een massa van 750 ton op de juiste koers te houden. Hiervoor zorgt de servobesturing die werd gerealiseerd door SABCA, een van de steunpilaren van de Ariane-familie in België.

“De hydraulische systemen van de motor-activatiegroep (GAM), die de Vulcain-motor stuurt en de activatiegroepen van de straalpijpen van de vastebrandstofraketten (GAT), behoren tot de krachtigste ter wereld”, verklaart Remo Pellichero, gedelegeerd bestuurder van de Société Anonyme Belge de Construction Aéronautique, beter bekend als SABCA. Bij deze aanzienlijke stuwkracht, die meer dan 350 kW bedraagt voor de GAT, moeten deze vijzels een zeer grote snelheid koppelen aan de besturing. “Wat wij voor Ariane 5 hebben ontwikkeld heeft ons een grote technologische deskundigheid opgeleverd die we ook hopen te kunnen gebruiken bij andere luchtvaart-toepassingen zoals het toekomstige grote vliegtuig A380 van Airbus Industrie.”

Naast de hydraulische systemen realiseert SABCA eveneens de onderste en bovenste “rokken” van de vastebrandstofraketten. “Deze structuren zijn complexer dan ze lijken omwille van de grote krachten die ze moeten doorstaan”, merkt Remo Pellichero op. SABCA levert ook het chassis van het apparaat dat de trillingen filtert tussen de vastebrandstofraketten en het onderste deel van de centrale cryotechnische trap van de Ariane 5. Bij een lancering verplaatsen de vastebrandstofraketten zich immers 10 tot 16 centimeter t.o.v. de centrale trap.

Hoger tempo en grotere kracht

De productie in een hoger tempo is voorzien verklaart hij: “Wij hebben een aange-

past plan ontwikkeld waarbij we minder cycli nodig hebben en een investeringsplan met Arianespace om in 2004 een tempo van acht lanceerraketten per jaar te bereiken.” Voor deze snellere productie is nieuwe specifieke apparatuur nodig zoals een grote toren voor de bewerking van de kronen met een diameter van 4 meter van de rokken. Daarin moeten met grote nauwkeurigheid talloze gaten worden geboord.

Ook de overgang naar nieuwe versies van de Ariane 5 is reeds gerealiseerd en SABCA werkt nu aan de uitrusting van Ariane 5-raketten, die worden voorzien met nieuwe rakettrappen. Die oefenen nog meer krachten uit. Ze kunnen een 30% zwaardere nuttige lading worden gelanceerd.

Toekomstvisie

Voor Remo Pellichero zullen SABCA en België een belangrijke rol in het Ariane-programma blijven spelen. “Wij maken deel uit van de Ariane-familie, die wij ook ondersteunen. Wij hebben aanzienlijke inspanningen geleverd om de doelstellingen te bereiken, maar die waren ook nodig om ons op de markt te handhaven.”

In de ruimtevaartsector is België gekend als “het grootste van de kleine landen”. De Belgische overheid voert een zeer voluntaristisch ruimtevaartbeleid, merkt Remo Pellichero op. “Bij ons is innovatie geen ijdel begrip en het Ariane-programma vormt een uitzonderlijke gelegenheid om onze deskundigheid te ontwikkelen. Dat hebben onze bewindvoerders zeer goed begrepen.”

Het Ariane-programma werd in 1973 in Brussel geboren als gevolg van de inspanningen van een Belgisch minister met een duidelijke visie (Charles Hanin, nvdr). België mag hier vandaag fier op zijn en steunt erop bij de voorbereiding van zijn toekomst in de ruimtevaart.

(uit e.space nr. 166 van juni 2001, gepubliceerd door Arianespace)



(doc ESA)

Belgische actualiteit

Een Belg verantwoordelijk voor de strategie en de externe relaties bij **ESA**

De ESA-Raad heeft tijdens zijn bijeenkomst op 20 en 21 juni 2001 in Parijs voor een periode van vier jaar de Belg Jean-Pol Poncelet gekozen als nieuwe directeur voor de Strategie en de Externe Relaties van de Europese ruimtevaartorganisatie.

Poncelet is 51 jaar en bezit een diploma natuurkunde van de Université Catholique de Louvain (1973). Hij werkte eerst gedurende een jaar aan deze universiteit en daarna als ingenieur bij Belgonucléaire (1974-1979). Vervolgens was hij onderzoeker bij de Fondation universitaire luxembourgeoise (1979-1985). Sinds 1990 vervult hij een leeropdracht in het hoger onderwijs op het vlak van energie/milieu. Poncelet oefende eveneens verschillende functies uit in verscheidene ministeries (wetenschapsbeleid, economische zaken) en

was raadgever over problemen in verband met nucleaire veiligheid bij de Staatssecretaris voor Leefmilieu (1987-1991). Tijdens zijn politieke loopbaan was Jean-Pol Poncelet lid van de Kamer van Volksvertegenwoordigers (1991-1995), alvorens de functies van Vice-Premier, Minister van Defensie en Minister van Energie (1995-1999) uit te oefenen. Hij zetelt momenteel nog als volksvertegenwoordiger.

Antonio Rodotà, directeur-generaal van ESA is verheugd over de beslissing van de Raad: "De gearieerde loopbaan en de grote politieke ervaring van Jean-Pol Poncelet zullen ongetwijfeld ESA helpen bij het maken van juiste keuzes op strategisch vlak, zowel in een Europese als een internationale context." (ESA-communiqué, 21 juni 2001)

SAIT neemt deel aan Iridium

Sait Communications (voorheen Sait RadioHolland) gevestigd te Brussel is door Iridium Satellite gekozen als één van de belangrijkste leveranciers van wereldwijde mobilofonie en digitale communicatie via satelliet op de oceanen, aan boord van vliegtuigen en in de poolgebieden. Het stelt zijn 80 jaar lange ervaring ten dienste van de mobiele telecommunicatie van het Iridium-systeem, dat bestaat uit 66 satellieten in een lage baan om de aarde. Dit systeem wordt nu operationeel gehouden door Boeing en biedt het voordeel dat de abonnees onmiddellijk en op elk punt van de aarde met het Iridium-systeem kunnen verbonden worden. Het systeem werd ontworpen door Motorola en gerealiseerd in samenwerking met Lockheed Martin. Het heeft 5 miljard dollar gekost.

De firma Iridium is failliet gegaan omdat ze het systeem niet rendabel kon maken als gevolg van de te hoge prijs voor de communicatie en de te grote mobilfoons. De satellietconstellatie moest dus vernietigd worden door de kunstmanen in de atmosfeer te laten opbranden. Maar het systeem werd gered doordat het nieuwe bedrijf Iridium Satellite het opkocht. Deze reddingsoperatie was mogelijk door de belangstelling van het Pentagon, die het systeem wil gebruiken om directe verbindingen te maken met zijn 20.000 agenten verspreid over heel de wereld. Vanaf juni dit jaar commercialiseert Iridium Satellite een globale dienstverlening tussen haar mobilfoons met de uitwisseling van gegevens en Internet-verbindingen met laag debiet met behulp van regionale leveranciers zoals Sait Communications.

www.saitcommunications.com

Voorstelling van **ESO** in België

20 november 2001, Planetarium

De Belgische deelname aan ESO (European Southern Observatory) begon 40 jaar geleden.

Op 20 november zal ESO, bij monde van zijn directeur-generaal mevrouw C. Cesarsky, in het Planetarium te Brussel zowel zijn verwezenlijkingen als zijn toekomstige projecten inzake astronomisch toponderzoek voorstellen. De wetenschappers die dit observatorium van zeer hoog niveau gebruiken zullen eveneens het belang van ESO komen toelichten voor de Belgische wetenschappelijke middelen. Anderzijds zullen ook industriëlen over hun samenwerking met ESO getuigen in hoogtechnologische sectoren.

Voor meer inlichtingen contacteert u : Alain HEYNEN, tel: 02/238.34.17, e-mail: heyn@belspo.be

Jonge Europeanen tekenen **vlag van de Aarde**



Dessin de la lauréate belge Ségolène Dumez (*doc ESA*).

De wedstrijd "Een vlag voor de Aarde", georganiseerd door de ESA om de lancering van de nieuwe aardobservatiesatelliet Envisat te vieren, werd een groot succes. Meer dan 11.000 kinderen uit de 15 ESA-lidstaten en Canada (dat meewerkt aan het Envisat-project) hebben tekeningen ingestuurd. 16 geselecteerden (één uit elk land) werden door ESA uitgenodigd op het 44ste lucht- en ruimtevaartsalon van Le Bourget in juni. Daar werd Anke Hartmanns uit Duitsland als laureate uitgeroepen. Haar tekening zal de raket sieren die Envisat vanaf de ruimtehaven Kourou zal lanceren. De Belgische winnares is Ségolène Dumez (10 jaar) uit Maillen. Eenmaal in de ruimte zal Envisat de grootste en meest complexe aardobservatiesatelliet zijn die ooit in Europa werd gebouwd en één van de eerste wereldleveranciers van gegevens over het milieu. Envisat zal een belangrijke bijdrage leveren tot een beter begrip van milieuproblemen. Al de winnende tekeningen zijn te bewonderen op:

<http://www.esa.int/envisatcompetition>

Winnende tekening (*doc ESA*).



Belgische actualiteit

Frans-Belgische samenwerking voor *aardobservatie*

STEREO (Support To Exploitation and Research in Earth Observation) is een nieuw Belgisch programma voor aardobservatie dat op de Minister-raad van 31 maart werd goedgekeurd. Dit programma moet een antwoord bieden op de specifieke behoeften van de federale Ministeries van Landbouw (landbouwbeheer) en Landsverdediging (cartografische toepassingen, ondersteuning bij humanitaire opdrachten), van het Nationaal Instituut voor de Statistiek en van de regionale Ministeries van Ruimtelijke Ordening (geografische informatiesystemen). Het zal deel uitmaken van de activiteiten van de DWTC (Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden) op

het vlak van duurzame ontwikkeling. Het moet de wetenschappelijke kennis van de Belgische onderzoekers op wereldvlak versterken binnen internationale organisaties zoals ESA, de Europese Unie, de Verenigde Naties...

Voortbouwend op de resultaten van het Telsat-programma besteedt STEREO in het bijzonder aandacht aan de steeds grotere betrokkenheid van de eindgebruiker bij het vastleggen van de behoeften bij de gezochte informatie en de eindproducten en -diensten. De bestaande informatie- en omkaderingsdienst Eodesk (<http://telsat.belspo.be>) zal in de beheerscel van het programma geïntegreerd worden. Tij-

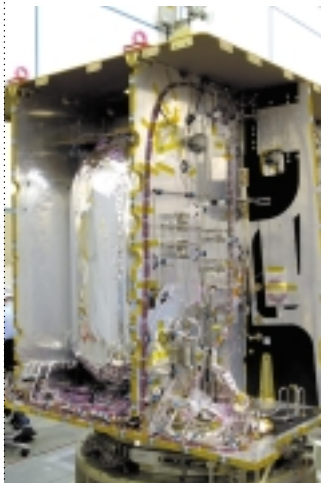
dens het de ruimtevaartsalon van Le Bourget hebben Frankrijk en België onlangs hun samenwerking bij aardobservatie met behulp van satellieten bevestigd: deze samenwerking heeft betrekking op de satelliet SPOT 5 die begin 2002 moet gelanceerd worden en op zijn instrument Végétation 2 voor de Europese Commissie (waarvan de gegevens opgeslagen en verwerkt worden door de VITO in Mol). Het Belgische Ministerie van Landsverdediging gaat overigens ook deelnemen aan de financiering van de Franse spionagesatelliet Helios 2. Voor hulp- en veiligheidsopdrachten zal het van de Helios-opnamen met een hoge resolutie (in de orde van een tiental centimeter) kunnen gebruik maken.

België aan boord van *Marssondes*

Zowel de Belgische industrie als de Belgische onderzoekers nemen deel aan de verkenning van Mars. De Japanse sonde Nozomi is sinds 4 juli 1998 op weg naar de Rode Planeet en heeft een beeldspectrometer aan boord met een geminiaturiseerde telescoop waarvan de steun voor de spiegel gebouwd werd door het bedrijf AMOS (Luik). Nozomi moet begin 2004 in een baan rond Mars komen en de bovenste lagen van de Marsatmosfeer bestuderen.

In juni 2003 moet Europa met behulp van een Russische Sojoez-raket zijn eerste sonde naar een andere planeet sturen. In december van dat jaar komt Mars Express in een baan om Mars om te speuren naar sporen van water en om de atmosfeer van de planeet beter te begrijpen... Het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie (BIRA) neemt aan de ontwikkeling en het gebruik van de spectrometer SPICAM deel. Die moet de atmosferische bestanddelen analyseren. Voor

de aankomst laat de Marssonde in een kleine capsule de micro-robot Beagle 2 los die met behulp van airbags op het Marsoppervlak moet terechtkomen. Sonaca in Gosselies heeft de koolstofvezelstructuur ontwikkeld, gebouwd en getest van het thermisch schild dat Beagle 2 tijdens zijn doortocht door de Martiaanse atmosfeer moet beschermen.



Vluchtmodel van Mars Express (doc ESA).

Ondergrond geeft geheimen prijs dankzij satellieten

MICA is het Laboratoire de Caractérisation des Matières Minérales naturelles, dat ook het Geo-eco Resources Characterisation Lab wordt genoemd, van de Université de Liège. Deze pool van deskundigheid op het vlak van de aardwetenschappen werd in 1996 opgericht door Professor Eric Pirard en heeft internationale uitstraling. Een tiental ingenieur-geologen en technici in informatica en mechanica ontwerpt en test er middelen en methoden waarmee grondstoffen bestemd voor de industrie kunnen geïdentificeerd en geëvalueerd worden. De MICA-activiteiten combineren wiskundige modellen en numerieke opnamen van de microscopische analyse van korrelig materiaal met statistische hulpmiddelen tot prospectie vanuit de ruimte dankzij de analyse van de spectrale signatuur van de geobserveerde oppervlakken.

GIROS (Geological Information from Radar and Optical Satellites) is één van de projecten die de deskundigheid combineert van MICA voor geologisch informatiebeheer, van het CSL (Centre Spatial de Liège) voor de verwerking van opnamen van satellieten en van het BUGECO (Bureau of Geological Consultancy), een Belgische consultant op het vlak van mijnbouw die peilingen uitvoert in West-Afrika. Professor Pirard verklaart het belang van dit multidisciplinair project: "Het komt erop aan om via satelliet, dankzij radarinterferometrie en multispectrale waarnemingen, alle geologische breukzones te identificeren en ze te classificeren volgens de oriëntatie en de nabijheid van bepaalde soorten rotsformaties. Zo worden vanuit de ruimte een hele reeks elementen zichtbaar die interessante zones zichtbaar maken met goede eigenschappen voor ontginningsprospectie." Deze techniek voor het ontdekken van goede ertsaders trok de aandacht van de Zuid-Afrikaanse groep Anglo-American, een wereldleider op het vlak van goudprospectie... Deze originele knowhow wordt commercieel geëxploiteerd door KeyObs, een KMO die werd opgericht in het kader van WSL (Wallonia Space Logistics). www.ulg.ac.be/mica

Belgische actualiteit

Vito ontwikkelt *vliegtuigscanner* voor ESA

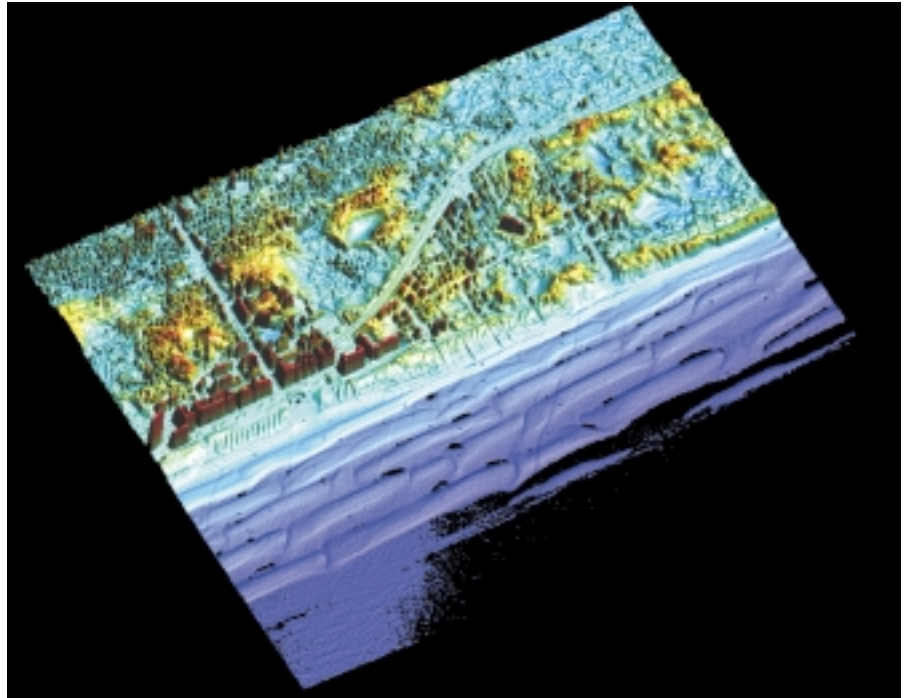
(doc Vito)

De Europese ruimtevaartorganisatie ESA bereidt een Explorer-missie voor, die een beter inzicht moet verschaffen in de milieu- en landprocessen op aarde. Vito werkt samen met het Zwitserse laboratorium RSL mee aan deze voorbereiding door de ontwikkeling van de hyperspectrale vliegtuigscanner APEX (Airborne prism experiment). Die meet het volledige bereik van de teruggekaatste zonnestraling op het aard- of wateroppervlak.

APEX moet de ESA toelaten om de geplande hyperspectrale ruimtevluchten te simuleren, te kalibreren of af te stellen, en te valideren. APEX meet de gereflecteerde zonnestraling. Het bereik van deze zonnestraling wordt uitgedrukt in nanometers of één miljardste van een meter. Het volledige bereik van het gereflecteerde deel van de zonnestraling strekt zich uit van 400 nm (blauw licht - aerosolen) over 700 tot 1 200 nm (nabij infrarood - vegetatiestudies) tot 2 500 nm (kortegolf infrarood - geologische studies) en wordt volledig opgemeten door het APEX-instrument met een heel fijne resolutie van 5 tot 10 nm. Hierdoor registreert het APEX-instrument tot 300 banden simultaan. Het belang van deze meettechniek ligt in het opmeten van een continu reflectantiespectrum. Dat laat onder meer toe om spectroscopische analysetechnieken uit de scheikunde en natuurkunde toe te passen.

Op die manier kunnen zwevende sedimentconcentraties worden opgespoord. Ook bodemkarakterisaties voor bijvoorbeeld geologische prospectie zijn met deze techniek makkelijk vast te stellen. Ten slotte laat de techniek toe om de gezondheid van de verschillende vegetatiesoorten na te gaan. Dat zijn elementen die in de geplande Explorer-ruimtevlucht aan bod komen.

De ontwikkeling van APEX gebeurt in verschillende fasen. Het ontwerp van de hyperspectrale vliegtuigscanner is intussen voltooid; de



eigenlijke constructie vangt aan in het najaar van dit jaar. Dat gebeurt door een Belgisch-Zwitsers consortium, waarbij Vito de wetenschappelijke ondersteuning biedt. Vito bouwt ook het centrum uit waar de data van de scanner worden verwerkt en gearchiveerd, zodat ze vanaf 2003 zelf volledig kan instaan voor de operationele inzet. Vito wil tijdens die operationele periode van ten minste vijf jaar de scanner inzetten ten behoeve van wetenschappers uit heel Europa. Vito verzorgt dan zowel de vliegtuigoperaties als dataverwerking en -distributie.

Om de vliegtuigscanner te kunnen kalibreren of precies te kunnen afstellen, wordt in Koksijde-Oostduinkerke een kalibratiesite ontwikkeld. Dit gebied omvat het donkere water van de Noordzee, de reflecterende zandvlakten van de duinengordel en de groene velden langs de startbaan van de luchtmachtbasis in Koksijde. Het is precies om die verscheidenheid van uiteenlopende gebieden, die op zich homogeen en groot in oppervlakte zijn, dat de ontwikkelaars deze regio als de kalibratiesite hebben uitgekozen en de wetenschappers APEX kunnen afstellen.

Vito heeft tijdens de zomer van 2000 het hele gebied van de kalibratiesite volledig spectraal opgemeten. Het was de eerste maal dat deze meettechniek in België en Vlaanderen gebruikt werd. De figuur toont een 3D-weergave van Oostduinkerke-bad waarbij de verschillende kleuren overeenkomen met verschillende intensiteitswaarden. Hierbij stelt b.v. het "blauwe" strand het natte zand voor, dus niet de zee (weergegeven als "zwart" onderaan de figuur), terwijl het "gele" zand het droge zand weergeeft. Let tevens op de verschillende intensiteiten in de duinvegetatie te wijten aan verschillende duinplanten. In het rood merkt men duidelijk de appartementsgebouwen op de zeedijk.

(tekst uit Vito-Nieuwsbrief)

Meer info: <http://www.apex-esa.org>**Walter Debruyne / VITO**

Boeretang 200, B-2400 MOL

Tel. + 32 14 33 68 49

Fax + 32 14 32 27 95

E-mail: walter.debruyne@vito.be

