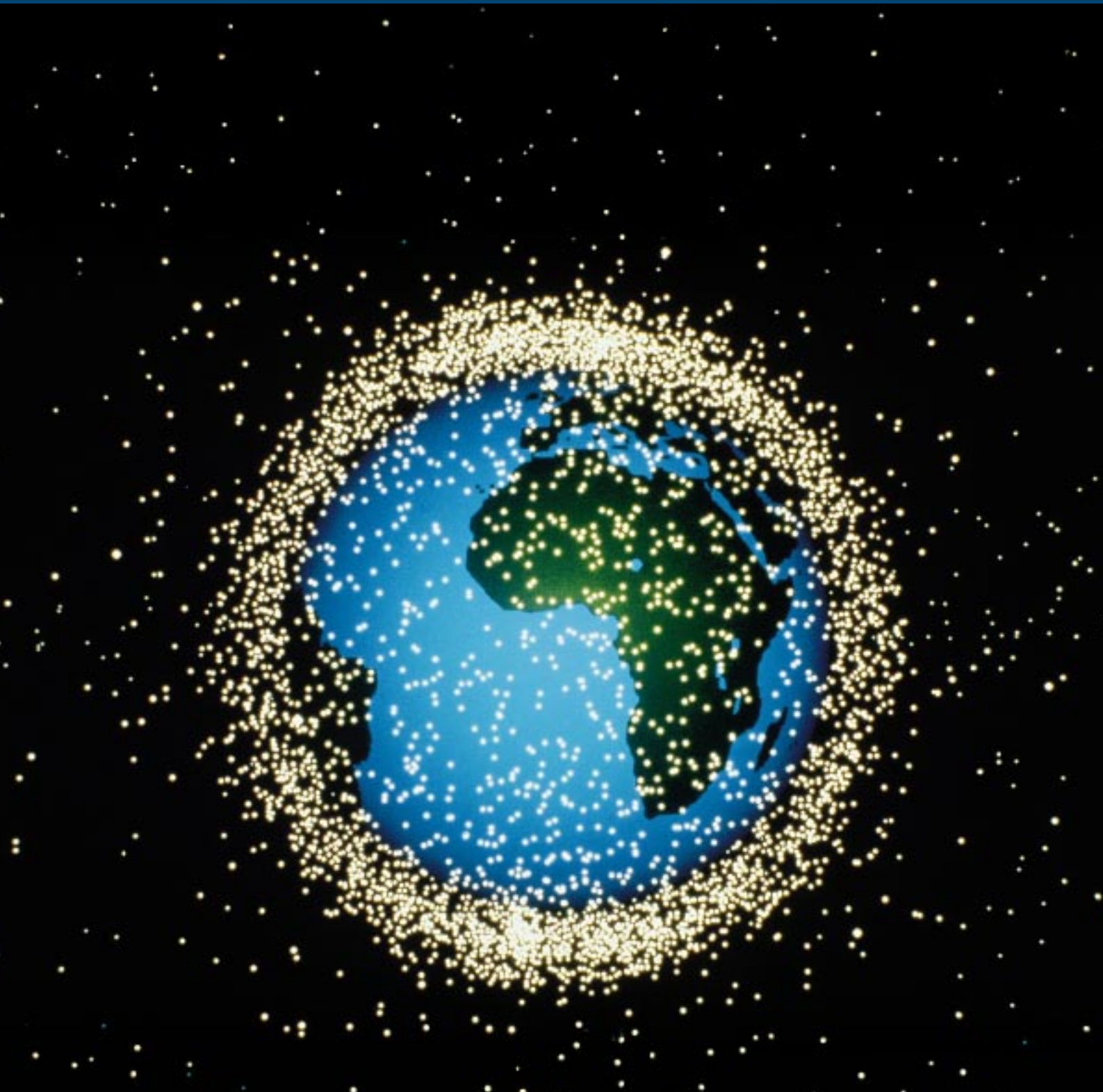


30

Januari 2000

SPACE CONNECTION



DOSSIER Rommel in de ruimte

Ruimterecht

Inhoud

- 03 Dossier Rommel in de ruimte**
- 06 In alle maten en gewichten
- 10 "Stofdeeltjes" bestudeerd via een omweg
- 15 Welke bescherming voor welke ruimtetuigen?
- 19 Internationale samenwerking...
- 20 ... en concrete initiatieven!
- 22 Geen problemen ver van de aarde
- 23 Een waakzaam oog op de "ruimterommel"
- 24 Brokstukken vallen niet altijd volgens plan naar de aarde terug

- 26 Ruimterecht**
- 32 Actualiteit**

Inleiding

Nummer 30 Januari 2000

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

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



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

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

Verantwoordelijke uitgever:

Ir. Eric Beka, Secretaris-generaal van de Federale diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele aangelegenheden (D.W.T.C.)

Redactie:

Informatiedienst van de D.W.T.C.
Wetenschapsstraat 8
1000 Brussel
e-mail: ribo@belspo.be

Externe medewerking:

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

Coördinatie:

Patrick Ribouville

Abonnementenbeheer:

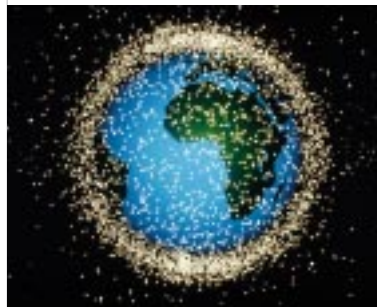
Ria D'Haemers
e-mail: dhae@belspo.be

Foto voorpagina:

Er zijn meer dan 7000 grote objecten in de onmiddellijke omgeving van de aarde gecatalogiseerd. Ze draaien in alle mogelijke richtingen rond, maar bevinden zich vooral in een baan tussen 800 en 1500 km boven het aardoppervlak.

Foto ESA

Rommel in de ruimte



Net voor ze in juni op vakantie zouden vertrekken, hebben de vluchtverantwoordelijken van het International Space Station (ISS) het nog behoorlijk warm gekregen. Zonder het waakzame oog van Amerikaanse radars en telescopen, die de naaste omgeving van de

aarde afspeuren, had het ISS een bijzonder nare aanvaring kunnen hebben met een stuk "ruimteschroot" dat met een snelheid van duizenden kilometer per uur recht op het station afkwam. De vluchtverantwoordelijken probeerden daarop het ruimtestation vanop de grond zo te manoeuvreren dat het uit de weg van het gevaarlijke brokstuk kwam te liggen. De reactie was wat laattijdig maar een botsing kon vermeden worden. Het ISS heeft sindsdien zijn baan zonder problemen vervolgd... maar het wordt nauwgezet in de gaten gehouden.

Dit recent feit brengt een nieuw soort parameter in verband met ruimtemissies in de schijnwerpers, waarmee operatoren van satellietssystemen terdege rekening moeten houden. Al meer dan veertig jaar worden allerlei soorten ruimtetuigen gelanceerd zodat in de loop der jaren tonnen nutteloos geworden materiaal in een baan om de aarde zijn gaan rondzweven. Deze grote hoeveelheid "afval" - getuige van de steeds maar in belang toenemende ruimtevaart - moet nu nauwgezet gevolgd worden om te vermijden dat één van deze brokstukken een werkende satelliet of een bemand ruimteschip zou beschadigen.

(vervolg blz 5)



(vervolg van blz 3)

Meer dan ooit komt het erop aan vanop aarde de onmiddellijke omgeving van het ISS in de gaten te houden. Dat moet zelfs dagelijks gebeuren. De specialisten van de NASA berekenen elke dag voor de komende uren en dagen de baan van het internationale ruimtestation. Deze gegevens worden daarna vergeleken met de banen van duizenden grote brokstukken, die zich in een lage baan om de aarde bevinden. Als een van deze objecten een traject volgt dat te dicht in de buurt van het ISS komt, worden preventieve maatregelen getroffen om een botsing te vermijden.

Niet alleen de naaste omgeving van het ISS wordt in de gaten gehouden. De NASA voert dit zelfde soort berekeningen en handelingen uit bij alle bemande ruimtevluchten (de spaceshuttle en het ruimtestation Mir). Ze houdt ook de omgeving van enkele uiterst waardevolle satellieten zoals bijvoorbeeld de Hubble-ruimtetelescoop in het oog. De Europeanen doen net hetzelfde met een aantal van hun eigen kunstmanen zoals de Spot- en ERS-aardobservatiesatellieten. Ze baseren zich hierbij op Amerikaanse gegevens; in Europa wordt de naaste omgeving van de aarde immers niet op operationele basis bewaakt.

Het probleem van de rommel in de ruimte en de aanpak ervan gaf in de jaren '70 aanleiding tot een nieuwe discipline van de ruimtevaart, die vandaag de dag een wezenlijk bestanddeel is van bemande ruimtemissies en van een aantal projecten waarbij geen astronauten in een baan om de aarde nodig zijn. De grote ruimtevaartagentschappen, verenigd in het Inter Agency Space

Debris Coordination Committee (IADC), volgen niet alleen de rommel in de ruimte maar werken ook aan criteria die ervoor moeten zorgen dat het ruimteafval minder snel toeneemt. Het IADC bestudeert ook verschillende methoden om de naaste omgeving van onze planeet "op te kuisen". Een aantal interessante projecten worden momenteel uitgewerkt.

Een eenvoudige analyse van de huidige situatie toont aan dat het risico op een botsing in de ruimte niet denkbeeldig is, maar momenteel gelukkig ook niet erg groot. Specialisten van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA hebben berekend dat een operationele satelliet in een lage baan tussen 400 en 1500 km - precies het gebied waar zich het merendeel van het ruimteafval bevindt - weinig kans heeft getroffen en vernietigd te worden door een voldoende groot brokstuk. Op een hoogte van 400 km (grosso modo de baan van de spaceshuttle) is de kans op een botsing met een "groot" stuk ruimteschroot van 10 cm of meer één op verschillende duizenden jaren. Op drie maal grotere hoogte is het risico groter. Uiteraard neemt het risico ook toe als men de kleinere brokstukken meerekent; er zijn immers veel meer "kleine" en "microscopisch kleine" brokstukken zodat de kans op een botsing groter wordt.

De tabel geeft een overzicht van het risico op een botsing in de ruimte. Ze kwam tot stand op basis van het ESA-programma "Master", dat met behulp van de computer de toestand en stroom van brokstukken in een baan om de aarde in model heeft gebracht.



↑ De geostationaire baan is bijzonder geschikt voor weer-satellieten en kunstmanen voor telecommunicatie en televisie. In deze voorstelling van de verdeling van objecten in deze zone zijn gemakkelijk de niet meer operationele satellieten te herkennen, die zich in een kerkhofbaan 300 km boven de geostationaire baan bevinden. In de loop der jaren hebben deze op zichzelf aangewezen satellieten de neiging zich te concentreren ten noorden en ten zuiden van de ring. Foto ESA

← In juni 1999 moesten de eerste twee modules Zarja en Unity van het toekomstige International Space Station een manoeuvre uitvoeren om een botsing met een stuk ruimterommel te vermijden. Foto NASA

Gemiddelde tijd tussen twee inslagen van objecten in een lage baan om de aarde op een satelliet met een oppervlakte van 100 m ²				
Hoogte	Object van 0,1mm	Object van 1 mm	Object van 1 cm	Object van 10 cm
400 km	10 dagen	3 jaar	885 jaar	12.900 jaar
780 km	1,5 dagen	1 jaar	155 jaar	1.190 jaar
1.500 km	1,6 dagen	1,6 jaar	270 jaar	1.590 jaar

(bron : ESA Space Debris Mitigation Handbook, april 1999).

Dossier Rommel in de ruimte

Sinds de lancering van de eerste Spoetnik in 1957 brachten de diverse ruimtevaart-naties van onze planeet ongeveer 4000 kunstmanen en andere tuigen in de ruimte. Het gaat zowel om satellieten in een of andere baan om de aarde als om sondes die de aarde verlieten om de maan of de planeten te verkennen.

In alle *maten* en *gewichten*



Bij elk van die lanceringen komen een aantal "brokstukken" vrij. Vaak gaat het om één of meerdere onderdelen van de lanceerraket, die in een baan om de aarde terecht komen. Zo draaien de bovenste trappen van raketten en "operationele" objecten rond onze planeet. Bij deze laatste gaat het om technische onderdelen zoals bijvoorbeeld de veren, gebruikt bij het afstoten van de nuttige lading, explosieve restanten of stukken van explosieve bouten. Er draaien zelfs "jojo's" rond de aarde! "Dat zijn objecten die op het 'aardse' speelgoed lijken en die bestaan uit een massa, die aan een kabel is bevestigd", verklaart Nicholas Johnson, hoofd van het bureau dat zich bij de NASA bezighoudt met de problematiek van de rommel in de ruimte. "Dit apparaat geeft op het juiste ogenblik een impuls aan de nuttige lading om zich van de lanceerraket te verwijderen. Als ze hun taak hebben volbracht

← Bij de assemblage van de eerste twee ISS-modules in een baan om de aarde in december 1998 liet de bemanning tijdens ruimtewandelingen verschillende objecten ontsnappen. Zo ontstonden vijf nieuwe brokstukken in de ruimte. Ze zijn bijna allemaal reeds naar de aarde teruggevallen.
Foto NASA



← Voorstelling op schaal van de ongeveer 8500 grote brokstukken in een baan om de aarde. Elk punt stelt een brokstuk voor. Hun grootte is uiteraard niet op schaal voorgesteld. De geostationaire satellieten vormen een duidelijk te herkennen ring.
Foto ESA

leiden deze jojo's hun eigen bestaan in een baan om de aarde."

Andere technische onderdelen omvatten nog een reeks elementen die dienen om de nuttige lading, die met een raket wordt gelanceerd, te beschermen. Het zijn onder meer de beschermhoezen van optische lenzen en gevoelige sensoren. In deze categorie vallen ook de voorwerpen die astronauten "verliezen" tijdens ruimtewandelingen.

Zo kwamen er in december 1998 bij de assemblage van de eerste twee modules *Zarja* en *Unity* van het ISS vijf nieuwe operationele brokstukken bij in een baan om de aarde. Twee ervan waren "geprogrammeerd": het zijn de twee antennes van de op 20 november 1998 gelanceerde module *Zarja* maar die niet zoals gepland werden uitgekapt. De andere waren het gevolg van incidenten tijdens de missie. Tijdens een ruimtewandeling liet de bemanning een voetsteun en een werktuig van 3,9 kilo ontsnappen. Bij een latere ruimtewandeling "vloog" nog eens een isolerende hoed de ruimte in. Maar zoals bij alle rommel op deze hoogte was de levensduur van deze vijf

brokstukken kort: van enkele weken tot hoogstens enkele maanden.

Naast deze twee soorten ruimtebrokstukken, kan men nog een derde categorie van ruimteschroot onderscheiden: de nuttige lading zelf! Behalve militaire satellieten die in erg lage banen werkzaam zijn en die na enkele dagen of maanden vanzelf naar de aarde terugvallen blijven satellieten die op het eind van hun operationele leven nutteloos zijn geworden rond de aarde draaien. Beetje bij beetje neemt hun aantal toe en komen ze op hun beurt terecht bij de grote massa rommel in de ruimte.

Tenslotte is er nog een vierde bron van ruimteschroot, als gevolg van de fragmentatie van satellieten. "*Gedurende 40 jaar nam het aantal operationele brokstukken, oude rakettrappen en satellieten buiten dienst relatief traag toe*", stelt Nicholas Johnson vast. Maar "*de belangrijkste bron van rommel in de ruimte, die de operatoren van satelliet-systemen het meest bezighoudt, is het uiteenspatten van kunstmanen en rakettrappen. In totaal werden al 153 gevallen van dergelijke fragmentatie geteld. De brokstukken die bij deze explosies ontstaan zijn goed voor*

meer dan 40% van de objecten in een baan om de aarde die momenteel gecatalogiseerd zijn. De nog functionerende satellieten vertegenwoordigen slechts ongeveer 7% van deze objecten."

Van deze 153 gevallen zijn er slechts drie die rechtstreeks het gevolg zijn van een botsing. Eerst en vooral is er het enige echte kosmische "ongeluk": de botsing op 24 juli 1996 van de Franse militaire satelliet Cerise met een stuk van de bovenste trap van een Ariane-raket, die tien jaar eerder was gelanceerd. Deze botsing gebeurde met een snelheid van 14 km/s of 50.000 km/u en had de definitieve vernietiging van Cerise als gevolg. De twee andere ruimtebotsingen werden bij wijze van test doelbewust veroorzaakt door de Verenigde Staten om in het bijzonder de verspreiding van fragmenten in de loop van de tijd te bestuderen.

Bij de 150 andere gevallen betrof het explosies die het gevolg waren van brandstofresten in rakettrappen of van de ontploffing van batterijen. "Verscheidene van deze explosies werden vanop aarde veroorzaakt", verklaart de Amerikaanse deskundige. "Dat was het geval bij een aantal militaire satellieten van de Sovjetunie, die niet in de voorzien baan terechtkwamen en vrijwillig werden vernietigd om te vermijden dat ze vroegtijdig naar de aarde zouden terugkeren en bestudeerd worden door een vreemde mogendheid."

Momenteel draaien ongeveer 8500 voorwerpen groter dan 10 centimeter rond de aarde. 41% ervan zijn fragmenten, 13% operationele brokstukken, 17% bovenste trappen van lanceerraketten en 22% niet meer functionerende satellieten. Slechts bij 7% van deze 8500 objecten gaat het om nog werkende kunstmanen.

Als men objecten met een grootte van minder dan 10 centimeter (tussen 10 cm en

1 cm) meerekent komt men aan een cijfer van ongeveer 100.000 voorwerpen in een lage baan om de aarde. En er zijn honderduizenden stukjes die nog kleiner dan 1 cm zijn en zelfs miljoenen "deeltjes" kleiner dan 1 millimeter. Zij hebben een heel andere oorsprong dan de hierboven vermelde gevallen. Naast het ontstaan van verfschilders als gevolg van micro-inslagen en de veroudering van bekleding door grote temperatuurverschillen moet men rekening houden met nog twee andere bronnen: enerzijds de deeltjes die door raketmotoren worden uitgestoten en anderzijds de koelvloeistof van Sovjetkernreactoren. "Bij de raketmotoren zijn het deeltjes van aluminiumoxide die door op vaste brandstof werkende motoren worden uitgestoten. Bij de kernreactoren zijn het natrium- en kaliumdeeltjes", verklaart Nicholas Johnson. "Dit is een vloeistof die de Sovjets indertijd gebruikten ter afkoeling van hun kernreactoren in een baan om de aarde. Wanneer ze hun kernsatellieten niet langer gebruikten, werden ze naar een 'kerkhofbaan' op ongeveer 900 km hoogte gebracht. Toen ze deze techniek in de jaren '80 begonnen toe te passen, werd de brandstof in het hart van de reactor in de kerkhofbaan uitgestoten. Daardoor werd tegelijk het hoofdafkoelingscircuit vernietigd, waardoor de koelvloeistof vrijkwam." Zo kwamen ongeveer 70.000 van deze druppeltjes met een diameter van 4,5 mm tot enkele centimeter in een baan om de aarde terecht.



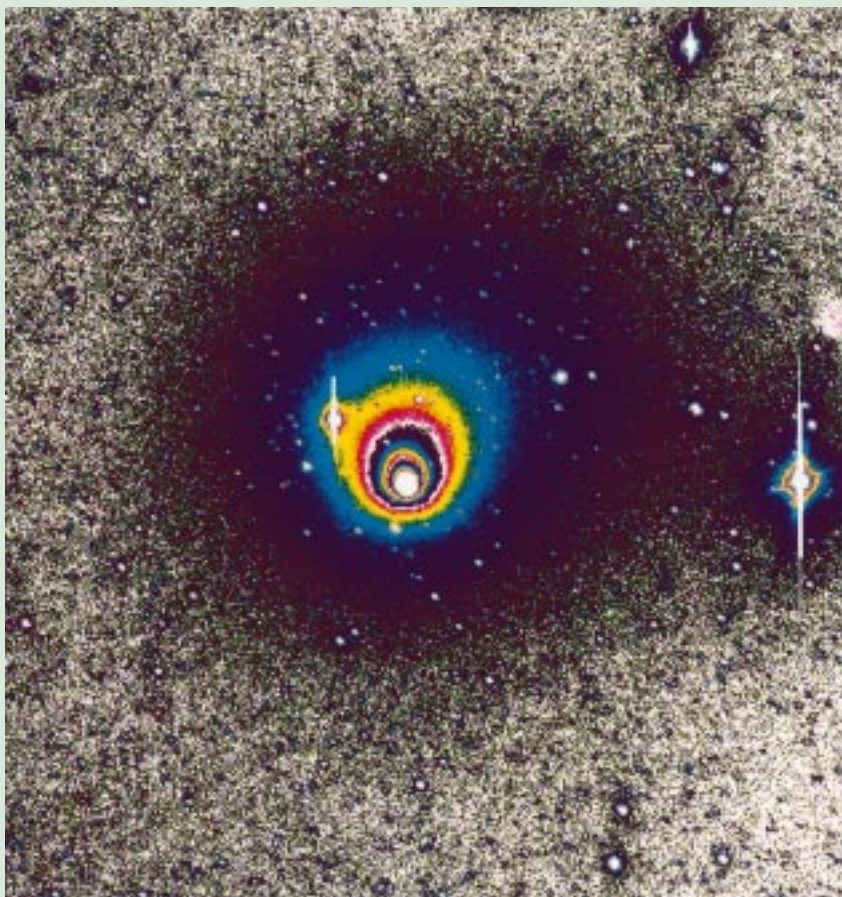
↑ De fragmentatie van de bovenste trap van een raket of een satelliet in een lage baan om de aarde veroorzaakt in een klap veel nieuwe brokstukken. Deze simulatie toont dat in de loop van de drie jaar volgend op deze explosie de baanvlakken van de brokstukken evolueren en uiteindelijk bijna heel de planeet bestrijken. Foto ESA

Aantal "grote" objecten en ruimtetuigen in een baan om de aarde op 30 juni 1999			
Oorsprong	Nuttige ladingen	Brokstukken en bovenste rakettrappen	Totaal
China	26	103	129
G.O.S.	1338	2590	3928
ESA	24	228	252
India	27	6	33
Japan	65	50	115
USA	858	3081	3939
Andere	272	27	299
Totaal	2610	6085	8695

(Bron: US Space Command)

Ook astronomen zijn beducht voor de rommel in de ruimte

De toename van diverse soorten rommel in de omgeving van de aarde houdt niet alleen de verantwoordelijken van ruimtevaartprogramma's en operatoren van satellietssystemen bezig. Ook beroepsastronomen maken zich ongerust over het toenemend aantal lanceeringen en de opstapeling van objecten in een baan om de aarde, of het nu gaat om actieve satellieten, oude niet meer operationele ruimtetuigen of ander ruimteschroot. Afgelopen zomer slaakte de Internationale Astronomische Unie (IAU) zelfs een alarmkreet: "*indien we ons niet bekommeren over de nachtelijke hemel worden de astronomen binnenkort technisch werkloos*". De mensen die zich beroepshalve bezighouden met de sterren en het heelal noemen als bronnen van hun zorgen: de lichtvervuiling op aarde, interferentie door radiogolven, technologische of artistieke lichtgevende experimenten aan de hemel en in de ruimte rondvliegende brokstukken die niet alleen lichtsporen achterlaten maar ook door inslagen astronomische satellieten kunnen beschadigen.



Op deze opname van de komeet Hale-Bopp van februari 1996 merkt men in de linkerbovenhoek het spoor van een kunstmaan rond de aarde. De komeet bevindt zich op dat moment op 924 miljoen km van de aarde en op 802 miljoen km van de zon.

Foto ESO

Een oneindig leven op een hoogte van duizend kilometer...

De naaste omgeving van de aarde is niet "ondergedompeld" in een dikke laag van brokstukken. De rommel in de ruimte is geconcentreerd op bepaalde hoogten. Het grootste deel bevindt zich op minder dan 2000 km van onze planeet en is verdeeld over bepaalde zones op hoogten van ongeveer 800, 1000 en 1500 km.

Hoelang het ruimteschroot overleeft hangt voornamelijk af van de hoogte waarop het zich bevindt. Op enkele honderden kilometer van de aarde overleeft een brokstuk of een op zichzelf aangewezen satelliet hooguit een aantal jaren. Op een hoogte van 800 km duurt het verschillende tientallen jaren alvorens een object op natuurlijke wijze op de aarde terugvalt. Op een hoogte van 1000 km gaat het over eeuwen. Nog hoger spreken we over een oneindig leven...



“Stofdeeltjes” bestudeerd via een omweg

↑ De Europese recupereerbare satelliet Eureka (European Retrievable Carrier) bleef 326 dagen in de ruimte alvorens voor analyse naar de aarde te worden teruggebracht. Foto NASA

Bij elke terugkeer wordt de Amerikaanse spaceshuttle door de technici van de NASA letterlijk onder de loep genomen om het aantal inslagen tijdens de vlucht te tellen.

Dossier Rommel in de ruimte

Om het aantal deeltjes met een diameter van minder dan 3 millimeter te schatten moeten operatoren via een omweg te werk gaan. Ze baseren zich hierbij op de analyse van ruimtetuigen die na hun opdracht terug naar de aarde worden gebracht. In dit verband is het meest onderzochte ruimtetuig ongetwijfeld de Amerikaanse spaceshuttle.

"De ramen van het ruimteveer zijn uitstekende detectoren van inslagen", verklaart Nicholas Johnson. "Het is een beetje zoals bij de voorruit van een auto. Bij elke vlucht moeten we overigens gemiddeld een of twee van de acht grote ramen van de orbiter vervangen. Tijdens de eerste missies hadden we niet aan dit soort risico's gedacht", geeft hij toe. "Pas bij de zevende vlucht werd dit probleem duidelijk. In één van de ramen van de shuttle was een kleine barst te zien. Daarop hebben we het uiteraard onmiddellijk vervangen. Dit soort barstjes heeft nauwelijks belang bij de terugkeer in de atmosfeer op het eind van de vlucht. Maar bij een volgende vlucht kunnen er zeer ernstige problemen optreden. Bij de lancering is de hele structuur van de orbiter aan enorme spanningen onderworpen. Het kleine barstje in een van de vensters kan het begeven en aanleiding geven tot een grotere barst... wat voor de bemanning uiteraard bijzonder gevaarlijk kan zijn."

"In enkele gevallen, en altijd dankzij onderzoek van ruimtetuigen, kan men aldus de juiste oorsprong van de inslag bepalen", vervolgt de Amerikaanse deskundige. "We halen van een van de ramen van de shuttle een staal en onderwerpen het aan een microscopisch onderzoek. Dit soort onderzoek gebeurde voor het eerst na de vlucht STS 7 in juni 1983. Men ontdekte dat de inslag afkomstig was van een stukje verf, losgekomen van een oud ruimtetuig dat gedurende verscheidene jaren de gezamenlijke werking van warmte, koude en straling van de zon had ondergaan. Naar

schatting zijn er miljoenen van dit soort verfdeltjes in de ruimte. Hun inslagen zijn niet gevaarlijk. Zelfs op gevoelige oppervlakken zoals zonnepanelen veroorzaken ze slechts beperkte schade", besluit hij.

Naast de spaceshuttle werden nog andere naar de aarde teruggehaalde ruimtetuigen nauwkeurig geanalyseerd om beter de gevolgen van de deeltjes op hun verouderingsproces te begrijpen. De Amerikaanse satelliet LDEF (Long Duration Exposure Facility) had Europese experimenten aan boord en draaide gedurende 68 maanden rond de aarde op gemiddeld 470 km hoogte. Deze cilinder van 9 meter bij 4 had een aan de open ruimte blootgestelde oppervlakte van ongeveer 130 vierkante meter. Op de 86 ruiten van de satelliet waren verschillende soorten bekleding aangebracht om hun weerstand aan dit uiterst extreme milieu te onderzoeken. Na de terugkeer van LDEF op aarde in januari 1990 toonde onderzoek aan dat de satelliet meer dan 34.000 inslagen had ondergaan. Hij vertoonde kratertjes met diameters van een micron tot 5,25 mm.

In juni 1993 leverde de Europese satelliet Eureka (European Retrieval Carrier) na 326 dagen in de ruimte eveneens inlichtingen over microdeeltjes in hogere banen dan

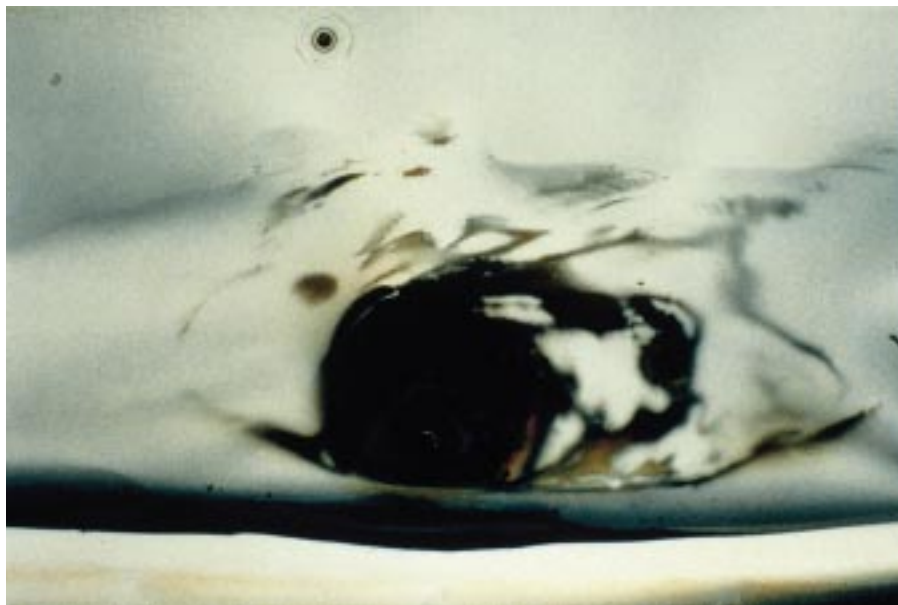


↑ Verschillende satellieten werden eerst in de ruimte gelanceerd en daarna terug naar de aarde gebracht om de invloed van dit extreme milieu op hun structuur te bestuderen. De Amerikaanse kunstmaan LDEF (Long Duration Exposure Facility) had onder meer Europese experimenten aan boord en bleef 68 maanden in een baan om de aarde, alvorens opgepikt te worden door een spaceshuttle. Foto NASA

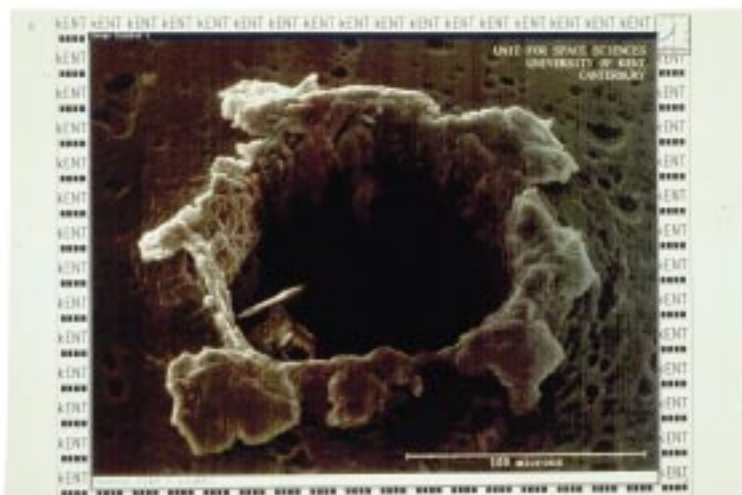


← De analyse van de LDEF-panels leverden nauwkeurige informatie over de weerstand van bepaalde materialen tegen inslagen van micro-deeltjes en micro-meteorieten in de ruimte. De belangrijkste "gaten" in dit proefraam, ontwikkeld te ESTEC (ESA) in samenwerking met de universiteit van Dublin (Ierland) zijn van dergelijke inslagen afkomstig. Foto NASA

→ Inslagkrater op de satelliet LDEF, veroorzaakt door een deeltje dat schuin op het oppervlak van de satelliet insloeg.
Foto ESA



↓ Naargelang de grootte van het brokstuk en het oppervlak waar het inslaat leveren de inslagkraters verschillende beelden op. Hier gaat het om een krater met een diameter van ongeveer 100 micron (0,1 mm) op de satelliet LDEF.
Foto University of Kent in Canterbury (Groot-Brittannië)



LDEF. En tijdens de onderhoudsmissie van de Hubble-ruimtetelescoop werd een van de grote zonnepanelen terug naar de aarde gebracht en onderzocht in Groot-Brittannië. Door de ironie van het lot is het andere paneel uit de handen van de astronauten ontsnapt en weggevlogen waardoor een nieuw stuk rommel in een baan om de aarde begon te draaien...

Het ruimtestation Mir is nu aan het einde van zijn opdracht gekomen en heeft eveneens zijn steentje bijgedragen. Gedurende

lange maanden heeft een detector aan de buitenkant van het Russische ruimtestation de invloed van het ruimtemilieu bestudeerd. Daarbij werd in het bijzonder aandacht besteed aan de rommel in de ruimte. "Europa heeft niet de middelen om permanent objecten in de ruimte te volgen. In feite leveren de Verenigde Staten bijna alle beschikbare gegevens in verband met ruimteschroot. Nochtans beschikken de Europeanen over een indrukwekkende radar in Duitsland", verklaart Walter Flury. "Hij heet TIRA (Tracking and imaging radar) en bevindt zich in de omgeving van Bonn. Ook gebruikt men de radar FGAN voor nauwkeurige waarnemingen in het kader van het experiment Beam Park. Gedurende een periode van 24 uur wordt een groot deel van de hemel 'afgeschuimd'. Daarna worden de gegevens verzameld en gebruikt voor statistische berekeningen. Tenslotte wordt op de Teide-sterrenwacht op Tenerife een optische telescoop met een diameter van één meter gebruikt om de geostationaire baan te bewaken."

Op basis van de gegevens die gedurende jaren door het Amerikaanse netwerk en met de Europese waarnemingscampagnes werden verzameld zijn hulpmiddelen ontwikkeld om

(vervolg blz 14)

De zon houdt grote schoonmaak

De omgeving van de aarde krijgt elke elf jaar op natuurlijke wijze een grote schoonmaakbeurt. Het is de zon, de ster waarrond wij draaien, die deze kleine vriendendienst aan onze planeet verleent. De oorzaak ervan is de cyclus van zonneactiviteit. Elke elf jaar kent de zon een opflakking van activiteit. Tijdens het maximum straalt ze veel meer energie uit en dat heeft een rechtstreekse invloed op de atmosfeer van de aarde, die opgewarmd wordt door deze surplus aan energie en uitzet. Zo worden de hogere lagen van de atmosfeer dichter en remmen ze de brokstukken die er tegenaan wrijven veel meer af. Deze brokstukken vallen dan veel sneller naar de aarde terug, waardoor de (zeer) lage banen grondig worden "schoongemaakt".

→ De analyse van het Hubble-zonnepaneel dat in 1993 met het ruimteveer naar de aarde werd teruggebracht onthult talrijke inslagen op de zonnepanelen. In dit voorbeeld is een inslagkrater te zien met een diameter van 3 tot 4 mm. De zonnecel meet 2 x 4 cm. Foto ESA



← De Hubble-ruimtetelescoop heeft ook een bijdrage geleverd tot een betere kennis van het probleem van de rommel in de ruimte. Bij zijn onderhoud in 1993 werden de zonnepanelen vervangen. Een van de beide panelen werd naar de aarde gebracht voor onderzoek. Het andere ontsnapte tijdens een ruimtewandeling aan de astronauten en werd aldus een behoorlijk groot stuk ruimterommel. Maar door de grootte en de nabijheid bij de aarde werd het door de atmosfeer ingevangen en vernietigd in oktober 1998. Foto NASA



Een botsing tegen 36.000 km/u

Het gevaar van een botsing met een stuk ruimteschroot hangt zowel van zijn afmetingen als van zijn snelheid af. Wanneer een kind met zijn speelgoedautootjes "botsingen" veroorzaakt is de schade aan de auto's miniem of zelfs onbestaande. In het ergste geval zal er alleen maar wat verf van de carrosserie afgeschraapt zijn. Als hetzelfde kind één van zijn autootjes op de wagen van papa afstuurt zal de schade zich zonder enige twijfel ook beperken tot een beetje verf. Verplaatst naar de ruimte is het echter zo goed als zeker dat het vaderlijke voertuig, dat veel groter en massiever is dan het speeltje, de inslag niet zal overleven. Net zoals het kleine autootje van kindlief dat gewoonweg verpulverd wordt!

Het hele verschil zit in de snelheid van de twee voertuigen bij de botsing. In een lage baan om de aarde hebben objecten, of het nu gaat om oude satellieten of microscopisch kleine deeltjes een snelheid van 7 tot 8 km/s of tussen 25.200 tot 28.000 km/u! Bij een botsing loopt de snelheid gemakkelijk op tot 10 km/s of 36.000 km/u omdat het "aangereden" object zelf ook in beweging is. Bij deze snelheden is er enorm veel energie in het spel. Het grootste tuig dreigt uiteen te spatten of doorboord te worden door het kleinste dat zelf letterlijk door de botsing "verdampt". Om de gevolgen van deze hypersnelheden te bestuderen werden op de aarde bijzondere "kanonnen" ontwikkeld. Daardoor kan deze problematiek beter ingeschat worden en kunnen oplossingen uitgewerkt worden ter bescherming van ruimtetuigen.

(vervolg van blz 12)

modellen op te stellen. Het is de laatste werkmethode die ruimtevaartagenschappen gebruiken om het probleem van de rommel in de ruimte in te schatten. De twee belangrijkste door ESA ontwikkelde programma's heten *Master* en *Scarab*. *Master* (*Meteoroid and space debris terrestrial environment reference*) dient om de risico's te bepalen van inslagen in een baan om de aarde voor operationele nuttige ladingen. *Scarab* (*Space-*

craft atmospheric reentry and aerothermal break up) dient om de terugkeer in de atmosfeer van diverse ruimtetuigen te bestuderen en in model te brengen. Het heeft als doel te bepalen of een object bij de terugkeer naar de aarde volledig vernietigd zal worden of in tegendeel op het aardoppervlak dreigt terecht te komen. In dat geval worden baanberekeningen uitgevoerd en een kalender voor de komende gebeurtenissen opgesteld.

Walter Flury, specialist op het vlak van de rommel in de ruimte bij ESA

Professor Walter Flury is specialist op het vlak van de rommel in de ruimte bij ESA. Hij toont hier de gevolgen van een botsing met hoge snelheid tussen twee lichamen. Door middel van een kanon voor hypersnelheden wordt een aluminium kogel met een diameter van 12 mm naar een 15 cm breed blok van hetzelfde metaal afgeschoten met een snelheid van 6,8 km/s of 24.480 km/u. Het blok werd daarna in twee gesneden om in detail de gevolgen van de "ontmoeting" te tonen. Het resultaat is verbluffend. De in het blok ontstane krater is enorm en heeft het aluminium aan de tegenovergestelde zijde losgemaakt. De kogel van 12 mm is bij de inslag letterlijk verdampt. Dit experiment toont aan hoe moeilijk een ruimtetuig te

beschermen is tegen stukken ruimteschroot die een diameter hebben van meer dan enkele millimeter. In de ruimte doet zich bij snelheden van 36.000 of zelfs 50.000 km/u hetzelfde soort verschijnsel voor.

Foto's CDB



Welke *bescherming* voor welke *ruimtetuigen* ?

Alvorens te bepalen hoe een ruimtetuig beschermd kan worden tegen een ongelukkige botsing met een stuk ruimteschroot, laten de specialisten eerst een reeks parameters de revue passeren zoals de grootte van het betreffende ruimtetuig, de baan waarin het operationeel is, de concentratie van de brokstukken op de betreffende hoogte en de aard van het tuig dat

moet beschermd worden: is het een automatische satelliet of een bemand ruimteschip?

Vervolgens bekijkt men de brokstukken zelf. Voor de "grootste" objecten blijft de enige oplossing ter vermindering van een botsing het volgen van de brokstukken vanop aarde en de vergelijking van hun banen met de baan van het te beschermen

ruimtetuig. In dat geval zal men het bedreigde ruimtetuig "omleiden". Een gelijkaardig manoeuvre werd in juni vorig jaar al toegepast bij het ISS. Het wordt regelmatig aangevend bij vluchten van de spaceshuttle en bij een aantal satellieten zoals de Hubble-ruimtetelescoop en de ERS- en Spot-aardobservatiesatellieten. In de categorie van de "kleine" objecten van een centimeter en minder kan men diverse pistes volgen. Ook hier wordt rekening gehouden met de aard van het te beschermen ruimtetuig, zijn missie, massa, afmetingen en operationele baan.

Tweehonderd beschermende schilden voor het ISS

Het International Space Station moet een dertigtal jaar in de ruimte ronddraaien en zal op termijn een oppervlakte hebben van ongeveer 5000 vierkante meter. Het risico dat het door een stuk ruimteschroot wordt getroffen is uiteraard veel groter dan bij een kleinere satelliet die slechts gedurende enkele maanden in een quasi identieke baan



ronddraait. Om die reden werd beslist alle ISS-modules te voorzien van beschermende "schilden" met uitzondering van de niet kritieke zones zoals de zonnepanelen!

Op termijn zal het ISS "bepantserd" zijn met 200 soorten beschermingssystemen. Hun aard, dikte en plaats op het station zal afhangen van de parameters van elke module, het gebruik ervan en de dikte van de bekleding. Als algemene regel zullen de modules waarin de astronauten leven minstens beschermd zijn tegen inslagen van deeltjes met een diameter tot één centimeter. De Europese ISS-module *Columbus Orbital Facility (COF)* ontsnapt niet aan

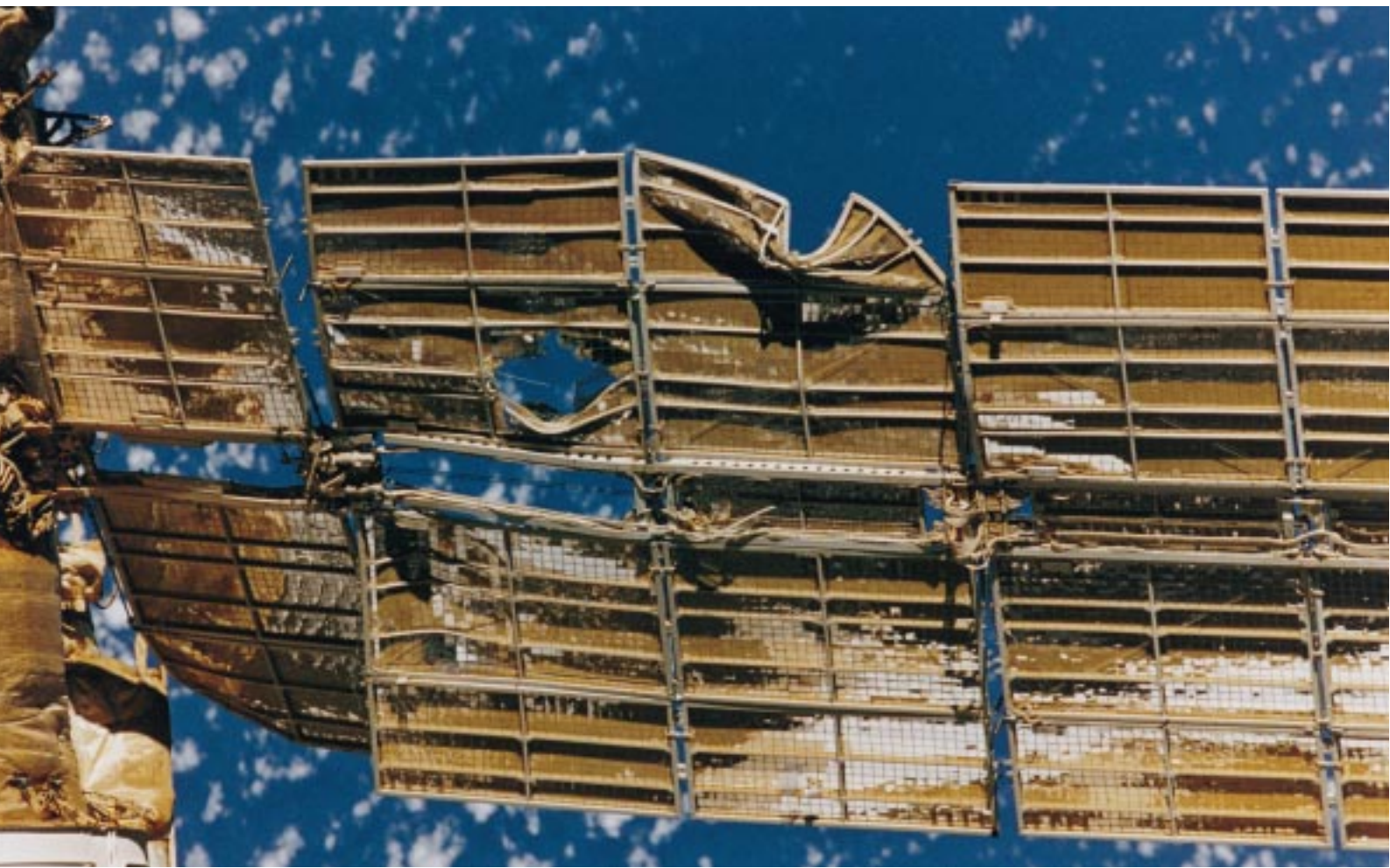
deze regel. Deze module zal beschermd worden door een soort bekleding uit verschillende lagen, die op de buitenzijde wordt aangebracht op enkele centimeter afstand van de eigenlijke "carrosserie". Als een object de module treft wordt het eerst "verdampt" door de buitenste laag van deze bedekking die het restant van de bolide door de volgende lagen stuurt. Op deze manier wordt de schok grotendeels opgevangen zodat de COF-module het er heelhuids afbrengt!

10% van de totale massa van het ISS zal bestaan uit beschermend materiaal en schilden tegen inslagen. Dit "harnas" zal van geval tot geval al op de aarde

op de betreffende modules worden aangebracht en met elk onderdeel van het ISS gelanceerd worden. Dat is ook het geval bij de *service module Zvezda* van het internationale ruimtestation. Voor de onderdelen die nog geen bescherming meekregen doet men beroep op astronauten. Deze "ruimtewerkers" hebben als opdracht tijdens ruimtewandelingen en na de assemblage van het station het nog ontbrekende beschermende materiaal aan te brengen.

Het ISS is weliswaar een uitzonderlijk geval. Meestal zijn automatische satellieten niet voorzien van een specifieke bescherming. Zelfs een bescherming uit licht materiaal heeft

↓ Mir is zelf ook veelvuldig geraakt door inslagen van brokstukken. Maar nooit moest het station als gevolg van een inslag geëvacueerd worden. In 1997 was dit wel nodig door een ongelukkig manoeuvre van een Progress-bevoorradingsruimteschip met een botsing als gevolg. Daarbij werd het ruimtecomplex ernstig beschadigd. Een zonnepaneel geraakte buiten gebruik en er was drukverlies.
Foto NASA



een bijkomende massa als gevolg en dat maakt een lancering duurder.

Ruimtepakken zijn geen harnassen

Vreemd genoeg hebben astronauten die in hun EMU-pakken (Extra-vehicular Mobility Unit) een ruimtewandeling uitvoeren geen enkele bescherming tegen inslagen!

"Dat is niet nodig", verklaart Nicholas Johnson, "omdat een astronaut geen groot object is en in het algemeen niet lang (maximum zes uur) buiten het ruimtetuig blijft. Bijgevolg is er slechts zeer weinig kans dat hij door een ruimtebrokstuk getroffen wordt. Het risico op een inslag komt veeleer van de natuurlijke omgeving - van micrometeorieten - dan van door mensenhanden vervaardigde deeltjes. Hoewel het zich nog niet voordeed is het meest voor de hand liggende ongeluk dat een gaatje ter grootte van een speldenkop zou ontstaan in het ruimtepak bij een inslag. In dat geval is het leven van de astronaut niet direct in gevaar", verzekert hij. "Een ruimtepak bestaat uit verscheidene lagen, gemaakt uit verschillende materialen. Het is weinig waarschijnlijk dat ze allemaal doorboord zouden worden. En zelfs als dat gebeurt - waar het pak minder stevig en beweeglijker is zoals bij de gewrichten - kan het ruimtepak nog een half uur weerstaan alvorens de druk afneemt. Deze dertig minuten zijn ruim voldoende om de onge-

lukkige ruimtevaarder naar zijn ruimtetuig te laten terugkeren. Het is wel zo dat er in de verschillende lagen een groter gat zal ontstaan wanneer een groter brokstuk het pak treft. Maar zolang het gat een diameter heeft kleiner dan een millimeter heeft de astronaut nog een half uur voor de situatie kritiek wordt", bevestigt hij.

Hoewel de risico's bijzonder klein zijn, bestudeert de NASA verschillende mogelijkheden om het EMU-pak te verstevigen. Maar men blijft daarbij in gedachten houden dat het "uiterst onwaarschijnlijk" is dat een deeltje alle lagen van het ruimtepak doorboort en een gat veroorzaakt met een diameter van een millimeter, legt Nicholas Johnson uit. "Het risico op een defect van een EMU zelf ligt nog iets hoger! Alles heeft te maken met het leggen van prioriteiten..."

De spaceshuttle vliegt... achterstevoren!

En dan is er tenslotte nog de spaceshuttle. Dit grote ruimte-schip vliegt in tegenstelling tot een satelliet in een lage baan om de aarde. Aan boord bevinden zich altijd delicate nuttige ladingen maar vooral een meerkoppige bemanning waarvan de behouden terugkeer hét belangrijkste criterium is van de hele missie. Dit verklaart waarom de NASA voor haar spaceshuttles allerlei beschermende maatregelen en specifieke procedures heeft voorzien om hun veiligheid te verzekeren.

De vluchtleiders proberen al voor en gedurende een missie van de spaceshuttle botsingen te vermijden. Daarnaast volgt het ruimteveer in de ruimte een baan die de "minste risico's" inhoudt. Naargelang de aard van de missie en eventuele satellieten die in de ruimte moeten worden uitgezet of teruggehaald, vliegt het ruimteveer het grootste deel van de tijd ondersteboven ! Het laadruim is naar de aarde toe gericht terwijl de orbiter achterstevoren vliegt.

Het is in de vliegrichting dat de grootste kans bestaat op een botsing met een stuk ruimte-schroot, tenminste wat de hevigheid van de inslag betreft. Door achterstevoren te vliegen richt de shuttle de onderdelen die het best bestand zijn tegen een botsing, met name de motoren, naar de eventuele brokstukken ! Deze vluchtconfiguratie is voor de bemanning het veiligst. De astronauten beschikken aldus over indrukwekkende beschermende schil-den, ver verwijderd van de stuurcabine en het gedeelte waarin de astronauten leven. Deze twee ruimten zijn zelf niet uitgerust met mechanische hulpmiddelen tegen botsingen. Daar zijn twee verklaringen voor: de cabine op zich is eerder klein. De kans dat ze door een brokstuk wordt geraakt is dus ook klein. Bovendien vliegen de spaceshuttles gedurende relatief korte tijd in de ruimte wat de kans op botsingen eveneens beperkt.



←De astronauten zijn eerder "klein" in verhouding tot een groot ruimtetuig en maken slechts zeer korte ruimtewandelingen. Statistisch gezien lopen ze dus weinig risico om geraakt te worden door een stukje ruimteschroot of door een stofdeeltje dat uit het diepe heelal zou opduiken. Foto NASA

Voor de rest van de structuur van de ruimteveren werden nog een aantal bijkomende beschermende maatregelen genomen of zijn ze voorzien. "Wanneer we de shuttle na een vlucht uiterst nauwgezet onderzoeken om eventuele inslagen vast te stellen, staan we lang stil bij verscheidene grote onderdelen. We zijn in het bijzonder geïnteresseerd in de ramen, de vleugels en de radiatoren", verduidelijkt Nicholas Johnson. "De radiatoren bedekken de binnenkant van de grote deuren van de laadruimte. Eronder bevinden zich leidingen waardoor koelvloeistof stroomt en die bij een inslag kunnen

geraakt worden en kunnen lekken. In een dergelijke kritieke situatie moet het ruimteveer onmiddellijk naar de aarde terugkeren. De radiatoren hebben een glad oppervlak en geven ons aldus een goed idee van het aantal inslagen tijdens een missie. Bij elke vlucht blijken er veel te zijn. Maar het gebeurt uiterst zelden dat een voldoende groot deeltje erdoor geraakt en een leiding raakt. Tot nu toe werd een dergelijke leiding nog nooit doorboord. We hebben geluk gehad. Omdat we geen beroep willen blijven doen op ons gelukkig gesternte werken we nu aan maatregelen ter bescherming van

deze radiatoren. Het komt erop aan het risico tot een minimum terug te brengen."

"Andere kapitale structuren voor de veiligheid tijdens een vlucht zijn de vleugels. Ze worden dus op diverse manieren verstevigd. Wanneer in een vleugel een gat ontstaat als gevolg van een inslag in een baan om de aarde kunnen thermische spanningen - veroorzaakt door geïoniseerd gas bij de terugkeer in de atmosfeer - het vergroten en een soort 'bel' vormen. Deze brandende bel baant zich vervolgens een verdere weg in de vleugel en zorgt voor schade. Dat kan de landing in

gevaar brengen. We brengen voortdurend veranderingen aan op de ruimteveren. Momenteel werken we aan een brandbeveiliging op de vleugels. Als dan een gat ontstaat kan een brandende bel van geïoniseerd gas niet vergeraken", besluit hij.

Internationale *samenwerking*...

Alle gebruikers van de ruimte zijn fel geïnteresseerd in de problematiek van de rommel in de ruimte. Vooraan staan de grote ruimtevaartagentschappen. Zij zijn er zich sterk van bewust en pakten het probleem aan met de oprichting van het IADC in 1993.

Het IADC (*Inter agency space debris coordination committee*) verenigt momenteel een tiental ruimtevaartagentschappen: ASI (Italië), BNSC (Groot-Brittannië), CNES (Frankrijk), CNSA (China), DLR (Duitsland), ESA (Europa), ISRO (India), NASDA (Japan), RAKA (Rusland) en NASA (Verenigde Staten). Deze organi-

satie heeft vier doelstellingen: evaluatie van de internationale samenwerking op het vlak van de rommel in de ruimte en deze aanmoedigen; fungeren als draaischijf bij de verspreiding van alle nuttige informatie over deze "wetenschap" en als doorgeefluik van nieuwe onderzoekprogramma's en tenslotte concrete maatregelen voorstellen om het aantal brokstukken in de ruimte te verminderen.

Net als diverse ruimtevaartagentschappen adviseert het IADC de Verenigde Naties in verband met de rommel in de ruimte. Begin 1999 heeft het *Comité voor het vreedzaam gebruik van de buitenatmosferische ruimte* van de Verenigde Naties het rapport aanvaard dat de afgelopen vijf jaar werd uitgewerkt door zijn technisch en wetenschappelijk subcomité. Zo werden met de medewerking van zijn "technische raadgevers" - het IADC en een aantal ruimtevaartagentschappen - maatregelen te berde



gebracht om de brokstukken in de naaste omgeving van de aarde op te ruimen.

De grote ruimtevaartagentschappen werken van hun kant eveneens aan de uitwerking van een internationale wetgeving terzake. De Amerikanen beschikken sinds januari 1998 over een reeks gouvernementele aanbevelingen in verband met de aanpak en de vermindering van het ruimteafval. Het document werd uitgewerkt door de NASA en nodigt voornamelijk operatoren en bouwers van raketmotoren uit raketten te ontwikkelen die weinig brokstukken kunnen achterlaten of zich te beperken tot objecten die gemakkelijk kunnen verwijderd worden (na 25 jaar). Dit zijn slechts aanbevelingen. Maar in de toekomst werkt de

↔ De moderne lanceerraketten worden almaar properder. De Amerikaanse spaceshuttle veroorzaakt geen brokstukken bij een vlucht. Zijn grote brandstoftank volgt een ballistische baan en valt na een lancering snel naar de aarde terug.
Foto NASA



NASA bij voorkeur met "propere" bedrijven... Ruimtevaartbedrijven die contracten willen behouden of nieuwe winnen nemen dus best hun bezorgdheid om het ruimtemilieau au sérieux.

In Europa heeft de Franse ruimtevaartorganisatie CNES gelijkaardige regels uitgevaardigd. En ook de ESA heeft met het *Space Debris Mitigation Handbook* een handboek met gedetailleerde maatregelen in verband met deze problematiek. In concreto is de Europese lanceerraket Ariane merkkelijk "properder" geworden sinds vlucht 59 in september 1993. Sindsdien wordt de laatste

trap van de raket, die na het loslaten van de satelliet(en) in een baan om de aarde blijft draaien, "passief" gemaakt. Op het einde van de vlucht wordt de nog in de laatste rakettrap aanwezige brandstof verwijderd. Dat vermijdt het risico op fragmentatie als gevolg van een ontijdige explosie. Na het nemen van deze maatregel is geen enkele Ariane-rakettrap meer in de ruimte geëxplodeerd. Ook Japan heeft, net als de Russen en de Chinezen, maatregelen uitgewerkt die de hoeveelheid rommel in de ruimte moet verminderen. Maar daar gaat het echter niet om bindende regels.

... en concrete *initiatieven!*

Men onderzoekt alle mogelijkheden - van de eenvoudigste tot de ingewikkeldste en van de meest realistische tot de gekste - om de naaste omgeving van de aarde op te ruimen en te vermijden dat de hoeveelheid rommel in de ruimte toeneemt. Een aantal ervan zijn al uitgeprobeerd. De meest aantrekkelijke, zoals het "passief" maken van bovenste rakettrappen, worden langzaamaan algemeen toegepast. Andere moeten zich nog bewijzen of worden eenvoudigweg naar de prullenmand verwezen. Een kort overzicht.

De lancering van meerdere satellieten tegelijk is ongetwijfeld een interessante mogelijkheid. Een raket brengt verschillende kunstmanen in de ruimte en laat slechts één rakettrap en eventueel nog een structuur om de satellieten af te stoten achter. Een aantal ruimtevaartagentschappen stellen als regel voor dat slechts één object per gelanceerde nuttige lading zou vrijkomen.

De recuperatie van satellieten op het einde van hun operationele levensduur behoort eveneens tot de mogelijkheden. Dit is al een aantal keer toegepast



(zoals bij LDEF en Eureca). Er kan ook gedacht worden aan onderhoud van een nuttige lading in een baan om de aarde zodat het actieve leven ervan verlengd wordt. Dat gebeurt nu met de Hubble-ruimtetelescoop. Maar dit soort tussenkomsten is beperkt tot de baan waarin de spaceshuttle operationeel is.

We vermelden hierbij ook de techniek die kosmonauten aan boord van het ruimtestation Mir aanwenden om van hun "huishoudelijk afval" af te raken. Het



automatische bevoorradingsruimteschip Progress dient voor de opkuis. Alvorens van het station los te koppelen wordt het volgestouwd met allerlei afval. Daarop worden de Progress en zijn lading naar de aarde gestuurd om in de hoge lagen van de atmosfeer te verbranden. Wat Mir betreft, kan opgemerkt worden dat in de dertien jaar dat het station in een baan om de aarde uitgebaat wordt, meer dan 300 heuse ruimtbrokstukken ontstonden. Ze werden bijna allemaal "gegrepen" en geëlimi-

neerd door de bovenste lagen van de atmosfeer van de aarde.

Nuttige ladingen uit hun baan halen of doen terugkeren naar de aarde wanneer ze nutteloos zijn geworden is een verlokkelijke optie. Voor hoge banen om de aarde is deze mogelijkheid echter niet erg realistisch. Wanneer men de zeer nabije omgeving van de aarde verlaat is er snel zeer veel brandstof nodig om een nuttige lading terug te halen. Deze techniek is dus slechts haalbaar voor lage banen

of om satellieten buiten dienst in lagere banen te brengen, waarin het ongeveer 25 jaar duurt alvorens ze naar de aarde terugvallen. De terugkeer naar de aarde van bepaalde kunstmannen met kernreactoren zorgt zonder twijfel voor specifieke problemen, in het bijzonder mogelijke radioactieve besmetting in het "landingsgebied". De grote ruimtevaartagenschappen hebben specifieke regels uitgevaardigd voor deze satellieten.

Een "kerkhofbaan" of baan voor ruimterommel wordt momenteel veel gebruikt voor hoofdzakelijk geostationaire satellieten. Om "verkeersopstoppingen" in deze erg drukke omloopbaan op 35.800 km hoogte te vermijden is het de gewoonte niet meer operationele satellieten in een meestal 300 km hogere baan te brengen. Wanneer ze in deze "kerkhofbaan" zijn aangekomen worden ze helemaal uitgeschakeld wat hun definitieve einde betekent. Er bestaan ook banen voor ruimterommel op lagere hoogten, in het bijzonder voor lage banen om de aarde.

Laserstralen om bepaalde objecten in een baan om de aarde te vernietigen worden momenteel bestudeerd. Ze zijn een erfenis van het Amerikaanse "Star Wars"-programma. Deze techniek behoort tot de mogelijkheden maar is evenmin een toverformule. In dat geval moet trouwens gevreesd worden voor een explosie en nieuwe brokstukken... Deze techniek zal dus nog op zich laten wachten.

← Tijdens zijn dertien jaar lange leven in een baan om de aarde zorgde het ruimtestation Mir alleen al voor 300 stukken ruimterommel. Foto NASA

Dossier Rommel in de ruimte

Geen *problemen* ver van de aarde

Ver ruimteafval, afkomstig van ruimtetuigen die de aarde hebben verlaten om de maan, de planeten en de buitenste regionen van ons zonnestelsel te verkennen, zijn voor de specialisten geen bron van zorgen.

"Of het nu om de maan of Mars gaat, de rommel levert daar geen enkel probleem op", meent Nicholas Johnson. *"Ver van onze planeet zijn de gravitationele storingen waaraan sondes en satellieten worden onderworpen*

helemaal niet te vergelijken met wat we in de buurt van de

aarde ondervinden. Samen met de Sovjets hebben wij bijvoorbeeld in de jaren '60 en de eerste helft van de jaren '70 verscheidene ruimtetuigen in een baan om de maan gebracht.

Ze zijn allemaal op het oppervlak van de maan te

pletter gestort. In tegenstelling tot de aarde heerst er rond de maan een zeer onstabiele omgeving waardoor ruimtetuigen snel terugvallen. Maar er is daar wel een ander soort 'vervuiling'. Omdat onze natuurlijke satelliet geen atmosfeer heeft die met de onze vergelijkbaar is komt alles wat in een baan om de maan wordt gebracht op termijn 'intact' op haar oppervlak aan. Er kan niets in de atmosfeer van de maan verbranden, omdat er nauwelijks een atmosfeer is", licht Johnson toe.

Wat moet er dan gebeuren met de sondes die de maan en de planeten verkennen?

"We stellen ons vragen", verduidelijkt de Amerikaanse deskundige. *"Men zou een kerkhofbaan kunnen afbakenen, maar dat lijkt niet erg realistisch. Een andere mogelijkheid zou kunnen bestaan uit het creëren van een zone op de maan waarin alle satellieten op het einde van hun leven zouden neerstorten. Dat is een mogelijkheid."* En de planeet Mars? *"Daar is de gravitationele toestand nog anders. Maar het aantal missies die de volgende 20 jaar richting Mars wordt gestuurd is niet voldoende groot opdat we ons met ruimteafval aldaar moeten bezighouden",* besluit hij.

➤ Nicholas Johnson is de Amerikaanse specialist op het vlak van de rommel in de ruimte. Alvorens hij bij de NASA kwam om zich met dit probleem bezig te houden, werkte hij voor het netwerk waarmee het Amerikaanse leger de ruimte bewaakt.
Foto C.D.B.



Dossier Rommel in de ruimte

Alle objecten in de ruimte worden vanop de grond gevolgd zolang ze in een baan om de aarde draaien. Dat gebeurt door het netwerk voor ruimtebewaking van het U.S. Air Force Space Command, dat afhangt van het Ministerie van Defensie van de Verenigde Staten.

Een **waakzaam** oog op de **“ruimterommel”**

Oorspronkelijk had het voornamelijk een puur strategische opdracht: elke ballistische raket waarnemen die op weg was naar de Verenigde Staten. De laatste tien jaar, na het einde van de Koude Oorlog en Star Wars, observeert het de naaste omgeving van de aarde. Zo moet elke ongelukkige "ontmoeting" worden voorkomen tussen een nuttige lading (een bemand ruimteschip, een ruimtestation en andere operationele satellieten) en een of ander bedreigend brokstuk in de ruimte. Voor het goed vervullen van zijn opdracht beschikt het netwerk over diverse hulpmiddelen, waaronder drie radars in Massachusetts en Californië. De bijeengebrachte gegevens worden onmiddellijk verwerkt in de basis van Cheyenne Mountain bij Colorado Springs in de staat Colorado.

Dit Amerikaanse netwerk voor de "bewaking" van de ruimte volgt dagelijks objecten met een diameter van minstens 10

cm. Door hun afmetingen zijn ze potentieel het gevaarlijkst voor operationele ruimtetuigen in een baan om de aarde. Ze vormen bovendien de basis van de officiële catalogus van objecten in de ruimte. Elk object wordt minstens één keer per dag waargenomen.

Objecten op minder dan 6000 km hoogte worden voornamelijk met behulp van radars gevolgd. Objecten op meer dan 6000 km hoogte worden zowel met radar als met optische hulpmiddelen (telescopen) geobserveerd.

"*Spijtig genoeg kunnen we objecten op minder dan 6000 km hoogte niet optisch volgen. Dat komt eenvoudigweg omdat het object zich in het licht moet bevinden en de telescoop in het donker om het op visuele wijze te kunnen waarnemen*", verklaart Walter Flury, de specialist inzake ruimteafval van het European Space Operations Centre (ESOC) van de ESA in Darmstadt

(Duitsland). "*Deze configuratie voldoet behoorlijk tijdens de avondschemering maar is echter van korte duur. Bij objecten boven 6000 km hoogte stelt zich geen probleem omdat ze bijna de hele nacht te zien zijn. In dat geval worden optische middelen ingezet om hun spoor te volgen of om elke ongewenste bezoeker op te sporen.*"

Er bestaat nochtans een uitzondering op wat hierboven is vermeld. In New Mexico gebruikt de NASA een optische telescoop met een vloeibare spiegel om objecten op lage hoogte te volgen. Er zijn immers een aantal objecten die niet met radar maar wel met optische middelen kunnen worden waargenomen. Dit soort waarnemingen gebeurt tot een hoogte van ongeveer 2000 km.

Objecten met een grootte van minder dan 10 cm tot deeltjes van 3 mm kunnen door de radars op aarde wel waargeno-

men maar niet echt gevolgd worden. Volgens deskundigen is dat echter voldoende. Wanneer een dergelijk object doorheen de smalle radarbundel passeert wordt het automatisch waargenomen. In het algemeen kan daarmee zijn grootte, hoogte en richting bepaald worden. Deze gegevens volstaan om het aantal deeltjes in een bepaalde baan te schatten.

Deze systematische waarneming bewijst zijn nut bij het vermijden van belangrijke incidenten met operationele satellieten in een baan om de aarde en is bovendien een soort "weersvoorspelling" met betrekking tot bemande ruimtevluchten. Zowel bij een vlucht van de spaceshuttle of de analyse van de baan van het ruimtestation Mir of van het ISS voor de volgende dagen, hoort het netwerk te waarschuwen voor elke bedreiging".

Dossier Rommel in de ruimte

Brokstukken vallen niet altijd volgens plan naar de *aarde* terug

Wanneer een vrij groot brokstuk in een lage baan om de aarde door de hogere lagen van de atmosfeer wordt afgeremd verandert zijn baan en maakt het een duik naar de aarde. Naargelang de massa en de samenstelling brandt het volledig op of verteert het slechts gedeeltelijk in de atmosfeer. In bepaalde gevallen stort het te pletter op de grond of duikt het in een of andere oceaan van onze planeet.

↗ Af en toe gebeuren "toevallige" ongelukken en vallen bijna volledige stukken van een lanceerraket op de aarde terug. Dat gebeurde bijvoorbeeld in 1997 in de Verenigde Staten toen twee stukken van een Delta-raket plotseling in Texas neerkwamen. Dit is een brandstoftank van meer dan 250 kilogram.
Foto NASA

↗ In juli 1979 werd het ruimtestation Skylab een stuk ruimteschroot en viel terug naar de aarde. Meerdere bemanningen verbleven gedurende verschillende maanden aan boord van het station.
Foto NASA

"Heel veel missies brengen al helemaal geen ruimterommel meer teweeg", zegt Nicholas Johnson. "Een vlucht van de spaceshuttle bijvoorbeeld produceert er geen enkel. De grote tank van het ruimteveer komt rechtstreeks op de aarde terecht. Omdat hij een balistische baan volgt bereikt hij nooit een baan om de aarde. Men zorgt er overigens ook voor dat hij in de oceaan terugvalt en niet in bewoond gebied. Dat is ook een manier om 'vervuiling van de ruimte' te voorkomen". De NASA heeft overigens beslist om strikte regels te hanteren bij het terugvallen van operationele ruimterommel op de aarde. De terugvalzones mogen zich niet op minder dan 370 km van vreemd grondgebied bevinden, 46 km van Amerikaans grondgebied en 46 km van de poolkap die Antarctica bedekt. Ook ESA respecteert deze afbakening.


Ondertussen vallen elke dag één of meerdere objecten op onze planeet terug. *"Van de 25.500 ruimteobjecten die tussen 1957 en 1998 door het Space Command van de U.S. Air Force werden opgetekend, zijn er 17.000 naar de aarde teruggevallen", zegt het Space Debris Handbook van de ESA. "De NASA publiceert elke*

maand voorspellingen voor objecten die binnen de 60 dagen terugvallen", verduidelijkt Walter Flury. "Het grootste deel van de tijd gaat het om brokstukken die het aardoppervlak niet bereiken. Maar er zijn ook uitzonderingen! Elke week komt een 'groot' object op de aarde terecht", geeft de Europese specialist aan.

Onder de "beroemdste" voorbeelden uit het verleden kan men de terugkeer naar de aarde vermelden van het Sovjetruimtestation Saljoet 7 of nog van het Amerikaanse station Skylab. Bij Skylab, een ruimtetuig van 72 ton dat in juli 1979 naar de aarde terugviel, werden de meest kwetsbare elementen in de atmosfeer losgerukt om er boven de Indische Oceaan in te verbranden. Zwaardere onderdelen zijn in Australië terechtgekomen. Naar schatting kwam 20 ton Skylab-materiaal op de aarde terecht. Saljoet 7 is op 7 februari 1991 teruggevallen. Ook van dit ruimtelabo overleefden stukken de doortocht door de atmosfeer. Ze werden teruggevonden in Zuid-Amerika, op enkele honderden kilometer van de Argentijnse hoofdstad Buenos Aires. In geen van beide gevallen vielen op aarde slachtoffers of gewonden.



In de nabije toekomst staat er nog een gelijkaardige spectaculaire terugkeer door de atmosfeer op het programma, namelijk van het ruimtestation Mir. Dit beroemde Russische ruimtestation heeft een massa van ongeveer 130 ton en zal naar alle waarschijnlijkheid in de loop van het jaar 2000 uit zijn baan gehaald worden. Mir zal gedeeltelijk in de ruimte verbranden alvorens in het zuidelijk deel van de Stille Oceaan te duiken. De NASA en het Russische ruimtevaartagentschap RKA werken samen bij deze terugval van Mir naar de aarde. Het Amerikaanse ruimtevaartagentschap schat dat 30% van de totale massa van Mir de doortocht door de atmosfeer zal overleven en op de aarde, of beter in de zee, zal terechtkomen.



De atmosfeer van de aarde is niet erg dicht. Toch is het door de atmosfeer dat het grootste deel van het ruimteafval dat naar de aarde terugvalt niet op ons hoofd terecht komt. In het algemeen verbrandt het in de atmosfeer en bereikt het nooit de grond.

Foto NASA

Het recht kent geen grenzen. Het is zelfs aanwezig in de kosmos, in de leegte van de ruimte, in de koude en de stilte van ons zonnestelsel... Moeten ook hier regels worden gerespecteerd, conventies toegepast en verplichtingen nagekomen ?

Het antwoord is even eenvoudig als de vraag naïef: waar de mens gaat, volgt het recht. Op 4 oktober 1957 begon het tijdperk van de ruimtevaart met de lancering van de eerste kunstmaan. De Spoetnik bestond niet alleen uit een kleine honderd kilogram metaal en technologie die in een baan om de aarde terechtkwamen, maar was ook een enorme uitdaging: de verovering van de ruimte waarbij ook juristen hun diensten kunnen bewijzen.

Ruimterecht



Een poging tot definitie

Het is niet eenvoudig ruimterecht te duiden. Refereert men naar de inhoud, het onderwerp, de doelstellingen...? Men kan ruimterecht definiëren als de tak van het Internationaal Publiek Recht dat de activiteiten van staten regelt met daarbij inbegrepen, gegroepeerd in internationale organisaties, de activiteiten in de buitenatmosferische ruimte. In werkelijkheid heeft deze onvolledige definitie de verdienste ons te bevragen over de huidige en zeer snelle evolutie op dit vlak. De voortdurende "privatisering" van de sector, de groeiende en moeilijk af te bakenen rol van internationale organisaties en de onophoudelijk afwisselende aard van de ruimtevaartactiviteiten maken deze poging tot definitie nog ingewikkelder. We zijn hier niet geïnteresseerd in wat sommige auteurs al het "economisch ruimterecht" hebben genoemd, noch in het interne recht van staten of internationale ruimtevaartorganisaties. We moeten ons beperken tot een kort overzicht van de fundamentele teksten die in het kader van de Verenigde Naties werden aanvaard en die de activiteiten op het vlak van het gebruik en de verkenning van de buitenatmosferische ruimte door staten regelen.

Hierbij is het goed te herinneren aan enkele reële situaties. De teksten waarover het gaat werden opgesteld in de jaren '60 en '70. Op dat ogenblik was ruimtevaart een monopolie van staten met een uitermate strategisch en militair aspect. Dat is ook nu nog het geval maar in een heel andere context waar projecten toepassingen allerhande omvatten. Teksten van het ruimterecht moeten dus gelezen worden tegen de historische en politieke achtergrond ten tijde van hun samenstelling.

Vrijheid, gelijkheid, broedertelijkheid?

Eén centraal idee dat uit deze teksten naar voren moet komen is zeker dat van de vrij-



← Zicht op het Paranal-plateau bij een zonsopgang boven de Stille Oceaan. Vooraan bevindt zich de telescoop Yepun, de vierde Unit Telescope van de VLT (Very Large Telescope). Daarachter bemerkt men de drie andere telescopen (van links naar rechts): Antu, Kueyen en Melipal. Melipal wordt als derde telescoop operationeel ("first light") in februari 2000.
Foto ESO

heid van gebruik en exploratie dat al meteen door het Ruimteverdrag van 1967 werd bekrachtigd. Deze vrijheid, in de zin waarin de naoorlogse grootmachten deze interpreterden, heeft verschillende gevolgen: het principe van niet-toe-eigening, het principe van samenwerking, het verbod op bepaalde gebruiken (nucleaire wapens, exclusieve uitbating...). Dit principe van vrijheid van gebruik en exploratie is niet alleen op het Ruimteverdrag gebaseerd. Het is ook de norm bij het personenrecht. Wanneer een staat (of meerdere staten) een bepaalde handelswijze ontwikkelt en andere staten (vaak stilzwijgend) aan deze handelswijze de kracht toekennen van een regel van internationaal recht, of anders gezegd, dat de impliciete aanvaarding door andere staten van deze handelswijze en zijn normatief karakter kan worden vastgesteld, dan ontstaat een internationale gewoonterechtsregel die geldt voor alle staten die deze regel hebben "aanvaard". In het geval van het gebruik en de exploratie van de ruimte heeft geen enkele staat geprotesteerd tegen de lancering van de eerste kunstmanen. De meeste staten hebben dit zelfs toegejuicht. Sommige auteurs hebben daarin de algemene aanvaarding gezien van het vrijheidsprincipe dat door het Ruimteverdrag werd hernomen. Men

spreekt van "ogenblikkelijke gewoonte". Er is overigens geen eensgezindheid over dit soort redenering. Het is daarentegen duidelijk dat het van belang is over een rechtsregel te beschikken die aan alle staten wordt opgelegd, zelfs de staten die de internationale conventies niet ondertekenden.

Een ander idee dat aan bod komt in het Verdrag van 1967 is dat van "erfdeel van de Mensheid", dat traditioneel "gemeenschappelijk patrimonium van de Mensheid" wordt genoemd. Het lijkt dat deze notie, die inder tijd volkomen nieuw was, niet kan worden verenigd met het principe van vrij gebruik. In werkelijkheid veronderstelt ze een dergelijke regel maar voegt ze er een bijkomende dimensie aan toe die er bijna in tegenspraak mee is. In het recht wordt onderscheid gemaakt tussen wat van niemand is en dus voor iedereen toegankelijk is en door iedereen kan gebruikt worden en dat wat van iedereen is en daarom moet gebruikt worden in ieders belang. De notie van "*res communis*" uit het Romeins recht illustreert de eerste categorie terwijl het "*gemeenschappelijk patrimonium van de Mensheid*" met de tweede overeenkomt, namelijk met positieve en uitgewerkte regels die ieder zijn juist aandeel garanderen. De grens tussen beide is in de



praktijk nog veel moeilijker vast te leggen dan in theorie. Een goed voorbeeld daarvan is het internationaal zeerecht. Zo heeft de Conventie van Montego Bay in 1982 op zijn beurt de notie van "gemeenschappelijk patrimonium van de Mensheid" vastgelegd. Ze heeft dit statuut toegekend aan de "Zone" (de zeebodems met uitzondering van de nationale continentale platten). In theorie kunnen daar metalen ontgonnen worden. De Conventie van Montego Bay heeft ingewikkelde regels ontwikkeld voor gezamenlijke ontginning met de oprichting van de *Internationale Autoriteit voor de Zeebodem*. Die moet de eerste investeerders verenigen, de ontginning van de Zone organiseren en er regels voor opstellen. Maar Deel XI van de Conventie van het Zeerecht, die voor de Zone het statuut van gemeenschappelijk patrimonium van de Mensheid regelt, lag aan de oorsprong van de relatieve mislukking ervan. De verschillende partijen vonden elkaar aan verschillende kanten van de onderhandelingstafel terug: enerzijds de industrielanden en anderzijds de ontwikkelingslanden. Twaalf jaar na de aanvaarding en na eideloze gesprekken werd de Conventie enigszins herzien: het Akkoord van 29 juli 1994 over de toepassing van Deel XI werd

een integraal deel van de tekst en de ontginning, die tot vandaag zo goed als dode letter is gebleven werd herzien en er werd een Noord-Zuidcorrectie aangebracht.

Om terug te komen op ons onderscheid tussen res communis en gemeenschappelijk patrimonium merken we op dat alleen de zeebodem het statuut van "gemeenschappelijk patrimonium van de Mensheid" krijgt. De wateren erboven zijn res communis of wat men gemeenzaam "no man's land" noemt. Nochtans vinden we daar ook mensen... Op enkele uitzonderingen na genieten ze van een regime van vrij gebruik (voor economische, wetenschappelijke of andere doeleinden). Dat betekent dat geen enkele staat er zijn soevereiniteit kan laten gelden en dat geen enkele nationale wet er geldig is (onverminderd de wetten aan boord van schepen die onder een bepaalde vlag varen). Maar dat betekent evenmin dat er zomaar alles toegelaten is. Uiteraard mag de vrijheid van andere gebruikers niet beperkt of ontzegd worden. En verder staan bepaalde internationale overeenkomsten nationale interventies op zee toe.

De zee is dus geen plaats waar geen recht heerst, maar een gebied dat onderworpen is

aan Internationaal Recht. Wanneer we dit voorbeeld naar de ruimte verplaatsen is er een sterke overeenkomst: hoewel de ruimte "gemeenschappelijk erfdeel van de Mensheid" wordt genoemd voldoet ze op zichzelf eerder aan de definitie van res communis (deze notie is eveneens terug te vinden in het statuut van de astronauten, die volgens het Verdrag van 1967 "gezanten van de Mensheid" zijn). Het Akkoord van 1979 geeft daarentegen aan de maan en de andere hemellichamen het statuut van "gemeenschappelijk patrimonium van de Mensheid". Het nodigt staten uit zodra dat nodig is een systeem ter ontginning op te zetten waarbij de voordelen verdeeld worden. Het Maanverdrag werd in 1984 van kracht maar het gebrek aan succes ervan onthult eveneens de politieke zwakte van de notie van gemeenschappelijk patrimonium. Het duurt soms lang alvorens grote ideeën tot rijpheid komen.

Een te kleine Ruimte...

Toch hebben de "space benefits", het gedeelde gebruik van de buitenatmosferische ruimte, niet te veel te lijden gehad van de betrekkelijke mislukking van het Akkoord van 1979. De verkenning van de hemellichamen situeert zich nog op het vlak van anticipatie. Maar de houding "we zien wel als we er zijn" mag niet uit het oog verliezen dat de Ruimte al meer dan 50 jaar verkend wordt. Verder heeft de notie van natuurlijke rijkdommen in de ruimte nooit het voorwerp van diepgaande debatten uitgemaakt. Zijn de wetenschappelijke kennis van het heelal, de waarneming van de ruimte vanop de aarde en omgekeerd, omloopbanen die geen hemellichamen zijn maar imaginaire ellipsen rond de aarde niet allemaal natuurlijke rijkdommen van de ruimte? Moeten ze dan niet overeenkomstig het vrijheidsprincipe gebruikt worden en, meer nog, moeten ze niet in het licht van hun statuut als gemeenschappelijk erfdeel van de Mensheid, gelijkmatig verdeeld worden over de verschillende landen van de

wereld? De geostationaire baan (GSO) is daar een goed voorbeeld van. Ook al is het huidige systeem dat in het kader van de ITU (International Telecommunications Union) ontwikkeld werd verre van perfect, het illustreert hoe de uitbating van de natuurlijke rijkdommen van de ruimte in de toekomst in zijn werk zou kunnen gaan. Deze baan bevindt zich op ongeveer 36.000 km van de aarde recht boven de evenaar en heeft de bijzonderheid in fase te zijn met de rotatiebeweging van de aarde. In een dergelijke baan hangt een satelliet vanop de aarde gezien zo goed als stil aan de hemel. Dit is duidelijk van belang voor communicatiesatellieten die op die manier ononderbroken een signaal kunnen doorsturen. De geostationaire baan werd aldus "bestormd" door een horde van allerhande satellieten. Geconfronteerd met deze feitelijke bezetting hebben een aantal op de evenaar gelegen ontwikkelingslanden (Brazilië, Colombia, Congo, Congo-Brazzaville, Ecuador, Indonesië, Oeganda en Kenya) in 1976 de *Verklaring van Bogota* ondertekend, waarmee ze hun soevereiniteit bevestigden op dat deel van de geostationaire baan boven hun grondgebied. Deze landen waren weliswaar zelf niet helemaal overtuigd van de juridische motivatie van hun eis, maar het ging om een krachtige politieke actie die voorafging aan de verdeling en de bestemming van de geostationaire posities door de ITU. Het valt op te merken dat deze landen niet een reglementering vroegen waarbij de rechtstreekse of onrechtstreekse voordelen van de uitbating van geostationaire satellieten werden verdeeld... Vandaag lijkt de Verklaring van Bogota verleden tijd. Colombia, het belangrijkste deelnemende land, heeft aan het Comité van de Verenigde Naties voor het Vreedzaam Gebruik van de Ruimte (UNCOPUOS) laten weten dat het afziet zich te beroepen op de juridische motivatie en de eisen van 1976.

De Ruimteverdragen

1. Het Ruimteverdrag

In feite is er slechts één enkel verdrag met als titel: *Verdrag over de principes, die de activiteiten van Staten op het vlak van de verkenning en het gebruik van de buitenatmosferische ruimte beheren, daarbij inbegrepen de maan en de andere hemellichamen*. Het werd afgesloten op 27 januari 1967 (momenteel hebben 115 landen het ondertekend) en werd door België geratificeerd op 30 maart 1973. Het werd internationaal van kracht op 10 oktober 1973. Het is het "Charter van de Ruimte". Het herneemt de belangrijkste fundamentele principes, bevestigd door de resoluties van de Verenigde Naties in het begin van de jaren zestig. Het legt een reeks verplichtingen op aan staten en *alleen* aan staten. Deze verplichtingen moeten ook gerespecteerd worden door die staten, die lid zijn van internationale ruimtevaartagentschappen, zelfs als deze zelf geen voorwerp van het Verdrag uitmaken.

Er werd reeds gesteld dat het Verdrag het principe van vrijheid van gebruik en exploratie van de buitenatmosferische ruimte omvat en de notie van erfdeel van de Mensheid. Daarnaast bepaalt het een aantal algemene of bijzondere regels en principes in verband met ruimtevaart-



activiteiten. Deze regels moeten door specifieke overeenkomsten uitgewerkt worden.

Deze overeenkomsten zijn:

- *het Akkoord op de redding van astronauten, de terugkeer van astronauten en de teruggave van objecten, gelanceerd in de buitenatmosferische ruimte* (Akkoord over de astronauten), van 22 april 1968, geratificeerd door België op 15 april 1977;
- *de Conventie over de internationale verantwoordelijkheid bij schade veroorzaakt door ruimteobjecten* (Conventie over de verantwoordelijkheid), van 29 maart 1972, geratificeerd door België op 13 augustus 1976;
- *de Conventie over de registratie van objecten gelanceerd in de buitenatmosferische ruimte* (Conventie over de registratie), van 14 januari 1975, geratificeerd door België op 24 februari 1977;
- *het Akkoord over de activiteiten van Staten op de maan en de andere hemellichamen* (Akkoord over de maan), van 18 december 1979, niet ondertekend door België.

We merken hierbij op dat België vier van de vijf verdragen van het Ruimterecht heeft ondertekend. Hierdoor heeft ons land een aantal verplichtingen die helemaal niet vervallen omdat België een ESA-lidstaat is.

2. De conventies over verantwoordelijkheid en registratie

Deze verplichtingen zijn in het bijzonder belangrijk in het kader van de Conventie over de verantwoordelijkheid en de Conventie over de registratie. Zonder in detail te treden kunnen de regels betreffende de internationale verantwoordelijkheid, opgezet door deze twee werkinstrumenten, als volgt beschreven worden. Zodra een land een object in de ruimte lanceert of wil lanceren of zijn grondgebied of installaties leent voor een dergelijke lancering, ondersteunt het de internationale verantwoordelijkheid van deze lancering evenals de exploitatie in de ruimte van dit object. Het wordt aanzien als "lancerende

staat". Deze "bijzondere" internationale verantwoordelijkheid moet evenwel onderscheiden worden van de "algemene" internationale verantwoordelijkheid, opgelegd door het Verdrag van 1967. Ze mag eveneens niet verward worden met de internationale verantwoordelijkheid van gemeen recht.

De *internationale verantwoordelijkheid van gemeen recht* rust op een staat die zijn internationale verplichtingen niet heeft nagekomen; de *algemene internationale verantwoordelijkheid*, opgelegd door het Ruimteverdrag, wordt op zich genomen door elke staat die, door zijn deelname aan het gebruik van de ruimte, het risico moet dragen dat aan dit soort activiteiten eigen is en zich tegenover andere staten moet engageren alle nodige maatregelen te treffen om eventuele veroorzaakte schade te voorkomen en eventueel te herstellen. De *bijzondere internationale verantwoordelijkheid* voor in de ruimte gelanceerde objecten werd vastgelegd door de Conventie van 1972.

Deze laatste vorm van verantwoordelijkheid is gebaseerd op een onderscheid tussen twee soorten schade. De achterliggende idee is onderscheid te maken tussen, enerzijds, de deelnemers aan ruimtevaartactiviteiten die het risico verbonden met dit soort operaties delen en, anderzijds, de personen die niets met deze activiteiten te maken hebben en die de gevolgen van het risico niet moeten dragen. De Conventie legt dus een absolute verantwoordelijkheid op voor schade aan personen of voorwerpen op het aardoppervlak of in de lucht. De lancerende staat (of staten) draagt dus de kosten voor het herstel van de schade omwille van het loutere feit dat deze gebeurt en veroorzaakt wordt door het ruimteobject. Voor schade, veroorzaakt aan andere ruimtetuigen, daarbij inbegrepen eventuele personen aan boord gaat het om een verantwoordelijkheid bij fout. De staat die slachtoffer is moet de fout en de opge-

lopen schade aantonen en eveneens het oorzakelijk verband tussen de twee.

Om de nodige schuld te kunnen aantonen is de identificatie nodig van de lancerende staat. Daarom legt de Conventie op de registratie op dat een nationaal register wordt bijgehouden waarin alle objecten zijn ingeschreven die de staat in de ruimte lanceert. We benadrukken hierbij dat de Conventie over de verantwoordelijkheid en de Conventie over de registratie niet apart kunnen bestudeerd worden.

De internationale verantwoordelijkheid aangaande objecten in de ruimte brengt veel vragen teweeg waarvan er een aantal heel actuele problemen zijn geworden. Zo wordt al jaren over de rommel in de ruimte gesproken in de juridische en technische subcomités van UNCOPUOS... De definitie van een object in de ruimte omvat ook de onderdelen waaruit het is samengesteld. Maar het is niet mogelijk te bevestigen of een kunstmaan of een onderdeel ervan dat ongecontroleerd rond de aarde draait nog de internationale verantwoordelijkheid van de lancerende staat is (in de veronderstelling dat die nog identificeerbaar is) op basis van de Conventie van 1972. We herinneren er daarenboven aan dat de verantwoordelijkheid voor de schade veroorzaakt aan een ander object in de ruimte (wat het meest waarschijnlijk is voor een brokstuk in de ruimte) gebaseerd is op de fout van de lancerende staat. Die fout blijkt moeilijk vast te stellen en terecht: het stuk rommel in de ruimte is niet meer onder controle van die staat. Ondertussen worden de brokstukken in de ruimte met grote afmetingen permanent gevolgd. Hun baan kan dus worden bepaald. Verder kan men bepaalde normen uniform maken en hernemen in de internationale instrumenten die de lancerende staten verbinden. Ze zouden via intern recht worden opgelegd aan privé-uitbaters van ruimtesystemen. De vraag naar een internationale wetgeving ad hoc is nog niet actueel binnen de Verenigde Naties.

Er stelt zich nog een probleem bij de notie van schade, veroorzaakt door een object in de ruimte. De activiteiten op het vlak van de telecommunicatie, de waarneming van de aarde vanuit de ruimte en de satellietnavigatie zijn ideaal voor het ontstaan van een eindeloze reeks geschillen. Wat als een satelliet een verkeerd signaal zendt naar een landend vliegtuig? Wat met de schending van privé-domeinen door satellietfotografie? Wat als een internationaal organisme televisieprogramma's censureert? Ook hier gaat het, in verschillende gradaties, om schade veroorzaakt aan het aardoppervlak of aan voorwerpen in de lucht. De absolute verantwoordelijkheid van de lancerende staat kan worden aangesproken, ook al is deze staat geen operator meer van de satelliet. Vragen die niet meteen kunnen beantwoord worden en voor discussie zorgen...

En als besluit...

Tot hier een flink ingekorte benadering van het Ruimterecht met als bedoeling enkele stukjes van antwoorden te geven, in het bijzonder na de derde Conferentie van de Verenigde Naties over het vreedzame gebruik en de exploratie van de buitenatmosferische ruimte (UNISPACE III*), gewijd aan de voordelen van de exploitatie van de ruimte voor de 21e eeuw. Traditioneel waagt men zich aan enkele voorspellingen van wat er al dan niet zal gebeuren... Ik zal dat niet doen. Ik herinner er eenvoudigweg aan dat het Ruimterecht, en het Recht in het algemeen, de weerspiegeling van de mens is. De ruimtejuristen - met beide voeten op de grond maar het hoofd in de sterren - zijn noodzakelijkerwijs filantropen. Zij moeten geloven in een meer rechtvaardige, universele maatschappij en in een betere verdeling van de rijkdommen die het leven van elk van ons, nu of in de toekomst, bepaalt... Het zullen geen zoete dromers maar pragmatische en gepassioneerde mannen en vrouwen zijn. En gelukkig zullen ze niet de enigen zijn.

*door Jean-François MAYENCE,
Juridisch raadgever en opdracht-
houder bij de Dienst voor ruimte-
onderzoek en -toepassingen van de
DWTC.*

* Dit artikel werd geredigeerd in juni 1999, de Conferentie UNISPACE III vond plaats in Wenen in juli 1999.

Actualiteit

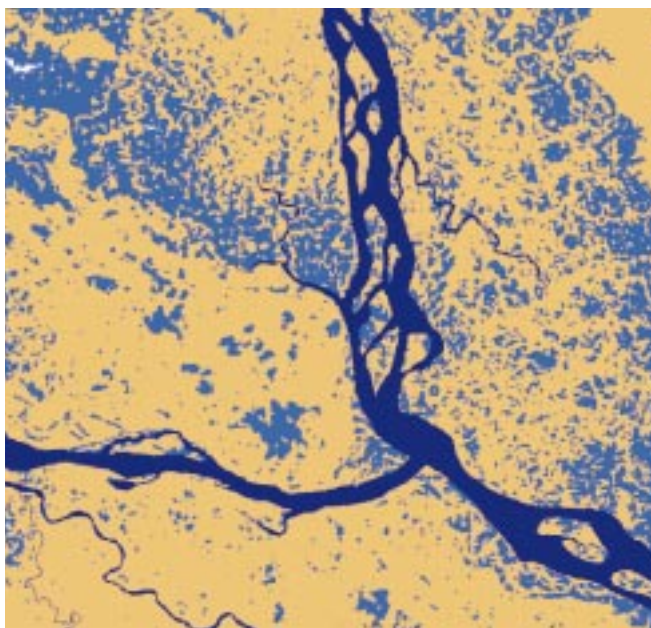
Satellieten nemen **overstromingen** in Bangladesh waar

De hevige moessonregens die sinds 11 juli Bangladesh teisterden hebben een spectaculaire verhoging van het waterpeil van de rivieren en de breuk van verscheidene dijken veroorzaakt. Dit land moet regelmatig vechten tegen overstromingen die een half miljoen mensen en 10% van het nationale grondgebied treffen. Om de lokale autoriteiten te helpen beter het hoofd te bieden aan deze natuurramp werd een plaatselijk grondstation voor de verwerking en ontvangst van satellietbeelden gebouwd. Het levert bijna rechtstreeks informatie over de overstromingen op basis van gegevens die door de radarsystemen aan boord van de ERS-aardobservatiesatellieten worden doorgestuurd.

Het station heet RAPIDS (voor *Real-time Acquisition and Processing Integrated Data System/Geïn-*

tegreerd Systeem voor de Ontvangst en Verwerking van Gegevens in Real-time) en wordt gefinancierd door nationale samenwerkingsprogramma's van Groot-Brittannië en Nederland. Het is vrij goedkoop en bestrijkt de Ganges en de Brahmaputra- Jamuna-vlakte, die kan overstromen. Het station werd door het Nederlandse NLR (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartinstituut) in Dacca gebouwd door Synoptics (NL), BURS (GB) en NRI (GB). Het wordt uitgebaat door specialisten uit Bangladesh, die samenwerken met de Organisatie die de planning uitwerkt in verband met de waterreserves van Bangladesh.

De uitbating van het station is mogelijk dankzij een door ESA gefinancierd project, waardoor de ERS-gegevens kunnen ontvangen en verwerkt worden en gedurende zes maanden de nodige overeenkomstige opleiding kan gebeuren.

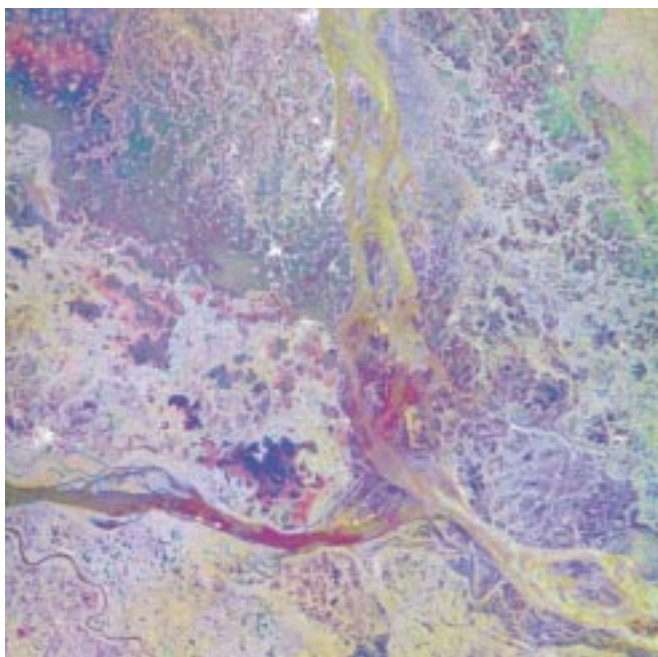


Dat gebeurt in het kader van een facultatief gebruikersprogramma van de ESA gefinancierd door België, Zwitserland en Nederland.

Dit project is een concreet voorbeeld van het engagement van Europa om ruimtevaartapparatuur te leveren aan ontwikkelingslanden, die het meest getroffen worden door grote rampen. In 1998 maakte Bangladesh de grootste overstroming van de eeuw mee. Daarbij kwamen meer dan 1200 mensen om het leven en was er voor meer dan twee miljard euro economische schade.

De *Synthetic Aperture Radar (SAR)* aan boord van ERS 1 en ERS 2 is bijzonder goed uitgerust om overstromingen in uitgestrekte gebieden waar te nemen. Hij heeft immers geen last van wolken en kan dag en nacht waarnemen. De beelden bedekken een gebied van 100 x 100 km dat zich bevindt aan

de samenvloeiing van de Ganges (links) en de Brahmaputra of Jamuna (boven). Deze opnamen zijn een voorbeeld van de technieken die worden gebruikt om de overstromingen in kaart te brengen. De eerste is een diachronische opname in valse kleuren en kwam tot stand uit drie SAR-beelden in zwart-wit. Deze beelden werden op verschillende ogenblikken gemaakt, zowel voor als tijdens de overstromingen. Op basis van de analyse en de interpretatie van dit diachronische beeld kon een tweede opname gemaakt worden, waarvan de kleuren overeenstemmen met de ondergelopen gebieden (blauw) en de niet overstromde streken (bruin), terwijl de normale beddingen van de rivieren zwart zijn. Deze informatie wordt vervolgens gekoppeld aan een numeriek model van het terrein. Daarmee kan het waterpeil bepaald worden en de duur van de overstromingen geëvalueerd.



Afrika maakt zich klaar voor MSG

Op lange termijn zullen de archieven waarin de radarbeelden van Bangladesh in het moessonseizoen zijn opgeslagen het gemakkelijker maken de gevoelige zones in visgebieden en landbouwculturen (in het bijzonder de rijstvelden) in kaart te brengen wanneer de vlakte door droogte of door grote overstromingen getroffen wordt. Door deze archieven kan men ook veranderingen optekenen bij de stroom van de rivieren en de natuurprocessen in de kustgebieden als gevolg van de moesson en de jaarlijkse overstromingen.

Sinds hun lancering in 1991 en 1995 verzamelden de satellieten ERS 1 en ERS 2 een grote hoeveelheid nuttige informatie over het aardoppervlak, de oceanen, ijsbergen, de poolkappen en de atmosfeer. De satelliet Envisat, die in 2000 met een Ariane 5 wordt gelanceerd, zal de Europese bijdrage zijn tot de studie van de ecologische problemen van onze planeet. Deze gesofistikeerde satelliet zal aan gebruikers nog meer nauwkeurige en gespecialiseerde remote sensing-gegevens leveren. Daarmee kunnen ze de veranderingen in het milieu identificeren en bestuderen. De satelliet zal ook betrouwbare informatie leveren waarmee men natuur-rampen en door mensen veroorzaakte catastrofes het hoofd kan bieden.

(ESA-persbericht 30-99 van 20 juli 1999)



PUMA-voorzitter Dr. Evans A. Mukolwe, directeur van de meteorologische dienst van Kenya bij een maquette op ware grootte van MSG.
Foto Eumetsat

De Afrikaanse meteorologen en hydrologen nemen de nodige maatregelen voor het begin van de waarnemingen met de Meteosat Second Generation (MSG)-satellieten in 2001.

Het huidige systeem van Meteosat-weersatellieten blijft nog gedurende een overgangperiode tot eind 2003 operationeel, maar er zijn nieuwe stations nodig voor de ontvangst van de numerieke gegevens van de tweede generatie Meteosat-kunstmanen.

In 1996 kreeg een werkgroep met de naam PUMA (Preparation for the Utilisation of MSG in Africa) op vraag van de Nationale Meteorologische en Hydrologische Diensten in Afrika (NMHS) de opdracht geleidelijk aan de overgang van Meteosat naar MSG voor te bereiden. PUMA moet de Afrikaanse gebruikers van het systeem informeren over de veranderingen i.v.m. MSG en het nodige geld verzamelen om op

het gewenste ogenblik de ontvangstapparatuur te kunnen vervangen.

Eumetsat en de World Meteorological Organisation ondersteunen actief de activiteiten van de werkgroep waarin zes vertegenwoordigers van Afrikaanse meteorologische diensten, vijf vertegenwoordigers van economische groeperingen van alle regio's van het continent en één vertegenwoordiger van het Afrikaans Centrum voor Meteorologische Toepassingen voor de Ontwikkeling zetelen.

PUMA heeft een schatting gemaakt van het materiaal dat bij de Afrikaanse NMHS-diensten moet vervangen worden en een document samengesteld met de behoeften van de gebruikers. Er is een budget voorzien van iets meer dan negen miljoen euro voor de financiering van MSG-grondstations in 53 Afrikaanse landen en zes regionale centra, bovenop

de nodige opleiding tot het gebruik van de MSG-gegevens en het onderhoud van de apparatuur.

In april 1999 werd bij de Europese Commissie een aanvraag voor financiële hulp ingediend. De daaropvolgende besprekingen in Brussel en Darmstadt leidden tot een werkplan met als bedoeling offertes aan te vragen voor de levering van de stations tegen midden 2000. De installatie van de eerste pilootstations is voorzien tegen midden 2001 en het project moet in zijn geheel voltooid zijn tegen midden 2003, zes maanden voor het einde van de huidige Meteosat-generatie.

Deze kalender moet nog officieel bevestigd worden door de Afrikaanse economische groeperingen en de financiering ervan door het comité van het Europees ontwikkelingsfonds.

(bron: Image, Eumetsat, september 1999)

Actualiteit

In **Peru** wordt met satellieten gevist

Vis is een hoofdbestanddeel in het voedsel van Peruanen. Hier is uiteraard de lange kuststrook van dit Zuid-Amerikaanse land niet vreemd aan. Het land heeft een visvloot van niet minder dan 800 middelgrote tot grote boten die het IMARPE, het nationale instituut voor maritiem onderzoek, met satellietapparatuur volgt. Peru is het land met de grootste visvloot die dit systeem op grote schaal heeft ingevoerd.

Op computerschermen in het hoofdkwartier van IMARPE worden alle boten gevisualiseerd: groene stippen zijn bewegende boten, rode staan voor stilliggende boten die hun netten hebben uitgewooid. Een muisklik op de stip en de naam en andere gegevens van de boot verschijnen op het scherm. Het systeem is verplicht, alle booteigenaars en reders betalen er voor. Op deze manier wordt het visbestand beter en duurzaam beheerd: de overheden weten immers voortdurend hoeveel en waar welke soort vis gevangen wordt.

Bovendien worden satellietgegevens benut om voor de Peruaanse kust de temperatuur en het zoutgehalte van het zeewater te kennen. Temperatuur en zoutgehalte kunnen in dit gedeelte van de Stille Oceaan hoge pieken bereiken wat de aanwezigheid van vis sterk beïnvloedt. De warme stromen veroorzaakt door El Niño veranderden de viswateren in 1997 en 1998 in bijna tropische zeeën waardoor de visvangst flink tegenviel. Nu is de toestand opnieuw normaal geworden.

Instituto del Mar del Perú :
www.imarpe.gob.pe/
 Ministerio de Pesqueria:
www.minpes.gob.pe/

Succes voor eerste commerciële lancering van **Ariane 5**

De Ariane 5-lanceerraket werkte zijn eerste commerciële opdracht met succes af. Op 10 december werd de astronomische observatiesatelliet XMM

(X-ray Multi-Mirror telescope) gelanceerd. Deze telescoop zal röntgenstraling uit het heelal bestuderen.

XMM stuurde reeds beelden van zichzelf door, amper vijf uur na het opstijgen. Hij bevond zich toen op 55.300 km hoogte. De beelden werden gemaakt door

twee microcamera's (430 gr) die in België werden gebouwd door OIP (Oudenaarde) en IMEC (Leuven). Het Centre Spatial de Liège was verantwoordelijk voor de optische en de kwalificatietests van de drie röntgentelescopen waarmee XMM is uitgerust.



Ariane 504 met de XMM in de neuskegel.
 Document ESA



Grafische voorstelling van XMM met een supernova op de achtergrond. Document ESA



Van 13 tot 15 juni 2000 wordt in Berlijn het eerste Space Station Forum gehouden, de eerste gebruikersconferentie met betrekking tot het internationale ruimtestation. Het forum wordt georganiseerd door de vijf ISS-partners.

Meer informatie op de internetsite: <http://www.estec.esa.int/ISSForum2000>

Een Europees *initiatief* voor het inzetten van satellieten bij rampen

Onze planeet loopt voortdurend het risico op rampen van natuurlijke oorsprong (overstromingen, aardbevingen, vulkaanuitbarstingen, bosbranden, tropische stormen enz.) of catastrofes veroorzaakt door mensen (zoals de uitstoot van koolwaterstoffen). Deze rampen brengen niet alleen heel wat menselijk lijden teweeg, maar ze veroorzaken ook een aanzienlijke tol en schade aan de gemeenschap. Aardobservatiesatellieten - in het bijzonder de ERS 1 en ERS 2 van ESA en Spot 1, 2 en 4 van CNES (in samenwerking met België en Zweden) - leveren aan de autoriteiten die deze rampen het hoofd moeten bieden betrouwbare infor-

matie die de gegevens van de conventionele waarnemingssystemen op de aarde en in de lucht aanvullen.

In de loop van de laatste jaren namen de ruimtevaartorganisaties in samenwerking met de voor burgerbescherming verantwoordelijke autoriteiten talrijke initiatieven om het belang en de mogelijkheden aan te tonen van de ruimtevaarttechnieken bij de bestrijding van rampen van natuurlijke of menselijke aard. Tijdens de UNISPACE III-conferentie in Wenen kondigden ESA-directeur-generaal Antonio Rodotà en directeur-generaal Gérard Brachet

van de CNES hun voornemen aan een charter tot stand te brengen van operatoren van satellietssystemen. Zo kan men op efficiëntere wijze rampen bestrijden.

Als zich een catastrofe voordoet zullen de ondertekenaars van het charter de organismen helpen, die belast zijn met hulp en bijstand. Ze zullen de technische hulpmiddelen van de ruimtevaart ter beschikking stellen (satellieten, apparatuur aan boord, het grondsegment en gegevensbanken van gearchiveerde beelden). Deze hulp zal geleverd worden op vraag van de autoriteiten die verantwoordelijk zijn voor de burgerbescher-

ming in de ondertekenende landen. In het bijzonder beloven ESA en CNES het gemeenschappelijk gebruik van hun satellieten. Zo kunnen de geografische zones, die door een ramp getroffen worden, beter waargenomen worden en kunnen snel de juiste gegevens geleverd worden.

Alle ruimtevaartagentschappen en de bedrijven die satellieten uitbaten uit de hele wereld kunnen medeondertekenaar van het charter worden.

(ESA-persbericht 31-99 van 22 juli 1999)

Vaarwel Mir

Eén van de laatste symbolen van de ter ziele gegane Sovjetunie nadert zijn einde. Het Russische ruimtestation *Mir* draait zonder bemanning rond de aarde. Eind augustus keerden de Russen *Viktor Afanasjev*, *Sergej Avdejev* en de Fransman *Jean-Pierre Haigneré* vanuit *Mir* aan boord van een *Sojoez*-capsule naar de aarde terug.

Mir krijgt dit jaar nog kort bezoek. In februari of maart gaat een allerlaatste bemanning naar het station om het in een lagere baan om de aarde te brengen. Daarna zullen de vluchtleders het station - dat een massa van 140 ton heeft - in de atmosfeer boven de Stille Oceaan laten verbranden, meer dan 14 jaar na de lancering van het eerste element. *Mir* zal dan drie keer langer dienst hebben gedaan dan aanvankelijk was voorzien.

Mir nog langer in de ruimte houden was voor Rusland, dat met enorm geldgebrek te kampen heeft, onhoudbaar. Pogingen om *Mir* nog langer operationeel te houden met geld van privé-sponsors liepen op niets uit.

Met het einde van *Mir* zal Rusland geen belangrijk eigen bemand ruimtevaartprogramma meer hebben. Het land is wel een belangrijke deelnemer aan het *International Space Station (ISS)*, dat momenteel in de ruimte wordt gebouwd. Nog 15 andere landen - waaronder België - doen aan dit grootse project mee. Rusland heeft het zelfs al moeilijk te voldoen aan zijn ISS-verplichtingen. In november staat de herhaaldelijk verdaagde lancering van de belangrijke Russische Service Module alias *Zvezda* ("Ster") voor ISS op het programma (foto).

Zvezda is nagenoeg een copie van de centrale *Mir*-module. "*Onze keuze is gemaakt*", zegt *Joeri Koptjev*, hoofd van het Russische ruimtevaartagentschap RKA. "*We zijn het tijdperk van internationa-*

le samenwerking binnengetreden." Maar veel Russen zullen ongetwijfeld bij deze noodzakelijke "keuze" weemoedig terugdenken aan de grote ruimtevaartsucces van weleer.

Zvezda. Document RKA

