

# Science 9 connection

Space Connection 52:

## Het programma Ariadna

Jules Verne,  
De revolutionaire kracht  
van technologische verbeelding



# inhoud

## Editoriaal

### Beleid

p.2 *Minister van Wetenschapsbeleid Marc Verwilghen geeft onderzoek een "boost"*

### Beeldhouwkunst

p.4 *Wit goud uit Congo*

### Schilderkunst

p.8 *Onderzoek naar de bronnen van de Vlaamse primitieven: de pre-Eyckiaanse paneelschilderkunst*

### Onderzoek

p.13 *Eureka, Europees onderzoek anders bekeken*

### Seismologie

p.17 *Gigantische aardbevingen en een symfonie van de aarde*

### Literatuur

p.21 *De revolutionaire kracht van technologische verbeelding*

### Aerodynamica

p.25 *Na een halve eeuw waait er nog steeds een frisse wind door het von Karman Instituut*

### Netwerk

p.28 *Grid computing: werken met de kracht van duizenden computersystemen*

### Elders

p.32 *Musea van heinde en ver*

### Web

p.34 *Focus op websites*

### Muziek

p.36 *Klank, spraak en muziek uit Afrika*

### Biologie

p.40 *De paradox van seksuele voortplanting, of: waarom seks?*

### Archieven

p.44 *Een bron voor de landschaps-geschiedenis: Het kaartboek van de Sint-Bernardsabdij in Hemiksem (1666-1671)*

### News en agenda



*Wit goud uit Congo*

4



*De pre-Eyckiaanse paneelschilderkunst*

8



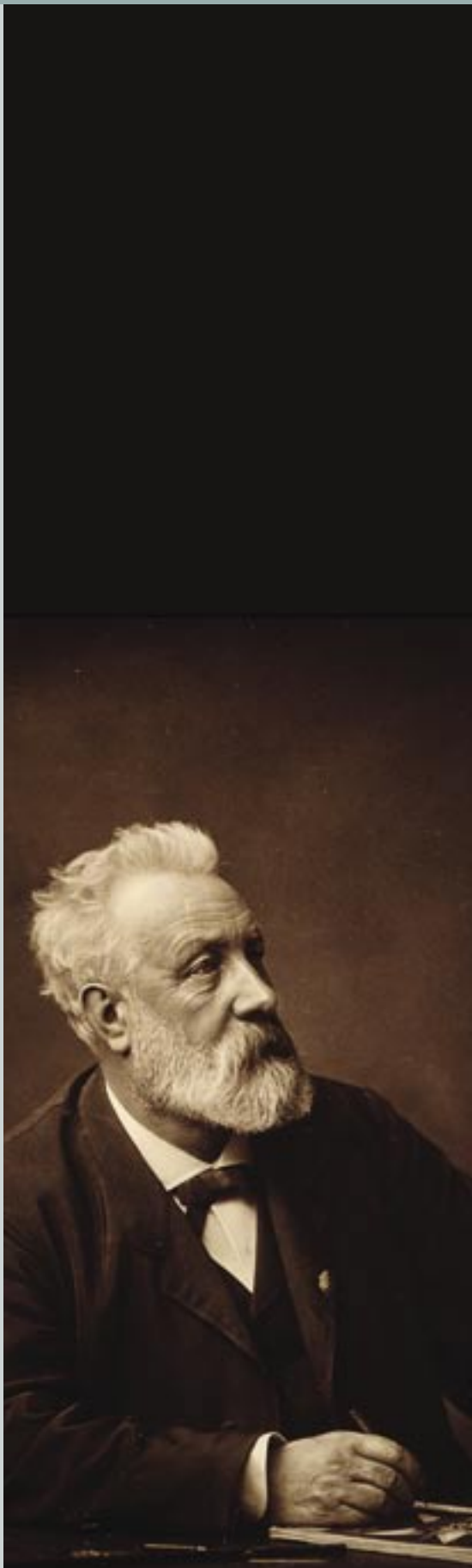
*Klank, spraak en muziek uit Afrika*

36



*De paradox van seksuele voortplanting, of: waarom seks?*

40



## Space Connection



*Ariadna - De ESA op weg naar de toekomst*

De Europese ruimtevaartorganisatie ESA zal, als alles goed gaat, op 28 december eerstkomende de eerste Galileo-satelliet lanceren. Deze 600 kilo wegende satelliet met de naam Giove-A zal, onder andere, enkele waardevolle zendfrequenties bieden en wordt de eerste van in totaal zowat dertig satellieten die op een hoogte van 23 222 kilometer rond de aarde zullen cirkelen.

Het Europees satellietnavigatiesysteem, dat een tegengewicht moet vormen voor het Amerikaanse GPS, werd lange tijd door velen als een geldverslindend project gezien met vrijwel geen kansen van slagen. Het is waar dat het project heel wat voeten in de aarde heeft gehad en dat nog niet alle, met name politieke en financiële, onzekerheden die op het welslagen ervan wegen, uit de weg zijn geruimd. Toch kan men nu al van een overwinning van Europa spreken, en meer in het bijzonder van de Commissie en ESA die samen achter het project staan.

Galileo ware uiteraard ondenkbaar geweest indien de 17 lidstaten van ESA er niet van overtuigd waren dat onze economie van morgen en onze toekomstige plaats in het concert der mogendheden grotendeels afhankelijk zijn van onze huidige investeringen in de ruimtevaartsector. De Belgische federale overheden hebben deze overtuiging altijd

gedeeld en daardoor behoort ons land, zoals Jean-Jacques Dordain, Directeur-generaal van ESA het onlangs nog zei, tot de voortrekkers van ESA.

In dit nieuw nummer van ons magazine worden de projecten van de Europese ruimtevaartorganisatie op een boeiende manier uit de doeken gedaan. De Science Connection zal u daarnaast zoals altijd eveneens kennis laten maken met uiteenlopende disciplines. Seismologie, uit goud en ivoor vervaardigde beeldhouwwerken en geslachtelijke voortplanting hebben één zaak gemeen: ze maken deel uit van het zeer groot aantal onderwerpen die in het kader van het Federaal Wetenschapsbeleid worden bestudeerd en die dus ook in dit nummer aan bod komen.

Ik wens u veel leesplezier toe.



Dr. Philippe Mettens  
Voorzitter van het Federaal Wetenschapsbeleid



Dr. Philippe Mettens

# Minister van Wetenschapsbeleid

## Marc Verwilghen geeft onderzoek een "boost"

**G**raag wil ik even stilstaan bij de weg die ons land inslaat naar een performante kenniseconomie, overeenkomstig de op de top van Lissabon vastgelegde strategie.

**Hoe staat het in België met de doelstelling van Barcelona waarbij in 2010 3% van het BBP aan O&O moet worden besteed ?**

Op dit ogenblik behoort België niet tot het koppeloton van de Europese kenniseconomie en staat het ruim achter op de landen die wereldwijd het klassement aanvoeren, te weten de Scandinavische landen, Japan en de Verenigde Staten. In onderstaande tabel komt dit duidelijk naar voor.

Uit de laatste cijfergegevens voor 2002 en 2003 blijkt dat ons land minder concurrentieel is voor wat de O&O-investeringen betreft. Dit geldt in hoofdzaak voor de privé-sector, waar voornoemde investeringen duidelijk zijn gedaald, hoewel zij nog lichtjes boven het Europese gemiddelde blijven (in % van het BBP).

Bij de federale overheid, die in 2003 29,63% van de overheidskredieten voor O&O voor haar rekening nam, blijven de kredieten voor O&O te stagneren. In die cijfergegevens (die net als de gegevens over de uitgaven voor O&O aantonen dat wij ons van de doelstelling van Barcelona verwijderen) wordt evenwel geen rekening gehouden met de in 2003 in het leven geroepen fiscale stimuli, welke niet zijn ingeschreven als begrotingskredieten (het betreffen immers fiscale uitgaven). De beste begrotingskredieten vertalen onze forse inspanningen terzake niet. De recente regeringsinitiatieven, waarop ik zal terugkomen, moeten de overheidskredieten

voor O&O vanaf dit jaar opnieuw doen stijgen.

De deelgebieden van hun kant, te weten de Vlaamse Gemeenschap en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, zien hun aandeel stijgen, in tegenstelling tot de Franse Gemeenschap en het Waals Gewest; deze laatste hebben onlangs belangrijke maatregelen genomen met als doel op dat vlak ook meer inspanningen te leveren.

Het halen van de Europese doelstellingen, te weten de binnenlandse uitgaven voor O&O tegen 2010 op 3% van het BBP brengen, is dus een meer dan hachelijke onderneming. Alle gezagsniveaus hebben al talrijke maatregelen genomen om de neerwaartse trend om te buigen.

**De vraag die nu meer dan ooit rijst is: wat hebben we gedaan en wat moet worden gedaan om die uitdaging aan te nemen ?**

Een noodzakelijk element is de grondige verbetering van de financiële voorwaarden voor privé-investeringen in O&O. Om concurrentieel te blijven op O&O-gebied zijn in ons land structurele maatregelen nodig om de kostprijs van de onderzoekers te drukken.

Daarom heeft de regering beslist om fiscale maatregelen uit te werken voor de onderzoekers, het Ideeënfonds te lanceren, te voorzien in het statuut van de *Young Innovative Companies* en in een nieuw systeem van innovatiepremies.

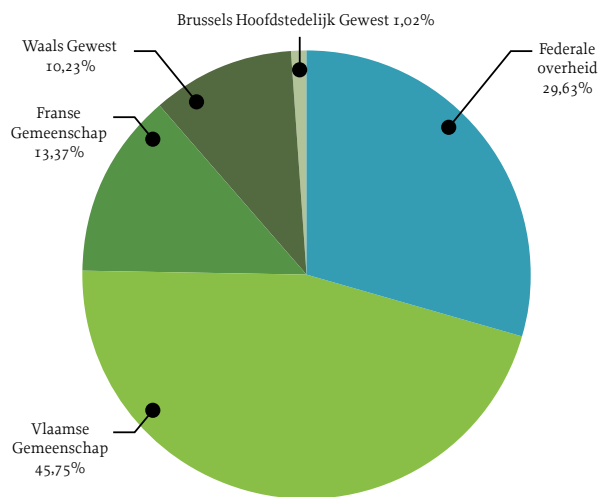
### Fiscale maatregelen ten gunste van de onderzoekers

Te benadrukken valt dat er al sinds 2002 fiscale maatregelen zijn genomen om de kostprijs van onderzoekers in

Internationale vergelijking van de bruto binnenlandse uitgaven voor O&O in % van het BBP

Land	2000	2001	2002	2003
België	2,00	2,11	1,99	1,92
Duitsland	2,49	2,51	2,53	2,55
Frankrijk	2,18	2,23	2,26	2,18
Verenigd Koninkrijk	1,86	1,87	1,90	1,89
Nederland	1,90	1,88	1,80	
Zweden		4,27		3,98
Finland	3,40	3,41	3,44	3,49
Europese Unie (15)	1,89	1,92	1,95	1,95
Verenigde Staten	2,72	2,73	2,66	2,60
Japan	2,99	3,07	3,12	3,15

Bron: CFS/STAT en Federaal Wetenschapsbeleid (2005) voor de cijfergegevens van België en OESO (2005) voor die van de andere landen.



Verdeling van de overheidskredieten voor O&O per overheid in 2003

Bron: Commissie voor federale samenwerking, Overleggroep CFS/STAT; berekeningen Federaal Wetenschapsbeleid, 2005.

de publieke sector (universiteiten, hogescholen en erkende wetenschappelijke instellingen) te drukken door 50% van de bedrijfsvoorheffing belastingvrij te maken. Mijn doel is die maatregel uit te breiden naar onderzoekers die betrokken zijn bij onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten in bedrijven.

Naast het bestaande partnerschap tussen de privé-sector en de academische wereld dat op 1 oktober 2005 het licht zag, neemt de regering een maatregel om vanaf 1 januari 2006 25% korting te geven op de bedrijfsvoorheffing (die verhoogd kan worden tot 50%) aan bedrijven die onderzoekers vergoeden die een diploma van doctor in de toegepaste wetenschappen, in de geneeskunde, in de diergeneeskunde of van burgerlijk ingenieur bezitten en betrokken zijn bij O&O-programma's. Het is een eerste stap om in 2010 te komen tot een gedeeltelijke vrijstelling van de bedrijfsvoorheffing voor alle werknemers in de onderzoekssector in België, zijnde meer dan 30 000 personen.

Er moet worden vermeden dat de openbare en de privé-sector tegen elkaar worden uitgespeeld. Elk beroep heeft specifieke kenmerken en streeft eigen onderzoeksdoelstellingen na. Het onderzoek aan universiteiten en in bedrijven moet daarom worden bekeken in termen van continuïteit, complementariteit en synergie.

Ik wens evenwel op te merken dat in 2006 voor de eerste keer zowel de overheidssector als de privé-onderzoekers gedurende een volledig jaar fiscale voordelen zullen genieten. Het bedrag van de fiscale uitgaven of de minderontvangsten van de federale regering zou zo'n 110 miljoen euro bedragen, zonder daarbij het recurrente karakter van die fiscale maatregelen, noch het "sneeuwbal-effect" ervan te vergeten.

### Ideëenfonds

Vóór de zomervakantie heeft de regering besloten een budget van 150 miljoen euro vrij te maken voor de creatie van een Ideëenfonds.

Met dit door de federale regering aangeboden budget moet het mogelijk zijn om, samen met de aanvullende inspanningen van de gewesten en privé-investeerders, zo'n 300 tot 400 miljoen euro te pompen in de oprichting van innoverende bedrijven en in de financiering van projecten die economische groei en nieuwe jobs genereren.

Dat is een eerste reactie op de oproep om het innovatieproces in ons land structureel te doen opleven en om de tekortkomingen in het aanbod aan risicokapitaal weg te werken voor degelijke projecten die in die sector dienen te worden opgezet.

### Young Innovative Company

Met het statuut van "Jong innoverend bedrijf" kunnen onze ondernemingen van Europa de aantrekkelijkste plaats voor ondernemers en investeerders maken. Frankrijk heeft als eerste die maatregel goedgekeurd en de verwachte sociaal-economische resultaten in termen van jobcreatie en nieuwe bedrijven zijn erg bemoedigend.

Vanaf 1 juli 2006 is het onderzoekspersoneel van die bedrijven (dat wil zeggen onderzoekers, onderzoekstechnici en beheerders van O&O-projecten, met uitzondering van het administratief en commercieel personeel) voor 50% vrijgesteld van de bedrijfsvoorheffing. Zo zullen die bedrijven hun loonkosten met 15% zien dalen en krijgt die veelbelovende sector qua economisch, sociaal en maatschappelijk rendement de nodige stimuli.

Bij de opstelling van de begroting 2006 heeft de regering de tekst van die nieuwe bepalingen goedgekeurd. Hij zal geïntegreerd worden in het wetsontwerp betreffende het generatiepact dat binnenkort aan het Parlement zal worden voorgelegd.

### Innovatiepremies (eenmalige innovatiepremies)

Het laatste punt van de regeringsmaatregelen voor meer innovatie in ons land zijn de innovatiepremies. Dit unieke Europese systeem dat bij wijze van experiment voor de duur van één jaar vanaf 2006 zal worden opgezet in het verlengde van het interprofessioneel akkoord 2005-2006, moedigt de innovatiedynamiek en -cultuur aan in onze bedrijven, dankzij een bijzonder aantrekkelijk systeem van fiscale en parafiscale vrijstelling (sociale zekerheid).

Innovatiepremies moeten vernieuwend zijn of tot nieuwigheden in bedrijven leiden. Concreet betekent dat bijvoorbeeld de ontwikkeling van een prototype. De innovatie zelf moet niet voortspuiten uit de vraag van een klant, maar wel uit een spontaan idee van een werknemer.

De premie dient niet ter vervanging van het loon en het bedrag (maximum één maand brutoloon) en het aantal begunstigden ervan (naargelang de grootte van het bedrijf) zijn begrensd.

Dit systeem is een echte Europese première, een echte innovatie, en hoewel het een experiment betreft dat enkel in 2006 zal lopen, hopen wij dat het tot een succes uitgroeit, zodat het kan worden verlengd.

Die uitdaging voor een nieuwe innovatiecultuur moeten wij aannemen in synergie en samenwerking met de bedrijven en de overheid, voor de groei van onze economie en de creatie van nieuwe jobs.

Marc VERWILGHEN

Minister van Economie, Energie, Buitenlandse Handel en Wetenschapsbeleid

# Wit goud uit Congo

## of de kortstondige opleving van de ivoorsculptuur in België rond 1900

**D**at België een koloniaal verleden heeft, behoort tot het collectieve geheugen. Dat dit wingewest een enorme invloed uitoefende op de Belgische decoratieve kunsten, is minder bekend. Zo sprak men niet over art nouveau: de stijl die omstreeks 1900 hoogtij vierde, werd in de volksmond *Style Congo* genoemd. Absoluut hoogtepunt daarvan was de chryselefantiene sculptuur, die een kortstondige maar ongeziene top bereikte.

De term *chryselefantien* is een afgeleide van de Griekse woorden *Χρύσεος* (*chrusos*) en *ελεφάντινος*, (*elephantinos*) wat respectievelijk 'in goud' en 'in ivoor' betekent. In

de Klassieke Oudheid kende de techniek een climax met als beroemdste werk een Phidiasvoorstelling van de oppergod Zeus, een van de zeven wereldwonderen. In Europa en vooral in onze gewesten zou de ivoorsnijkunst, al dan niet gecombineerd met metaal, een laatste bloeiperiode beleven in de 17de eeuw met kunstenaars als Duquesnoy, Faydherbe, Van Opstal en het geslacht Pompe. De opflakering in het laatste decennium van de 19de eeuw was een artificieel fenomeen. De chryselefantiene sculptuur werd nieuw leven ingeblazen door de koloniale politiek teneinde de privé-kolonie van Leopold II geliefd te maken bij de Belgische bevolking.

Fernand Dubois,  
Bruidskoffer, 1897. Ivoor,  
Congoles hout  
en verzilverd brons.  
(Koninklijke  
Musea voor Kunst en  
Geschiedenis, inv. Sc. 62)



Toen in 1885 het Belgische parlement Congo-Vrijstaat – met Leopold II als enige soeverein – erkende de ontginning van de natuurlijke rijkdommen van het verworven gebied. Er werd geïnvesteerd in de infrastructuur van de kolonie tot zij in 1890 op een faillissement afstevende. Het gevolg was dat het vrije handelssysteem werd vervangen door het veel lucratievere regime van roofbouw en dwangarbeid. De kritiek die in eerste instantie de geldstroom naar Kongo hekelde, ruimde plaats voor internationale aanklachten tegen de wantoestanden van het koloniale bewind.

In Antwerpen namen de koloniale handelsactiviteiten zodanig toe dat de metropool vanaf 1891 uitgroeide tot werelddraaischijf van Congolese producten: ivoor, rubber en palmderivaten. In de eerste jaren was ivoor het belangrijkste koloniale product, maar vanaf 1895 werd het verdrongen door rubber, waarvan de handel explodeerde als gevolg van de uitvinding van de luchtband. De eerste lading slagstanden werd gelost in 1888 en werd eerst uit de hand verkocht zoals in Liverpool en Londen. Vanaf 1889 werden openbare verkopen georganiseerd. De ivoorhandel steeg in Antwerpen van een kleine 6 ton in 1888 tot meer dan 273 ton in 1895. Die hoeveelheden, waarvoor jaarlijks ongeveer drieduizend olifanten werden afgeslacht, waren zo indrukwekkend dat regelmatig artikels verschenen over de vrees van het voortbestaan van het slurfdier. De waarde van de slagstand was afhankelijk van zijn afmeting en vorm. Bij verkoop werden ze ingedeeld in drie groepen: de grote (> 25 kg), de middelmatige en de kleine (< 18 kg). Fouten als barsten, spleten of tandziekten hadden eveneens een belangrijke impact op de handelswaarde. Afrikaans ivoor, dat wordt onderverdeeld in drie hoofdgroepen, namelijk *ivoire vert* (Gabon), *ivoire blanc* (Abessinië, Mozambique en Zanzibar) en *ivoire blanc-vert* (Congo en Soedan), onderscheidt zich van Aziatisch door de aanzienlijke grootte van de slagstanden (tot 2 meter), de vastere structuur en het feit dat het minder snel vergeelt bij blootstelling aan licht.

In de 19de eeuw kende ivoor een ruime toepassing voor de productie van industriële snuisterijen en gebruiksvoorwerpen als tabaksdozen, handborstels, haarspelden en kammen. Ook biljartballen werden uit ivoor gesneden en pianotoetsen werden ermee bekleed. Voor de beeldhouwkunst werd ivoor nog nauwelijks gebruikt. Na een zekere bloei einde 16de en begin 17de eeuw, verdween deze traditie gestaag in de 18de eeuw als gevolg van de opkomst van goedkopere materialen als porselein, wat massaproductie toeliet. In de talrijke Europese porseleinmanufacturen werden vaak ivoorsnijders aangeworven als modelmeesters. Toch bleven onder impuls van de adel in Duitsland en Frankrijk ivoorateliers bestaan. In Frankrijk werden ze doorgaans geleid door toonaangevende edelsmeden die sporadisch chryselefantiene sculpturen, doordrongen van nostalgie naar de antieke beeldhouwkunst, vervaardigden.



Het ging echter niet om een levende kunstvorm. De bloei die de chryselefantiene sculptuur in Frankrijk en Duitsland omstreeks 1900 tot het einde van de art-decoperiode zou kennen, kwam er onder impuls van België.

Spilfiguur was Edmond van Eetvelde, sinds 1891 Staatssecretaris van de Onafhankelijke Congostaat. Hij informeerde de beeldhouwers over de enorme kwantiteit Afrikaans ivoor die in Antwerpen werd aangevoerd. Op voorwaarde dat zij er een artistieke creatie uit zouden snijden om te exposeren op de Wereldtentoonstelling van Antwerpen in 1894, schonk de Onafhankelijke Congostaat in de herfst van 1893 de mooiste slagstanden aan de geïnteresseerde kunstenaars. Hoewel het om een louter politiek manoeuvre ging om de rijkdommen van Congo te promoten bij de Belgische bevolking, werd het initiatief door pers en publiek toegejuicht wegens het eerdere herstel voor *“de materie waarmee Phidias de borsten van Juno en de torso van Jupiter liet schitteren”*<sup>1</sup>. In 1894 ging slechts een klein aantal beeldhouwers in op het aanbod van Van Eetvelde, maar dezelfde oproep voor de koloniale tentoonstelling van Tervuren in 1897 mondde uit in een grandioos schouwspel. Meer dan in Antwerpen werd de expositie van 1897 gezien als een ideale kans om de antipropaganda die in toenemende mate een negatief beeld schetste van het koloniale beleid, te fnuiken. Daarom werden, om het spektakel effect te voeden, vier art-nouveaubouwmesters (Paul Hankar, Georges Hobé, Gustave Serrurier-Bovy en Henry van de Velde) aangeduid om de decoratie van vijf themazalen te ontwerpen. De eerste zaal, het prestigieuze *Eresalon*, was een hommage aan de Congolese natuurlijke rijkdommen: ivoor, hout, edelstenen en edelmetaal. Deze grondstoffen werden vertaald in een ensemble van meer dan 80 chryselefantiene sculpturen van 39 Belgische kunstenaars.

<sup>1</sup> E. DEMOLDER, *La Sculpture d'Ivoire*, in *L'Art Moderne*, jg. 14, nr. 22, 1894, p. 173.

Lading ivoor in de opslagplaatsen van de Compagnie Belge Maritime du Congo in Antwerpen, ca. 1900. (Cliché naar een postkaart)



Julien Dillens, *Allegretto*, 1894. Ivoor en zilver. (Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis, inv. Sc. 61.)



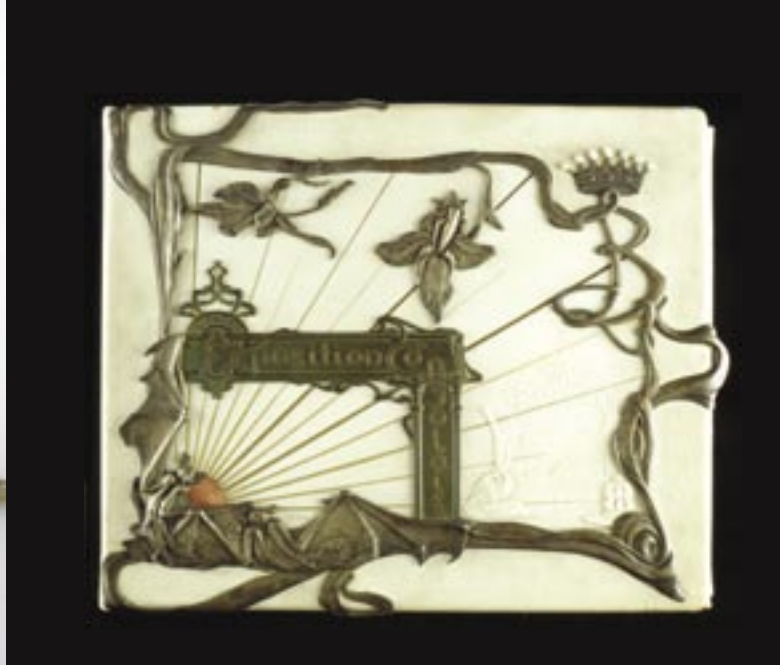
Philippe Wolfers, *Beschaving en Barbarij*, 1897-98. Ivoor, zilver en onyx. (Koning Boudewijnstichting, in bruikleen bij de Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis)

Philippe Wolfers, *Het Kongolees Album*, 1897-98. Ivoor, zilver, brons, goud, edelstenen, parels, email, pekari. (Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis, inv. Sc. 188.1.1.)

Het eresalon van de koloniale tentoonstelling van Tervuren in 1897. (Foto Alexandre) (Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis, inv. Sc. 188.1.B.)

Het absolute prestigestuk van deze schatkamer was de hoofdprijs van het loterijspel *In hic signo vinces*, een creatie van Charles Van der Stappen. Niet zozeer de esthetische kwaliteit verleidde talrijke journalisten tot uitgebreide recensies, vooral de duizelingwekkende waarde van het werk sprak tot de verbeelding. Niet het ivoor en het zilver maar de edelstenen die erin waren gezet, bepaalden de prijs van 100 000 toenmalige Belgische franken<sup>2</sup>. Naast de juwelen die het zwaard van de figuur tooiden, was vooral de zwarte diamant die in de muil van de draak was gezet als symbool van bezwering en ongeluk, uitzonderlijk. Bijzondere veiligheidsmaatregelen werden dan ook getroffen toen het beeld naar Tervuren werd getransporteerd. De esthetische kwaliteit van een ander werk dat Van der Stappen inzonder, de *Mysterieuze Sfinx*, zorgde ervoor dat de Onafhankelijke Congostaat, ongeacht de zeer hoge vraagprijs, onmiddellijk overging tot aankoop. De wijze waarop de kunstenaar er in dit werk in geslaagd was het zilver met het ivoor te laten vervloeien, werd door kunstcritici als virtuoos beschouwd. Andere hoogtepunten van de chryselefantiene sculptuur waren het *Allegretto* van Julien Dillens dat al in 1894 in Antwerpen werd geëxposeerd, *Naar het Oneindige* van Pieter Braecke, de *Bruidskoffer* van Fernand Dubois en de *Zwanenstreling* waarin de edelsmid Philippe Wolfers de uitdaging was aangegaan om in het werk een volledige slagtang te integreren.

Door de tentoonstelling van Tervuren ging de koloniale industrie gouden tijden tegemoet. Van Eetvelde werd beschouwd als de incarnatie van de voorspoed. Te zijner ere werd door de industriële wereld op 29 september 1897 in het Jubelpark een immens feest met meer dan 700 genodigden georganiseerd. Zij hadden ingetekend voor een chryselefantiene sculptuur, *Beschaving en Barbarij*, dat als geschenk voor Van Eetvelde bij Wolfers werd besteld. Het werk, waarvan de zilveren zwaan (beschaving) en draak (barbarij), een gevecht voerden voor het bezit van een lelie (zuiverheid), gesneden in een gedeelte van een ivoeren slagtang vervat in het zilveren omhulsel, omsloot een perkamenten rol met daarin



een lofrede op Van Eetvelde gesigeneerd door alle inteekenaars. Ook Léon de Béthune, die achter de schermen een belangrijke rol had gespeeld in het welslagen van de tentoonstelling, werd bedacht met een cadeau dat bij Wolfers was besteld: *Het Kongolees Album*. Dit album bevat 22 originele foto's van de tentoonstelling van Tervuren. Het plat, uitgewerkt als een waar juweel in ivoor, zilver, goud en brons, en belegd met edelstenen en parelsymboliseert hetzelfde gedachtegoed als *Beschaving en Barbarij*: de Belgische kolonisatie die haar beschavingslicht werpt over het duistere, barbaarse Afrika.

Hoewel het Belgische initiatief in de internationale pers werd bejubeld, betekende de tentoonstelling van 1897 de zwanenzang van de Belgische chryselefantiene sculptuur. Na 1897 moesten de kunstenaars betalen voor de dure slagtang. Niet alleen de prijs was een barrière, vooral de specifieke techniek die de ivoorsnijkunst vereist, was een struikelblok. Een beeldhouwer heeft veel verlies aan een slagtang. Voor hem is enkel de punt bruikbaar voor volsculptuur. De rest van de tand, die hol is, kan enkel worden gebruikt voor reliëfs. Omdat vochtig ivoor gemakkelijker



<sup>2</sup> Een Brusselse arbeider verdiende omstreeks 1900 ongeveer 3 Belgische frank per dag.



te bewerken is, wordt het bij de behandeling bewaard in een klamme doek met een zoutoplossing. Het wordt gesneden met scherpe stalen materialen in de richting van de nerven, dat om barsten te voorkomen, en het wordt met een wollen doek gepolijst.

Nog tijdens de tentoonstelling van 1897, stuurde de beeldhouwer Fernand Dubois een uitgebreide nota naar Van Eetvelde waarin hij het probleem van de ivoorbewerking bij de Belgische beeldhouwers aankaartte. Slechts weinigen beheersten de techniek en het merendeel was gedoemd om zijn creaties te laten uitvoeren in ivoorateliers in Parijs, omdat dergelijke werkplaatsen in België niet bestonden. Daarom pleitte hij voor de oprichting van een school waar de specifieke techniek zou worden onderwezen. De nota werd verticaal geklasseerd...

**Werner Adriaenssens**

## Loopbaan

- 1997: Licentiaat in de Kunstwetenschappen en Archeologie (Vrije Universiteit Brussel)
- 1998 – 2000: Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis: projectleider “Belgische decoratieve kunsten uit de eerste helft van de 20ste eeuw” & dienstdoend conservator van de afdeling Wandtapijten en Textiel
- Sinds 2000: Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis: Conservator van de Afdeling Decoratieve Kunsten, Kunstnijverheden en Grafische kunsten van de 20ste eeuw



Charles Van der Stappen, *Mysterieuze sinx*, 1897. Ivoor en zilver. (Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis, inv. Sc. 73).



Pieter Braecke, *Naar het oneindige*, 1897. Ivoor en brons. (Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis, inv. Sc. 59).





Onderzoek naar de bronnen van de Vlaamse primitieven  
**de pre-Eyckiaanse  
paneelschilderkunst**

Melchior Broederlam en Jacob de Baerze,  
Passieretabel, ca. 1392-1399.  
Dijon, Musée des Beaux-Arts.  
Links: rechterluik, Vlucht naar Egypte, detail: Jozef.  
Rechts: linkerluik, Annunciatie en Visitatie.

De kunst van de Vlaamse primitieven is wereldberoemd. De meest gerenommeerde musea ter wereld pronken met panelen van Jan van Eyck, Rogier van der Weyden, Hugo van der Goes, Hans Memling of Hieronymus Bosch. Het waren uitzonderlijk getalenteerde schilders. Hun nieuwe kunstopvattingen veroorzaakten een picturale revolutie in de Zuidelijke Nederlanden en vervolgens in heel Europa. De studie van hun werk is wereldwijd een geprivilegieerde wetenschappelijke discipline geworden.

Nauwelijks bekend is de schilderkunst die hen direct voorafgaat, op het einde van de 14de en het begin van de 15de eeuw. De restanten van deze kunst, die doorgaans de "pre-Eyckiaanse paneelschilderkunst" wordt genoemd, zijn erg schaars. De weinige, voor het merendeel oppervlakkige studies, hebben vaak geleid tot uiteenlopende interpretaties. Nochtans ligt hier misschien het antwoord op de immer onbeantwoorde vraag naar de oorsprong van de kunst der Vlaamse primitieven en van hun zo geroemde naturalistische beeldtaal.

### Een multidisciplinair onderzoek

Aan het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK) in Brussel loopt sinds 2003 een onderzoeksproject waarin de paneelschilderkunst van omstreeks 1400 systematisch wordt geëxploreerd met behulp van de modernste technische hulpmiddelen. In een eerste fase werd een bilan opgemaakt van vorige studies en werden de objecten geïnventariseerd die voor verder onderzoek in aanmerking komen. De lijst omvat voorlopig een 30-tal werken in binnen- en buitenlandse verzamelingen. Hoewel gering in aantal, is de verscheidenheid erg groot. Het gaat om reliekkistjes en -schrijnen, retabels, devotionele schilderijen in de vorm van een zelfstandig paneel, een tondo, een diptiek, triptiek of quadriptiek. Vorm en formaat variëren naargelang de bestemming en de functie van het werk, van handig kleinood tot indrukwekkend monument.

De kleine hoeveelheid aan bewaarde werken dwingt ons tot een minutieuze vergelijking met objecten uit de andere kunsttakken. Gepoogd wordt een netwerk van onderlinge relaties in kaart te brengen, zo gedetailleerd en verfijnd mogelijk. Alle invalshoeken van het moderne kunsthistorische onderzoek worden daartoe geëxploreerd. De 'klassieke' beeldanalyse, die peilt naar de betekenis van het werk, omvat het onderzoek naar de iconografische traditie, de typologie van composities en motieven, de symboliek, de stijl, de opdrachtgevers en de oorspronkelijke functie van het werk, met inbegrip van de ruimere context waarin het thuishoorde.

De onderliggende tekening – meestal niet bedoeld om te worden gezien, maar nu onthuld dankzij de infraroodfo-



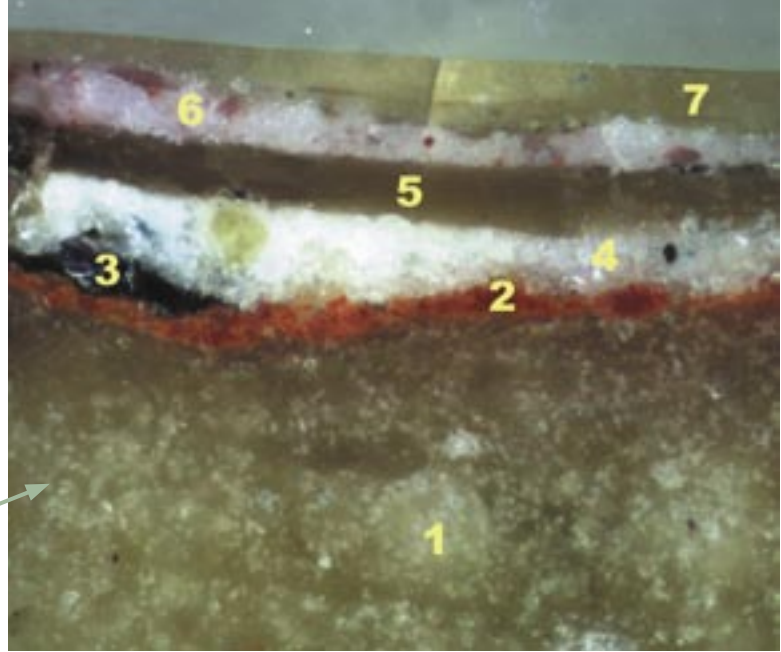
tografie en -reflectografie – plaatst ons zo nabij het ontstaan van het werk, dat we kunnen nagaan hoe de kunstenaar zijn composities ontwierp, wijzigde en bijstelde. Met behulp van de radiografie worden drager en verflagen in kaart gebracht, evenals lacunes en overschilderingen. De dendrochronologische analyse meet de jaarringen van de houten drager en kan bijgevolg een belangrijke aanwijzing vormen voor een approximatieve datering. De stereomicroscoop legt de rijkdom van de materie en de verscheidenheid aan technieken bloot. De laboratoriumanalyses worden toegespitst op de studie van de pigmenten en de bindmiddelen in de hoop bijkomende gegevens te ontdekken die de buitengewone diversiteit aan optische kwaliteiten – kenmerkend voor de 15de-eeuwse schilderijen – kunnen verklaren. Het meesterschap van de Vlaamse primitieven kan maar worden begrepen op grond van een lange traditie van wisselende technische experimenten die ongetwijfeld ook sporen hebben nagelaten in de schilderijen van hun voorlopers.

### Een artistiek kluwen

Het onderzoek wordt bemoeilijkt door uiteenlopende factoren. De afbakening van het onderzoeksdomein is niet eenvoudig, zowel op geografisch als op chronologisch gebied. Vorsten regeerden over diverse, vaak van eigenaar wisselende gebieden. Rondreizende kunstenaars bouwden een netwerk van contacten uit. Artistieke modellen circuleerden via schetsboeken, en er waren tal van prestigieuze bouw- en decoratieprojecten die een 'internationaal' gezelschap van kunstenaars aantrokken.



*Ursulaschrijn,*  
ca. 1400-1415.  
Brugge, Memlingmuseum,  
Sint-Janshospitaal.  
Ensemble, détail  
en dwarsdoorsnede.  
(1) krijtpreparatie met  
waterig bindmiddel,  
(2) vermiljoen,  
(3) koolstofzwart,  
(4) loodtingeel type I en  
azuriet,  
(5) vernis,  
(6) overschildering in lood-  
wit, calciet en een rode  
aluminolak en  
(7) vernis.



De kunstproductie omstreeks 1400 wordt gedomineerd door het grensoverschrijdende fenomeen van de "Internationale Stijl", een artistieke stroming die toonaangevend was aan de Europese vorstenhuizen. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de kracht en invloed van regionale tradities. Ondanks de gelijklopende tendensen is de artistieke expressie omstreeks 1400 ook erg verscheiden. Een gemeenschappelijke esthetiek is aanwijsbaar, maar niet in die mate dat men zou kunnen spreken van een uniforme beeldtaal. Het is geen sinecure de streekgebonden accenten precies te definiëren en te onderscheiden van de algemene kenmerken en de stereotiepe uitdrukkingwijzen op stilistisch en iconografisch gebied. Als gevolg van deze problematiek worden dezelfde werken toegeschreven aan de meest uiteenlopende Europese kunstcentra. Aansluitend probleem is de schaarste aan relevant vergelijkingsmateriaal uit andere kunsttakken, want het is vaak evenmin exact te dateren en te lokaliseren, en bijgevolg biedt het slechts een relatief houvast.

*Quadriptiek Antwerpen-*  
*Baltimore,* ca. 1400. -  
Antwerpen,  
Museum Mayer van den  
Bergh. Detail van het  
paneel met de Geboorte.



Aan vrijwel geen enkel pre-Eyckiaans paneel kan de naam van een kunstenaar worden verbonden. Melchior Broederlam is de enige uitzondering. Geboren te Ieper omstreeks 1350, was hij eerst hofschilder bij Lodewijk van Male, graaf van Vlaanderen, van april 1381 tot januari 1384. Vervolgens kwam hij in dienst van de Bourgondische hertog Filips de Stoute, tot diens overlijden in 1404. Broederlam beschilderde de buitenluiken van het monumentale *Passieretabel* (Dijon, *Musée des Beaux-Arts*) dat Jacob de Baerze in 1391 vervaardigde voor de hertog. Hij verzorgde ook de polychromie van de sculptuur op de binnenzijden. De taferelen op de luiken, nl. de Annunciatie, de Visitatie, de Opdracht in de Tempel en de Vlucht naar Egypte, zijn het enige bewaarde figuratieve schilderwerk van de kunstenaar. Technisch en esthetisch staan ze voor de hoogste kwaliteit, maar ze zijn wellicht niet representatief voor het gros van de schilderkunstige productie omstreeks 1400.

### Goed, minder goed en slecht geconserveerd

De bewaringstoestand van de schilderijen loopt erg uiteen. Goed geconserveerde werken zoals het *Torenretabel* uit het Museum Mayer van den Bergh (Antwerpen) zijn uitzonderlijk. Een reiniging van het oppervlak volstond om het werk te herstellen in zijn oorspronkelijke glans. Sommige werken zijn grondig gerestaureerd en niet altijd conform de huidige opvattingen en principes ter zake. Zo is het *Huidenvetterspaneel* (Brugge, Sint-Salvatorskathedraal) op sommige plaatsen herschilderd met nabootsing van craquelures. De radiografie van het Brugse *Ursulaschrijn* bracht talrijke overschilderingen aan het licht. Spectaculair is de ontdekking van de oorspronkelijke decoratie met rankwerk die schuilt onder de rode achtergrond. De *Sint-Anna te drieën* in de Maria-Magdalenerkerk in Neerlanden was quasi volledig overschilderd. Na restauratie in het KIK kwam de originele uitvoering opnieuw aan de oppervlakte, maar in sterk gehavende vorm. Een doorgedreven stilistische vergelijking met contemporaine werken is zo goed als



Norfolktriptiek, ca. 1415-1420.  
Rotterdam,  
Museum Boijmans  
Van Beuningen

onmogelijk geworden. Het moet nochtans een kwaliteitsvol werk geweest zijn, van een verfijnde en geavanceerde technische uitvoering met opgelegde reliëfs, edelstenen of glaspasta's.

Fundamenteel onbegrip voor de culturele erfenis heeft ook zijn sporen nagelaten. Het *Paneel van Kortesseem* (Brussel, Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België) is onvolledig. De beschildering werd op verschillende plaatsen afgeschaafd om de plank als bovenblad te kunnen verwerken in een kast. Aan de rechterzijde ontbreekt een volledig tafereel. De twee *Panelen van Walcourt* (Namen, *Musée des arts anciens du namurois*) werden verwerkt tot deuren van een kast voor liturgische gewaden. Waarschijnlijk gaat het om luiken van een retabel, met voorstellingen van de Annunciatie en de Visitatie, maar ze werden voor meer dan een derde van de breedte afgezaagd en er zijn ook zeer grote lacunes, vooral op het luik met de Visitatie.

### Technisch en esthetisch vernuft

De paneelschilderkunst omstreeks 1400 in onze gewesten blijkt een kunst te zijn met vele gezichten. Het hele spectrum van het artistieke kunnen komt erin tot uiting, van het rudimentaire tot het sublieme. Het ene werk was een prestigieuze opdracht van het hof, het andere had een meer bescheiden bestemming binnen een religieuze gemeenschap of voor een devote particulier. Al deze factoren bepalen in ruime mate de vorm en de uitvoering van de onderscheiden objecten. Enkele meesterwerken getuigen van een zeer geraffineerde verbeelding en een weergaloos esthetisch gevoel.

De kunstwerken beantwoorden nog grotendeels aan de materiaalesthetiek van de edelsmeedkunst, met quasi-geëmailleerde figuraties tegen gouden achtergronden die opgesmukt zijn met decoraties in de ponstechniek van de edelsmid. De bouwstoffen worden verhuld, veredeld, gesublimeerd. Het lijkt vaak op een soort ersatzkunst – maar niet in de pejoratieve betekenis van het

woord – die de illusie wekt van een authentieke kostbaarheid. Vergelijkbare kleine objecten ziet men overigens vaak geregistreerd bij de *joyaux* in de inventarissen van juwelen en kostbaarheden van eigentijdse vorstehuizen.

De technische veelzijdigheid waarmee dit illusionisme wordt nagestreefd, vooraleer de mogelijkheden van de olieverf ten volle werden benut, is verbluffend. Toen het moderne schilderij nog in zijn kinderschoenen stond, ruim 600 jaar geleden, was schilderen niet beperkt tot het uitwerken van een compositie met de tekenstift en het penseel. Van de schilder-ambachtsman werd verwacht dat hij creatief en vakkundig kon omgaan met een waaier van materialen en technieken.

Het *Passieretabel* van Melchior Broederlam bestond niet enkel uit vakkundig geprepareerde panelen van eikenhout, ze werden ook bedekt met een linnen doek, een tussenliggende drager waarop de eigenlijke grondlaag werd aangebracht. Bij andere werken, zoals de befaamde *Wiltondiptiek*, werd geschilderd op een stuk perkament



Torenretabel,  
ca 1395-1400.  
Antwerpen,  
Museum Mayer  
van den Bergh.  
Ensemble (zie p. 12)  
en detail: Kindermoord,  
met infrarood-  
reflectografie.

dat op het paneel was gekleefd. Uit de studie van de onderliggende tekening blijkt dat Broederlam de gebouwen ontwierp met behulp van passer en liniaal. Bepaalde motieven en zones werden in de grondlaag gegrift om ze duidelijk af te lijnen ten opzichte van de te beschilderen gedeeltes. Alles wat metaal diende voor te stellen, evenals de achtergrond en de lijst, werd eerst bekleed met goud- of zilverblad. Het bladgoud werd vervolgens bewerkt met het ponsoen, een metalen stift van uiteenlopende puntdiktes, waarmee motieven op de metalen folies werden gegraveerd of geponst zonder het oppervlak te breken. Dit resulteerde in een verfijnde decoratie van rankwerk, bloemen, sterren e.d.m., waarbij rekening werd gehouden met bepaalde lichteffecten.

Achtergronden van andere werken, zoals het *Huidenvetterspaneel*, waren niet voorzien van een ingeponste decoratie maar van versieringen in reliëf die er met het penseel werden opgelegd. Kostbare stoffen (zijde, brokaat, ...) werden nagebootst door de patronen op het goud te schilderen, ofwel door ze uit de met verf bedekte goudgrond weg te krabben (de zgn. *sgraffito*-techniek), of nog door er voorgefabriceerde motieven op te kleven. Bij de *Triniteitstriptiek* te Berlijn en de *Norfolkstriptiek* te Rotterdam werd een effect van reliëf reeds in de preparatielaag gegrift, vooraleer het bladgoud werd aangebracht. Broederlam polychromeerde ook het houtsnijwerk en de sculpturen van Jacob de Baerze op de binnenzijden van het retabel. Bij het Brugse *Ursulaschrijn* zijn geschilderde en gesculpteerde figuren zelfs geïntegreerd in hetzelfde vlak.

Op de *Norfolkstriptiek*, werden rozetten in lood vastgespijkerd op de lijst. Bij de *Panelen van Walcourt* zijn ze erop geschilderd in *trompe-l'oeil*. Ze bootsen eveneens een gebruik na van de edelsmeden.

Realiteit en kunstmatigheid blijven in deze periode nauw met elkaar verweven. Er wordt volop geëxperimenteerd met de uitbeelding van ruimte en volume, gevoelsgeladen houdingen en uitdrukkingen van figuren die op elkaar lijken te reageren, maar de oude decoratieve en vaak abstraherende vormenschema's zijn nooit helemaal verdwenen. Van werk tot werk kan de balans zelfs overgaan van het ene uiterste in het andere. In de meest vooruitstrevende werken is er een nieuwe aandacht voor de alledaagse werkelijkheid, en dit betekent een waar keerpunt. Het duidt op een veranderend menselijk bewustzijn, de mens die scherper dan ooit tevoren zichzelf en zijn plaats in de wereld definieert. Bij de Vlaamse meesters van de volgende generaties zullen deze naturalistische expressievormen maximaal worden verfijnd.

Het komt erop aan deze rijke picturale verscheidenheid zo genuanceerd mogelijk te registreren en deze kunst-

productie de plaats op de kaart van de kunstgeschiedenis toe te kennen waar ze recht op heeft.

**Cyriel Stroo/ Dominique Vanwijnsberghe  
Dominique Deneffe / Famke Peters  
en Wim Fremout**



*Het project "Wetenschappelijke studie van de pre-Eyckiaanse paneelschilderkunst" werd op initiatief van het KIK aangevat, in het kader van de actie tot het stimuleren van het onderzoek in de Federale wetenschappelijke instellingen.*





# Eureka,

## Europees onderzoek anders bekeken

Eureka is twintig jaar. Waaraan is het succes te danken? Een gedecentraliseerde aanpak die leidt naar snelle toepassingen, is er zeker niet vreemd aan.

Wat is het verband tussen de gsm-standaard, de besturing van de hst en het softwareprogramma dat we binnen afzienbare tijd in alle Europese auto's zullen gebruiken? Antwoord: ze behoren alle drie tot technologie die ontwikkeld werd in het kader van Eureka, dat nu zijn twintigste verjaardag viert. Dit intergouvernementele netwerk werd in 1985 gelanceerd door Frankrijk en Duitsland om grensoverschrijdende samenwerking te ondersteunen tussen Europese bedrijven en onderzoeksinstituten. In die tijd ging het de industriële en wetenschappelijke samenwerking tussen Europese landen voor de wind, met de succesverhalen van Airbus, Ariane of het CERN. Het leek dus logisch om een soortgelijke

formule los te laten op onderzoek en technologische innovatie. Temeer omdat twintig jaar geleden de Europese Gemeenschap geen enkele bevoegdheid had op dit gebied. Eureka leek toen een antwoord op de "Europese paradox", namelijk dat we op het oude continent beschikten over topuniversiteiten, maar dat de kennis onvoldoende werd geëxploiteerd. Eén van de doelstellingen was ook de braindrain tegen te houden. Daardoor vertrok het beste onderzoekspotentieel van de ondernemingen op het oude continent naar het buitenland, net op het moment dat de Verenigde Staten hun *Strategic Defense Initiative* (of *Starwars*) lanceerden.

Eureka kent de eerste jaren een groot succes bij de bedrijven, met name op het gebied van micro-elektronica. Het initiatief wordt gekenmerkt door een pragmatische, gedecentraliseerde en sterk marktgerichte aan-

Het is dankzij Eureka dat de gsm-standaard werd ontwikkeld.



*De clusters brengen een groot aantal partners tesamen en investeren in de elektronica-industrie.*

10 000 mensen hebben meegewerkt. In België financiert Eureka momenteel 66 lopende projecten (op een totaal van 672) wat een bedrag van 60,3 miljoen euro vertegenwoordigt en waarbij 107 actoren betrokken zijn.

Eureka, dat 36 leden telt (waaronder Rusland en Israël), en het EU-kaderprogramma blijken sterk complementair te zijn, met name wat de doelstelling van de Europese lidstaten betreft om tegen 2010 3% van het BBP te wijden aan onderzoek. In tegenstelling tot het kaderprogramma dat *topdown* werkt met een afbakening van sectoren en oproepen tot voorstellen, legt Eureka helemaal geen onderzoeksprioriteiten op. Het berust op het initiatief van ondernemingen en laboratoria, wat een grotere soepelheid toelaat. De partners bepalen welke technologie ze willen ontwikkelen. Door de flexibele aanpak kan er snel worden ingespeeld op de marktrevolutie.

Al enkele jaren worden de mogelijkheden bestudeerd om Eureka en het kaderprogramma op elkaar af te stemmen. De Europese Commissie heeft ook de verworven ervaring in het kader van de "clusters" (zie kaderstukje) voor de technologische platforms op de voet gevolgd. De actoren vragen van hun kant een harmonisering van de financieringsprocedures en een synchronisatie van de aanvraagprocedures.

**Olivier Gosset**

pak: de bedrijven en hun industriële partners worden aangemoedigd om samen te werken aan projecten die snel zouden uitmonden in commerciële toepassingen.

**In 20 jaar zal Eureka voor een bedrag van bijna 22 miljard euro meer dan 2600 projecten hebben ondersteund waarvan ongeveer 10 000 mensen hebben meegewerkt.**

In 1994 zijn echter de eerste tekenen van uitputting te zien: het aantal deelnemers daalt drastisch, sommige landen haken af, het geld wordt steeds schaarser en de projecten worden steeds meer gericht op de korte termijn. In 1999 besluiten de lidstaten om Eureka nieuw leven in te blazen, omdat het sterk verbleekt was naast het kaderprogramma voor onderzoek van de Europese Commissie, dat min of meer tegelijk met Eureka het daglicht zag, maar waarvoor de financiering gestaag steeg bij elke herziening van de begroting van de Europese Unie. Er werden verschillende verbeteringen aangebracht, onder andere werd de unanimiteitsregel afgeschaft. Het initiatief herleefde: in 20 jaar zal Eureka voor een bedrag van bijna 22 miljard euro meer dan 2600 projecten hebben ondersteund waaraan ongeveer

## *Clusters versterken het concurrentievermogen van Europa*

*De aanpak van Eureka steunt op twee pijlers: innoverende projecten en clusters. De innoverende projecten streven naar de ontwikkeling van producten die onmiddellijk gecommmercialiseerd kunnen worden, maar ook naar processen of diensten die een aanzienlijke vooruitgang betekenen voor hun sector.*

*De clusters brengen diverse actoren bijeen die werken aan doelstellingen op lange termijn op gebieden zoals informatietechnologie, energie en biotechnologie. Zo hebben drie Europese bedrijven die gespecialiseerd zijn in micro-elektronica zich dankzij de cluster Medea+ (4 miljard euro) een plaats kunnen verwerven in de toptien van de wereldranglijst van chipfabrikanten. De cluster Itea (3 miljard euro) overkoepelt de sector van de computerprogramma's, en de cluster Pidea+ (600 miljoen euro) de elektronica-industrie. Eén van de doelstellingen van de clusters is het voorstellen van Europese normen om de compatibiliteit tussen materialen en toepassingen te garanderen. Ze worden opgesteld als men een Europese achterstand vaststelt of, omgekeerd, als een voorsprong behouden moet worden, om zo het concurrentievermogen van Europa in bepaalde sectoren veilig te stellen.*

*Om de continuïteit van de investeringen te waarborgen worden de clusters ondersteund met aanzienlijke meerjarige financieringen. Consortiums worden opgezet, waarvan de leden aanvaarden om op een bepaald gebied binnen dat consortium samen te werken. De partners kunnen echter met elkaar blijven concurreren als dit nodig blijkt. De banden die zo ontstaan tussen de deelnemers van een project zijn uiterst waardevol en vaak al even belangrijk als de projecten zelf, benadrukt men bij Eureka. Soms kan het gebeuren dat programma's die bleken te falen later leiden tot een succes dankzij de banden die werden gesmeed.*



# “Vier jaar na hun lancering komen de projecten op de markt”

## Gesprek met Michel Vieillefosse, hoofd van het Eureka-secretariaat

### Hoe gaat het met Eureka, twintig jaar na zijn oprichting?

**M.V.** – Er zijn verschillende redenen om tevreden te zijn. In de eerste plaats hebben we een zeer goed jaar gehad, met meer dan 1,3 miljard euro aan overheids- en privé-geld voor nieuwe projecten sinds het begin van het Nederlandse voorzitterschap een jaar geleden.

Dat betekent dat onze “klanten” uitstekende projecten voorstellen en dat de overheden bereid zijn om ze te financieren. Het is vooral ook het resultaat van een enorme inspanning die deze herfst werd geleverd in het bijzonder voor het bekendmaken van de clusters MEDEA+ en ITEA. Ze hebben de overheden overtuigd om er geld in te steken.

We zijn ook tevreden omdat de Centraal- en Oost-Europese landen massaal deelnemen aan deze clusters, in tegenstelling tot de voorgaande jaren.

Veel kmo's werken ook mee aan projecten in deze clusters. Dat is nieuw. De clusters worden aanvankelijk opgezet door twee of drie grote bedrijven, die beslissen om aan een project samen te werken. Samen bepalen ze een gemeenschappelijke strategie en doelstellingen. De kmo's waarderen dit initiatief, omdat ze terechtkomen in een netwerk dat afzet vindt op de wereldmarkt, wat hen alleen niet lukt. Als kmo kun je niet zomaar een handel opzetten in China of India. Je moet partners zoeken die beschikken over een dergelijk netwerk. Dit wordt hen geboden door Eureka.

### Moet de vorm van Eureka worden aangepast?

**M.V.** – De basisformule is gewoon geniaal. Het bewijs daarvan is dat er sinds het begin niet aan is gesleuteld. Alles steunde steeds op het initiatief van de bedrijfswereld. Ze moeten zelf het initiatief nemen om samen te werken.

Een troef zijn ook de nationale bureaus. Iedereen spreekt zijn eigen taal en behoudt zijn eigen cultuur. Het probleem van taal en cultuur wordt vaak onderschat.

Als een kmo zijn nationale bureau bezoekt, wordt daar niet in het Engels gesproken met de contactpersoon voor de oproepen tot voorstellen. De mensen zien meteen of hun project kans van slagen heeft of niet. Als het wel zo is, helpt het bureau hen om het project op te zetten. Er is een dialoog met hen.

### Wat zijn de basiscriteria voor een project?

**M.V.** – In de eerste plaats transnationaliteit: er moeten minstens twee Europese landen bij betrokken zijn. Dan moet het een technologisch innoverend project zijn. Er moet ook een afzetmarkt voor zijn. Bovendien kijken we of het betreffende team in staat is om het project tot een goed einde te brengen en of het bedrijf de mogelijkheden heeft, ook financieel, om het te verwezenlijken.

### Is dat niet subjectief?

**M.V.** – Helemaal niet. Het enige waar men zich in kan vergissen, is in de markt. Soms denkt men dat er voor een innoverende technologie een afzetmarkt bestaat. En dan komt een geheel verschillende en even innoverende technologie plotseling datzelfde marktsegment bezetten. Dat overkwam de satelliettelefoon. We dachten dat het een doorbraaktechnologie was en toen hebben India, China en andere landen massaal de gsm ingevoerd. Dat heeft de satelliettelefoon gekelderd, die twee jaar te laat kwam en veel te duur bleek te zijn. Er is een echte wedloop tussen de sectoren. Waar de ene zich kan vestigen, wordt een andere gehinderd in zijn groei. Net als in het echte leven.

### Wat zijn de zwakke punten van Eureka?

**M.V.** – Er is inderdaad nog een zwak punt: de synchronisatie van de overheidsfinanciering tussen de leden. Elk land heeft zijn eigen budgettaire procedures, er wordt niet overal op hetzelfde moment beslist... Het is dan moeilijk schipperen met grote strategische initiatieven met zes of zeven actoren. Alle landen zouden op hetzelfde moment moeten beslissen om een project te financieren.

Maar er is wel enige vooruitgang geboekt en we bereiken een duidelijker en efficiënter beslissingsproces. We proberen met name om de ver-



schillende leden te laten vastleggen wat ze elk jaar gaan doen.

### Is er hier geen concurrentie met het Europese kaderprogramma?

**M.V.** – Neen. Het kaderprogramma is meer gericht op het fundamentele onderzoek en houdt zich minder bezig met de markt. Van tijd tot tijd zijn er wel problemen van grenzen, maar wij zijn heel sterk marktgericht. Kenmerkend aan de projecten van Eureka is dat ze vier jaar na hun lancering beschikbaar zijn. Dat is ons sterke punt: we kunnen snel inspelen op de marktsituatie. Dat is de voornaamste aantrekkingskracht voor de industrie. Het heeft geen zin om twee jaar achter de anderen te komen aanhobbelen.

### De Europese Commissie had voorgesteld om de EU-begroting voor onderzoek te verdubbelen. Heeft Eureka ook dergelijke vooruitzichten?

**M.V.** – We gaan niet uit van een begroting. Maar we hebben wel beslist om twee keer meer projecten te financieren dan vorig jaar. Eureka vraagt de lidstaten naar hun doelstellingen bij het begin van elk voorzitterschap, maar het secretariaat legt geen algemene doelstelling vast. We tellen gewoon alle initiatieven op. Dat is een *bottomup* aanpak. Als de industrie niet komt met voorstellen, gebeurt er niets. Op sommige gebieden, zoals chemie, zijn we helemaal afwezig.

Opgetekend door O.G.

## En België ?

Tijdens de Eureka-ministerconferentie van Parijs op 17 juni 2004 werd de financiering aangekondigd van 393 O&O-projecten voor een bedrag van 4,5 miljard euro.

De return voor de Belgische teams wordt geraamd op iets minder dan 290 miljoen euro of 6,5% van het totale bedrag.

Op 30 juni 2005 werden de lopende Eureka-projecten (2,5 jaar per project) geëvalueerd op 5,1 miljard euro waarvan ongeveer 325 miljoen euro voor de Belgische onderzoekscentra (62 miljoen voor de individuele projecten en 263 miljoen voor de clusters).

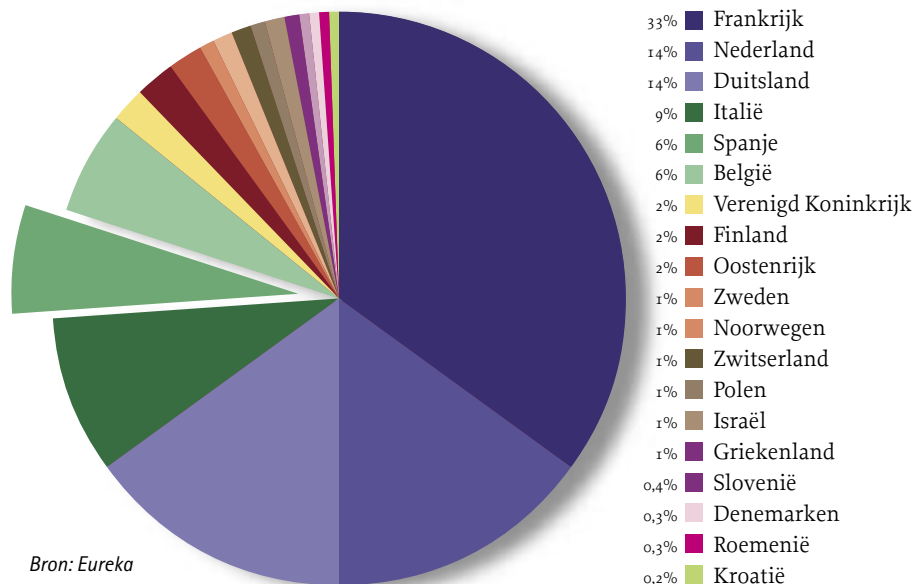
In absolute cijfers staat België op de vijfde plaats zoals onderstaande grafiek aantoont.



*Robert Verbruggen is handelsingenieur (UCL) en Eureka NPC (National Project Co-ordinator) bij het Federaal Wetenschapsbeleid. Hij maakt er deel uit van de algemene directie "Coördinatie en wetenschappelijke informatie".*  
[robert.verbruggen@belspo.be](mailto:robert.verbruggen@belspo.be)

*Eureka:*  
[www.eureka.be](http://www.eureka.be)

*Website van de twintigste verjaardag van Eureka:*  
[www.eureka-20years.net](http://www.eureka-20years.net)



Bron: Eureka



# Gigantische aardbevingen en een symfonie van de aarde

## De seismische partituur

**D**e *pizzicato*-noten roepen een fijne winterregen op... Bij elke aanraking trilt de snaar van de viool vrij volgens de haar eigen frequenties. De trillingen hangen af van de lengte, de samenstelling en de spanning van de snaar. Terwijl de violist zijn instrument stemt door aan de schroeven te draaien, verandert hij de spanning van de snaren. Terwijl hij speelt verandert hij hun lengte door zijn vingers te bewegen. Daardoor ontstaan verschillende frequenties, anders gezegd verschillende noten.

Een muzik liefhebber die vanuit zijn luie stoel naar een concert van Vivaldi luistert kan gemakkelijk de hoge klanken onderscheiden die door de fijne snaren worden voortgebracht, evenals de lagere tonen, afkomstig van de dikkere snaren. Ons oor kan dus niet alleen het talent van de musici naar waarde schatten, maar ook de kwaliteit van de snaren. Door alleen maar te luisteren naar het geluid komt men meer te weten over de samenstelling, spanning en omvang van de snaar.

Net zoals de snaren van een viool kan elk lichaam “galmen” volgens eigen frequenties. Het kan gaan om een klok, een gebouw, een brug of zelfs... de aarde. Onze planeet kan inderdaad vrij trillen volgens frequenties, die bepaald worden door haar vorm, samenstelling en fysische eigenschappen. Door deze trillingen waar te nemen kunnen we dus het inwendige van de aarde onderzoeken. Door haar grote omvang produceert de aarde echter geluiden die zo laag zijn dat ze niet door het menselijk oor kunnen worden waargenomen. Om een idee te geven vergelijken we de “aardse” frequenties met die van een “do 256 hertz” in het midden van een pianoklavier. Om de laagste geluiden van onze planeet te reproduceren (minder dan een duizendste hertz) zou men deze frequentie 18 keer door twee moeten delen of, in muzikale termen uitgedrukt, 18 octaven moeten laten zakken<sup>1</sup>. Een klavier van een piano telt in totaal slechts acht octaven... Nog een ander voorbeeld is een gitaar, waarvan de snaren tientallen kilometers lang zouden moeten zijn om zulke lage frequenties te doen ontstaan, als het al mogelijk zou zijn een snaar over een dergelijke grote afstand te spannen!

<sup>1</sup> Een octaaf verhogen komt overeen met het verdubbelen van de frequentie.

Maar welke muzikant kan melodieën spelen, die honderdduizend keer lager zijn dan die van een contrabas en die in een concertzaal zo groot als de aarde worden “gehoord”? Een krachtige aardbeving! Alleen die kan onze planeet voldoende krachtig aanslaan, zodat de aarde in haar geheel galmt en vrij trilt volgens perioden die liggen tussen 54 minuten en enkele seconden en dat dagen- of zelfs wekenlang.

## De eigentrillingen van de aarde

De eigentrillingen van de aarde werden al voorspeld op het eind van de 19de eeuw, maar ze konden pas waargenomen worden bij de grote aardbeving van Chili in 1960. Door de enorme technologische vooruitgang kon men bij verschillende bevingen met een magnitude groter dan 6,5 in detail deze aardse klanken bestuderen. Dat leverde heel veel informatie op over het inwendige van de aarde. Zo kon men in 1971 dankzij het onderzoek van deze trillingen aantonen dat de binnenkern van de aarde zich in een vaste toestand bevindt.

## Het station van Membach

### Aardbevingen en stuwdammen

Ongeveer veertig jaar geleden besloot men de stuwdam van de Gileppe, gebouwd onder Leopold II, te verhogen. Aangezien er in wetenschappelijke publicaties veel sprake was van de invloed van grote waterreservoirs op het ontstaan van aardbevingen, bouwde het ministerie van Openbare Werken een geofysisch waarnemingsstation in Membach, gelegen tussen de stuwdammen van de Gileppe en van Eupen. Het station bestaat uit twee kamers, die bereikbaar zijn via een 130 meter lange gang. Het geheel werd tussen 1975 en 1977 gegraven in de rotsen onder het plateau van de Hoge Venen.

### Een uitzonderlijke opnamestudio

Het station van Membach is één van de beste seismische stations van de veertig stations die deel uitmaken van het Belgisch netwerk dat wordt beheerd door de Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB). Het neemt elke aardbeving in de wereld waar met een magnitude groter dan 5. De meeste seismische stations beschikken over slechts één seismometer die de hoogfrequente signalen van de aardkorst waarneemt. Maar naast verschillende seismo-



De ingang van het station van Membach.

meters herbergt Membach sinds 1995 ook een supergeleidende of cryogene gravimeter en sinds 1996 ook een absolute gravimeter. Met deze brede waaier van instrumenten is de KSB een soort oor dat luistert naar het gebrom van de aarde in al zijn frequenties. Die variëren van licht geruis met eeuwenlange perioden tot snelle en verwoestende trillingen met frequenties van meer dan 1 hertz.

Deze groep instrumenten is uitzonderlijk en zorgt ervoor dat in Membach uiterst origineel onderzoek kan worden uitgevoerd. Slechts in enkele andere waarnemingsstations zoals dat van Piñon Flat in Californië en in het Zwarte Woud in Duitsland luistert men naar zo'n groot gamma van frequenties.

### De beving van Sumatra

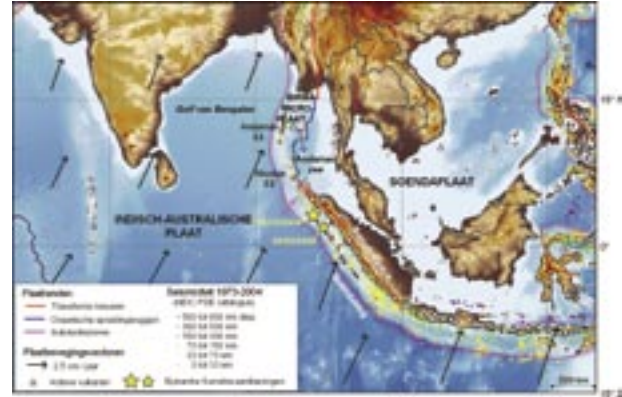
Zoals andere grote aardbevingen als in 1960 in Chili ( $M_w = 9,5$ ) en in 1964 in Alaska ( $M_w = 9,2$ ), was de aardbeving van Sumatra en de Andamaneilanden op 26 december 2004 ( $M_w = 9,1$  tot 9,3) het gevolg van een breuk in een subductiezone, daar waar een grote rotsachtige oceanische plaat onder een continentale plaat schuift. Deze bewegingen veroorzaken gigantische breukzones met een breedte van 200 kilometer en een lengte van 1000 kilometer en gaan gepaard met bruuske verschuivingen van de ene plaat ten opzichte van de andere over een afstand van een tiental meter. Bij Sumatra scheurde het breukvlak op amper 10 minuten tijd over meer dan 1300 kilometer afstand, vanaf het noorden van Sumatra tot de Andamaneilanden, een eilandengroep in de Golf van

> De cryogene gravimeter in Membach.

>> De absolute gravimeter in Membach.

Bengalen. Dit is een gemiddelde snelheid van twee kilometer per seconde. Nog nooit eerder is zo'n grote scheur waargenomen. Ze deed zich voor op het breukvlak van de Indisch-Australische plaat en het zuidoostelijk deel van de Euraziatische plaat, dat afkalft tussen de kleinere Birmaplaat en de Soendaplaat.

Ter vergelijking: de beving van Roermond ( $M_s = 5,4$ ), die in 1992 over heel België werd gevoeld, werd veroorzaakt door een breuk die zich in de diepte over een afstand van vier kilometer gedurende twee seconden voortplante. De aardbeving van Izmit die Turkije zo hevig trof in augustus 1999 ( $M_w = 7,4$ ), was het gevolg van een breuk die de aardkorst in 40 seconden tijd uiteenscheurde vanaf een diepte van 15 kilometer tot aan het aardoppervlak over een afstand van 120 kilometer.

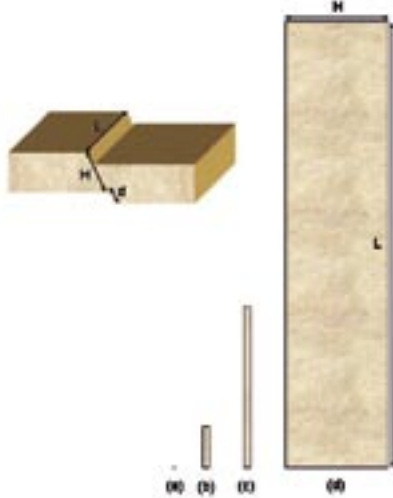


Tektonische context, die aan de basis ligt van de aardbeving van Sumatra en de Andamaneilanden van 26 december 2004 (illustratie Kris Vanneste, KSB).

### De magnitude: viool of contrabas?

De magnitude van een aardbeving is de weerspiegeling van de bron en wordt bepaald door de oppervlakte van de breuk (in het geval van de beving van Sumatra zo groot als de helft van de oppervlakte van Frankrijk!), evenals door de gemiddelde verplaatsing van het breukvlak. De magnitude kenmerkt dus een aardbeving in termen van de uiteindelijke verplaatsing. Maar deze waarde kan niet onmiddellijk bekomen worden en wordt berekend op basis van langperiodieke seismische golven. De magnitude van de aardbevingen in Chili, Alaska en Sumatra werden berekend met behulp van metingen van golven met een periode van 300 seconden. Aangezien de breuk in het geval van Sumatra langer is dan die van Chili in 1960 of Alaska in 1964 lijkt het vreemd dat de magnitude kleiner is. Bij de aardbeving van 2004 hebben





Magnitude en breukvlak. De magnitude hangt af van de breedte  $l$ , de lengte  $L$  en de verplaatsing  $d$ . Vergelijking van verschillende bevingen: (a) Roermond, 1992,  $M_s = 5,4$ ; (b) Izmit, 1999,  $M_w = 7,4$ ; (c) San Francisco, 1906,  $M_w = 7,9$ ; (d) Sumatra-Andamaneilanden, 2004,  $M_w = 9,1-9,3$ .

zich echter trage breukbewegingen voorgedaan. Daardoor wordt energie geproduceerd over een lange periode. Een exacte berekening van de magnitude moet dus rekening houden met de traagste bewegingen met perioden die variëren tussen 5000 seconden en een uur. Op basis van onderzoek van vrije trillingen (zie volgende paragraaf), kon men de magnitude opnieuw evalueren tussen 9,1 en 9,3. Met een gelijkaardige methode zouden de magnitudes van Chili en Alaska veertig jaar geleden mogelijk lager zijn ingeschat.

Als men een aardbeving zou vergelijken met een symfonisch orkest dan brengt de ene ongetwijfeld eerder hoge tonen voort, terwijl de andere een belangrijkere rol toebeedeelt aan de contrabassen. Spijtig genoeg beschikte men in 1960 nog niet over een “absoluut oor”. Men had nog geen ontvangers die geschikt waren om de diepe klanken waar te nemen en waardoor men een correcte berekening had kunnen maken. In ieder geval is de onzekerheid in verband met de weinige gegevens die in de jaren ‘60 beschikbaar waren zo groot dat elke vergelijking in de orde van één of twee tiende magnitude onmogelijk is.

En de zaken zijn nog ingewikkelder. Ook de tektonische context is heel verschillend. In Chili schoof een slechts 15 miljoen jaar oude plaat loodrecht onder een andere plaat. In het geval van Sumatra gebeurde dit schuinweg, vooral in het noorden, en de plaat die onder de andere schuift is ook ouder: van 60 miljoen jaar in het zuiden tot 90 miljoen in het noorden van de breuk. Deze verschillen maken vergelijkingen tussen aardbevingen nog moeilijker. De mechanische koppeling tussen de twee betrokken platen en dus de bijbehorende plaatverschuivingen zijn functie van hun ouderdom.

Het is dus niet echt mogelijk een rangschikking te maken tussen de aardbevingen van 1960, 1964 en 2004. Gezien de grote afmetingen van de breuken kan men wellicht stellen

dat ze alledrie een hoge plaats innemen op de lijst van zware aardbevingen. Voor de beving van Sumatra zal overigens pas een definitief cijfer beschikbaar zijn wanneer we het mechanisme van de breuk beter begrijpen. Dat kan nog maanden en zelfs jaren duren.

### Een gigantische concertzaal

De bruuske verplaatsingen op de oceaانبodem hebben niet alleen een verwoestende tsunami veroorzaakt, maar deden ook de hele aarde schokken. Ze veroorzaakten verschillende vrije trillingen, die ook normale modi worden genoemd<sup>2</sup>. Over het algemeen zijn die niet rechtstreeks waar te nemen in seismogrammen. Alleen door wiskundige (zogenaamde “spectrale”) analyse kan men de verschillende tonaliteiten zichtbaar maken. Bij de aardbeving van Sumatra werd de aarde zo hevig geschud dat deze modi wel rechtstreeks zichtbaar waren in de meetgegevens van bepaalde seismometers en cryogene gravimeters, waaronder die van Membach.

Op de illustratie is te zien dat sommige van die modi nog wekenlang waarneembaar waren, voor ze door de nieuwe beving van Sumatra van 28 maart 2005 lichtjes heropleefden.

Door de grote kwaliteit van de meetgegevens van deze beving, in het bijzonder door cryogene gravimeters, zal men betere modellen van de aarde kunnen opstellen. Misschien bieden ze zelfs een oplossing voor sommige hangende kwesties. Zo wil men bijvoorbeeld weten of ijzerkristallen zich in de binnenkern van de aarde richten volgens de rotaties van onze planeet.

### Het meten van aardbevingen

Bij de aardbeving van Sumatra kwamen er problemen in verband met de ijking van de seismometers van het wereldwijd netwerk naar boven. Sommige meettoestellen hebben een foutmarge tot 10%. Dat is behoorlijk veel. Het tijdschrift *Science* schrijft dat in het geval van Sumatra een dergelijke onzekerheid het equivalent vertegenwoordigt van een aardbeving van magnitude  $M_w = 8,4$ . Deze waarde is groter dan alle schokken die tussen 1965 en 2001 plaatsvonden. Dit legt ook een beperking op aan een beter begrip van de beweging

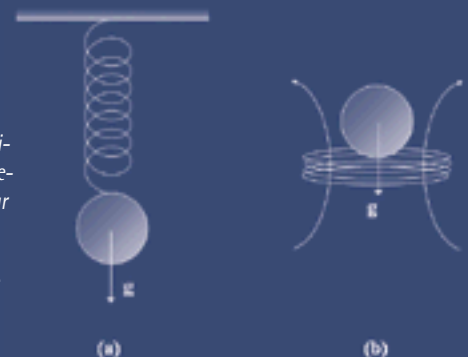
2 Michel Van Camp, *Les oscillations libres de la Terre*, Ciel et Terre, 117 (3), 98-102, 2001

Schema van de magnetische en klassieke ophanging aan een veer.

## De cryogene gravimeter legt zijn oor te luisteren

Zoals een seismometer meet ook een klassieke gravimeter de verplaatsingen van een massa die aan een veer is opgehangen. Een gravimeter is in het bijzonder gevoelig voor trage variaties van de zwaartekracht in de orde van enkele uren tot verschillende maanden. Bij een cryogene gravimeter wordt de puur mechanische ophanging aan een veer vervangen door magnetische levitatie van een sfeer, opgewekt door stroom die permanent circuleert binnenin twee spoelen. Het supergeleidende geheel wordt op een temperatuur van  $-269^\circ\text{C}$  gehouden en is bijzonder stabiel. Daardoor kan men tijdelijke veranderingen van de zwaartekracht meten met een nauwkeurigheid die 100 keer hoger is dan bij conventionele gravimeters. Maar in tegenstelling tot gravimeters met een veer kunnen cryogene gravimeters momenteel niet getransporteerd worden.

Oorspronkelijk, in de jaren '70 en '80, waren deze instrumenten voornamelijk bedoeld om trage vervormingen van de aarde te onderzoeken met perioden van meer dan één uur, die voornamelijk te wijten zijn aan getijdenkrachten. Op het eind van de jaren '90 toonde onderzoek van de Koninklijke Sterrenwacht van België en van het observatorium in het Zwarte Woud aan dat de nieuwe cryogene gravimeters beter dan de klassieke seismometers geschikt zijn om bepaalde vrije trillingen van de aarde te bestuderen. Zoals hierna blijkt heeft de aardbeving van Sumatra van 26 december 2004 de seismometrische kwaliteiten van de cryogene gravimeters bevestigd.



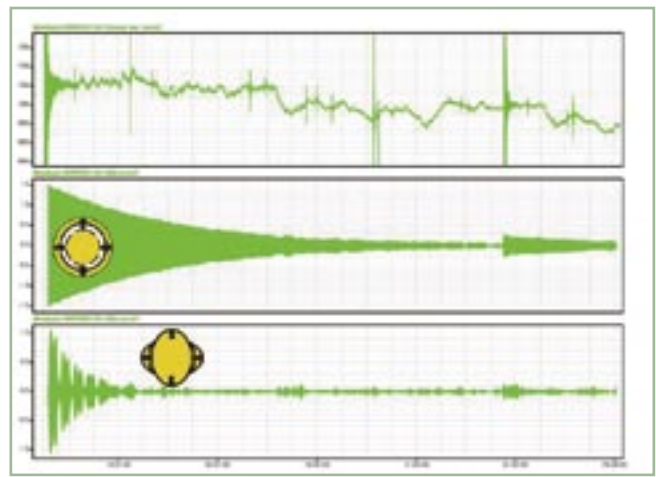
van tektonische platen tijdens een aardbeving. In tegenstelling tot deze stations van het seismometrisch wereldnetwerk hebben het twintigtal cryogene gravimeters in de wereld grondverplaatsingen met een nauwkeurigheid van 0,1% kunnen meten. Membach verkreeg op 26 december 2004 metingen in de orde van een centimeter. Gelukkig is het mogelijk de ijkingsproblemen te corrigeren door metingen van seismometers en gravimeters met elkaar te vergelijken.

### Op internationaal niveau

De Koninklijke Sterrenwacht van België stuurt al sinds lang gravimetrische en seismische gegevens naar internationale centra door. In het bijzonder stelden we begin 2004 voor om de gegevens van Membach in realtime door te sturen naar het Amerikaanse *Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS)*. Dat verzamelt onder meer gegevens van seismometers in heel de wereld en stelt ze ter beschikking aan onderzoekers.

De KSB werd zo het eerste instituut dat metingen van een cryogene gravimeter doorspeelt aan seismologen in de hele wereld via het centrum IRIS, dat ons hiervoor overigens zeer erkentelijk is. De belangstelling voor deze metingen werd nog eens bevestigd bij de aardbeving van Sumatra, zoals blijkt uit een recent artikel in *Science*<sup>5</sup> waarbij onder meer naar het werk in Membach verwezen wordt.

Michel Van Camp



Boven: metingen door de cryogene gravimeter van Membach van 26 december 2004 tot 20 april 2005. Zichtbaar zijn de hoofdschok, de talloze nabevingen en andere schokken. Een "geluidsversie" van een gelijkaardige opname, 200.000 keer versneld, is te vinden op [http://www.iris.washington.edu/about/ENO/iows/2\\_2005a.htm](http://www.iris.washington.edu/about/ENO/iows/2_2005a.htm).  
Onder: dezelfde metingen na filtering, zodat de "ballon" modus oSo (in het midden) en de "rugby" modus oS2 (onderaan) geïsoleerd zijn. oSo heeft een periode van 20,9 minuten en bestaat uit een beweging van de aarde die vergelijkbaar is met het herhaaldelijk opblazen en aflaten van een ballon. oS2 heeft een periode van 53,8 minuten en is de laagste. Hij kreeg de bijnaam "rugby" omwille van de oblate en prolate bewegingen van de aardbol (waarbij de aardbol respectievelijk de vorm van een liggende en rechtstaande rugbybal aanneemt). Er zijn nog honderden andere modi, maar deze twee zwakken zo traag af dat ze nog weken zichtbaar blijven. Alleen de aardbeving van Sumatra van 28 maart met een magnitude van 8,6 was krachtig genoeg om ze weer, zij het zwakker, te doen heropflakkeren.



[homepage.oma.be/mvc/](http://homepage.oma.be/mvc/)

(persoonlijke webpagina van Michel Van Camp)

Vanneste, K. en Van Hoolst, T., *De aardbeving van 26 december 2004*, in *Heelal* 50, nummer 7, pp. 216-227, juli 2005.

Vanneste, K. en Van Hoolst, T., *De tsoenami van 26 december 2004*, in *Heelal* 50, nummer 8, pp. 261-269, augustus 2005.

5 Park, J., Song, T. R., Tromp, J., Okal, E., Stein, S., Roullet, G., Clevede, E., Laske, G., Kanamori, H., Davis, P., Berger, J., Braitenberg, C., Van Camp, M., Lei, X., Sun, H., Xu, H., and Rosat, S., *Long-period behavior of the 26 December 2004 Sumatra-Andaman earthquake from its excitation of Earth's free oscillations*, *Science*, 308, 1139-1144, 20 May 2005.

## De absolute gravimeter geeft de toon aan

Zoals een seismometer is ook een gravimeter relatief: hij meet slechts variaties, die verbonden zijn met bewegingen van de bodem. Om deze bewegingen in praktische eenheden om te zetten zoals de centimeter, moet men de instrumenten ijken, bijvoorbeeld met behulp van een absolute gravimeter.

De absolute gravimeter die de Koninklijke Sterrenwacht van België in 1996 bekam geeft rechtstreeks de waarde  $g$  van de zwaartekracht met een nauwkeurigheid van een miljardste<sup>3</sup>. Dit is even nauwkeurig als het meten van de afstand aarde-maan tot op 10 centimeter nauwkeurig. Bij deze gravimeter bevindt zich een massa in het luchtledige over een afstand van een twintigtal centimeter in vrije val. Metingen van de afgelegde afstand in functie van de tijd leveren een waarde van  $g$  op. Dit instrument is voornamelijk bedoeld voor metrologische doeleinden en cartografie, evenals voor onderzoek van tektonische vervormingen<sup>4</sup> en van de beweging van ondergronds water. Membach, thuishaven van deze transporteerbare gravimeter, is het Belgisch referentiepunt geworden voor metingen van de zwaartekracht, waar  $g$  gemiddeld gelijk is aan  $9,810\,467\,250\text{ nm/s}^2$  met variaties van enkele  $\text{nm/s}^2$  (enkele miljardsten  $g$ ) in functie van de seizoenen.

De absolute gravimeter van de KSB heeft een internationale reputatie en neemt deel aan talloze metrologische campagnes, onder meer voor het Internationaal Bureau voor Maten en Gewichten. In de metrologie (de wetenschap van het "meten") is het belangrijk de waarde van  $g$  goed te kennen voor metingen van druk, de bepaling van de kilogram<sup>3</sup> en de ijking van relatieve gravimeters. Dat is dan weer belangrijk bij het opstellen van modellen van de aarde, het berekenen van de magnitude van grote aardbevingen en om beter de bewegingen te begrijpen bij de botsing van grote tektonische platen.

Momenteel leveren absolute gravimeters de beste methode om relatieve gravimeters te ijken. Ze zijn de "stemvorken" waardoor geofysici kunnen luisteren naar de hifi muziek, die onze aarde voortbrengt.

3 Michel Van Camp, Thierry Camelbeec, T. et P. Richard, *Le kilogramme, la constante de Planck et le soulèvement de l'Ardenne*, *Ciel et Terre*, 120 (1), pp. 5-11, 2004.

4 M. Van Camp et O. de Viron, *La mesure de la Terre est une des bases de son étude physique*, *Ciel et Terre* 121 (3), pp 66-78, 2005.



# De revolutionaire kracht van technologische verbeelding

In het contract tussen Jules Verne en diens uitgever Pierre-Jules Hetzel stond een artikel dat de schrijver ertoe verplichtte om “alle aardrijkskundige, geologische, natuurkundige en astronomische kennis samen te vatten die de moderne wetenschap had opgeleverd, en om de geschiedenis van het universum te herschrijven in de hem eigen aantrekkelijke en pittoreske vorm”. Wanneer Jules Verne het over wetenschap heeft, ontpopt hij zich tot een eerlijke, nauwkeurige, goed gedocumenteerde en verleidelijke “vulgarisator”. Samen met de auteurs van de *Bibliothèque des Merveilles* onder leiding van Edouard Charton, met

Louis Figuier en nog vele anderen, behoort hij tot een krachtige stroming die de leergierige jeugd wil stimuleren om carrière te maken in de wetenschap, de industrie of de kolonies.

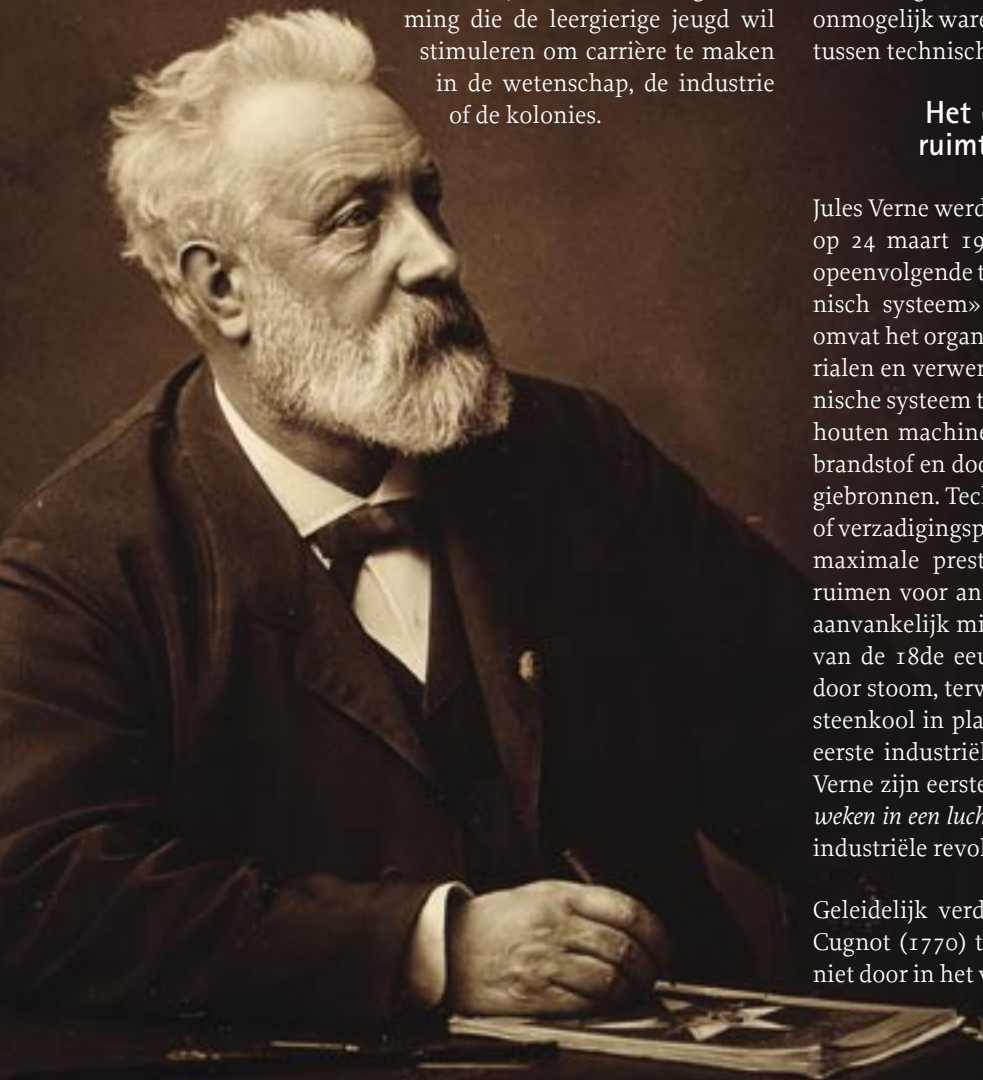
Anders ligt het echter zodra hij over techniek en industrie spreekt. Hij beschrijft weliswaar in detail de procédés en uitvindingen van zijn tijd, die vandaag vaak niemand meer kent, wat de leesbaarheid van zijn werk niet altijd bevordert. Maar hij schetst er ook andere, die toen nog niet bestonden en pas in ons tijdperk uitgevonden werden. Hem een “anticipator” noemen is te vaag, en “voorloper” is dan weer kennistheoretisch gezien een foute term. Die voorloper zou dan immers een figuur zijn uit twee tijdperken, over wie Georges Canguilhem zich uitliet als “de man van wie we nadien weten dat hij er voordien was”. En wat dan te denken van machines en uitvindingen die om louter technische redenen gewoon onmogelijk waren? Het gaat hier om heel de verhouding tussen technische cultuur, verbeelding en vernieuwing.

## Het ene technische systeem ruimt plaats voor het andere

Jules Verne werd geboren op 8 februari 1828 en overleed op 24 maart 1905. Tijdens zijn leven kende hij twee opeenvolgende technische systemen. Het concept «technisch systeem» zoals Bertrand Gille het definieerde, omvat het organische geheel van energiebronnen, materialen en verwerkingsmechanismen. Zo wordt het technische systeem tijdens het Ancien Régime beheerst door houten machines, door metallurgie met houtskool als brandstof en door mens en dier, water en wind als energiebronnen. Technische systemen kunnen hun grenzen of verzadigingspunt bereiken, met andere woorden: hun maximale prestatievermogen. Ze moeten dan plaats ruimen voor andere materialen en energievormen, die aanvankelijk minder renderen. Zo wordt in het midden van de 18de eeuw waterkracht geleidelijk verdrongen door stoom, terwijl ijzer voortaan gesmolten wordt met steenkool in plaats van met houtskool. We zitten in de eerste industriële revolutie. Op het ogenblik dat Jules Verne zijn eerste wetenschappelijke roman schrijft, *Vijf weken in een luchtballon* (1863), kondigt zich een tweede industriële revolutie aan.

Geleidelijk verdwijnt de stoom uit de fabrieken. Van Cugnot (1770) tot Amédée Bollée (1873) breekt stoom niet door in het wegtransport, maar hij zal wel het spoor

© Bibliothèques d'Amiens Métropole



Hector Servadac.  
Reizen en avonturen door het  
zonnestelsel. Ed. Hetzel, 1877  
(tekening van Philippoteaux  
gegraveerd door Laplace).  
© Bibliothèques d'Amiens Métropole

domineren tot aan de Tweede Wereldoorlog. In 1870 vindt Zénobe Gramme de dynamo uit, waarmee tegelijk de elektriciteit doordringt in de industrie. Ze dankt die doorbraak echter vooral aan de ontdekking van de omkeerbaarheid van de dynamo in 1878. De elektriciteit ontketent een ware revolutie inzake verlichting, met de gloeilamp (in 1879 uitgevonden door Edison) en de booglamp (1887). Met de uitvinding van de telegraaf, de telefoon (1876) en de radio (Marconi, 1899) versterkt de elektriciteit de banden tussen de verschillende werelddelen en draagt ze bij tot de mondialisering van de economie, waarvan ze tegelijk ook het ritme versnelt.

De motor met inwendige verbranding is afgeleid van de stoommachine en wordt haar zwaarste concurrent. In 1859 ontwikkelt Lenoir de gasmotor, die geperfectioneerd wordt met de uitvinding van de compressor door Beau de Rochas in 1862 en van de Otto-motor in 1877. De benzine-motor komt minder van pas in de fabriek, maar is wel lichter, waardoor de mens er meteen de weg en de lucht mee veroverd. In 1883 laat Delamare Deboutteville het eerste voertuig rijden op benzine en vraagt Gottlieb Daimler een patent aan voor zijn eerste motor. In 1886 zorgt Benz voor een primeur: een wagen met een eencilindermotor en drie wielen. In 1897 pakt Rudolf Diesel uit met de naar hem genoemde ruwoliemotor. Die groeit uit tot rivaal van benzine op de weg, van elektriciteit en stoom op het spoor en van elektriciteit en gas in de fabrieken.

En hoe zit het met de materialen? Als de eerste industriële revolutie het ijzeren tijdperk is, is de tweede het stalen tijdperk. Staal is dankzij zijn fysisch-chemische eigenschappen onvergelijkbaar superieur. Was het in het vorige tijdperk nog zeldzaam en voorbehouden voor zwaar belaste mechanische onderdelen, dan wordt het nu een veelgebruikt materiaal. Henry Bessemer (1813-1898) neemt op 12 augustus 1859 zijn eerste patent. Het Siemens-Martin-procédé krijgt er één in 1868, het procédé van Thomas en Gilchrist in 1878. In 1880 stelt Siemens voor om elektrische energie te gebruiken voor de productie van staal.

Er ontstaat ook een nieuwe industriële sector: de chemische nijverheid. Aanvankelijk ontwikkelt ze zich in het verlengde van de steenkoolproductie, met de uitvinding van het soda-procédé door Solvay (1862), gevolgd door de ontwikkeling van synthetische ammoniak en de organische synthese.

Deze omwenteling heeft ingrijpende gevolgen op het vlak van kennis. De verhouding tussen wetenschap, techniek en industrie verandert. Tijdens de eerste industriële revolutie blijft de traditionele knowhow de sleutel tot succes. Nu is echter het tijdperk van de ingenieurs aangebroken. Er is geen enkele belangrijke industriële vooruitgang denkbaar zonder voorafgaande wetenschappelijke studie. De techniek doet steeds vaker een beroep op het laboratorium. Peter Weingart en François Caron noemen dit proces “de verwetenschappelijking van de techniek”.



## Jules Verne en de tweede industrialisatiegolf

De overgang van ijzer naar staal is bij Jules Verne het eerst merkbaar in de wapenindustrie. Het Columbiad-kanon dat de “exploronauten” richting maan schiet, is een enorm gietijzeren gevaarte dat in Florida gegoten is in 1200 koepelovens (*Van de aarde naar de maan*, 1865). Alleen door zijn grootte verschilt het van andere toenmalige mortieren. Met zijn driehonderd ton en zijn 1500 mm diameter wordt de houthouder van dokter Schulze geladen via de kulas. Hij rust op een stalen affuit en is uitgerust met stalen veren, zodat er geen terugstoot is (*De 500 miljoen van de Begum*, 1879). De fabrieksstad Stahlstadt (“staalstad”) die de fanatieke Pruisische privaattoelant laat bouwen, is een exacte kopie van de geïntegreerde fabrieken in Duitsland.

Na hun nederlaag in 1870 maakten de Fransen zich voortdurend wijs dat de Pruisen hun superioriteit te danken hadden aan de kwaliteit van hun bewapeningsstaal. Vandaar dat Stahlstadt na zijn mislukking overgenomen wordt door de Elzassische ingenieur Marcel Bruckmann, die voor de omschakeling zorgt naar een vredesindustrie. De *Great Eastern* (een echte boot) is nog gemaakt van vastgeklonken ijzerplaten (*De drijvende stad*, 1871), maar de dubbele romp van de Nautilus is van gewalst staal dat samengehouden wordt door T-balken (*20 000 mijlen onder zee*, 1870). De demonteerbare sloep waarmee Afrika kan worden verkend, is van gegalvaniseerd staal en lijkt enorm goed op de sloepen die Cockerill bouwde voor Stanley (*De avonturen van drie Russen en drie Engelsen*, 1872).

Maar de obus die Michel Ardan en zijn kompanen naar de maan schiet, is van aluminium, een sinds 1827 bekend metaal dat als kostbaar beschouwd wordt, maar niet echt nut heeft (*Van de aarde naar de maan*, 1865; *De reis om de maan*, 1869).

Jules Verne staat behoorlijk... onder stoom als hij zijn romans schrijft. Zo is de zee het toneel van een verwoede concurren-





Octant  
Collectie van het Ministerie  
van de Franse Gemeenschap.  
© Alain Breyer

tieslag tussen de beste zeilboten (de Saint-Enoch, de Tankadère, de Savaréna, de Syphanta, de Sloaghi, de Alert, de Chancellor, de Halbrane, de Brick van Sacratif) en stoomzeilschepen zoals de Abraham Lincoln, de Alaska en de Henrietta, waarvan Phileas Fogg al het hout opstookt. Als een *Reis om de wereld in tachtig dagen* mogelijk is, komt dat omdat de expressstoomboten de wereld rond beginnen te varen. Het *Stoomhuis* (1879-1880) daarentegen is al een archaïsme. Twee pagoden worden voortgetrokken door een stoomlocomobiel die de vorm heeft van een olifant en uitgerust is met een buisvormige stoomketel met 60 m<sup>2</sup> stookruimte en twee cilinders van 80 pk. Het reusachtige formaat van de machine contrasteert met zijn relatief geringe vermogen en wijst erop dat de techniek stagneert. Het is merkwaardig dat Jules Verne geen motoren met inwendige verbranding opvoert in zijn boeken. In *Parijs in de 20ste eeuw* (1860) zijn verschillende taxi's (de zogenaamde "gaz-cabs") wel uitgerust met gasmotoren. Toch dient de olie alleen om de Angara in brand te steken (*Michael Strogoff*, 1876) of om briketten mee te maken die in verwarmingsketels gaan (*Het bestuurbare eiland*, 1895).

Jules Verne is gefascineerd door elektriciteit, "een kracht die ooit het kloppend hart van de industrie zal worden" (*Robur de Veroveraar*, 1886). Sommige effecten zijn al geruime tijd bekend. Zo zijn de elektrische projectielen die kapitein Nemo afvuurt met zijn onderzees geweer, Leidse flessen (20 000 mijlen onder zee, 1869-70). Het dek van de Nautilus wordt geëlektrificeerd om de barbaren tegen te houden (1869-70). Hetzelfde gebeurt met de kettingen van de valbrug in *Het Spookkasteel* (1892), om Nick Deck de toegang tot het kasteel te beletten. Elektriciteit zorgt voor de ondergrondse verlichting van Coal City (*Het zwarte goud*, 1877), maar ook voor de individuele verlichting van de vulkanologen (*Naar het middelpunt der aarde*, 1864) en van de autonome helmduikers (20 000 mijlen onder zee, 1869-70). Elektrische circuits verbinden de boordinstrumenten met de machinekamer van de Nautilus, en zijn sloep is via een telegrafische draad verbonden met het stuurhuis. Zo'n draad verbindt

trouwens ook *het Spookkasteel* met de herberg van koning Mathias (1892). En dankzij de telegraaf kunnen journalisten ogenblikkelijk nieuwsberichten vanuit Siberië, bijbelverzen of Parijse chansons versturen (*Michael Strogoff*, 1876). Het gaat telkens om gelijkstroom die geproduceerd wordt door diverse batterijen van het type Bunsen of Rahmkorff.

Alleen in *Het bestuurbare eiland* (1895) wordt de stroom geproduceerd door dynamo's die aangedreven worden door stoommachines.

Maar of het nu om stoom of om elektriciteit gaat: het energiesubstraat is steenkool, en in *Het zwarte goud* (1877) maakt de auteur duidelijk dat deze brandstof vroeg of laat uitgeput zal raken.

Het is gemakkelijk en eerlijk gezegd ook vrij zinloos om eraan te herinneren dat de machines die Jules Verne bedacht, in zijn tijd althans onhaalbaar waren (anders had de schrijver er zeker een patent op genomen). Zo is de luchtballon Victoria, waarbij de waterstof uitzet door de warmte van een brander, een heuse vliegende bom (*Vijf weken in een luchtballon*, 1863). Om Vernes verbeeldingsrijke gedachtegang te kunnen volgen moeten we zijn machine vergelijken met het technische systeem waaruit ze noodzakelijkerwijze is ontstaan. Op die manier kunnen we de materialen, energievormen en aandrijving van de Nautilus (1873) en de Albatros (*Robur de Veroveraar*, 1886) onder de loep nemen. Tussen beide schepen liggen dertien jaar en een uitvinding: de omkeerbaarheid van de dynamo, met andere woorden: de elektromotor (1878).

Zoals we eerder al opmerkten is de Nautilus van staal. Hij is bestand tegen de druk van de diepzee dankzij zijn T-balken, een op zijn zachtst gezegd optimistisch uitgangspunt. "Zijn scheepshuid kan het niet begeven: ze hecht vanzelf in plaats van met klinknagels. Ze dankt haar homogene constructie aan de perfect geassembleerde materialen, waardoor ze zelfs de meest woeste zeeën kan trotseren." De onderzeeër wordt aangedreven door de elektriciteit die geproduceerd wordt door natriumbatterijen. "Het is dat natrium dat ik uit het zee-water haal en waarmee ik mijn elementen vervaardig (...). Vermengd met kwik, vormt het een amalgaam dat zink vervangt in de Bunsen-elementen. Kwik slijt nooit, terwijl natrium op zich verteert, en de zee schenkt het me vanzelf. Bovendien moeten natriumbatterijen als de krachtigste worden beschouwd. Zo ligt hun elektromotorische kracht twee keer zo hoog als bij zinkbatterijen." De romanschrijver extrapoleert hier op basis van toenmalig onderzoek: hij vervangt het zuur van de

Van de aarde  
naar de maan;  
*Reis rond de maan*.  
© Bibliothèques  
d'Amiens Métropole





*Het kasteel in de Karpaten.*  
Ed. Hetzel, 1892  
(illustratie van Léon Benett).  
© Bibliothèques d'Amiens  
Métropole

batterijen en verhoogt hun vermogen en hun levensduur. En wat schrijft Verne over de motor? *“De geproduceerde elektriciteit beweegt zich naar achteren, waar ze werkt via grote elektromagneten in een speciaal hefboom- en tandwielsysteem dat de beweging overbrengt op de schroefboom.”* Verne is goed vertrouwd met elektromagneten en heeft een soort krukasmechanisme in gedachten waarbij de krukstangen om beurten aangetrokken en afgestoten worden en waarbij hun slingerbeweging verandert in een draaibeweging.

De Albatros biedt, net als alle schepen die zwaarder zijn dan de lucht, in die tijd een dubbele uitdaging: de lichtheid van de materialen en de gewicht-krachtverhouding van de motor. Het schip is gemaakt van *“papier zonder lijm waarvan de bladeren doordrenkt zijn met dextrine en zetmeel, en vervolgens samengegeldrukt worden met een hydraulische pers.”* En wat de schroeven betreft: *“De met gelatine bedekte vezel maakt de substantie tegelijk krachtig en soepel.”* De analogie met de moderne kunststoffen is wat vergezocht. Verne bedient zich als het ware vrijelijk van de hydraulische pers en het onderzoek in de textiel- en de papiersector om vezelhoudende stoffen te doordrenken. De 39 schroeven worden nog altijd voortbewogen door elektriciteit, maar over de *“buitengewoon rendabele”* batterijen en de accumulatoren laat de auteur minder los.

In beide gevallen geeft hij de indruk dat zijn verbeelding hier slechts een kleine rol speelt. Hij houdt ze in bedwang, hoedt zich voor nutteloze overdrijvingen en beperkt zich tot extrapolaties. Daarbij gaat hij uit van de mogelijkheden van een technisch systeem dat hij weliswaar beheerst, maar waarvan hij de beperkingen uitvlakt.

**Robert Halleux**



Sterrenkijker  
Collectie van het  
Ministerie van de  
Franse Gemeenschap.  
© Alain Breyer

## Meer

*De tentoonstelling “Jules Verne: savoir rêver, savoirs rêvés” loopt nog tot 24 maart 2006 in het Mundaneum in Bergen.*  
[www.mundaneum.be](http://www.mundaneum.be)

*“Wetenschap en verbeelding”, internationaal colloquium op 12 en 13 januari 2006 in het Mundaneum.*

*Reis rond de maan.* Ed. Hetzel, 1872  
(illustratie van Emile Bayard).  
© Bibliothèques d'Amiens Métropole



# Na een halve eeuw waait er nog steeds een frisse wind

## door het von Karman Instituut

**1** 956-2006: de jaartallen zeggen genoeg. Dit jaar viert het von Karman Instituut voor stromingsdynamica (VKI), dat gevestigd is op de Waterlooosesteenweg in Sint-Genesius-Rode, zijn vijftigste verjaardag. In 1956 werd in België onder impuls van professor Theodore von Karman het instituut opgericht dat zijn naam zou dragen. Hij was een Hongaarse ingenieur die naar de Verenigde Staten was uitgeweken, maar ernaar streefde om (goede) transatlantische relaties en internationale wetenschappelijke samenwerkingsverbanden uit te bouwen en te onderhouden.

De opdracht van het instituut is de opleiding van wetenschappers en ingenieurs van de NAVO-lidstaten te bevorderen in de sector van de aerodynamica (stromingsdynamica) in een geest van open samenwerking. Deze doelstelling gaat gepaard met fundamenteel en toegepast onderzoek in deze discipline. Het spreekt vanzelf dat hierbij perfectie wordt nagestreefd. En zoals verder zal blijken beperkt deze missie zich niet tot de lucht- en de ruimtevaart. Momenteel zijn de toepassingen van de stromingsdynamica steeds talrijker en soms... bijzonder verrassend.

De geschiedenis van de campus in Sint-Genesius-Rode begint in 1921. Op dat moment werd het gebouw neergezet dat twee jaar later de eerste windtunnel zou herbergen van de *Service technique de l'aéronautique* (STAé) die toen onder het Ministerie van Oorlog ressorteerde. Vervolgens werd het Bestuur van de Luchtvaart overgeheveld naar het Belgische Ministerie van Verkeerswezen. Momenteel valt het instituut echter onder het Federaal Wetenschapsbeleid.

In heel die periode beleefde de luchtvaart in ons land een grote bloei en een dergelijk experimenteel laboratorium bleek bijzonder aantrekkelijk. Het zou als keuringsinstantie verantwoordelijk zijn voor de inspectie en de tests van luchtvaartuigen en onderdelen ervan en voor de afwerking van toestellen die volkomen revolutionair waren voor die tijd, namelijk de eerste helikopters. Nicolas Florine, een ingenieur van Russische afkomst, was een van de pioniers in dit domein. In 1933 vestigde hij zijn wereldrecord vluchtduur in een helikopter met een dubbele rotor in Sint-Genesius-Rode: negen minuten en 58 seconden op 10 meter hoogte.

Het was tevens Florine die na de oorlog voorstelde om in ons land helikopters te bouwen en te gebruiken voor de postverdeling. Bovendien nam hij zich voor om een toestel

met vier rotoren te bouwen dat stabiel was, maar de toenmalige regering ging hier niet op in. Het avontuur van de Belgische helikopters eindigde plots, terwijl een andere Russische vluchteling, Sikorsky genaamd, in de Verenigde Staten doorzette en er het welbekende succesverhaal schreef.

In Sint-Genesius-Rode werden tijdens de Tweede Wereldoorlog de technische installaties van het luchtvaartlaboratorium vernietigd. In 1947 ving de heropbouw aan. Een grote subsonische windtunnel van 3 meter diameter en een supersonische windtunnel van 40 cm x 36 cm doorsnede werden weer opgebouwd.

In de loop der jaren nam de uitrusting gestaag toe en breidde het instituut zijn activiteiten uit. Voor het bureau voor kernenergie naar Mol verhuisde, vond het van 1952 tot 1956 een onderkomen in het instituut.

In 1956 werd onder impuls van Theodore von Karman het instituut opgericht. Een bilateraal akkoord van drie jaar tussen de Verenigde Staten en België legde de basis voor wat het "Opleidingscentrum voor Experimentele Aerodynamica" zou worden of het TCEA (*Training Center for Experimental Aerodynamics*). In 1959 werd het akkoord verlengd en uitgebreid.

Andere lidstaten van de NAVO hebben vervolgens bijgedragen tot de financiering van het instituut. De formule en het aantal deelnemende landen zijn in de loop der jaren gewijzigd. Sommige hebben de structuur verlaten om zich later soms weer aan te sluiten.

Nicolas Florine  
(1891-1972) aan boord  
van zijn helikopter  
met dubbele rotor.



## Drie onderzoeksdomeinen

Na het overlijden van Theodore von Karman in 1963 kreeg het instituut zijn naam. Er volgden verschillende administratieve wijzigingen (de financieringswijze is sinds 1956 meer dan tien keer veranderd) en nu verricht het instituut pionierswerk in drie grote onderzoeksdomeinen:

- *Lucht- en ruimtevaart*: dit omvat de aerodynamica van toestellen die vliegen met lage snelheid, maar ook met transsonen en hypersonen snelheden, de studie van fluxen bij hoge temperaturen, zoals het geval is bij de terugkeer van ruimtevaartuigen in de atmosfeer (plasma's), en ook de ontwikkeling van computermodellen in deze domeinen;
- *Stromingsdynamica toegepast op het leefmilieu*: dit heeft voornamelijk betrekking op de verspreiding van vervuilende stoffen in de atmosfeer, de stedelijke microklimaten, de studie van turbulentie, de aeroakoestiek, de stromingsdynamica van verschillende voertuigen, industriële procédés, het gedrag van biologische fluida,...
- *Turbomachines en voortstuwing*: reactiemotoren, schepen van compressoren en turbines, warmteoverdracht, industriële compressoren,...

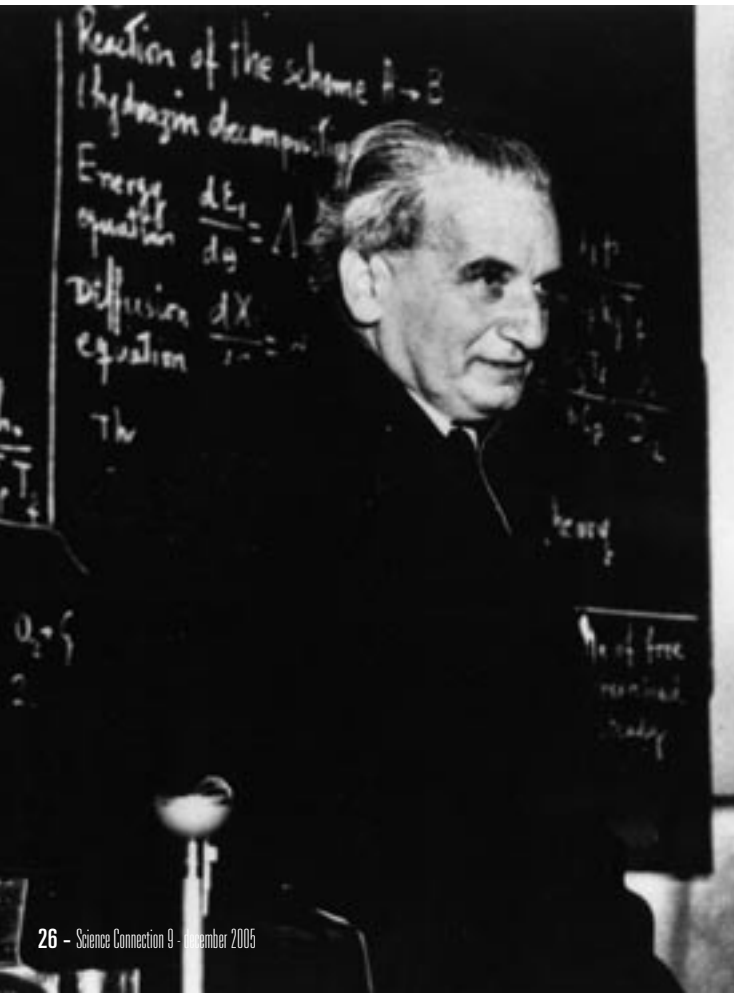
Het personeel en de studenten van het von Karman Instituut beschikken momenteel over 43 verschillende instrumenten waarvan sommige uniek zijn in de wereld. Zo bijvoorbeeld de super- en hypersonische windtunnels die snelheden van 2 mach tot 15 mach simuleren, of het beroemde plasmatron, een toestel dat uniek is in de wereld en plasmastralen van ongeveer 10 000 graden kelvin kan genereren. Dit toestel werd in december 1997 ingehuldigd en heeft ongeveer vier miljoen euro gekost, waarvan het Federaal Wetenschapsbeleid drie miljoen heeft gefinancierd en de Europese Ruimtevaartorganisatie één miljoen.

Momenteel heeft het instituut een honderdtal personen in dienst waarvan twaalf leden academisch personeel, veertien ingenieurs en een twintigtal technici en industriële ingenieurs. Het von Karman Instituut verzorgt hogere opleidingen, organiseert workshops en studiedagen, en voert in opdracht van de lidstaten en van derden talrijke studies en onderzoeken uit in het domein van de theoretische, experimentele en numerieke stromingsdynamica.

Christian Du Brulle



Het von Karman Instituut:  
[www.vki.ac.be](http://www.vki.ac.be)



## Theodore von Karman

Deze Amerikaanse ingenieur van Hongaarse afkomst werd geboren in Boedapest in 1881. Hij legde de basis voor de eerste Amerikaanse super-sonische windtunnel in 1938 en speelde een belangrijke rol in de bloei van de ruimtevaart in Noord-Amerika. Zijn echte naam luidde Todor Von Skolloskislaki Karman en hij werkte van 1903 tot 1906 aan de Technische Universiteit van Boedapest. Hij verliet zijn geboortestad om te gaan studeren in Göttingen en later in Parijs. Hij maakte er de opkomst van de luchtvaart mee en wist meteen dat dit zijn passie zou worden.

In 1912 werd hij directeur van het Aerodynamische Instituut van Aken, waar hij ook werkzaam was als hoogleraar in de aerodynamica en de mechanica.

Toen de oorlog in 1914 losbarstte, keerde hij terug naar Hongarije, waar hij wetenschappelijk onderzoeker werd van de luchtmacht van het Oostenrijks-Hongaarse leger. In 1926 trok hij voor de eerste keer naar de Verenigde Staten, waar men hem in 1930 aanbood om directeur te worden van het Luchtvaartlaboratorium van het Instituut voor Technologie van Californië (Caltech). In 1933 stichtte hij het Amerikaanse Instituut voor Luchtvaartwetenschappen, waar hij zijn onderzoek inzake de stromingsdynamica, de theorie van de turbulentie en de supersonische vlucht voortzette.

In 1936 werd hij Amerikaans staatsburger en adviseerde de luchtmacht over het gebruik van reactievoortstuwing voor vliegtuigen. Als voorzitter van de Agard (Advisory Group for Aeronautical Research and Development) van de NAVO pleitte hij in 1956 voor de oprichting van een wetenschappelijk instituut voor stromingsdynamica. Dit instituut werd in België gevestigd. Hij overleed op 6 mei 1963 in Aken.

België	47,1
Frankrijk	13,51
V.S.	13,51
Duitsland	12,67
Italië	5,28
Noorwegen	1,89
Spanje	1,58
Turkije	1,58
Portugal	1,11
Tsjechië	0,9
Hongarije	0,65
GH Luxemburg	0,15
IJsland	0,07

## Internationale maar ook federale middelen

Het von Karman Instituut voor stromingsdynamica, dat lange tijd onder toezicht van het Ministerie van Verkeerswezen stond, wordt momenteel door het Federaal Wetenschapsbeleid betoelaagd. Het jaarlijkse budget van het instituut bedraagt 7,3 miljoen euro.

Procentuele bijdrage van de lidstaten aan de begroting van het von Karman Instituut (2004-2005)

## Enkele onverwachte toepassingen

Van het Atomium over de toekomstige Belgische zuidpoolbasis en de verlichtingspalen op de autosnelweg tot het Berlaymont-gebouw. Historisch gezien had de leer van de stromingsdynamica voornamelijk tot doel om beter presterende luchtvaartuigen te ontwikkelen. Door de ontwikkeling van onze kennis in dit domein en door de technologische vooruitgang die het met name mogelijk hebben gemaakt om de ruimte te veroveren (Sjoetnik in 1957), is het onderzoek zich echter iets minder gaan toespitsen op de klassieke luchtvaart.

Vooraleer de constructie van het Berlaymont-gebouw van start ging werd een schaalmodel aan een hele reeks testen in de windtunnel onderworpen.



In het domein van de ruimtevaart bijvoorbeeld kan het toestel dat Long Shot wordt genoemd, snelheden van 14 mach simuleren. Het gaat hier om typische snelheden die worden bereikt tijdens de terugkeer van ruimtevaartuigen in de atmosfeer. Door verschillende parameters en vooral de samenstelling van de atmosfeer te variëren, bestuderen de vorsers van het VKI het gedrag van ruimteschepen die naar de aarde terugkeren of zich klaarmaken om te landen op de planeet Mars of... op Titan! De Huygens-sonde van de ESA die in het begin van 2005 op de belangrijkste maan van Saturnus landde, werd in het VKI aan simulaties onderworpen om na te gaan in welke mate de sonde zou opwarmen door de straling van de atmosfeer van Titan.

Mario Carbonaro, directeur van het von Karman Instituut, voor het plasmatron.



In dezelfde context wordt het beroemde plasmatron aangewend om materialen te testen die tegen extreme temperaturen bestand moeten zijn, vooral dan ablatieve of herbruikbare materialen die dienen voor de vervaardiging van hittedekken.

Maar ook de luchtvaart geniet nog steeds belangstelling. De ontzooing van de vleugelneuzen van de Airbus bijvoorbeeld werd in opdracht van Sonaca bestudeerd in Sint-Genesius-Rode. Dit type studies over de ontzooing van vleugelneuzen werd voorheen al uitgevoerd voor de Embrer-vliegtuigen.

Hoewel het gouden tijdperk van de helikopters van Nicolas Florine al lang vervlogen lijkt, heeft het VKI onlangs nog studies uitgevoerd op dit type luchtvaartuig. Zo heeft een Italiaanse fabrikant een beroep gedaan op het instituut om het profiel van de schroefbladen van zijn helikopters te laten bepalen voor rotatiesnelheden in transsonische toestand. Dit is immers van cruciaal belang voor de stabiliteit van helikopters. Aangezien het uiteinde van de schroefbladen sneller draait dan het deel dat aan de draaiingsas bevestigd is, worden er aan de uiteinden van de schroefbladen eerst transsonische snelheden van 0,6 mach tot 1 mach bereikt. Wanneer de helikopter snel vliegt en de rotatie- en vluchtsnelheden bij elkaar worden opgeteld, is het echter absoluut noodzakelijk dat de supersonische grens niet wordt overschreden, want anders kunnen er onoverkomelijke veiligheidsproblemen optreden. Vandaar de studies in de windtunnels.

Vergeten we niet dat de wind ook een fluïdum is. Het effect van de wind op een gebouw of een geheel van gebouwen vormt ook een studiedomein dat door het VKI werd ontwikkeld en dat vooral gebruik maakt van de grote subsonische windtunnel. Vooraleer het Atomium op de Heizel werd gebouwd, werd het door het VKI bestudeerd.

Schaalmodellen van het Rijksadministratief Centrum in Brussel of van gebouwen van de Europese Unie (zoals het Berlaymont-gebouw) werden meer dan eens aan rukwinden onderworpen om na te gaan of zij ertegen bestand waren, maar ook om eventuele microklimaten op te sporen die deze gebouwen voor hun gebruikers en omwonenden zouden kunnen creëren (comfortabele en niet-comfortabele zones). Dit geldt ook voor verschillende industrieterreinen of constructies zoals sommige bruggen die over de Maas werden gebouwd.

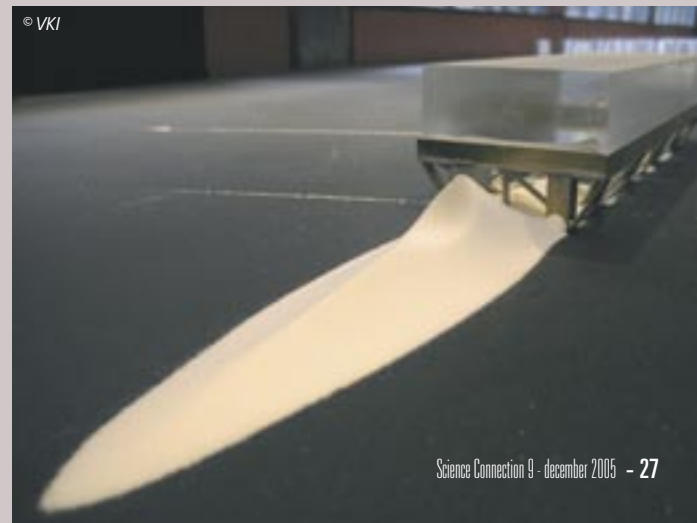
Een nog praktischer voorbeeld is het onderzoek door het VKI van het effect van de wind op de nieuwe verlichtingspalen die langs de autosnelwegen staan. Meestal hebben zij een achthoekige doorsnede. Dit is het beste compromis als de productie-eisen in aanmerking worden genomen, maar om hun veiligheid te kunnen garanderen, is steeds een exacte kennis nodig van de krachten die door de wind worden veroorzaakt...

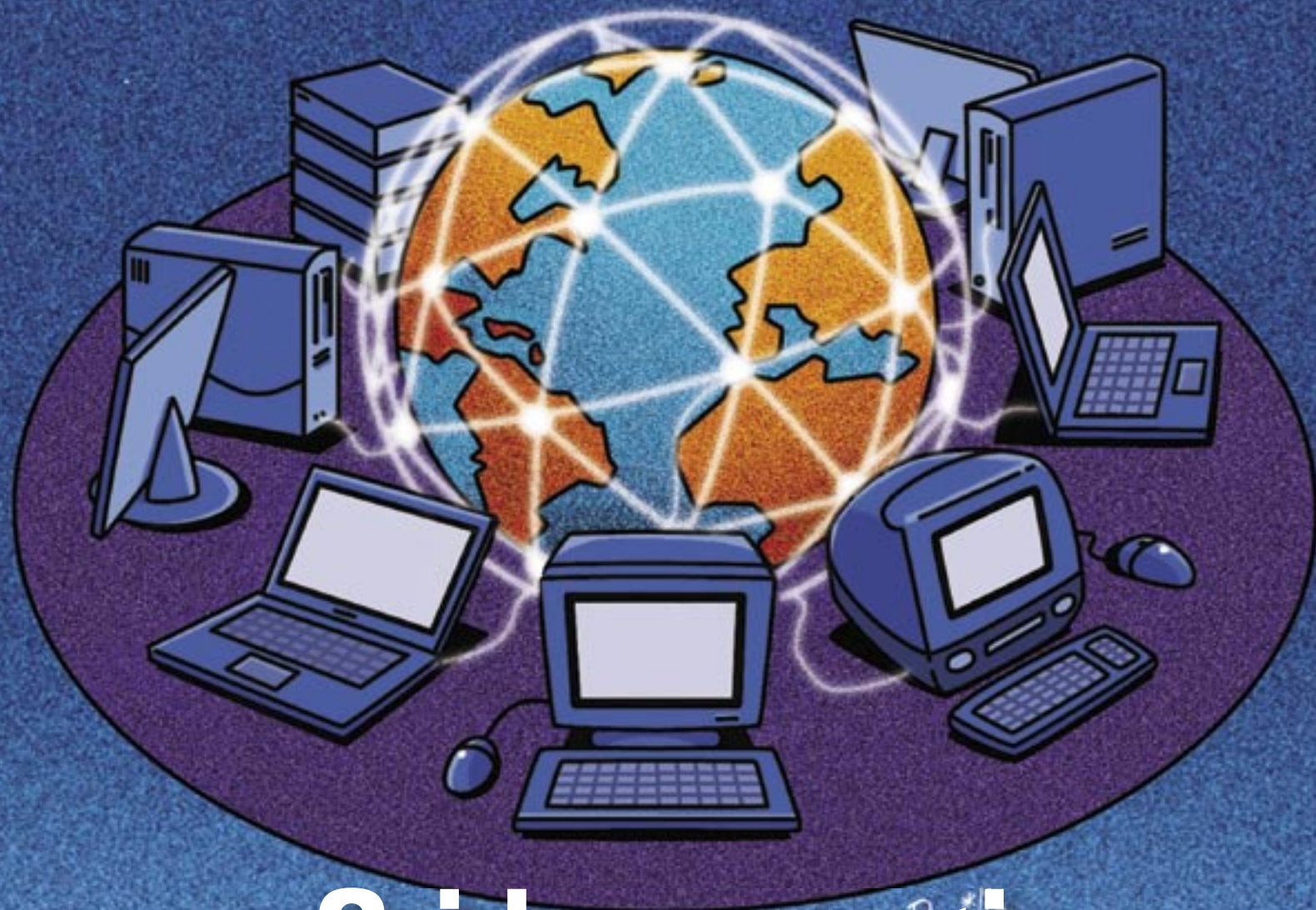
De toekomst van het instituut tekent zich al duidelijk af. De vorsers van het VKI voeren op dit moment ook onderzoek uit voor de Belgische poolbasis die naar aanleiding van het volgende internationale pooljaar (2007-2008) op de zuidpool zal worden opgericht. Hiervoor gebruiken ze vooral de luchtstromingen van hun grote windtunnel. Het model van het terrein waarop het toekomstige wetenschappelijke poolstation zal worden gevestigd, wordt onderworpen aan winden die deeltjes natriumbicarbonaat meevoeren. Dit poeder bootst de "droge" sneeuw na die in die extreme gebieden voorkomt. Zo willen de vorsers nagaan hoeveel sneeuw zich kan opstapelen op het rotsige voorbergte dat als sokkel voor de poolbasis zal dienen, en willen ze bepalen in welke mate de structuur van de toekomstige basis de lokale aerologie van het terrein zal verstoren. Op die manier willen ze bijvoorbeeld de risico's op dichtsneeuwen uitsluiten.

Door hun achthoekige doorsnede zijn de verlichtingspalen die langs onze autosnelwegen staan, beter bestand tegen de wind. © Belpress



Het von Karman Instituut voerde tests uit voor de inplanting van de toekomstige Belgische zuidpoolbasis.





# Grid computing

## werken met de kracht van duizenden computersystemen

Een enkele pc heeft 80 jaar nodig om 46 miljoen verschillende moleculen te onderzoeken... Is dat een hopeloze opdracht waar we maar beter van afzien? Niet met grid computing, een techniek die gebaseerd is op het wereldwijd koppelen van computers om zo over voldoende kracht en capaciteit te beschikken om ingewikkelde berekeningen te kunnen verrichten of grote hoeveelheden data te verwerken. Wat de eenzame pc in 80 jaar doet, gebeurt met grid computing in slechts een fractie van die tijd.

Eenvoudig gesteld werkt grid computing volgens het 'samen sterk'-principe. Computers die zich overal ter

wereld bevinden, worden in een netwerk aan elkaar gekoppeld en toegankelijk gemaakt. Op die manier krijgt een gebruiker toegang tot het geheel of een gedeelte van de middelen – rekenvermogen, geheugen, software, gegevens – die door de andere leden van het netwerk worden ingebracht. Een computing grid bevat vooral rekenelementen. Worden daar ook elementen voor gegevensopslag aan toegevoegd, dan spreken we van een computing/data grid.

Het wereldwijde gebruik van computerinfrastructuur opent mogelijkheden voor toepassingen waar weten-

schappers en onderzoekers tot voor een paar jaar alleen maar van konden dromen. De eerste grid-projecten in Europa ontstonden dan ook in de onderzoeksweld, meer bepaald op het domein van de deeltjesfysica. Heel langzaam ontstaat nu ook bij de computerconstructeurs interesse voor het ontwikkelen van grid-software.

## Wetenschappers werken wereldwijd

Data/grid computing is de beste manier om aan eScience te doen: wetenschappelijk onderzoek waarbij mensen via het internet van overal ter wereld bij betrokken worden. Volgens de onderzoeksnoden van het moment ontstaan dynamische virtuele organisaties (VO's) die meestal een tijdelijk leven beschoren zijn. In deze VO's werken onderzoekers uit verschillende wetenschappelijke domeinen samen en worden hierbij niet langer beperkt door lokale werkomstandigheden.

Er wordt verwacht dat eScience in de volgende vijf jaar meer nieuwe wetenschappelijke gegevens zal aanmaken dan ooit tevoren. We mogen logischerwijs dan ook aannemen dat dit vervolgens de aanzet zal geven tot een volgende generatie ICT-infrastructuren. Grid computing is bovendien een complex gegeven. Deze nieuwe vorm van samenwerken en het grote aantal nieuwe gegevens brengen nieuwe problemen met zich mee die opgelost moeten worden: toegang, wijziging, annotatie en bescherming van gegevens, beveiliging (identiteit), vertrouwen (in de partners), privacy, audit, bescherming van de intellectuele rechten, ...

Europa participeert met EGEE (*Enabling Grids for E-science*) in de opbouw van een wereldwijde infrastructuur. In een eerste fase van EGEE werken zeventig partners samen en werd een infrastructuur gebouwd die 27 landen overspant en verbindingen legt met grid-infrastructuren in de VS, Japan, Korea en China. EGEE ontwikkelde een eigen grid *middleware* die nu gebruikt wordt in het Europese gedeelte. Goede middleware is de sleutel tot succes voor grid computing. Het is software die de verschillende computereenheden integreert en de gebruikers een eenvoudige toegang naar de grid verleent. Het draagt bij tot betere samenwerking met andere grid-infrastructuren.

## Grid computing helpt de wereld vooruit

Op de Europese grid-infrastructuur EGEE lopen al heel wat onderzoeken van uiteenlopende disciplines.

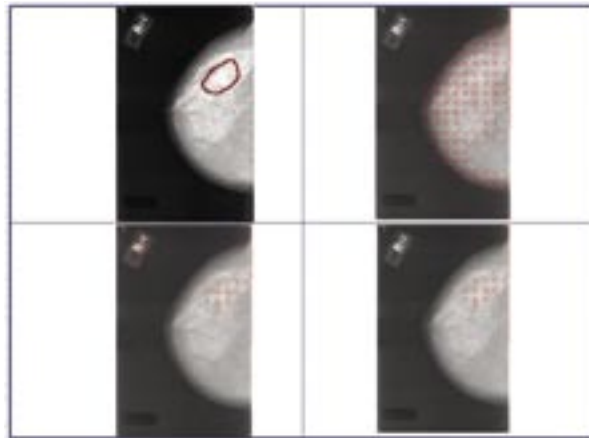
### ■ Zoektocht naar geneesmiddelen

Van 11 juli 2005 tot 19 augustus 2005 liep het project WISDOM op EGEE. Meer dan 46 miljoen verschillende moleculen werden onderzocht om zo nieuwe geneesmiddelen tegen malaria te vinden. Een enkele

pc zou 80 jaar nodig hebben om deze job te klaren. Met grid computing werden duizend computers in vijftien landen simultaan aan het werk gezet om de tweede grootste doder ter wereld een kopje kleiner te maken. Dit is het meest rekenintensieve biomedische project dat ooit op de Europese grid werd uitgevoerd.

### ■ Mammogrid

Mammogrid werd gefinancierd door de Europese Commissie en is ook een biomedische toepassing. Het helpt een zicht te krijgen op de complexiteit en verscheidenheid van een aandoening als borstkanker, dankzij het verzamelen van de bijhorende mammogrammen. Specialisten en onderzoekers beschikken op die manier over een statistisch significant aantal voorbeelden van kwaliteitsvol beeldmateriaal.



Mammogrammen worden gebruikt voor het opsporen van borstkanker.

### ■ Analyse van aardbevingen

Ook de aarde is een aantrekkelijk onderzoeksobject voor data/grid computing. Dankzij het gebruik van de EGEE grid-infrastructuur slaagden de onderzoekers van het *Institut de Physique du Globe de Paris* (IPGP) erin om binnen 30 uur een grote aardbeving te analyseren. Tijdens deze aardbeving, die afgelopen 28 maart plaatsvond in Indonesië, verloren meer dan duizend mensen het leven. De analyse liet zien dat deze aardbeving geen late naschok was van de tsunami enkele maanden eerder, hoewel ze op een ingewikkelde wijze wel met elkaar verbonden zijn. Door de exacte parameters te begrijpen van wanneer, waar en hoe een aardbeving plaatsvindt, komen onderzoekers dicht bij het waarom van een schok. Hierdoor zal het in de toekomst mogelijk worden te voorspellen waar en wanneer aardbevingen zullen plaatsvinden en wat hun impact zal zijn.

### ■ MAGIC

De MAGIC-telescoop (*Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov*) op het Canarische eiland La Palma spoort gammastralen uit de kosmos op. Hij heeft een diameter van 17 m en een spiegeloppervlakte van

De MAGIC-telescoop.



236 m<sup>2</sup>. De grote hoeveelheid gammastralen die hij opvangt, vertellen over kosmische gebeurtenissen. De analyse van de gegevens verkregen via de MAGIC-telescoop en het genereren van simulaties van 'air showers' in de atmosfeer gebeuren via de Europese grid-infrastructuur.

Om dergelijke toepassingen mogelijk te maken, is meer nodig dan een eenvoudige verbinding tussen verschillende computersystemen die samen het grid vormen. Software zorgt ervoor dat details over de aangesloten systemen geregistreerd zijn en een distributiesysteem kent de beschikbare vrije capaciteit toe aan gebruikers die op zoek zijn naar extra kracht en ruimte. Omdat bij grid computing vaak met zeer vertrouwelijke informatie omgesprongen wordt, is het logisch dat ook de veiligheidsvoorzieningen die gebruikers- en toegangsrechten bewaken, op punt moeten gesteld worden.

### Grid computing verspreidt zich

Momenteel vinden we grid-projecten vooral in de onderzoekswereld terug. Ze worden daarom ook vaak gefinancierd door de overheid. Tot voor kort bleven ze nog vooral beperkt tot de Europese landen en de geïndustrialiseerde wereld, maar stilaan doen ook de groeiende nieuwe economieën zoals China hun intrede in de wereld van de grids. Toch heeft deze nieuwe vorm van samenwerken nog een lange weg naar volwassenheid af te leggen. Slechts enkele zijn al in het stadium dat ze aan een echte productie-infrastructuur werken. De meeste grid-projecten leggen zich momenteel nog toe op het uitwerken van verschillende aspecten van grid-computing.

### Standaardisatie

Omdat iedereen zijn eigen grid-initiatief ontwikkelde, was het niet te vermijden dat deze onderling niet compatibel zijn. Dat fenomeen vormt momenteel een belemmering voor de realisatie van een wereldwijde grid-infrastructuur, te vergelijken met het wereldwijde web. Standaardisatie is hier het enige mogelijke antwoord.

Het *Global Grid Forum* (GGF) wordt algemeen aanvaard als de autoriteit die standaarden in grid computing bepaalt. Het GGF definieerde daarbij de *Open Grid Services Architecture* als het kader voor de ontwikkeling van grid middleware die onderling compatibel zal zijn en er dus voor zorgt dat verschillende grid-infrastructuren met elkaar verbonden worden.

### En België?

Ook de Belgische onderzoekswereld erkende snel de unieke mogelijkheden van grid computing. Universiteiten zetten hier en daar kleinschalige grid-onderzoeksprojec-

ten op. Het is echter vooral door de oprichting van BEgrid door het nationale onderzoeksnetwerk BELNET dat grid computing in België een belangrijke stimulans kreeg. BEgrid is een Belgische computing/data grid. Het krachtige GigaNet-netwerk van BELNET is een belangrijke bouwsteen van BEgrid.

BEgrid bestaat momenteel uit een 300-tal rekenelementen en een 3-tal terabyte aan opslagcapaciteit. Het is opgebouwd uit een verzameling van clusters die aangesloten zijn op BELNET. Elke instelling beheert zijn eigen cluster, maar het is BELNET dat alle noodzakelijke diensten aanbiedt die nodig zijn om met BEgrid te werken. Hierin is ook de ondertekening van het certificaat begrepen waarmee gebruikers toegang krijgen tot BEgrid en andere Europese initiatieven.

BELNET droeg, samen met acht instellingen, apparatuur en mankracht bij om de BEgrid infrastructuur te verwezenlijken. De deelnemers zijn het *Centre d'Excellence en Technologies de l'Information et de la Communication*, de *Facultés Polytechniques de Mons*, de Katholieke Universiteit Leuven, de Universiteit Antwerpen, de Universiteit Gent, de *Université Libre de Bruxelles*, het Vlaams Instituut voor de Zee en de Vrije Universiteit Brussel. Hun vorsers maken nu actief gebruik van BEgrid. Ook de Vlaamse Gemeenschap steunt dit initiatief actief door bij te dragen in de aanschaf van rekenkracht en gegevensopslag.

## Waarom 'grid'?

*Twee Amerikaanse professoren in computerwetenschappen, Ian Foster en Carl Kesselman, gebruikten voor het eerst het woord 'grid'. Ze kozen het naar analogie met 'the electrical power grid' waarmee het elektriciteitsnetwerk in het Engels wordt aangeduid.*

*Wie aan grid computing doet, hoeft zich geen zorgen meer te maken over voldoende rekenruimte of opslagruimte. Een goed idee is het belangrijkste. Vergt dat ingewikkelde berekeningen of zwaar 3D-tekenwerk? Grid computing zorgt ervoor dat het kan en werkt daarmee op hetzelfde principe als het elektriciteitsnetwerk. Je steekt de stekker in het stopcontact en je verwacht dat er ook stroom voorhanden is. Bij grid computing log je in op het netwerk en beschik je gegarandeerd over voldoende capaciteit en opslagruimte om aan je digitaal werk te beginnen.*

*Klinkt dat niet mooi? Hoewel er nog volop met grid computing geëxperimenteerd wordt, is dit geen toekomstmu-ziek meer.*



## Bedrijven wachten nog even af

Bedrijven kijken nog even de kat uit de boom voor wat grid-projecten betreft. Als ze er zich al aan wagen, dan blijven het initiatieven van eerder beperkte omvang. Nochtans zijn er heel wat nuttige toepassingen te bedenken. Voor bedrijfsleiders echter de stap zullen zetten, moeten eerst de tekorten in de bestaande grid middle-ware weggevoerd worden.

Zo is het belangrijk dat softwareleveranciers in staat zijn om ondersteuning te geven. De *Enterprise Grid Alliance* (EGA) is de organisatie die de aanvaarding van grid computing binnen de industrie en de publieke sector wil versnellen door de bestaande gebreken en tekorten te verhelpen en door de aanvaarding van standaarden voor grid computing te promoten.

Een van die tekorten is het nauwkeurig meten van het gebruik van de grid-infrastructuur door de aangesloten leden. Ook hier zal een standaardisatie nodig zijn die antwoord geeft op wat er gemeten wordt, in welke eenheden dit uitgedrukt wordt, enzovoort. Zelfs de beveiliging, waar toch al heel wat aandacht aan besteed werd, wordt door sommige (medische) gemeenschappen en bepaalde branches als onvoldoende ervaren. Zij willen meer dan certificaten en het definiëren van toegang tot gegevens via lidmaatschap van een virtuele organisatie. Werk aan de winkel.

### Veerle Custers en Rosette Van den Broucke



Veerle Custers,  
Externe communicatie BELNET



Rosette Van den Broucke,  
projectleider BEgrid



Meer

Grid computing in mensentaal en met veel illustraties:  
[gridcafe.web.cern.ch](http://gridcafe.web.cern.ch)

BEgrid, de Belgische grid:  
[grid.belnet.be](http://grid.belnet.be)

BELNET, het Belgisch onderzoeksnetwerk:  
[www.belnet.be](http://www.belnet.be)

EGEE, de Europese grid:  
[public.eu-egee.org/](http://public.eu-egee.org/)

## BELNET



*BELNET is een Staatsdienst met afzonderlijk beheer die onder de bevoegdheid valt van het Federaal Wetenschapsbeleid. BELNET levert aan zijn klanten (universiteiten, hogescholen, onderzoeksinstituten, overheidsdiensten en andere publieke organisaties) internettoegang aan hoge bandbreedtes met bijhorende diensten. BELNET pioniert ook met nieuwe technologieën, zoals IPv6, multicast en grid computing, en het omvat het enige CERT (Computer Emergency Response Team) gespecialiseerd in computer- en netwerkbeveiliging in België. Daarnaast staat BELNET ook in voor het beheer van FedMAN, het netwerk dat de federale administraties verbindt, en van BNIX, het Belgische knooppunt van de internetleveranciers.*

*BELNET stond in 1993 met het eerste onderzoeksnetwerk aan de wieg van internet in België. In 2006 wordt de zesde versie van dit netwerk gelanceerd. Hiermee wordt optische netwerktechnologie een feit. Vandaag heeft BELNET 155 klanten en levert het netwerktoegang aan ongeveer 550.000 eindgebruikers. Hiermee staat BELNET in de topdrie van Internet Service Providers (ISP) in België.*



**S**cience Connection start een nieuwe rubriek die openstaat voor alle lezers. Ons magazine ruimte altijd al veel plaats in voor illustraties en publiceert zoveel mogelijk afbeeldingen over een hele pagina.

Deze pagina is voortaan van u... U mailt één of meer foto's samen met een tekst van een honderdtal woorden naar [scienceconnection@belspo.be](mailto:scienceconnection@belspo.be) (minimum 300 dpi / 118 pixels / afdrukformaat 20 x 30 cm). Maar niet zomaar een foto: hij moet enig verband hebben met het Federaal Wetenschapsbeleid en zijn wetenschappelijke instellingen. Bijvoorbeeld het Museum voor Natuurgeschiedenis

### Hongkong en zijn musea

Dankzij de culturele betrekkingen tussen Hongkong en het Chinese vasteland herbergen de musea en galerieën prachtige collecties Chinese antiquiteiten. Sommige zijn duizenden jaren oud. Het museum en de kunstgalerie van de Universiteit van Hongkong bezitten de grootste collectie bronzen beelden uit de Yuan-dynastie ter wereld. Het Kunstenmuseum bezit dan weer een collectie jade, keramiek, schilderijen en kalligrafieën die getuigen van het rijke kunstverleden van de stad. Iets verderop liggen het Wetenschapsmuseum – met zo'n

# Musea van heinde

van Doornik, de Guggenheim-stichting in Venetië, het Munch-museum in Oslo of het geologisch museum van Ho Chi Minhstad.

500 interactieve installaties die de wereld van wetenschap en technologie op een voor kinderen boeiende manier voorstellen – en het Museum van de ruimte-





# en ver

Het Museum van de ruimtevaart © P.D.

vaart dat befaamd is voor zijn planetarium en zijn heel gevarieerde voorstellingen in Omnimax.

Het Museum voor Geschiedenis van Hongkong pakt uit met tientallen verrassend authentieke opstellingen die de hoogtepunten uit de lokale geschiedenis weer tot leven wekken, van het prille begin tot de overdracht aan de Volksrepubliek China in 1997.

Liefhebbers van de zee komen aan hun trekken in het Museum voor Kustdefensie dat een overzicht biedt van de militaire aanwezigheid langs de kuststrook van de Ming-dynastie tot vandaag. Het Erfgoedmuseum werd opgericht in de "Nieuwe gebieden" en bestaat uit twaalf galerijen rond een patio, waarvan er één volledig gewijd is aan de Kantonese opera, en schetst het historische, artistieke en culturele verleden van Hongkong.

Met een oppervlakte van bijna 1000 km<sup>2</sup> bezit de regio Hongkong, met zijn bijzonder administratief statuut, niet minder dan 23 musea.

Pierre Demoitie



De musea van Hongkong:  
[www.discoverhongkong.com/eng/heritage/museums/mu\\_kln\\_0001.jhtml](http://www.discoverhongkong.com/eng/heritage/museums/mu_kln_0001.jhtml)



Het Kunstenmuseum © P.D.

De Star Ferry verbindt het eiland Hongkong met het schiereiland en behoort tot het lokale erfgoed. © P.D.



De toegangsprijs van de Hongkongse musea is heel laag: een pasje voor de zes grote musea kost amper 3,5 euro. © P.D.

# Focus op websites

De Dienst voor Wetenschappelijke en Technische Informatie stelt een nieuwe rubriek voor: actualiteit op het internet. Om de twee maanden selecteren we voor u een aantal websites die van de Federale wetenschappelijke instellingen of andere administraties uitgaan en waarvan de inhoud aansluit bij onze interesses. Hoewel deze benadering zeker subjectief is, zal de rubriek mooi aansluiten bij het geheel van dit magazine.



**Art Nouveau & Design, de Tijdslijn**  
door de Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis (KMKMG)

Deze (tweetalige) website sluit aan bij de tentoonstelling over de Belgische kunstnijverheden, die nog tot eind december te bezoeken is in de Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis in het kader van de feestelijkheden rond het 175-jarig bestaan van België (zie *Science Connection* 8, p.2). Men vindt er de artistieke trends in de decoratieve kunst voor de periode 1830 tot 1958 terug.

Op de website kan de bezoeker voor een chronologische of een thematische benadering kiezen, en zich zo verdiepen in een kunststroming waarvoor ons land internationale faam verwierf.

[www.detijdslijn.kmkg.be/](http://www.detijdslijn.kmkg.be/)

**Biodiversity.be**  
door het Federaal Wetenschapsbeleid



Het Belgisch platform voor biodiversiteit, een initiatief van het Federaal Wetenschapsbeleid, steunt interdisciplinair onderzoek op nationaal en internationaal niveau. Verder brengt het ook wetenschappelijk onderzoek en beleid rond biodiversiteit dichterbij elkaar (zie *Science Connection* 7). Het platform vertegenwoordigt België in het *European Platform for Biodiversity Research Strategy* (EPBR) en de *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF).

Deze Engelstalige, recent vernieuwde website bevat veel informatie, data zowel als metadata, in verband met de studie en behoud van biologische diversiteit: een nieuwsbrief, een rubriek met nieuws, aankondigingen van evenementen, en thematische forums waar online-discussiegroepen aan verbonden zijn.

[www.biodiversity.be](http://www.biodiversity.be)

## PlantCol, Belgische plantencollecties door de Nationale Plantentuin van België

Iedereen weet dat de biodiversiteit over de hele wereld aan het verkleinen is. Het opstellen van gedetailleerde inventarissen is dan ook eens zo noodzakelijk voor het verzamelen van genetische informatie van planten- en diersoorten en voor de bescherming ervan, en laat bovendien soms toe soorten waarvan men dacht dat ze uitgestorven waren, te herontdekken. Het PlantCol-project wil de genetische informatie van levende planten in België verzamelen.

De vzw Vereniging van botanische tuinen en arboreta, die in het kader van het Meerjarig ondersteuningsprogramma voor de uitbouw van de informatiemaatschappij wordt ondersteund door het Federaal Wetenschapsbeleid, heeft een onlinedatabase opgesteld die de collecties van levende planten in de Belgische botanische tuinen en arboreta inventariseert. Zoekacties kunnen worden uitgevoerd op naam (wetenschappelijk of populair) van de plantensoort of op de plaats waar de plant wordt teruggevonden. Nieuwsberichten zijn niet heel gedetailleerd, maar de vereniging wil in een tweede fase van het project meer informatie, inclusief foto's, aanbieden en een herbarium samenstellen.

De website bestaat in het Nederlands, het Frans en het Engels.

[www.plantcol.be/](http://www.plantcol.be/)

[www.belspo.be](http://www.belspo.be) > FEDRA > Onderzoeksacties > Meerjarig ondersteuningsprogramma voor de uitbouw van de informatiemaatschappij > project 210



## En verder . . .

### De Federale wetenschappelijke instellingen

door het Federaal Wetenschapsbeleid

Beschrijving van alle FWI's, met foto's, adressen en links naar de websites.

[www.belspo.be](http://www.belspo.be) > Wetenschappelijke Instellingen

### Retrospectieve Panamarenko

door de Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België

Drietalige website van de tentoonstelling. Het educatieve gedeelte bevat een informatiedossier, een wedstrijd en interactieve spelletjes.

[www.expo-panamarenko.be/](http://www.expo-panamarenko.be/)

### Klimaatverandering

door de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu

Alles over klimaatverandering: broeikaseffect, internationaal beleid en beleid in België

[www.environment.fgov.be/Root/tasks/atmosphere/klim/set\\_nl.htm](http://www.environment.fgov.be/Root/tasks/atmosphere/klim/set_nl.htm)



Denis Renard

## De digitalisering van het Etnomusicologisch Klankarchief van het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika (DEKKMMA)

# Klank, spraak en muziek uit Afrika

Op 1 oktober 2003 ging het DEKKMMA-project van start binnen het Meerjarig ondersteuningsprogramma voor de uitbouw van de informatiemaatschappij. Voor de realisatie ervan wordt er samengewerkt tussen enerzijds het KMMA (Dienst Etnomusicologie (coördinator) en de Dienst Informatica) en anderzijds de partners van de Universiteit Gent (Instituut voor Psychoacustica en Elektronische Muziek – IPEM – en de groep *Database, Document and Content Management* – DDCM –) en van de *Université Libre de Bruxelles (Département Ethnomusicologie)*.

De aanzet voor dit project was de vaststelling dat het klankarchief van het KMMA tot voor enkele jaren nauwelijks toegankelijk was voor een groot publiek en dat een gedeelte van de collectie dringend aan restauratie en duurzame conservatie toe was. Van de mogelijkheid om via het Meerjarig ondersteuningsprogramma (Federaal Wetenschapsbeleid) aan deze dubbele problematiek een oplossing te bieden, werd dan ook dankbaar gebruik gemaakt. Vele instituten over de hele wereld die een klankarchief beheren, zijn reeds gestart met de digitalisering ervan of hebben projecten hiervoor.

Het klankarchief van de Dienst Etnomusicologie van het KMMA omvat een collectie klankopnamen van traditionele muziek uit de hele wereld, maar in het bijzonder uit Congo en Rwanda. Het beslaat momenteel in totaal 3000 uren en de oudste opnamen stammen uit 1910. De collectie werd samengesteld tijdens en na de koloniale periode van het Koninkrijk België en kan beschouwd worden als het muzikale geheugen van Centraal-Afrika. Wat omvang, documentatie en muzikale kwaliteit betreft, is het zonder enige twijfel wereldwijd het belangrijkste klankarchief voor deze regio. Het spreekt dan

ook voor zich dat de digitalisering van de opnamen uit Congo, Rwanda en Burundi voorrang krijgen binnen het project.

### Problematiek van het klankarchief van de Dienst Etnomusicologie (KMMA)

Zoals in elk klankarchief met historische waarde zijn er ook in het archief van het KMMA verschillende geluidsdragers terug te vinden (wassen cilinders, Sonofil-draadopnamen, magneetbanden, grammofoonplaten, cd's, audiocassettes...). Dit brengt met zich mee dat de technische kwaliteit van de opnamen niet altijd bevredigend is (voor opnamen van voor 1950) maar vooral dat de materiële toestand van de oudste geluidsdragers geen veelvuldig gebruik verantwoordt. Het feit dat oudere geluidsdragers na verloop van tijd beschadigingen kunnen oplopen, maakt het noodzakelijk de volledige audiocollectie naar een duurzame geluidsdrager over te zetten vooraleer er delen van het klankarchief beschadigd worden ofwel voorgoed verloren gaan.

Een tweede probleem is de toegankelijkheid van het archief. Momenteel moeten er werkkopieën voor verdere studie gemaakt worden van het origineel met het constante gevaar het oorspronkelijke materiaal te beschadigen. Daarenboven kunnen de meta-data (steekkaartenstelsysteem) en de contextuele informatie die rechtstreeks aan de opnamen gelinkt zijn enkel ter plaatse worden geconsulteerd. Om hieraan te verhelpen en het klankarchief open te stellen voor een breder publiek is een databank en internettoegang noodzakelijk.

### De doelstellingen van het project

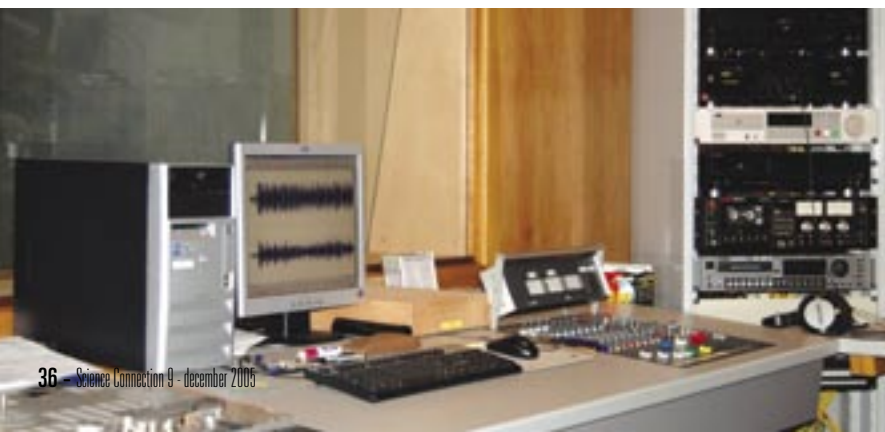
Bij de realisatie van dit project moet er rekening worden gehouden met verschillende factoren om tot een afgerond en werkzaam instrument te komen voor zowel intern als extern gebruik.

#### ■ Klankdigitalisering

De digitalisering van het volledige klankarchief van de Dienst Etnomusicologie van het KMMA wordt gerealiseerd in de audiostudio van de Dienst Etnomusicologie.

**De collectie  
kan beschouwd  
worden als  
het muzikale  
geheugen van  
Centraal-Afrika.**

*De audio-studio in de Dienst Etnomusicologie. © KMMA*





Ensemble van xylofonen en trommen bij de Sala Mpasu in Congo (DRC). © KMMA

Door recente initiatieven en in publicaties hebben internationale werkgroepen de noodzaak voor een digitalisering en de daaraan verbonden technische en andere aspecten bij het digitaliseringsproces uitgewerkt. De belangrijkste bron hiervoor is de *International Association of Sound and Audiovisual Archives* (IASA).

Vergeleken met andere toonaangevende instellingen kwam het digitaliseringsproject van het Etnomusicologisch Klankarchief van het KMMA vrij laat en een dringende aanpak was nodig om de internationale standaard op het vlak van audio-archivering bij te benen.

Het spreekt voor zich dat de verschillende geluidsdragers elk een eigen aanpak vereisen en dat een deel van de oudste opnamen (wassen cilinders en Sonofil-draadopnamen), eerst moet gerestaureerd worden vooraleer er kan overgegaan worden tot het maken van een kopie. Voor de overige geluidsdragers gaan we uit van het principe dat de eerste digitale kopie zo dicht mogelijk het origineel moet benaderen en dat restauratie alleen maar kan gebeuren op deze eerste kopie.

De oudste wassen rollen (457 stuks) dateren uit 1910 en werden opgenomen door kapitein Armand Hutereau in de Uele-provincie (Democratische Republiek Congo). Deze wassen rollen hebben een belangrijke historische waarde en stammen uit een periode waarin de geluidsopname nog in haar kinderschoenen stond, zeker in Afrika waar de aard van het materiaal de grootste omzichtigheid vereiste. Deze wassen rollen zullen eerst gerestaureerd en daarna gekopieerd worden op een duurzame digitale drager om ze daarna over te schrijven op een harde schijf. Voor de realisatie van deze taak zal worden samengewerkt met het *Museum für Völkerkunde* in Berlijn dat eveneens over een grote collectie wassen rollen beschikt en dat een systeem heeft ontwikkeld om dit type geluidsdrager te restaureren en te digitaliseren.

De collectie Sonofil-draadopnamen stelt grote problemen op het vlak van restauratie. Het materiaal, een zeer dunne metaaldraad gewonden op een bobijn, moet in vele gevallen eerst ontward worden en daarna afgespeeld op een speciale Sonofil-speler en gekopieerd worden.

Voor de collectie grammofonplaten beperken we ons voorlopig tot het digitaliseren van de 78- en 45-rpm platen (in totaal 1142 stuks) die dateren uit de jaren veertig en vijftig.

In totaal telt het klankarchief 1750 magneetbanden met een gemiddelde duur van 60' per band. Het overgrote deel van de banden is nog in goede staat, en kan onmiddellijk gedigitaliseerd worden. Veel hangt hierbij af van de kwaliteit en de ouderdom van de gebruikte tapes. Bij dit type geluidsdrager wordt de klank magnetisch gecodeerd en wordt het materiaal onvermijdelijk aan beschadiging blootgesteld.

Het archief herbergt daarenboven 650 audiocassettes met een gemiddelde duur van 60' per cassette, enkele honderden DAT-cassettes en cd's die in een latere fase zullen worden opgenomen in het digitaliseringsproject.



Nnkundi-harp van de Mangbetu (Congo - DRC) R.G. 2606 8/3 © KMMA

**Er werd gekozen om te werken met een relationeel databank-systeem, wat momenteel de meest courant gebruikte technologie is.**

*Koninklijke trom van de Kuba  
(Congo - DRC)  
R.G. 97.10.3 © KMMA*

■ **Meta-data digitalisering**

Hieronder verstaan we de digitalisering van de gegevens die verbonden zijn met de audio-opnamen en die momenteel slechts beschikbaar zijn via een steekkaartsysteem. De meta-data hebben onder meer betrekking op informatie over het land, het volk en de plaats waar de opname werd gerealiseerd maar verstrekken ook sociale, antropologische en culturele informatie op het vlak van functie, muziekinstrumenten, uitvoerders en muzikale genres. Vertrekkend vanuit de gestandaardiseerde vorm van deze informatie werd een eigen digitale databank ontwikkeld die via het internet toegankelijk is. Deze databank is zowel in het Nederlands, het Frans als het Engels beschikbaar. Alle data, die op de oorspronkelijke file verbonden met de audio-opname zijn vermeld, worden eerst op hun juistheid gecontroleerd en waar nodig aangepast en daarna ingevoerd in de databank.

■ **Databank en integratie**

Zowel de gedigitaliseerde muziekopnames als de meta-data dienden gearhiveerd te worden en dit liefst zó dat verdere actualisering en bevraging efficiënt en (semi-)automatisch kan gebeuren. Alle beschikbare gegevens dienden met andere woorden zodanig te worden gestructureerd en geconserveerd dat een gebruiksvriendelijke ontsluiting en exploitatie van het archief mogelijk wordt. Om deze reden werd er geopteerd om een databanksysteem te ontwikkelen met een op maat gemaakte, meertalige databank die alle voorhanden zijnde gegevens kan bevatten, zodat er geen informatieverlies hoeft op te treden. Andere vereisten zijn dat het ontwikkelde databanksysteem vrijwel naadloos moet worden geïntegreerd in de andere informatiesystemen die bestaan binnen het museum en dat de gegevens gemakkelijk overdraagbaar en uitwisselbaar moeten zijn. Omwille van de reeds in het museum voorhanden zijnde apparatuur en programmatuur werd gekozen om te werken met een relationeel databanksysteem, wat momenteel de meest courant gebruikte technologie is. Na een grondige domeinstudie werd met behulp van de *Enhanced Entity Relationship* modelleringstechniek een op maat gemaakte databankschema ontworpen en geïmplementeerd. Dit garandeert een optimaal, onafhankelijk opslagformaat voor de data. Ter bevordering van de gegevensuitwisseling zullen in de tweede fase van het project een aantal procedures voor omzetting naar standaarduitwisselingsformaten worden ingebouwd. Een gebruiksvriendelijke toegang tot de databank wordt bereikt door het gebruik van een op maat ontwikkelde geïntegreerde website.

■ **Contextuele digitalisering**

Contextuele informatie heeft betrekking op de volledige documentatie, aanwezig in de Dienst, die verbonden is met het klankarchief, namelijk foto's, video's, veldnota's, publicaties, algemene informatie aangaande de muziekin-



strumenten en de muziekcultuur van het desbetreffende volk bij wie de opnamen werden gemaakt enz. Een belangrijk deel van deze contextuele informatie kan geconsulteerd worden via de internetdatabank waar voor de gebruiker een ruime context wordt gecreëerd waarbinnen de muziekopnamen kunnen worden gesitueerd. Dit werk wordt uitgevoerd door deskundige medewerkers die vertrouwd zijn met de materie aangezien zij ofwel zelf de opnamen hebben gerealiseerd op het terrein ofwel dusdanig vertrouwd zijn met de muziekcultuur uit hun land dat ze waardevolle informatie kunnen toevoegen aan de reeds bestaande meta-data. Dit is onder meer het geval voor J.B. Nkulikiyinka, de vroegere leider van het Nationaal Ballet van Rwanda en musicologisch onderzoeker in het project.

■ **Zoeken naar muzikale inhoud**

De laatste jaren is er heel wat onderzoek verricht naar manieren om betekenisvolle inhoud van muziek te beschrijven, en deze beschrijvingen vervolgens te gebruiken om muziek terug te vinden in de databank. Met deze aanpak kan men zoeken in een databank op basis van een geluidsvoorbeeld, of op basis van een beschrijving van emotionele eigenschappen van de muziek. In dit onderzoek worden dan ook twee benaderingen aan elkaar gekoppeld. In een eerste benadering tracht men structurele kenmerken uit de klank te extraheren. Deze aspecten hebben bijvoorbeeld betrekking op het detecteren van toonhoogte-informatie, het detecteren van percussie-instrumenten, of het detecteren van klankkleuren (gezongen of instrumentaal). In een tweede benadering tracht men de subjectieve kenmerken van muziek op een verbale manier te beschrijven. Deze hebben bijvoorbeeld betrekking op het structurele karakter van de muziek (bijvoorbeeld de melodie of het ritmische patroon), of het emotionele karakter dat van de muziek uitgaat (opgewekt, melancholisch). Vervolgens gaat men na in hoeverre de verbale beschrijvingen aan fysische kenmerken van muziek kunnen worden gekoppeld, om op die manier een verband tussen inhoudsgebaseerde beschrijvingen en kenmerken van de fysische energie van de muziek te creëren. In het DEKKMMA-project worden algoritmes





Edisonrol en  
Sonofil-draadopnamen.  
© KMMA

van het MAMI-project op Afrikaanse muziek toegepast. Het doel is na te gaan wat de mogelijkheden zijn van het inhoudsgebaseerde zoeken naar muziek in databanken.

### Naar een geïntegreerde en rationele informatieopslag

Om het project te doen slagen, dienen functies ontwikkeld te worden die tegelijk bruikbaar zijn voor het interne management van de Dienst Etnomusicologie (verwerving, documentatie, voorzien van toegang en bewaren van documenten en inhoud) naast de functies die externe gebruikers moeten toelaten toegang te krijgen tot het klankarchief van het museum met inbegrip van de contextuele informatie en de mogelijkheid om muzikale voorbeelden te verkennen. Dit vereist uiteraard een interne strategie op het vlak van hardware, software en onderhoud naast het ontwikkelen van beveiligingsstrategieën.

Gezien de grote toename van digitaliseringsprojecten die veel schijfruimte verslinden (tientallen terabytes) was het absoluut noodzakelijk na te denken over de manier waarop al de bestanden, resulterend uit deze activiteiten, kunnen worden opgeslagen met het oog op een daling van de totaalcost van de uitbating van het serverpark van het KMMA. Een eenvoudige en vanzelfsprekende oplossing diende zich aan: de virtualisatie van de servers en hun systeemelementen (geheugen, harde schijven, netwerkkaarten, ondulators, ...) via de software VMWare. De basisuitrusting is vrij zwaar maar wordt snel rendabel gemaakt aangezien ze toelaat de systeemelementen op dynamische wijze te laten evolueren, gecentraliseerd en in functie van de vraag. Hierdoor wordt een veelvoudig beheer van de servers vermeden. Deze oplossing maakt dus een beter beheer mogelijk van de materiële systeemelementen van de servers (één enkele web interface) maar ook van de ruimte op de lokale server, van de netwerkverbindingen, van de onderhoudscontracten, van het elektrische vermogen en van de randapparatuur. Ook kunnen meerdere types van exploitatiesystemen naast elkaar worden gebruikt.

De opslagruimte, voorzien in het kader van het project, zal geleidelijk aan uitgebreid worden met 1,5 terabyte per jaar gedurende 4 jaar. De gebruikelijke beveiliging is van kracht: redundante voeding en ondulators, de schijven worden gecontroleerd door een controleur van het type RAID5E die de acute vervanging toelaat van de twee schijven, zonder verlies van gegevens. In afwachting van een oplossing voor de gecentraliseerde archivering, wordt een reservekopie gemaakt op LTO-drager van de tweede generatie. Hierop kunnen 200 gigabytes aan niet gecomprimeerde gegevens per cartouche worden opgeslagen.

Het DEKKMMA-project loopt af op 31 september 2007. Op dat ogenblik zal het overgrote deel van het klankarchief gedigitaliseerd zijn. De Dienst Etnomusicologie kan echter de voortzetting van de digitalisering garanderen, zowel op het vlak van de audio als op het vlak van de invoering van de gegevens naarmate het archief met nieuwe collecties wordt uitgebreid. Dankzij dit project werd de basis gelegd voor een duurzaam beheer van het archief en voor zijn ontsluiting naar het publiek toe.

**Jos Gansemans / Marc Leman**  
**Guy De Tré / André De Muelenaere**



*Het DEKKMMA-project:*  
[www.belspo.be](http://www.belspo.be) > FEDRA > Onderzoeksacties > Meerjarig ondersteuningsprogramma voor de uitbouw van de informatiemaatschappij

*De digitale databank*  
<http://music.africamuseum.be>

*De International Association of Sound and Audiovisual Archives (IASA):*  
[www.iasa-web.org](http://www.iasa-web.org)

*Het MAMI-project:*  
[www.ipem.ugent.be/MAMI](http://www.ipem.ugent.be/MAMI)



## De paradox van seksuele voortplanting, of:

# Waarom seks?

**V**oortplanting kan op vele manieren gebeuren, ook bij meercellige eukaryoten zoals planten en dieren. De meeste van deze soorten, zo'n 95%, hebben (minstens af en toe) een cyclus met seksuele voortplanting. Dit wil zeggen dat twee verschillende geslachten, mannetjes en wijfjes, geslachtscellen (eicellen, spermatozoïden) voortbrengen. Deze geslachtscellen zijn haploïd, d.w.z. met slechts 1 set chromosomen, en moeten vervolgens tot een diploïde zygote versmelten.

De geslachtscellen worden gevormd door een complex proces van celdeling dat men *meiose* noemt. Meiose produceert dus haploïde geslachtscellen uit diploïde cellen en tijdens dit proces kan het genetisch materiaal zich op

Er is seks en er is seks. Het eerste verwijst naar een heel specifiek gedrag binnen onze soort, het tweede is een begrip dat een hele rits genetische processen omhelst. Het eerste is leuk, het tweede is een evolutionaire paradox. Over het eerste gaan we het deze keer niet hebben. Voor onderzoek naar de paradox heeft de Europese Commissie 2,2 miljoen euro toegekend aan het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen en 8 andere Europese partners.

verschillende manieren herstructureren. Seksuele voortplanting zorgt er dus voor dat nakomelingen niet genetisch identiek zijn aan de ouders en verhoogt daardoor de genetische variabiliteit in populaties van planten en dieren. Dit is van groot belang wanneer dergelijke populaties zich moeten aanpassen aan veranderende omgevingsfactoren zoals, bijvoorbeeld, wijzigingen in het klimaat, maar ook het optreden van parasieten en/of predatoren.

Sommige soorten kunnen zich echter ook asexueel (ongeslachtelijk) voortplanten. Dit kan op *vegetatieve* wijze, dat wil zeggen dat een stuk van het lichaam zich omvormt tot een volledig nieuw individu. Bij planten

kan dit bijvoorbeeld omdat uit een stuk van een wortel een nieuwe plant groeit. Snijd een platworm in twee en elk stuk wordt een nieuw individu. Aseksuele voortplanting kan ook via *parthenogenese*, dit wil zeggen dat een nieuw individu zich ontwikkelt uit een onbevucht eitje. Bij aseksuele voortplanting zijn er dus geen mannetjes meer nodig, en zijn verder alle dochters genetisch identiek aan hun moeders, op een enkele mogelijke mutatie na. Alle nakomelingen van één moeder (generatie na generatie) vormen een kloon.

Bij aseksuele voortplanting ontbreekt dus de genetische plasticiteit die seksuele populaties wel hebben, maar het feit dat geen mannetjes meer geproduceerd moeten worden is een groot competitief voordeel. Immers, wanneer alle nakomelingen dochters zijn, zullen al deze individuen direct aan de vorming van de volgende generatie kunnen deelnemen (zij produceren allemaal kleindochters), daar waar mannelijke nakomelingen dit niet doen. Aseksuele populaties kunnen daarom dubbel zo snel (eigenlijk exponentieel) groeien als seksuele populaties. Er is dus een significante kost verbonden aan seksuele voortplanting, de zogenaamde *tweevoudige kost van seks*.

En seks heeft nog meer nadelen: er moet veel energie gestoken worden in het zoeken (en overtuigen!) van een partner, bij directe copulatie zitten een hele reeks seksuele parasieten klaar (een risico dat aseksuelen niet lopen), enzovoort. Dit is de *paradox van seksuele voortplanting*: als seks een dergelijke evolutionaire kost met zich meebrengt, waarom is het dan de meest algemene vorm van voortplanting?

### Over ratels en parasieten

De seks-paradox is een van de meest prominente vraagstellingen in evolutionaire biologie. De Canadese bioloog Graham Bell (niet die van de telefoon) noemde seks de "koningin van alle evolutionaire problemen". Het is dan ook niet verwonderlijk dat ongeveer alle grote evolutiebiologen uit de geschiedenis van de biologie zich over het probleem gebogen hebben. Wel verrassend is dat ze ongeveer allemaal met een andere oplossing voor het probleem op de proppen gekomen zijn, wat al een eerste maatstaf is voor de complexiteit ervan.

Een eerste groep van hypothesen zegt dat de genetische processen die bij seks betrokken zijn ervoor kunnen zorgen dat goede gencombinaties veel sneller kunnen gevormd worden in seksuele dan in aseksuele populaties. Zo is er bijvoorbeeld de *Rode Koningin-hypothese*. Deze is genoemd naar het personage uit *Through the looking glass*, het tweede boek na *Alice in Wonderland*. Deze rode koningin neemt Alice bij de hand en doet haar rennen, zo hard ze kan. Desondanks komt ze geen meter vooruit, wat de koningin doet uitroepen: "hier moet je zo hard

lopen als je kan, om op dezelfde plaats te blijven!" Dit aforisme wordt gebruikt om een van de voordelen van seksuele voortplanting, welke dus minstens de tweevoudige kost moet compenseren, te visualiseren.

Stel je voor dat een parasiet een chemisch proces ontwik-



kelt dat op efficiëntere wijze de gastheer kan exploiteren. Dan zal de populatie gastheren er alle baat bij hebben om zo vlug mogelijk een grotere weerstand op te bouwen. Door de grotere genetische flexibiliteit in seksuele populaties zullen deze sneller de nodige gencombinaties in de populatie kunnen verspreiden dan aseksuele populaties. Dit is een significant selectief voordeel, dat op redelijk korte termijn kan spelen.

Een tweede groep van hypothesen, zoals de ratel van Muller (*Mullers ratchet*), geven aan dat in aseksuele populaties steeds meer negatieve mutaties zullen accumuleren, zodat uiteindelijk alle individuen zwaar met mutaties belast zullen zijn en de populatie uitsterft. Aseksuelen kunnen immers hun genoom (het geheel van alle genen van de chromosomen van een individu) niet zuiveren van deze mutaties, waar seksuelen dit wel kunnen door meiose. Daardoor zouden alle aseksuele groepen per definitie kortlevend zijn, gedoemd om op korte tot middellange termijn de 'mutatie-dood' te sterven.

In totaal zijn er meer dan 25 dergelijke hypothesen, maar wanneer ze (ofwel experimenteel, ofwel door toepassing in een mathematisch model) getest worden, is er tot nog toe geen enkele die in alle omstandigheden de paradox kan verklaren. En daarom blijft de paradox een belangrijk studieonderwerp, want ofwel is de gouden graal, een mogelijke 26ste hypothese die wel alles kan verklaren, nog niet gevonden, ofwel moet de werkelijke verklaring in een combinatie van enkele van de bestaande hypothesen gezocht worden.

### Over mosselen en mosselkreeftjes

In het Museum voor Natuurwetenschappen loopt momenteel de tentoonstelling 'Mosselen natuur', een boeiend geheel over het weekdier dat in België de groot-

ste populariteit geniet. Het huidig project over de seksparadox in het KBIN gaat over mosselkreeftjes (ostracoden), een heel andere diergroep. Ostracoden hebben ook twee klepjes, zoals mosselen, maar binnenin zit een kreeftje, een geleedpotige. Ostracoden komen in ongeveer alle watertypes voor, marien en niet-marien, zoet en zout, stromend of stilstaand, enzovoort. Er zijn zeer veel zowel recente als fossiele soorten gekend, en de combinatie hiervan maakt dat ostracoden een uitstekende modelgroep zijn voor een breed gamma aan evolutionaire studies, omdat van alle ostracodengroepen de absolute ouderdom met een wetenschappelijke betrouwbaarheid kan bepaald worden. Bovendien vinden we bij Ostracoden verschillende vormen van voortplanting, volledig seksueel, over gemengde strategieën tot volledige, en mogelijk zelfs zeer oude, asexuelen.

*Eucypris virens* is een soort met gemengde voortplanting. Dat wil zeggen dat er eigenlijk 3 geslachten zijn: mannetjes, seksuele en asexuele wijfjes. De seksuelen komen in Europa enkel rond het Middellandse Zeegebied voor, terwijl asexuelen in heel Europa gevonden worden. Dit merkwaardig verspreidingspatroon noemt men *geografische parthenogenese*. In sommige plasjes komen de drie geslachten samen voor en kunnen mannetjes en asexuele wijfjes soms triploïde hybriden (met 3 sets chromosomen) vormen. Dit is zo omdat dan een haploïde spermacel versmelt met een (normaal asexuele) diploïde eicel. Dergelijke triploïde klonen zijn bijzonder boeiend omdat polyploidie een selectief voordeel kan geven, bijvoorbeeld in het compenseren van de accumulatie van mutaties (zie hoger). Seksuele wijfjes kunnen heel soms ook asexuele nakomelingen hebben. Er zijn dus heel wat interacties tussen de verschillende vormen van voortplanting in deze complexe soort. Genoeg redenen dus om haar als modelgroep te nemen voor een internationaal onderzoeksproject naar de paradox van seksuele voortplanting!

## Het Sexasex-project

Het KBIN diende (als coördinator), samen met 8 andere partners, begin 2004 een dergelijk project in bij de EU, met de paradox van seksuele voortplanting als centraal thema. Dit onderwerp kan enkel op een interdisciplinaire wijze onderzocht worden, en dit maakte het project tot een ideale trainingsmatrix. Inderdaad zal een combinatie van de rotatie van onderzoekers tussen laboratoria en de organisatie van 5 formele trainingsworkshops ervoor zorgen dat alle deelnemers in niet minder dan 13 verschillende disciplines (moleculaire biologie, genoomstudies, karyologie, ecologie, mathematisch modelleren, enz.) een training krijgen. Ons project, met acroniem *Sexasex*, eindigde bij de eerste geplaatsten. Het werk kon beginnen.

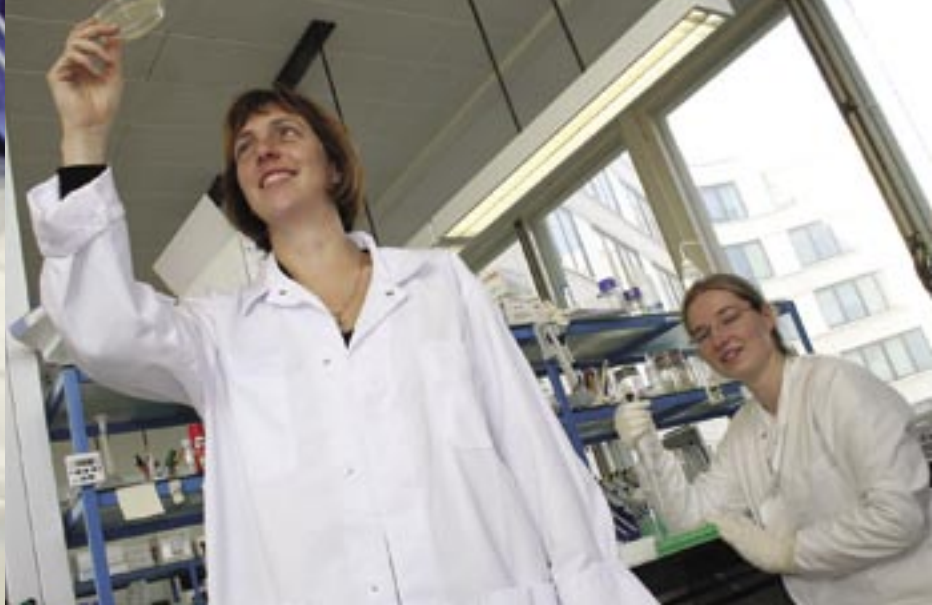
In de eerste plaats werden de 10 vacatures (6 doctoraatsstudenten, 4 postdoctorale onderzoekers) ingevuld. De plaatsen werden via verschillende kanalen aangekondigd. Uit 150 kandidaten uit heel Europa werden 10 gelukkigen geselecteerd op basis van hun wetenschappelijke achtergrond, algemene en specifieke kennis, maar in het bijzonder op hun bereidheid om in een internationale context te werken. Dit had praktische redenen (enkel mensen met een dergelijke motivatie kunnen het opbrengen om drie jaar in het buitenland te werken), maar het is ook belangrijk om zo veel mogelijk binnen de sfeer van de Marie Curie-acties te blijven. *Sexasex* zal dus een aantal hooggeïnteresseerde onderzoekers leveren die kunnen bijdragen aan de vorming van een Europese Onderzoeksrimte.

Sinds begin dit jaar is het eigenlijke onderzoek gestart. De laboratoria van het KBIN zelf en van de Universiteit van Sheffield (Engeland) werken op moleculaire biologie, genoomstudies en fylogeografie. De Poolse, Italiaanse en Spaanse partners bestuderen de ecologie, zowel door veldstudies naar de co-existentie van de verschillende



### *Eucypris virens*

*Eucypris virens* is een ostracode (mosselkreeftje) en de modelgroep van het *Sexasex* project. De soort komt algemeen voor in Europa en Noord-Afrika in tijdelijke plassen, maar ze plant zich enkel voort tijdens de wintermaanden. De soort is ongeveer 2mm lang en leeft op de bodem en op en rond planten. Mannetjes zijn zeldzaam en komen enkel voor in het Middellandse Zeegebied.



vormen van voortplanting in een en dezelfde poel, als in laboratoriumstudies naar nichediversificatie tussen de verschillende klonen en tussen sommige klonen en de seksuele wijfjes. Een Zwitsers labo kijkt het voorkomen van parasieten na in zowel seksuele als asexuele groepen en test op die manier de Rode Koningin-hypothese (zie hoger). München en Brno (in Tsjechië) nemen de karyologische en cytologische studies voor hun rekening. Deze laten toe polyploidie vast te stellen. De Universiteit van Montpellier, ten slotte, schrijft modellen om al deze gegevens te integreren.

### Over paradoxen en voedselproductie

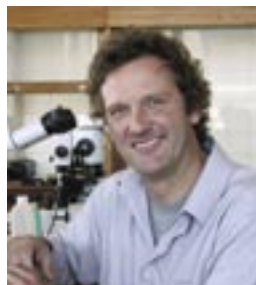
Met dit geïntegreerde onderzoek wil Sexasex een significante bijdrage leveren tot de oplossing van de paradox van seksuele voortplanting. Meer in het bijzonder hopen we (onder andere) te testen of sommige klonen inderdaad langlevend zijn, dan wel of het bestaan van een zeer groot aantal klonen te wijten is aan een constante interactie met bestaande seksuele groepen, bijvoorbeeld door constante generatie van nieuwe klonen. Zijn de hypothesen die voorspellen dat asexuele groepen per definitie kortlevend zijn inderdaad correct, of kunnen asexuele groepen compenserende mechanismen ontwikkelen die de opstapeling van mutaties tegengaan, zoals bijvoorbeeld zeer sterk ontwikkelde DNA-herstelmechanismen? Dit zijn vraagstellingen met meer dan theoretisch belang, vermits van verschillende essentiële graangewassen vrijwel uitsluitend klonen (en dus asexueel) gebruikt worden in de landbouw. Hoeveel generaties kunnen dergelijke klonen gebruikt worden alvorens ze de tekenen zullen vertonen van hun steeds groeiend aantal mutaties? Zijn dergelijke mono-clonale velden inderdaad gevoeliger aan parasieten? Sexasex zal gegevens opleveren die zullen helpen op dergelijke en andere vragen te antwoorden.

**Koen Martens**



*Het Sexasex-project*

*<http://www.naturalsciences.be/EVIRENS/>*



*Koen Martens is de coördinator van het Sexasex-project. Hij is momenteel betrokken in meer dan 15 (nationale en internationale) projecten over ostracoden en biodiversiteit. Zijn wetenschappelijke interesse situeert zich in vrijwel alle terreinen van de evolutionaire biologie. Hij is ook coördinator voor het KBIN van het Belgisch Biodiversiteitsplatform.*



*Isa Schön is de verantwoordelijke van de partner KBIN voor het Sexasex-project. Zij is experte in moleculair onderzoek naar ostracoden.*



*Dunja Lamatsch is een postdoctorale onderzoekster van het Sexasex-project. Zij werkt aan het KBIN en aan de Universiteit van Sheffield. Binnen het project is zij verantwoordelijk voor het moleculaire werk aan *Eucypris virens*.*



*Saskia Bode is een van de zes doctoraatsstudenten van het Sexasex-project. Zij is werkzaam aan het KBIN en onderzoekt de fylogeografische verspreiding van *Eucypris virens* in Europa.*



# Een bron voor de landschapsgeschiedenis: Het kaartboek van de Sint- Bernardsabdij in Hemiksem (1666-1671)

De reeks "Cartografische en iconografische bronnen voor de geschiedenis van het landschap in België", uitgegeven door het Rijksarchief

Het Rijksarchief geeft sedert 1996 de reeks "Cartografische en iconografische bronnen voor de geschiedenis van het landschap in België" uit, waarin historisch zeer waardevol kaartmateriaal van vooral Brabantse kerkelijke instellingen uit de 17de-18de eeuw in een verzorgde veelkleurendruk worden gepubliceerd. Het betreft hier zowel kaartboeken van Brusselse (Ter Kameren), als van Waals-Brabantse (La Ramée), Vlaams-Brabantse (Affligem, Averbode, Leuven (Augustijnen), Park (Heverlee)) en Antwerpse abdijen (Antwerpen-Sint-Michiel, Tongerlo). Dat het hierbij vooral gaat om kerkelijke instellingen is te verklaren doordat kloosters meer dan particuliere grootgrondbezitters een langetermijnvisie hadden op het beheer van hun gronden en ook meer middelen vrijmaakten om deze in kaart te brengen. Een verdere toevalligheid is ook dat dit "kerkelijk" kaartmateriaal vaak beter bewaard werd en dikwijls ook in openbare archiefbewaarplaatsen terecht kwam. Cartografische verzamelingen van particulier grootgrondbezit daarentegen worden ofwel vaak in onbekend privé-bezit bewaard of zijn in de loop der tijden vernietigd of verdwenen.

Als nummer 9 in de reeks is onlangs het kaartboek van de Sint-Bernardsabdij in Hemiksem verschenen onder redactie van Erik Houtman van het Rijksarchief Antwerpen en van prof. em. dr. Herman Van der Haegen die de reeks begeleidde.

## Geschiedenis van de abdij

De oorsprong van de abdij gaat terug op twee grote schenkingen. In 1233 schonk de Brabantse hertog Hendrik I zijn domein van Westmalle-Zoersel met het grote jachtgebied Hooidonkbos aan de cisterciënzers om er een abdij op te richten. De dotatie van dit door plaatselijke machthebbers sterk uitgeholde domein was echter niet voldoende voor een economisch levensvatbaar

klooster. In 1236 schonk één van de machtigste Brabantse edelen, Gillis II Berthout, heer van Berlaar, nog belangrijke bezittingen in Vremde, Ranst (Millegem), Broechem en Grobbendonk, wat in de zomer van 1237 resulteerde in de oprichting van een klooster in Vremde. Ook dit bleek vlug economisch en strategisch niet de ideale plek te zijn en in september 1246 verhuisde de nieuwe stichting naar een kort ervoor verworven domein in Hemiksem aan de Scheldeoever. Van hieruit werd in de loop van volgende decennia een groot gronden- en tiendenpatrimonium opgebouwd, deels door schenkingen en deels door aankopen van de in geldnood verkerende plaatselijke adel. Een groot deel van dat grootgrondbezit werd door de abdij met behulp van vele lekenbroeders en loonarbeiders rechtstreeks uitgebaat vanuit uitgestrekte hoeven (grangia) in Hemiksem, Zoersel, Vremde, Moerzeke en Hoeven (Halderberge, Noord-Brabant). Vanaf de 14de eeuw gedroeg het klooster zich eerder als rentenier en werden de hoeven en gronden verpacht. Grote ontginningsprojecten van polder- (Moerzeke, Sint-Maartenspolder in Noord-Brabant) en zandgronden (Zoersel, Puurs) heeft de abdij nooit zelf ondernomen maar gebeurden door uitgifte van deze gronden aan ondernemers of ondernemende kolonisten en pachters. In de steden Antwerpen, Brussel, Leuven, Lier en Mechelen verwierf de abdij stedelijke toevluchts-oorden (refuges), terwijl ze in Puurs-Coolhem een aange-naam buitenverblijf annex landbouwexploitatie uitbouwde.

In de 15de-16de eeuw ging het de abdij verder voor de wind tot de politiek-religieuze hervormingsbewegingen ook haar troffen. Een levensbedreigende maatregel was de incorporatie van de abdij in het bisdom Antwerpen waardoor zij een groot deel van haar zelfstandigheid verloor. Haar bezittingen dienden deels als werkmiddelen voor het nieuw opgerichte bisdom (1559), haar stedelijk refuge in Antwerpen werd bisschoppelijk paleis en de bisschop fungeerde als titulair abt. Daarnaast had de abdij ook te lijden onder de vele militaire bewegingen om het bezit van Antwerpen. In 1581-1584 werd de abdij bijna volledig verwoest. Tonnen bouw materiaal dienden toen voor de heropbouw van het zwaar gehavende



Het Hooionkbos  
in Zoersel.

Antwerpen en de overgebleven monniken verbleven decennialang in diaspora in Lier en Coolhem (Puurs). Vele jaren lang werd op alle mogelijke manieren geprobeerd om los te komen van de Antwerpse bisschop die een zware hypotheek legde op het verder voortbestaan van de instelling. In 1616 werd het kloosterleven hervat in Hemiksem en in 1636-1649 werd uiteindelijk gekomen tot een boedelscheiding met het bisdom, dat definitief een kleine helft van het grond- en tiendenbezit verkreeg in ruil voor een hernieuwde zelfstandigheid van het klooster. Opnieuw werd de abdij tot aan haar opheffing in 1797 een autonoom klooster met een vrij gekozen abt maar zij moest haar patrimoniumbeheer en financiën herzien omwille van een sterk verminkt patrimonium.

De ruime pastorie met tuin  
in Hoeven (Nederland).



## Kaartboeken

Daarom besliste de abdij na de scheiding al haar overgebleven goederen door landmeters in kaart te laten brengen (1646-1672). Tevens onderzocht provisor (econoom) Judocus Bal (1604-1672) aan de hand van het bewaard gebleven archief alle eigendomstitels. Hij redigeerde in 1666-1671 een uitvoerige beschrijving en een historische schets van alle abdijgoederen in drie boekbanden, waarin ook de fijne, mooi ingekleurde kaarten werden overgenomen. Tachtig jaar later besliste men deze landboeken te kopiëren. In 1744-1752 schreven provisor Jacobus Van den Boom en vooral bibliothecaris Godefridus Bouvaert de teksten in een sierlijk handschrift over in zes boekdelen, waarin ook de kaarten werden hernomen. Al deze landboeken berusten in het archief van de abdij van Bornem, die de rechtsopvolger is van de oude Sint-Bernardsabdij.

Om praktische redenen werd bij dit project geopteerd voor een dubbele uitgave. De kaarten uit de 17de-eeuwse landboeken werden samen met een aantal waardevolle losse kaarten in een klassiek boekdeel gereproduceerd. Het boek bevat verder een uitvoerige studie over de abdijschiedenis, een historisch-economische en landschappelijke benadering van het abdiydomein en gegevens over de landmeters van de uitgegeven kaarten van de hand van Erik Houtman, Herman Van der Haegen (KULeuven), Willem van Ham (Bergen op Zoom) en Luc Janssens (Algemeen Rijksarchief). Omdat het omvangrijk historisch commentaar met de uitvoerige beschrijving van de abdijgoederen (gronden met vermelding van bodemgebruik, aanpalende eigenaars, heerlijke rechten, cijnznen, renten, tienden, stedelijke refuges e.d., alles samen meer dan 1500 bladzijden in de 18de-eeuwse versie) niet in het boek kon worden gereproduceerd, werd geopteerd om deze zeer waardevolle teksten op dvd te plaatsen. Omwille van het zeer duidelijke en gemakkelijk leesbare handschrift werd beslist om de 18de-eeuwse versie van de landboeken op die manier toegankelijk te maken, zodat ook paleografisch minder onderlegde belangstellenden de teksten vlot zouden kunnen lezen. Lucie Verachten van het Algemeen Rijksarchief zorgde voor een mooie presentatie waarbij men digitaal door de boeken kan bladeren en via zoeksystemen op plaatsnaam gemakkelijk de gewenste informatie vindt.

## Het wetenschappelijk belang van de gepubliceerde kaarten en landboeken

De uitgegeven kaarten zijn een zeer interessante bron voor de studie van het Vlaamse landschap. In de loop der eeuwen heeft de abdij een belangrijke bijdrage geleverd voor het behoud en de evolutie van het Vlaamse landschap. Zo hield zij in Zoersel het oude jachtgebied van de Brabantse hertogen vrijwel intact, maar wijzigde zij ook de bospopulatie en saneerde zij bijhorende weidegebieden als gecontroleerde vloeiwiden. Het huidige waardevolle





<< De refuge van de abdij in Brussel aan de Lange Ridderstraat-Warmoesberg.

< Titelbladzijde van de kaartboeken met in cartouche de samensteller ervan: provisor Judocus Bal (1604-1672).

natuurgebied Zoerselbos (EU-Habitatrichtlijngebied) kan dan ook voor een groot deel op het conto van de abdij geschreven worden. In Puurs zette zij door toedoen van haar pachters in de 17de-18de eeuw vele heidegebieden om in cultuurgrond maar zorgde ook voor de aanplanting van het bosgebied “het Moer”, momenteel ook een beschermd en landschappelijk zeer waardevol gebied. Verder is ook de eeuwenlange strijd die de abdij en haar pachters voerden om de poldergebieden in Moerzeke (aan de Schelde) en in de Sint-Maartenspolder (Hoeven, aan de Mark) droog te houden, wat een transformatie van het landschap meebracht, te zien op een aantal kaarten.

Daarnaast bieden vele kaarten van landbouwgronden, weiden en hoeven een mooi beeld van de 17de-eeuwse landbouweconomie, waarbij regionale verschillen duidelijk blijken. Zo is het weilandareal in Kempische regio's beduidend hoger dan in andere streken. Niet alleen had men daar meer groenoppervlakte nodig om eenzelfde veestapel te houden maar ook hielden de boeren daar meer vee omwille van de mestproductie die nodig was voor de heideontginning. De incorporatie van heidegronden in landbouwexploitaties was dan ook typisch voor de Kempische hoeven. In de “verbeterde” Kempen zijn die heidepercelen omgezet in “aarden” die, hoewel het om minder goede bodems ging, als akkerland en als weide gebruikt werden.

De onveiligheid die op het platteland heerste in de 16de-17de eeuw door de hier opererende legereenheden, leidde tot de constructie van kleine buurtversterkingen, de schansen. Deze zijn op vele kaarten met hun omwalling, ophaalbrug en schanshuisjes terug te vinden. De soms zeer gedetailleerde tekeningen van boerderijgebouwen, molens en pastories kunnen heel wat leren over de landelijke architectuur, terwijl enkele haarscherpe voorstellingen van dorpskernen een inzicht geven in de platte-

landsbewoning. De voorstelling van de stedelijke refuges geven dan weer een beeld van de stadsbewoning. De in het boek opgenomen kaarten zijn werkelijk een spiegel van de 17de-eeuwse maatschappij.

**Erik Houtman**



Het boek (49 euro, met dvd 64 euro) kan besteld worden door overschrijving van het bedrag op rekeningnummer 679-2007805-02 van het Algemeen Rijksarchief met vermelding “kaartboek Sint-Bernards”.

Het Hof van Coolhem in Puurs.



De polder “Tgraevenbroeck” in Moerzeke.





## Wedstrijd

Op onze wedstrijdvraag in vorig nummer ontvingen we jammer genoeg geen juiste antwoorden.

Het juiste antwoord was: **Edmond Michotte**. Zoals Ria Cooreman en Karl Marcelis in *De decoratieve lijn* (uitgegeven door de Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis) op pagina 69 en 70 benadrukken: “Door de wereldtentoonstellingen van de tweede helft van de 19de eeuw maken we in Europa kennis met alle mogelijke kunstuitingen van de Japanse samenleving. In België wordt in 1905 in Luik een belangrijke tentoonstelling georganiseerd waar de oosterse kunsten aan bod komen. Ook de Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis organiseren datzelfde jaar een tentoonstelling over oosterse kunst. De gangmaker van dit alles is Edmond Michotte (1830-1913). Hij was een groot liefhebber van Japanse kunst en had een uitgebreide verzameling van historische Japanse kunst aangelegd(...)” Het betreft

immers meer dan 6700 kunstwerken uit het Edo-tijdperk, waaronder 4666 prenten uit de Ukiyo-e-school.

In dit nummer maakt u kans op het boek *België-België* (Brussel, 2005, 180 pagina's) waarover we in ons vorig nummer spraken (*Science Connection* 8, p. 22). Hiervoor geeft u het correcte antwoord op de vraag:

**“De in 1800 geboren Louis-Prospër Gachard was de eerste Algemene rijksarchivaris en overleed op 24 december 1885. Zijn uitvaart had plaats in de Onze-Lieve-Vrouw-ter-Zavelkerk in Brussel. Maar waar werd hij begraven?”**

Stuur vóór 25 januari 2006 een e-mail naar [scienceconnection@belspo.be](mailto:scienceconnection@belspo.be) of een briefkaart met het juiste antwoord en vermeld duidelijk uw naam en adres. Uit de juiste antwoorden worden tien winnaars geloot.

## Biodiversiteit stilaan op de agenda

Zopas is het derde Belgische rapport over biodiversiteit verschenen. Biodiversiteit is het geheel van planten, dieren en andere organismen, samen met hun leefgebieden. Het rapport evalueert de stappen die ons land zet voor het behoud en duurzame gebruik ervan. In vergelijking met de twee vorige rapporten, verschenen in 1998 en 2001, is er wel sprake van enige vooruitgang wat het nemen van maatregelen betreft. Duidelijk is echter ook dat dit alles te traag verloopt en onvoldoende is. Enkele voorbeelden.

Het aanduiden van beschermde gebieden in België zit duidelijk in de lift. Maakten de natuureservaten slechts de bescherming van 1,1% van ons grondgebied mogelijk, dan heeft de aanduiding van gebieden voor Natura 2000, een Europees ecologisch netwerk, dit cijfer verhoogd tot bijna 13%. Het blijft echter afwachten of de toestand van natuur en biodiversiteit ook in dezelfde mate zal verbeteren op het terrein.

Wat de Noordzee betreft is het afbakenen van vijf mariene reservaten een grote stap vooruit. Van de andere kant blijven de Noordzee en onze kustlijn zwaar onder druk staan door het toerisme, het volbouwen van de open ruimte, de steeds vaker opduikende exoten die de eigen biodiversiteit verdringen, en dergelijke meer.

Er worden steeds meer resultaten geboekt door de gewestelijke en federale natuur- en milieudepartementen, vaak in samenwerking met natuurverenigingen en andere

NGO's. Maar het verlengstuk van deze inspanningen, het integreren van biodiversiteit in sectoren als economie, transport, landbouw, industrie, hinkt zwaar achterop.

Dankzij recente boeken en brochures over de Belgische biodiversiteit zijn beleidsvoerders en het grote publiek er zich steeds meer van bewust dat er een probleem is. Maar al te vaak worden concrete acties ten gunste van biodiversiteit achtergesteld aan economische of sociale maatregelen. Dat terwijl het milieu een noodzakelijke pijler is voor duurzame ontwikkeling, samen met de voormelde economische en sociale disciplines. Misschien kan de in de steigers staande strategie voor biodiversiteit, een leidraad voor de beleidsvoerders van ons land, als katalysator werken.

Ondanks de 55 000 soorten die in België voorkomen, is ons land geen *hotspot* van biodiversiteit. Dergelijke schatkisten van biologische rijkdommen worden eerder gevormd door de snel afkalvende regenwouden, koraalriffen, eilanden in Indonesië en de Filippijnen en zijn dus vaak gesitueerd in ontwikkelingsgebieden. Net zoals het enkele jaren geleden de wereldwijde pionier was om websites van ontwikkelingslanden over biodiversiteit een onderkomen te bieden, speelt België nu dezelfde voortrekkersrol wat het bijbrengen van taxonomische expertise betreft. Taxonomie houdt het identificeren van planten en dieren in en is m.a.w. een absolute must als basisdiscipline. België draagt dus wel bij tot het bestuderen van de biodiversiteit in ontwikkelingslanden, maar doet als begoed West-Europees

# Een half millennium

Op haar 33ste algemene vergadering van 3 tot 21 oktober jl. besliste de Unesco onder meer om mee te werken aan de herdenking van de 500ste geboortedag van Lambert Lombard.

Deze schilder stond afgebeeld op de oude biljetten van 100 Belgische frank en was hofschilder van de prins-bisdommen van Luik. Toch was hij in de eerste plaats een belangrijke humanist die het italianisme introduceerde in de Nederlanden. Hij was het prototype van de renaissancekunstenaar die meer interesse had voor intellectuele bespiegelingen dan voor concrete verwezenlijkingen.

Het complexe oeuvre van Lombard bestaat uit schilderijen, gravures, ontwerpen voor wandtapijten, glasramen, monumenten en bouwwerken. Van zijn hand zijn echter vooral een uitzonderlijk aantal tekeningen overgebleven. Er worden er een duizendtal bewaard in het prentenkabi-



Lambert Lombard prijkte lange tijd op het oude biljet van 100 Belgische frank.

net van de stad Luik. Ze zijn verdeeld in twee albums die het didactische materiaal vormden van de meester. Een ronduit uniek ensemble voor een renaissancekunstenaar.

Daarnaast zijn er ook twee belangrijke schilderijenensembles bewaard gebleven: de cyclus "De deugdzaam vrouwen" in de voormalige abdij van Herkenrode (zie *Science Connection 1*, p. 2) en de (losse) luiken van het grote gotische retabel in de Saint-Deniskerk in Luik.

Het dossier werd ingediend door het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK) naar aanleiding van het bezoek van de directeur-generaal van de Unesco aan deze instelling begin dit jaar (zie *Science Connection 5*, p. 61).

In de lente van 2006 wordt in Luik een tentoonstelling georganiseerd over deze kunstenaar waaraan ook het KIK en de Koninklijke Bibliotheek van België hun medewerking verlenen. We komen er later nog op terug.

land nog te weinig om de bescherming van de rijke biodiversiteit mondiaal te ondersteunen.

Binnen de eigen grenzen duiken er echter ook enkele zware herexamens op: de versnippering en achteruitgang van natuur, de steeds vaker opduikende exoten, het inkrimpen van het heide, moeras-, duinenareaal, de afname van visstocks, de verontreiniging en noem maar op.

De verregaande opsplitsing van bevoegdheden in ons kleine landje bemoeilijkt de besluitvoering en het nemen van maatregelen. Zo komt politiek België nu pas enigszins op toerental voor Doelstelling 2010, een initiatief om het verlies aan biodiversiteit een halt toe te roepen, dat al in 2002 werd gelanceerd. Ook individuen kunnen hiervoor trouwens meer dan hun steentje bijdragen.

Conclusie is dat België goed scoort op een aantal v(l)akken, maar tekort schiet als het op andere aankomt. België neemt de eigen biodiversiteit nog te weinig ter harte en zou ook veel meer ondersteuning kunnen bieden aan ontwikkelingslanden die een rijke biodiversiteit huisvesten. Maar er is hoop: sensibilisatie over biodiversiteit zit in de lift, de gewesten drijven hun al belangrijke inspanningen nog op o.a. voor Doelstelling 2010 en op federaal vlak komt er steeds meer politieke ondersteuning vanwege de departementen leefmilieu, ontwikkelingssamenwerking en wetenschapsbeleid. Hopelijk is ons land tijdig aan de slag gegaan en worden de inspanningen nu opgedreven



© Science Connection

De Belgische kuststreek lijdt onder toerisme en verstedelijking.

zodat het volgende rapport het cachet „Flink gewerkt! Doe zo voort!» krijgt.



[biodiversiteit@natuurwetenschappen.be](mailto:biodiversiteit@natuurwetenschappen.be)

# Stimulans

De ministerraad gaf groen licht voor de verlenging van de “Technologische attractiepolen” (TAP). Die hebben als doel de relatie tussen onderzoek en ontwikkeling te verbeteren en de samenwerking tussen universiteiten en gespecialiseerde sectorale centra te versterken.

De TAP spitsen zich toe op de volgende thema's: normalisatie, ruimtevaart, milieuvriendelijke technologieën, nieuwe materialen, ...

De TAP/2 beschikken over een budget van 6.256.000 euro, gespreid over vijf jaar (bijna één miljoen euro meer dan de TAP/1).



De Technologische attractiepolen:  
[www.belspo.be/fedra](http://www.belspo.be/fedra) > Onderzoeksacties > TAP

# Boek

Uitgeverij Belin publiceerde in haar collectie *Bibliothèque scientifique* onlangs *Les couleurs de l'univers* (*De kleuren van het heelal*). De auteur is Yaël Nazé, burgerlijk ingenieur en doctor in de wetenschappen aan de Universiteit van Luik (en auteur van enkele bijdragen die eerder in dit tijdschrift verschenen). Hoe ziet de Melkweg eruit op een infraroodopname? Wat schuilt er achter de stofwolken die volledige delen van het hemelfirmament versluieren? Met de ontdekking van de elektromagnetische golven (radio-, UV-, infrarood-, röntgen- en gammagolven) hulde de hemel zich in nieuwe kleuren en kreeg hij een totaal nieuwe aanblik en werden verschijnselen blootgelegd waarvan een onvermoede kracht uitgaat. Overal ter wereld maken telescopen beelden van een onbekend universum waarmee de schrijfster ons vertrouwd maakt. Het boek bevat een heleboel soms grappige anekdoten over ontdekkingen die soms te danken zijn aan het toeval of aan het koppige doorzettingsvermogen van wetenschappers. Het nodigt de lezer uit om een wereld te verkennen die onzichtbaar is voor het blote oog. Van mysterieuze quasars tot kosmische straling: de auteur trekt met ons op verkenning langs deze nieuwe regenboog.



*Les couleurs de l'univers*, 224 pagina's, 23 euro

# Geneeskunde

Aan de hand van de universitaire inschrijvingsregisters (matrikels) kan de toestroom van studenten worden gereconstrueerd. Toch zeggen deze niets over de verdere lotgevallen van deze studenten. De lijsten van de gepromoveerden zijn verloren gegaan, net als het grootste deel van de archieven van de faculteit van geneeskunde, waardoor de onderzoeker geen gegevens voor Leuven heeft. De auteurs zijn erin geslaagd dit haat op te vullen dankzij een systematisch onderzoek van de inschrijvingsgeldende gedurende bijna drie eeuwen zijn opgetekend in honderden halfjaarlijkse lijsten in de algemene rekeningen van de Universiteit. Dit monnikenwerk resulteerde in een lijst met 5181 baccalaurei, licentiaten en doctores. Deze weerspiegelt periodes met veel en weinig inschrijvingen, de geografische spreiding daarvan en de grotere of kleinere aantrekkingskracht van een bepaald beroep doorheen de tijd. Aan de hand van andere bronnen konden bovendien verschillende acta worden aangeduid die de onderscheiden studieperiodes afbakenden. De geschiedenis van de geneeskunde en haar faculteit in Leuven kan op basis hiervan dus verder onderzocht worden. Ook regionaal onderzoek, familiegeschiedenis, de naamkunde en genealogie kunnen hier hun voordeel uit halen.

Claude Bruneel en Claude de Moreau de Gerbehaye, *Les gradués de la faculté de médecine de l'ancienne université de Louvain (XVI<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles)* (Publicaties van de Koninklijke Commissie voor Geschiedenis, reeks in-4°, A74), xli-327 p., ingebonden, 40 euro.





Een overzicht van enkele lopende en toekomstige tentoonstellingen, conferenties, opendeurdagen, enz. die worden georganiseerd door of met de steun van het Federaal Wetenschapsbeleid.

De evenementen in het kader van de 175ste verjaardag van België zijn vergezeld van het icoontje naast de evenementen in het kader van Europalia Rusland staat



## Conferenties, colloquia en diverse activiteiten

25 januari 2006

*L'encadrement, la stabilisation et l'organisation des travailleurs turcs et de leurs familles en Belgique (1963-1980)*

Studie-enDocumentatiecentrum 'Oorlogen Hedendaagse Maatschappij'

(Meer: Chantal Kesteloot; chantal.kesteloot@cegesoma.be)

10 februari 2006

**Symposium over de Duitse negatieven van het KIK (1917-1918)**

Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium

(Meer: www.kikirpa.be)

februari 2006

*Hubs, harbours and deltas in south-east Asia: multidisciplinary and intercultural perspectives*

Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen

(Meer: Patricia Bulanza; kaowarsom@skynet.be)

30, 31 maart en 1 april 2006

*Campin in Context*

Maison de la culture, Doornik

(Meer: Dominique Van Wijnsberghe; dvw@kikirpa.be)

*Op 21 en 22 februari 2006 vinden twee conferenties plaats met Frank De Winne en Sergej Zaletin. De eerste vindt plaats in het Planetarium (meer: Rodrigo Alvarez; planetarium@oma.be), de tweede in het Russisch cultureel en wetenschappelijk centrum van Brussel (02 219 01 33)*

> 29 oktober 2006

**Art nouveau - art deco**

in het Museum voor Blinden

**Koninklijke Bibliotheek van België**

> 9 januari 2006

**Don Quichot in België**

> 30 september 2006

**Honderd schatten uit de Koninklijke Bibliotheek van België**



© KBR

**Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium**

van 10 februari tot 10 maart 2006

**De Duitse negatieven van het KIK (1917-1918)**

## Tentoonstellingen

**Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis**

> 26 februari 2006

**Trans-Siberian Express**

(Meer: www.europalia.be)

> 30 april 2006

**Er was eens... Sprookjes in beeld**  
in de Hallepoort



Gent, Gravensteen.  
© KIK/RPA

## Museum voor Natuurwetenschappen

> 30 juni 2006

Mosselen natuur

> 5 november 2006

HartsTocht



## Koninklijk Museum voor Midden-Afrika

> 31 augustus 2006

**Congo: Natuur & Cultuur**  
(Meer: [www.congo2005.be](http://www.congo2005.be))



© vzwSymbiose

van 15 februari tot 15 oktober 2006

## Vlinders. Collecties van het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika

*Op 24 november bracht Koning Albert II samen met vicepremier Laurette Onkelinx een bezoek aan de tentoonstelling gewijd aan 175 jaar Veiligheid van de Staat.*  
© Science Connection



## Algemeen Rijksarchief

> 31 januari 2006

**Undercover, 175 jaar Veiligheid van de Staat**  
(Meer: [www.175-25.be/events/undercover](http://www.175-25.be/events/undercover))



## Site van Turn & Taxis

> 1 mei 2006

**Einstein, anders bekeken**  
(Meer: [www.alberteinstein.be](http://www.alberteinstein.be))

De volledige agenda (stages, creatieve activiteiten, ...) kan worden geraadpleegd op de internetsite [www.belspo.be](http://www.belspo.be) > focus > agenda en op de internetsites van de Federale wetenschappelijke instellingen.

De permanente collecties van de musea zijn gratis toegankelijk elke eerste woensdagnamiddag van de maand.

Naast de algemene directies "Onderzoeksprogramma's en Ruimtevaart", "Coördinatie en Wetenschappelijke informatie" en "Communicatie en valorisatie" omvat het Federaal Wetenschapsbeleid tien **Federale wetenschappelijke instellingen en drie Staatsdiensten met afzonderlijk beheer:**



**Het Algemeen Rijksarchief en Rijksarchief in de Provinciën**  
www.arch.be + (32) (0)2 513 76 80



**Belnet**  
www.belnet.be + (32) (0)2 790 33 33



**De Koninklijke Bibliotheek van België**  
www.kbr.be + (32) (0)2 519 53 11



**Het Studie- en Documentatiecentrum 'Oorlog en Hedendaagse Maatschappij'**  
www.cegesoma.be + (32) (0)2 556 92 11



**Het Belgisch Instituut voor Ruimte-aëronomie**  
www.aeronomie.be + (32) (0)2 373 04 04



**Het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen/Museum voor Natuurwetenschappen**  
www.natuurwetenschappen.be + (32) (0)2 647 22 11



**Het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium**  
www.kikirpa.be + (32) (0)2 739 67 11



**Het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België**  
www.meteo.be + (32) (0)2 373 05 08



**Het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika**  
www.africamuseum.be + (32) (0)2 769 52 11



**De Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis**  
www.kmkg-mrah.be + (32) (0)2 741 72 11



**De Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België**  
www.fine-arts-museum.be + (32) (0)2 508 32 11



**De Koninklijke Sterrenwacht van België**  
www.astro.oma.be + (32) (0)2 373 02 11



**Het Paleis voor Congressen van Brussel**  
www.palcobru.be + (32) (0)2 515 13 11



**De Dienst voor wetenschappelijke en technische informatie**  
www.stis.fgov.be + (32) (0)2 519 56 40

**Federale wetenschappelijke en culturele partnerinstellingen :**



**Het Euro Space Center van Redu**  
www.eurospacecenter.be + (32) (0)61 65 64 65



**De Nationale Plantentuin van België**  
www.br.fgov.be + (32) (0)2 260 09 20



**De Koninklijke Academiën voor Wetenschappen en Kunsten van België**  
www.kvab.be + (32) (0)2 550 23 23



**De Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen**  
users.skynet.be/kaowarsom + (32) (0)2 538 02 11



**De Universitaire Stichting**  
www.universitairstichting.be + (32) (0)2 545 04 00



**Het Paleis voor Schone Kunsten**  
www.bozar.be + (32) (0)2 507 84 44



**Het Koninklijk Belgisch Filmarchief**  
www.filmarchief.be + (32) (0)2 507 83 70



**De Academia Belgica**  
www.academiabelgica.it + (39) (06) 320 18 89

**De Stichting Biermans-Lapôte** + (33) (01) 40 78 72 00

*Science Connection* is het gratis magazine van het Federaal Wetenschapsbeleid.

#### Verantwoordelijke uitgever:

Dr. Philippe METTENS, Wetenschapsstraat 8, 1000 Brussel

#### Coördinatie:

Pierre Demoitie (F) en Patrick Ribouville (N)  
+(32) (0)2 238 34 11  
scienceconnection@belspo.be  
www.scienceconnection.be

#### Redactie:

Werner ADRIAENSSENS (Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis), Benny AUDENAERT (Space Connection), Veerle CUSTERS (Belnet), Dominique DENEFFE (Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium), Pierre DEMOITIE (Federaal Wetenschapsbeleid), Christian DU BRULLE (Le Soir), Wim FREMOUT (Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium), Olivier GOSSET (L'Echo), Robert HALLEUX (Université de Liège), Erik HOUTMAN (Algemeen Rijksarchief en Rijksarchief in de Provinciën), Koen MARTENS (Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen), Famke PETERS (Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium), Denis RENARD (Dienst voor wetenschappelijke en technologische informatie), Patrick RIBOUVILLE (Federaal Wetenschapsbeleid), Steven STROEYKENS (Space Connection), Cyriel STROO (Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium), Michel VAN CAMP (Koninklijke Belgische Sterrenwacht), Rosette VAN DEN BROUCKE (Belnet), Dominique VANWIJNSBERGHE (Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium) en Marc VERWILGHEN.

#### Foto voorpagina:

Pierre-Antoine Thierry

#### Abonnement:

abo.scienceconnection@belspo.be  
www.scienceconnection.be

Science Connection is in PDF-formaat verkrijgbaar in het Nederlands en in het Frans op [www.belspo.be](http://www.belspo.be)

Fout in uw naam? Onvolledig adres? Verkeerde postcode? Meld het ons per e-mail of stuur het omslagetiket verbeterd terug.

#### Lay out en druk:

[www.gevaertgraphics.be](http://www.gevaertgraphics.be)

Het volgende nummer verschijnt in februari 2006.

Het Federaal Wetenschapsbeleid heeft als opdracht het wetenschappelijk en cultureel potentieel van België maximaal te benutten ten behoeve van de beleidsmakers, de industrie en de burgers: "een beleid voor en door de wetenschap". Het reproduceren van uittreksels uit deze publicatie is toegestaan voor zover daar geen commerciële bedoelingen mee gemoeid zijn en voor zover dat past in de opdrachten van het Federaal Wetenschapsbeleid. De Belgische Staat kan niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die voortvloeit uit het gebruik van gegevens die in deze publicatie zijn opgenomen.

Het Federaal Wetenschapsbeleid noch enige andere persoon die in zijn naam optreedt is verantwoordelijk voor het gebruik dat zou kunnen worden gemaakt van de informatie in deze publicatie of voor eventuele fouten die er, ondanks de uiterste zorg bij de voorbereiding van de teksten, nog in zouden staan.

Het Federaal Wetenschapsbeleid heeft alle nodige moeite gedaan om te voldoen aan de wettelijke voorschriften inzake auteursrechten en om contact op te nemen met de rechthebbenden. Elke persoon die benadeeld meent te zijn en zijn rechten wil laten gelden wordt verzocht zich bekend te maken.

Science Connection is lid van de Vereniging van Wetenschappelijke en Culturele Tijdschriften ([www.arsc.be](http://www.arsc.be)) en van de Unie van Uitgevers van de Periodieke Pers ([www.upp.be](http://www.upp.be)).

© Federaal Wetenschapsbeleid 2005.  
Reproductie is toegelaten mits bronvermelding.

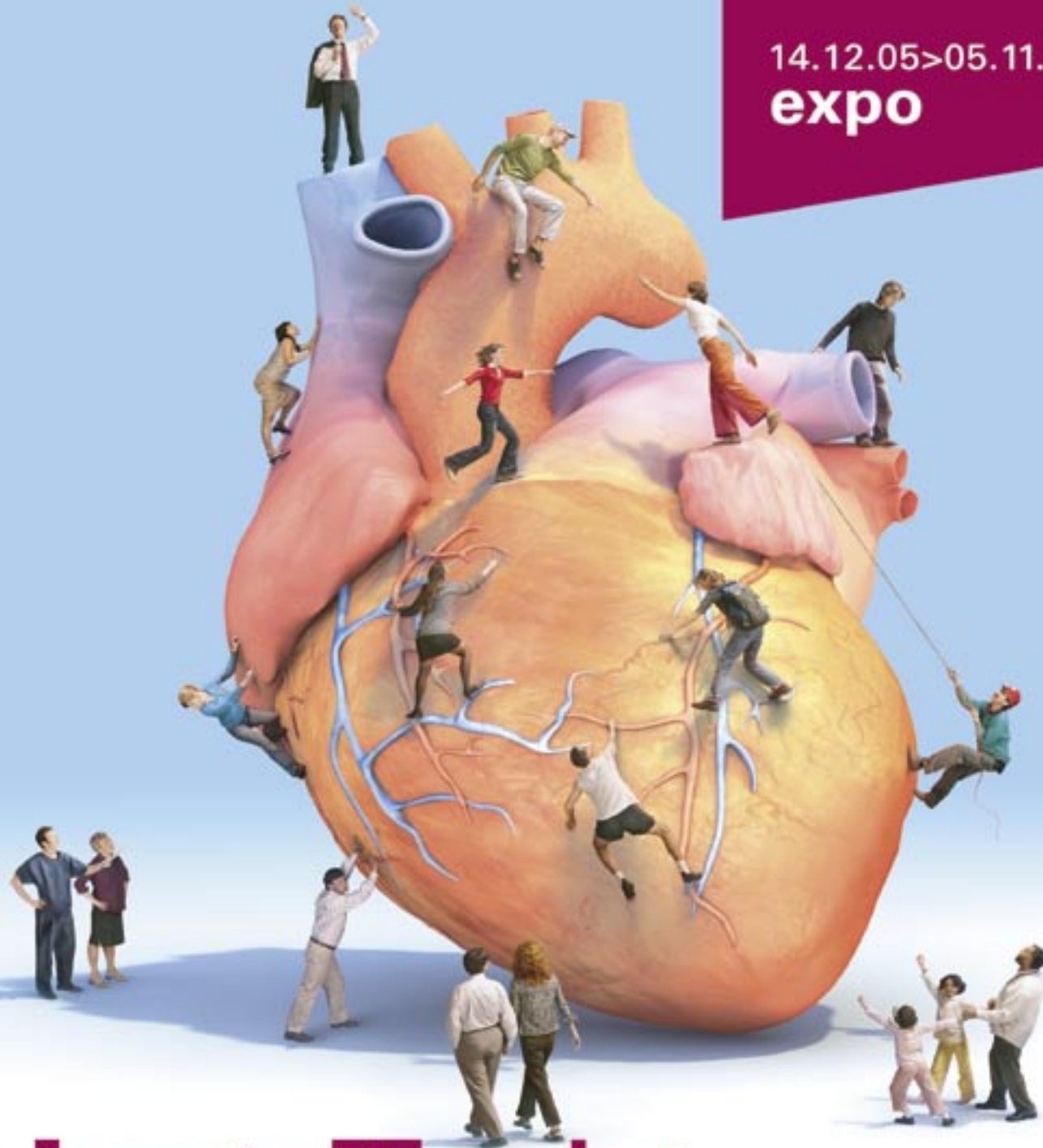
Mag niet worden verkocht.

museum



14.12.05 > 05.11.06

expo



V.U. C. Pisaní / Vautierstraat 29 / 1000 Brussel

# HartsTocht

Museum voor Natuurwetenschappen  
Vautierstraat 29 1000 Brussel [www.natuurwetenschappen.be](http://www.natuurwetenschappen.be)



Diagnostics



Het Nieuwsblad



b-daytrips



.be



# 52 *Space* connection



Dossier:  
**Ariadna** – De ESA op weg naar de toekomst

# Oog voor revolutionaire ideeën

**2** Oog voor revolutionaire ideeën

**4** Een jong team: ACT en Ariadna

**5** Interview met ACT-coördinator Andrés Gálvez en ingenieur Leopold Summerer

**9** Een greep uit de schatkamer van toekomstige technologieën

- Slapend naar Jupiter
- Een zuiniger traject met wat wiskundige toverkunst
- Navigeren met dode sterren
- Geen greintje energie verloren laten gaan
- Zonne-energie voor gebruik op aarde
- Eventjes de zwaartekracht uitzetten

**14** 'Biomimicry' of inspiratie halen uit de natuur

**16** Ook Amerika doet gewaagd onderzoek

**19** Actualiteit

*Een Europese astronaut bezoekt binnen enkele decennia op Mars de oude Marsrobot Exomars (waaraan momenteel gewerkt wordt in het raam van het Aurora-programma van de ESA). © ESA*

*Foto voorpagina:  
Een van de meest veelbelovende revolutionaire technologieën is die van de 'ruimtelift'. Deze zou ruimtevaart veel goedkoper maken, maar eerst moet er wel een materiaal worden ontwikkeld dat sterk genoeg is om er de 36 000 kilometer lange kabel van te maken. © NASA*



Er staat voor de komende jaren heel wat interessants op stapel bij de Europese ruimtevaartorganisatie ESA. Van heel praktische projecten zoals het satellietnavigatiesysteem Galileo, over de verkenning van de planeten Mercurius, Venus en Mars met onbemande sondes, tot sterrenkundige satellieten als Gaia, die de Melkweg in kaart moet brengen.

Maar hoe fascinerend deze projecten voor de nabije toekomst ook zijn, elke ruimtevaartliefhebber droomt wel eens over wat er daarna moet komen, over de ruimtevaart in de wat verdere toekomst, de ruimtevaart die raakt aan de sciencefiction. De bemande verkenning van Mars, en daarna van de andere planeten van het zonnestelsel, het oprichten van onderzoeksbases op de maan en Mars, de constructie van grote ruimtekolonies waarin veel mensen kunnen wonen, het aanpassen van het klimaat van Mars om daar landbouw mogelijk te maken, zelfs de verkenning van de sterren.

Daarover dromen is gemakkelijk, maar het volstaat niet om de realisatie van dergelijke plannen dichterbij te brengen. Daarvoor zullen er eerst een hele reeks wetenschappelijke en technologische doorbraken noodzakelijk zijn (om nog maar te zwijgen over de financiering). Dergelijke doorbraken waarbij er echt revolutionaire technologie ontwikkeld wordt om dingen mogelijk te maken die met de huidige technologie volstrekt onhaalbaar zijn, vergen vaak zeer langdurig voorbereidend onderzoek. Het kan meerdere decennia duren om de stap te zetten van het eerste idee voor een nieuwsoortige technologie, tot de echte praktische toepasbaarheid ervan in de ruimte — mede omdat ruimtevaartplanners altijd de voorkeur geven aan technologie die haar deugdelijkheid bewezen heeft.

Om voorbereid te zijn op de technologische noden voor binnen enkele decennia, heeft de ESA in 2002 een speciaal team opgezet dat zich bezighoudt met de meest revolutionaire soorten technologie die soms pas binnen tientallen jaren mogelijk toegepast zal kunnen worden. Die onderzoeksgroep heet het Advanced Concepts Team (ACT) en is gevestigd bij ESTEC, het technologische onderzoekscentrum van de ESA in het Nederlandse Noordwijk.

*“De meeste mensen bij de ESA hebben het zeer druk met het werken aan missies die een vaste lanceerdatum hebben”, zegt ACT-coördinator Andrés Gálvez. “En dus hebben ze geen tijd om te werken aan ideeën die misschien gebruikt kunnen worden voor een missie die dertig jaar verder in de toekomst ligt. Dat is de reden waarom het ACT er is.”*

Onderzoek naar alle denkbare ‘wilde’ ideeën in wetenschap en technologie gebeurt natuurlijk niet alleen bij de ESA maar ook aan universiteiten. Daarom werkt het ACT ook nauw samen met de Europese universiteiten. Die samenwerking krijgt vorm in het Ariadna-programma dat in 2003 van start is gegaan.

*Concept voor een groot  
wielvormig ruimtestation  
waarin tienduizend  
mensen zouden kunnen  
wonen. © NASA*

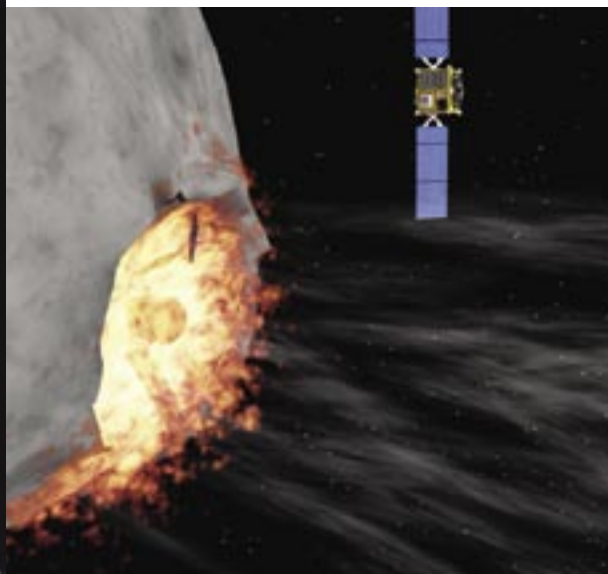
*“Er zijn vele mensen in universiteiten die aan potentiële doorbraken werken”, zegt Andrés Gálvez. “Het lijkt wel alsof elke dag iemand een nieuw idee voorstelt. We moeten die ideeën zien te vinden die de ESA in de toekomst kunnen helpen.”*

Het is niet de taak van het ACT om zelf grootschalig onderzoek te doen, om bijvoorbeeld zelf een revolutionaire raketmotor te ontwikkelen. Daarvoor ontbreekt het budget, en het zou bij veel van de voorgestelde revolutionaire technologieën ook voorbarig zijn. Het ACT beschikt niet over eigen laboratoria of onderzoeksfaciliteiten. De activiteiten van het team spitsen zich eerder toe op het voorbereidende studiewerk, de allereerste voorstudies die nodig zijn, voor er eventueel overwogen kan worden aan de echte ontwikkeling van een nieuwe technologie te beginnen.

Het belangrijkste aspect van het werk van het ACT is het evalueren van de meest diverse ideeën voor potentiële technologische doorbraken. Welke ideeën bieden werkelijk potentieel en welke zijn onrealistisch? Het ACT probeert als een filter te functioneren en de eerste selectie door te voeren om na te gaan welke voorstellen de moeite van een grondiger onderzoek waard zijn. Want er worden regelmatig ideeën voorgesteld die wel interessant klinken, maar die onvoldoende wetenschappelijk gefundeerd zijn, of die bij nader onderzoek door de mand vallen als hopeloos onpraktische dromerij.

Het ACT heeft de afgelopen drie jaar al een hele reeks interessante onderwerpen onderzocht. Gaande van de mogelijkheid van het ‘in winterslaap brengen’ van astronauten voor lange ruimtereizen, tot nieuwe wiskundige manieren om ingewikkelde banen van ruimtesondes uit te rekenen.

De ESA is niet alleen met zijn Advanced Concepts Team. Ook bij de Amerikaanse NASA wordt onderzoek gedaan naar dergelijke ‘geavanceerde’ topics, in het kader van het NASA Institute for Advanced Concepts (NIAC). Behalve aan het Europese ACT zullen we in dit dossier ook kort aandacht besteden aan het NIAC. We zullen ook uitgebreid ingaan op diverse geavanceerde technologieën die al geëvalueerd zijn in het kader van deze projecten, zowel in Europa als in de VS.



*In dit concept van een Europese geavanceerde ruimtemissie slaat de ruimtesonde Hildalgo te pletter tegen de planetoïde 2002AT4, een vierhonderd meter groot rotsblok. Tegelijk is de ruimtesonde Sancho (de andere component van de ruimtemissie ‘Don Quichote’) vanop een afstand metingen en observaties aan het uitvoeren.  
© ESA*

# Een jong team: ACT en Ariadna



Europees concept voor een bemande basis op Mars.  
©ESA

Het Advanced Concepts Team is een klein en jong team. Het telt een twaalfstal medewerkers en heeft een snel wisselende bezetting. Dat komt omdat gewerkt wordt met kortlopende contracten van een tweetal jaar voor jonge *postdocs* (wetenschappers die pas hun doctoraat behaald hebben). Op die manier is er altijd veel 'jong bloed' in het team, en kan de organisatie de vinger aan de pols houden van de recentste trends in het wetenschappelijk onderzoek. Samen bestrijken de 'research fellows' van het ACT een enorm breed domein van wetenschappelijke specialismen, van de theoretische natuurkunde tot de biologie.

De leden van het ACT doen lang niet al het onderzoek of evaluatiewerk voor nieuwe ideeën zélf. Het team is te klein en het budget veel te beperkt om op elk gebied specialisten in huis te hebben. Daarom doet het vaak een beroep op de Europese universiteiten, sinds 2003 via het Ariadna-programma. Het team meldt regelmatig rond welke thema's het zou willen werken en stelt onderzoeksbeurzen ter beschikking van universitaire onderzoekers, en zamelt dan voorstellen in die van de universiteiten afkomstig zijn. Een onderzoeker aan een universiteit kan dan, gefinancierd door de ESA, een tijdlang aan het werk om een welomschreven vraag te beantwoorden of om een voorgestelde nieuwe technologie te evalueren. Het resultaat van dat onderzoek is doorgaans een rapport dat gepubliceerd wordt op de ACT-website. De verzameling van deze rapporten biedt een fascinerende inblik in de soorten technologie waarop de ruimtevaart van binnen pakweg dertig jaar gebaseerd zou kunnen zijn.

Het Advanced Concepts Team sluit met universiteiten contracten van drie types af, voor een bedrag van ofwel 15 000 euro en een duur van twee maanden, 25 000 euro (vier maanden), of 35 000 euro (zes maanden). Het budget biedt ruimte voor twintig tot dertig van deze contracten per periode van twee jaar. Het is de bedoeling om twee keer per jaar nieuwe voorstellen in te zamelen via een 'oproep tot voorstellen'.

In ESTEC, het grote technologische centrum van de ESA waar het ACT gevestigd is, gebeurt vanzelfsprekend nog veel meer technologisch onderzoek. Er wordt bijvoorbeeld gewerkt aan de constructie van diverse ruimtesondes van de ESA die de komende jaren gelanceerd worden, en vele satellieten en ruimtetuigen worden er voor de lancering grondig getest. Binnen de hele ESA-organisatie vormt het ACT als het ware de 'speerpunt' van de meest geavanceerde technologie, waar de andere afdelingen zich eerder bezighouden met technologie die toch al wat dichterbij praktische toepassingen in concrete toekomstige ruimtemissies van de ESA. Het ACT maakt binnen de ESA deel uit van het 'Advanced Concepts and Studies Office', ook 'DG-X' genaamd.



Ontwerp voor een grote permanent bemande maanbasis.  
©NASA



# Ontmoeting met ACT-coördinator Andrés Gálvez en ingenieur Leopold Summerer



Space Connection sprak met Andrés Gálvez die het Advanced Concepts Team leidt en met Leopold Summerer, systeemingenieur bij het ACT.

*Space Connection – Met welk doel zijn het Advanced Concepts Team en het Ariadna-programma opgericht?*

**Andrés Gálvez** - De reden is vooral om op een betere manier te kunnen samenwerken en informatie te kunnen uitwisselen met de universitaire wereld. De ESA werkt natuurlijk al heel lang samen met de academische wereld, bijvoorbeeld in het wetenschappelijk programma, om na te gaan welke voorgestelde missies geschikt zijn. Maar dat gebeurde niet altijd op een systematische manier. Er bestond ook de perceptie dat het moeilijk was voor sommige universiteiten, vooral de kleinere, die nog nooit contact hadden met de ESA, om ons te leren kennen en te weten welke onze interesses en objectieven waren, zodat ze hun onderzoeksactiviteiten daarop konden afstemmen. We wilden ook de hulp van de academische gemeenschap om haalbaarheidsstudies te doen in een zeer vroeg stadium. Er was binnen ESA een groep mensen nodig om voorgestelde nieuwe ideeën zeer snel te evalueren. Het bleek dat de beste oplossing erin bestond een kleine groep wetenschappers samen te stellen die de universitaire wereld goed kennen en die snel onderwerpen kunnen analyseren.

*SC – Hoeveel mensen telt het team?*

**Leopold Summerer**: Het twaalfkoppige team is heel dynamisch. Er komen pas afgestudeerden die een jaar blijven, research fellows die twee jaar blijven, en dan hebben we nog stagiairs van universiteiten. Zo kunnen we ons heel snel aan de onderzoeksonderwerpen aan te passen.

*SC – De belangrijkste taak is dus het evalueren van nieuwe ideeën?*

**Summerer** – Juist. We proberen om op trends te anticiperen en we kijken uit welke nieuwe ideeën er opduiken. We doen dat zelf op een actieve manier, in plaats van gewoon maar te wachten welke ideeën er aan ons voorgelegd worden.

**Gálvez** - We houden een oogje op alles wat er gebeurt in de wetenschappelijke wereld, en we houden ook het nieuws in de gaten. We letten ook op dingen die niet specifiek iets met de ruimte te maken hebben, het kan gaan om een ontwikkeling in een compleet verschillend domein van de wetenschap, maar dat toch op een of andere manier interessant zou kunnen zijn voor de ESA.

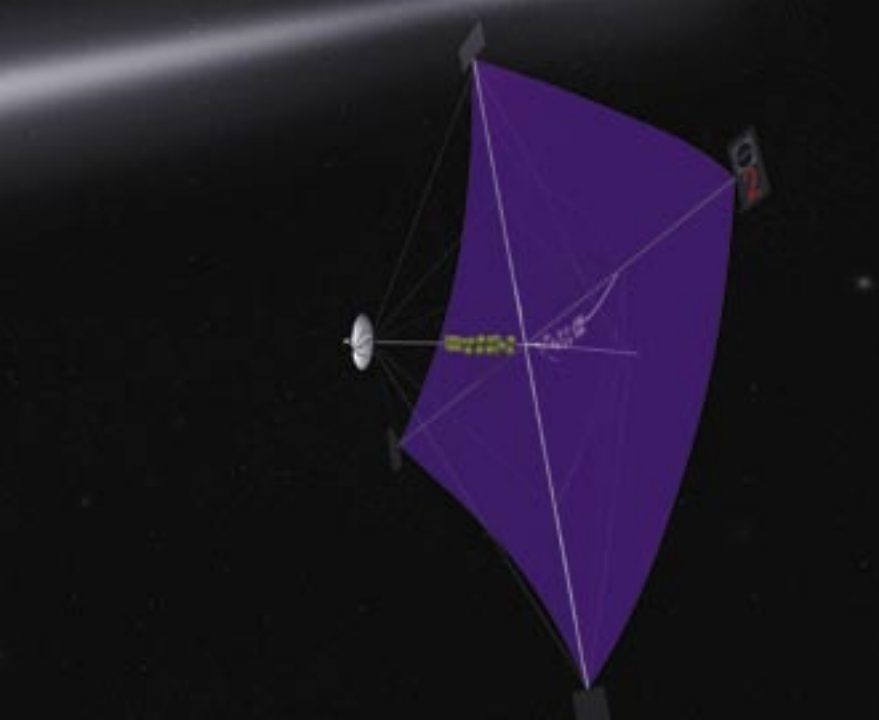
*SC – Hoe pak je zoiets aan, de hele wetenschappelijke wereld in het oog houden voor nieuwe ideeën, het klinkt als een titantenwerk?*

**Gálvez** - Ja, en daarom moesten we het werk opdelen om het te kunnen beheren. We hebben subdisciplines ingesteld en prioriteiten gekozen. Dat hangt samen met de mensen die hier werken. We hebben enkele gebieden gekozen, zoals bijvoorbeeld energie en aandrijvingssystemen, waarvan we denken dat ze zeer interessant zijn en dat ze voor lange tijd een rol zullen blijven spelen, en daarop baseren we ons bij het recruterend van mensen uit de universiteiten. Er is bijvoorbeeld een scheikundige die zich bezighoudt met brandstofcellen en 'biogeneratieve life support systemen'. We proberen altijd op elk van die belangrijke domeinen experts in huis te hebben.

We wilden ons ook niet beperken tot de typische 'harde technologie' van bijvoorbeeld propulsiesystemen. We hebben daarom een aantal topics uit de biologie bij elkaar gebracht onder de noemer 'biomimicry', dat is het nabootsen van dingen uit de levende natuur in de technologie. Een voorbeeld daarvan dat al heel lang gebruikt wordt zijn panelen met een honingraatstructuur in satellieten.

**Summerer** - Onze medewerkers hebben nog maar net een doctoraatsonderzoek gedaan en kunnen dus overweg met wetenschappelijke publicaties. Ze kunnen uit een hoop 'papers' halen wat ze denken dat belangrijk is voor ons. Het zoeken naar nieuwe ideeën betekent heel veel lezen in de wetenschappelijke literatuur. Tot op zekere hoogte behoort het op de hoogte blijven van wat andere wetenschappers doen natuurlijk tot het werk van elke wetenschapper. Door dat te doen vind je vanzelf nieuwe ideeën, en soms leg je de link met onderzoeksgroepen die je kent.

**Gálvez** - Een verschil met een typische universitaire onderzoeksgroep is dat de mensen hier allemaal in een



Een zonnezeilschip zou gebruik maken van de druk van het zonlicht om zich voort te bewegen doorheen het zonnestelsel.  
© NASA

verschillende discipline werken. Op die manier breng je onderwerpen bij elkaar die normaal niet met elkaar in contact zouden komen, en als gevolg daarvan komen er nieuwe ideeën naar boven. Dat is iets heel kenmerkends voor ons team.

**SC** – *Als u dan een dergelijk idee wilt evalueren, hoe gaat u dan concreet tewerk? Bestelt u dan een studie over het onderwerp bij een universiteit?*

**Gálvez** - Dat hangt ervan af of we denken dat we genoeg tijd en in-house expertise hebben om het zelf te doen, of niet. Als we menen dat we na twee dagen het waardevolle van een idee kunnen vinden, dan doen we het zelf. Als we er nog niet helemaal zeker van zijn, benutten we onze contacten met de universiteiten — of soms ook via andere activiteiten, bijvoorbeeld contacten met bedrijven. Maar normaal gaat het naar een universiteit via het Ariadna-mechanisme. We geven de universiteiten op zo'n moment de gelegenheid om onderzoek te doen naar die dingen die we zouden willen ophelderen, of waarover we vragen hebben.

Ariadna is de naam van het schema waarmee wij partnerschappen opzetten met universiteiten en contracten tekenen. In tegenstelling tot de gewone manier van werken binnen de ESA, waarbij het soms wel eens moeilijk is om precies elk contract op te volgen, doen wij ons best om samen met de mensen in de universiteiten aan het onderzoek te werken. Tegelijk met het werk dat in de universiteit gebeurt, proberen wijzelf ook aan hetzelfde topic te werken, zodat we precies kunnen volgen wat er gebeurt. Hoe diepgaand die beoordeling is varieert natuurlijk. Een slecht idee komt er vanaf met een “back of an envelope”-beoordeling. We kunnen ons ook wel eens vergissen over wat slechte en goede ideeën zijn. Maar toch kunnen we soms snel beslissen dat iets echt niet gaat lukken, dat is een deel van ons werk.

**Summerer** - Dat is ook een maat voor ons succes: vaststellen dat een idee onzin is, en zo beletten dat het maar de ronde blijft doen, maandenlang of zelfs jarenlang, zodat de mensen er maar tijd aan blijven verspillen. Wij doen een

grondige beoordeling en beslissen dan: hou maar op met hier aandacht aan te besteden, dit concept is het gewoon niet waard. Dat is soms nog waardevoller dan een idee vinden waarop eventueel misschien nog verder gewerkt zou kunnen worden.

**Gálvez** - Ariadna spaart op die manier soms veel tijd uit voor andere mensen. Het kan heel nuttig zijn dat er een studie is uitgevoerd, en dat we een rapport hebben om naar te verwijzen in discussies, om het thema ‘af te sluiten’. Anders blijven de mensen soms maar op een onderwerp terugkomen, en er telkens opnieuw naar vragen. Dan is het handig om precies te kunnen zeggen ‘om die reden is het niet bruikbaar.’ Voor de ESA is het ACT een heel kosteneffectieve manier om daarmee om te gaan.

**SC** - *Kunt u enkele voorbeelden geven van dergelijke ‘afgewezen’ ideeën?*

**Gálvez** - Vele ervan situeren zich op het gebied van de theoretische fysica. Zo hebben we hier iemand met een achtergrond in de theoretische fysica hebben die zich kan ontfermen over alle ideeën die aan de theoretische fysica raken en die iets met ruimtetechnologie te maken hebben. Zo krijgen we bijvoorbeeld vaak voorstellen van mensen die ervan overtuigd zijn dat je informatie sneller dan het licht kunt versturen, of andere ideeën die in strijd lijken te zijn met de natuurwetten zoals we ze vandaag menen te kennen.

Er was bijvoorbeeld eens een idee over ‘gravity control’, het beheersen van de zwaartekracht, wat zou helpen bij de aandrijving van ruimtetuigen. Het bleek géén bruikbaar idee te zijn, en nu hebben we een rapport waarnaar we kunnen verwijzen en snel aantonen dat het niet de moeite is om daar verder aan te werken. Zelfs als die gravity control zou werken, dan nog zou het niet leiden tot iets dat echt bruikbaar is in de ruimtevaart.

**Summerer** - Hoewel er toch ideeën blijven komen voor antizwaartekrachtapparaten...



**Gálvez** - Bij de NASA bestond een tijdlang het programma *Breakthrough Propulsion Physics*, waarin onder meer onderzocht werd om sneller dan het licht te reizen. Het programma werd geschrapt. Het was een goed voorbeeld wat betreft het open staan voor ideeën... maar tegelijk moet je extreem kritisch kunnen blijven. Als je niet de wetenschappelijke wereld gebruikt om ideeën te evalueren, als je niet een soort *peer review*-proces hebt van de voorgestelde ideeën, dan verbreek je de band met de wetenschappelijke wereld, en dan ontstaat daar de indruk dat je geen waardevol onderzoek doet, dat het tot niets zal leiden, en dan zit je programma in moeilijkheden. Ik weet niet precies wat er verkeerd is gelopen met dit NASA-programma, maar wij proberen in elk geval om de wetenschappelijke gemeenschap aan onze kant te houden, en we vinden het heel belangrijk dat onze manier van werken de goedkeuring van de wetenschappelijke wereld kan wegdragen.

*SC –Gingen de Amerikanen dan te ver?*

**Gálvez** - Nee, het was inspirerend werk. Heel positief was dat ze veel risico's durfden te nemen met sommige ideeën, en uitzochten of sommige van die wilde ideeën misschien interessant zouden kunnen zijn. Ik denk dat dat een goede aanpak is. Enerzijds is het goed rigoureuus tewerk te gaan, maar als je te conservatief bent, dan sluit je alle deuren naar innovatie. En je moet controlemechanismen hebben; ik weet niet hoe ze dat bij de NASA deden, maar dat is heel belangrijk.

*SC – Is het niet vreemd om binnen de ESA een klein Advanced Concepts Team te hebben? Een buitenstaander zou wellicht denken dat de héle ESA met zeer geavanceerde onderwerpen bezig is?*

**Gálvez** - Wel, de héle ESA doet 'geavanceerd' werk natuurlijk, maar wat wij doen is geavanceerd in een andere betekenis. Wat de ESA doet, gaat vaak over projecten in zeer moeilijke omstandigheden, over ruimtetuigen die moeten



*Andrés Galvez (links) en Leopold Summerer*

functioneren in een zeer vijandige omgeving. Je kunt satellieten niet repareren na hun lancering, dus moet je zeker zijn dat ze zullen werken. Dat is geavanceerd in  en betekenis. Maar in een andere betekenis is een deel van de technologie in ruimtetuigen helemaal niet geavanceerd. Sommige computers in ruimtetuigen bijvoorbeeld, zouden op aarde voor onze 'desktop' compleet achterhaald zijn. En er is bij het werk dat hier bij de ESA gebeurt, ook veel projectmanagementwerk. Dat ligt aan de manier waarop de ESA werkt, waarbij contracten worden uitgeschreven, die worden uitgevoerd door de industrie. Niet de ESA zelf bouwt satellieten, maar bedrijven. Bij wat de ESA z lf doet is er dus een grote portie projectmanagement. Het risico voor de mensen die daaraan werken is natuurlijk dat je niet meer bezig bent met technologische innovaties of hoe je innovatieve concepten kunt promoten. Je vergeet te innoveren. Dat is een van de redenen waarom het ACT opgericht werd. Het zou natuurlijk overdreven zijn te zeggen dat er geen onderzoek gedaan wordt bij de ESA, maar de ruimtevaartorganisatie is toch iets anders dan een onderzoeksinstituut.

*SC – Komen de meeste van de nieuwe ideeën uit de wetenschappelijke wereld, of komen er ook gerichte vragen uit de ESA, vanuit de behoefte aan technische oplossingen voor toekomstige problemen in de ruimteverkenning?*

**Gálvez** - Beide komen voor. Het tweede is vaak het geval bij mensen die ons team kennen, waarmee we al hebben samengewerkt.

Summerer: Je moet begrijpen dat de ESA-mensen vaak echt passioneel met de ruimte bezig zijn. Er is heel veel persoonlijke interesse. Vaak komt er iemand zeggen: 'Kijk, ik ben dit patent tegengekomen, dat ziet er heel interessant uit, maar ik heb zelf geen tijd om me ermee bezig te houden, misschien kunnen jullie er eens naar kijken.' Die medewerkers moeten bijvoorbeeld nu zelf zorgen voor een satelliet en exact weten hoe die gedraaid moet worden om de juiste foto's te maken. Ze kunnen zich dus niet bezighouden met iets dat misschien binnen dertig jaar nuttig is. Ze kunnen niet even enkele uren uittrekken om een patent uit te pluizen dat misschien ooit interessant zou kunnen worden. Wij doen dat wel. Op die manier is er veel inspiratie die van binnen de ESA komt. Maar ook van de buitenwereld natuurlijk, van universiteiten bijvoorbeeld



*Een onbemande ruimteverkenner gebruikt een lasersensor om rendez-vous te maken met een sonde die bodemmonsters van Mars tot in een omloopbaan heeft gebracht.  
  NASA*



beeld, of van mensen die gewoon iets op de website posten. Zo van 'Kijk, ik heb iets revolutionairs gevonden, contacteer me alstublieft'. Het is echt heel gevarieerd.

*SC – Zijn er ook gekke ideeën bij?*

**Gálvez** - Ja, een beetje van alles, we ontvangen veel correspondentie, het is een mengeling. Enerzijds zijn er de mensen die een degelijke achtergrond hebben en een wetenschappelijke manier van werken, maar anderzijds zijn er ook mensen die extreem passioneel of overenthousiast zijn over hun revolutionaire idee.

**Summerer** - Er zijn mensen die zeggen dat ze communiceren met buitenaardse wezens. Die "ideeën" ontvangen we ook.

**Gálvez**: Dat is ook een van de redenen achter Ariadna: het maakt het gemakkelijker om daarmee om te gaan, omdat je enkele regels hebt. Als je een te 'open' oproep om nieuwe ideeën doet, dan ontvang je enorm veel materiaal, en niet allemaal even nuttig, en dan ben je veel tijd kwijt aan het sorteren wat er zinvol is. Dat is de reden waarom we werken met universiteiten, dan heb je toch enige garantie dat de mensen een ernstige achtergrond hebben en een wetenschappelijke manier van werken.

*SC - Verwacht u ooit dat sommige van de ideeën die u onderzoekt ook echt realiteit zullen worden?*

**Gálvez** - Ik hoop het! Het is in elk geval al leuk om eraan te werken. Ruimtevaartprojecten duren altijd heel lang, soms tien of twintig jaar. De plannen voor wetenschappelijke missies van de ESA zijn al 'volzet' tot in 2015 ongeveer, en nu wordt er gepraat over de projecten tot 2020. Maar dat zullen er zijn die werken met bestaande technologie, want hun ontwerpers willen bovenal zekerheid. Wat eerst nodig is zijn heel veel proeven op de grond om het vertrouwen in de nieuwe technologie te creëren.

*Het oprichten van een bemande basis op Mars is een van de belangrijkste lange termijn doelen van de Amerikaanse en Europese ruimtevaartagentschappen. Voor het zover is zullen er nog aanzienlijke technologische hindernissen overwonnen moeten worden.*

© NASA

## Wie is Ariadna?

Het Ariadna-programma van de ESA is genoemd naar Ariadne uit de Griekse mythologie. Zij was de dochter van koning Minos van Kreta. Toen deze de held Theseus opgesloten had in het labyrint in het koninklijk paleis, gaf Ariadne hem in het geheim een bol garen. Door de draad achter zich af te rollen, kon Theseus de weg uit het doolhof terugvinden. De ESA hoopt dat het Ariadna-programma op dezelfde manier een leidraad zal bieden op het moeilijke terrein van de meest gewaagde technologische ideeën. Overigens dankt de Ariane-raket haar naam aan dezelfde prinses Ariadne.



Binnen het bestek van dit dossier is het niet mogelijk om alle door het ACT geëvalueerde ideeën te bespreken, maar we hebben er enkele van de interessantste uitgekozen. Wie geïnteresseerd is in de volledige lijst, kan die vinden op de website van het ACT. Daarnaast vermelden we ook kort enkele technologieën die onderzocht zijn in aan het ACT verwante projecten, zoals het NIAC van de Amerikaanse NASA.



## Een greep uit de schatkamer van toekomstige technologieën

### Slapend naar Jupiter

In sciencefictionverhalen lijkt het soms bijna vanzelfsprekend: als astronauten een jaren durende ruimtereis moeten maken, dan worden ze tijdelijk in een soort winterslaap gebracht, of zelfs ingevroren. Op die manier verbruiken ze onderweg heel weinig of geen lucht, water en voedsel, en bovendien vervelen ze zich niet. Eenmaal op de bestemming aangekomen, wordt de bemanning 'ontdooit' of wakker gemaakt uit de winterslaap. Het lijkt complete sciencefiction, maar zou het ook in het echt kunnen?

Misschien is het hele idee niet zo vergezocht als het op het eerste gezicht lijkt. Er zijn immers zoogdieren — die biologisch sterk aan ons verwant zijn — die een winterslaap houden, zoals beren. Als biologen het precieze mechanisme van die winterslaap kunnen achterhalen, kunnen er misschien methoden gevonden worden om ook mensen in een dergelijke winterslaap te brengen. En dat zou niet alleen nuttig zijn voor de ruimtevaart. Mensen tijdelijk in een vorm van winterslaap brengen zou ook interessant kunnen zijn voor de geneeskunde, bijvoorbeeld voor patiënten die geopereerd moeten worden.

Marco Biggiogera van de universiteit van Pavia in Italië en Carlo Zancanaro van de universiteit van Verona hebben in opdracht van het ACT de perspectieven van een kunstmatige winterslaap van mensen in de ruimtevaart onderzocht. Volgens hen staan we er nog érg ver van af maar toch is het niet uitgesloten dat het ooit mogelijk wordt. Biggiogera heeft bijvoorbeeld de invloed onderzocht van

een molecule die bekend staat als DADLE op levende cellen. De molecule lijkt op de proteïnen die in overwinterende dieren de winterslaap in gang zetten, en ze vermindert het energieverbruik van cellen. Hoe ze dat precies doet is evenwel nog niet bekend. Zancanaro heeft DADLE in het laboratorium ingespoten in ratten. *“Vier uur na een injectie met DADLE is de lichaamstemperatuur merkbaar gedaald en is de rat aanzienlijk minder actief geworden”*, zegt Zancanaro. Het interessante aan de proeven is dat ratten van nature geen winterslaap houden, net als mensen. Als het bij ratten mogelijk zou worden om kunstmatig een winterslaap op te wekken, dan kan het misschien ook ooit bij mensen.

In april van dit jaar is een team onderzoekers van de universiteit van Washington in Seattle in de Verenigde Staten er voor het eerst in geslaagd een echte, weliswaar zeer kortstondige winterslaap op te wekken bij dieren die van nature niet winterslapen. Het team, onder leiding van Mark Roth, beschreef in het wetenschappelijke vakblad *Science*, hoe ze erin slaagden muizen zes uur lang in winterslaap te brengen met behulp van het gas waterstofsulfide (dat vooral bekend is wegens zijn stank van rotte eieren). In grote concentraties is het gas dodelijk, maar in iets lagere concentraties bleek het de muizen in winterslaap te brengen. De lichaamstemperatuur van de dieren daalde van de normale 37 graden Celsius tot nog slechts 15 graden. Ze ademden nog slechts enkele keren per minuut, in plaats van honderdvijftig keer zoals normaal, en het energieverbruik van hun cellen daalde met negentig procent. Door de muizen na zes uur weer normale lucht te laten inademen, werden ze weer wakker.

*Een ruimtemissie naar de planeet Jupiter: zullen astronauten ooit in 'winterslaap' de reis naar een verre planeet kunnen maken?*  
© NASA

*Astronauten zouden bij de verkenning van planeten als Mars gebruik maken van de modernste technische hulpmiddelen.*  
© NASA

Maar de droom van menselijke winterslaap, met DADLE, waterstofsulfide of een ander middel, is nog lang niet bereikt. Voor de techniek klaar is voor gebruik bij mensen, zijn er nog vele drempels te overwinnen, zoals de nodige langdurige proefnemingen om te zien of een lange winterslaap geen blijvende negatieve gevolgen heeft voor de gezondheid.

Maar als het ooit lukt, dan zou het lange-afstandsruimtevaart sterk vergemakkelijken. Het wordt niet overwogen voor reizen naar Mars — die zijn ook met een “wakkere” bemanning nog haalbaar. Maar voor reizen verder weg in het zonnestelsel, bijvoorbeeld naar Jupiter, zou winterslaaptechnologie bijzonder nuttig zijn. Op die manier wordt bijvoorbeeld een reis naar Jupiter gerealiseerd in de sf-film 2001 *A Space Odyssey* van Stanley Kubrick.

Een ruimteschip met een slapende bemanning zou veel minder water en voedsel aan boord moeten hebben, het zou kleiner en lichter kunnen zijn en minder energie verbruiken. En als de bemanning het grootste deel van de reis slaapt, zijn er ook minder psychologische problemen, zoals bemanningsleden die elkaar steeds meer op de zenuwen gaan werken wanneer ze jarenlang samen in een kleine ruimte opgesloten zitten.

*“Dit is een onderwerp waarin de pers enorm geïnteresseerd is”, zegt Andrés Gálvez, coördinator van het Advanced Concepts Team. “We kregen er meteen een telefoontje van de BBC over, toen bekend werd gemaakt dat we ermee bezig waren.” Denkt hij dat het idee toekomst heeft? „Het is heel moeilijk te zeggen op dit punt, het onderzoek zit nog in een heel vroeg stadium. Er zijn wel experimenten om bijvoorbeeld muizen te doen overwinteren, maar het is niet duidelijk in hoeverre dat geëxtrapoleerd kan worden naar mensen. Maar we kunnen wel zien dat er een potentieel is. Het is geen onderzoek dat al rijp is voor financiering door de ESA op dit moment, daarvoor gaat het nog om té fundamenteel onderzoek. En de grootschalige klinische proeven op proefpersonen die nodig zouden zijn voor het idee eventueel realiteit wordt, kan de ESA al helemaal niet financieren.”*

## **Een zuiniger traject met wat wiskundige toverkunst**

Ruimtevaarders hebben een eeuwig gebrek aan energie. Elke kilogram brandstof voor een interplanetaire sonde die in de ruimte moet worden gebracht, maakt het project veel duurder. Daarom proberen de planners van ruimtemissies om zo zuinig mogelijke trajecten doorheen het zonnestelsel te vinden. Dat is de reden waarom interplanetaire sondes vaak ingewikkelde banen volgen, die ze langs meerdere planeten voeren, om telkens van de zwaartekracht van die planeet een extra stootje te krijgen dat hen op weg helpt naar de volgende bestemming. Maar het ontwerpen van die banen is een hele klus, waar enorm veel computerwerk bij komt kijken.

Bij hele complexe banen, met meerdere *swingbys* (passages dichtbij een planeet), en ook nog een aandrijving zoals een ionenmotor, zijn er bijna oneindig veel opties. Het is dan bijna onbegonnen werk om al die mogelijkheden met de computer uit te proberen om de beste eruit te kiezen.





*Concept voor een Europese orbiter in een baan rond Pluto. Een dergelijke missie zou gebruik moeten maken van geavanceerde voortstuwingssystemen.*  
© ESA

sars zeer precies bekend is, waardoor in principe een erg nauwkeurige navigatie mogelijk zou worden. Maar de resultaten van de evaluatie waren gemengd. Volgens de onderzoekers zou het systeem wel kunnen werken maar om een goede nauwkeurigheid te bekomen zou te veel zware apparatuur nodig zijn aan boord van de sonde, zoals een grote radio-antenne om de zwakke pulsarsignalen op te vangen.

*“Een beetje wiskundige magie kan op dat moment een hele hoop computertijd uitsparen”,* zegt Andrés Gálvez. Daarom zoekt het ACT naar vernieuwende wiskundige methodes en softwaretechnieken die kunnen helpen bij het zoeken naar steeds efficiëntere banen. Het team heeft onder meer al banen onderzocht die het mogelijk zouden moeten maken om een ruimtesonde in een baan rond Pluto te brengen met behulp van een ionenmotor (een soort elektrische aandrijving, die een ruimtesonde langdurig een kleine stuwkracht geeft door een bundel geladen deeltjes weg te schieten). Andere studies gingen onder meer over manieren om een sonde in een baan rond de Jupitermaan Europa te brengen. Beide zouden zeer moeilijk te realiseren zijn voor een ruimtesonde met traditionele chemische raketmotoren op een klassiek traject.

## Navigeren met dode sterren

Ruimtesondes die doorheen het zonnestelsel reizen, navigeren meestal met behulp van radiosignalen van de aarde, of door met een camera naar de sterren te kijken. Onderzoekers van de universiteit van Barcelona en van de Polytechnische universiteit van Catalonië hebben voor het ACT een andere methode geëvalueerd: de mogelijkheid dat een ruimtesonde zich onafhankelijk van de aarde zou kunnen oriënteren op ‘millisecondepulsars’, dat zijn de in elkaar gestorte resten van de kernen van ontplofte sterren, die uiterst regelmatige snelle ‘blijpjes’ radiostraling uitzenden. Het voordeel is dat de positie van die pul-

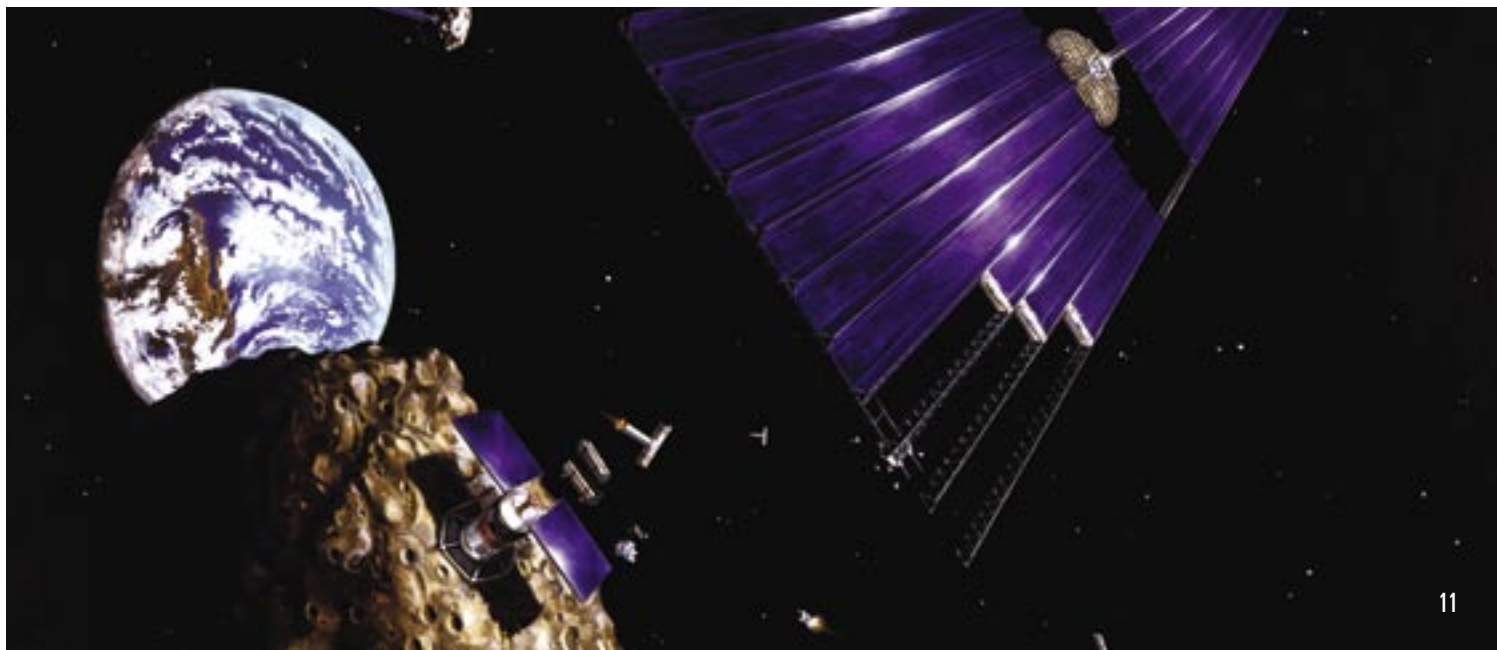
## Geen greintje energie verloren laten gaan

In een ruimteschip moet met alles uiterst zuinig worden omgesprongen, en alles moet zo veel mogelijk hergebruikt worden; afval is uit den boze. Het ACT heeft bij de universiteiten van Helsinki en Wageningen een studie besteld over de mogelijkheid om uit de uitwerpselen van astronauten energie te winnen. Dat zou bijvoorbeeld kunnen door bacteriën de uitwerpselen te laten afbreken, waarbij methaangas vrijkomt, dat vervolgens gebruikt kan worden als energiebron. Er kan ook waterstof uit gehaald worden, dat zeer bruikbaar is als brandstof voor ‘brandstofcellen’, een veel gebruikte energiebron in ruimtetuigen. De studie moet de verschillende mogelijke technieken vergelijken en evalueren.

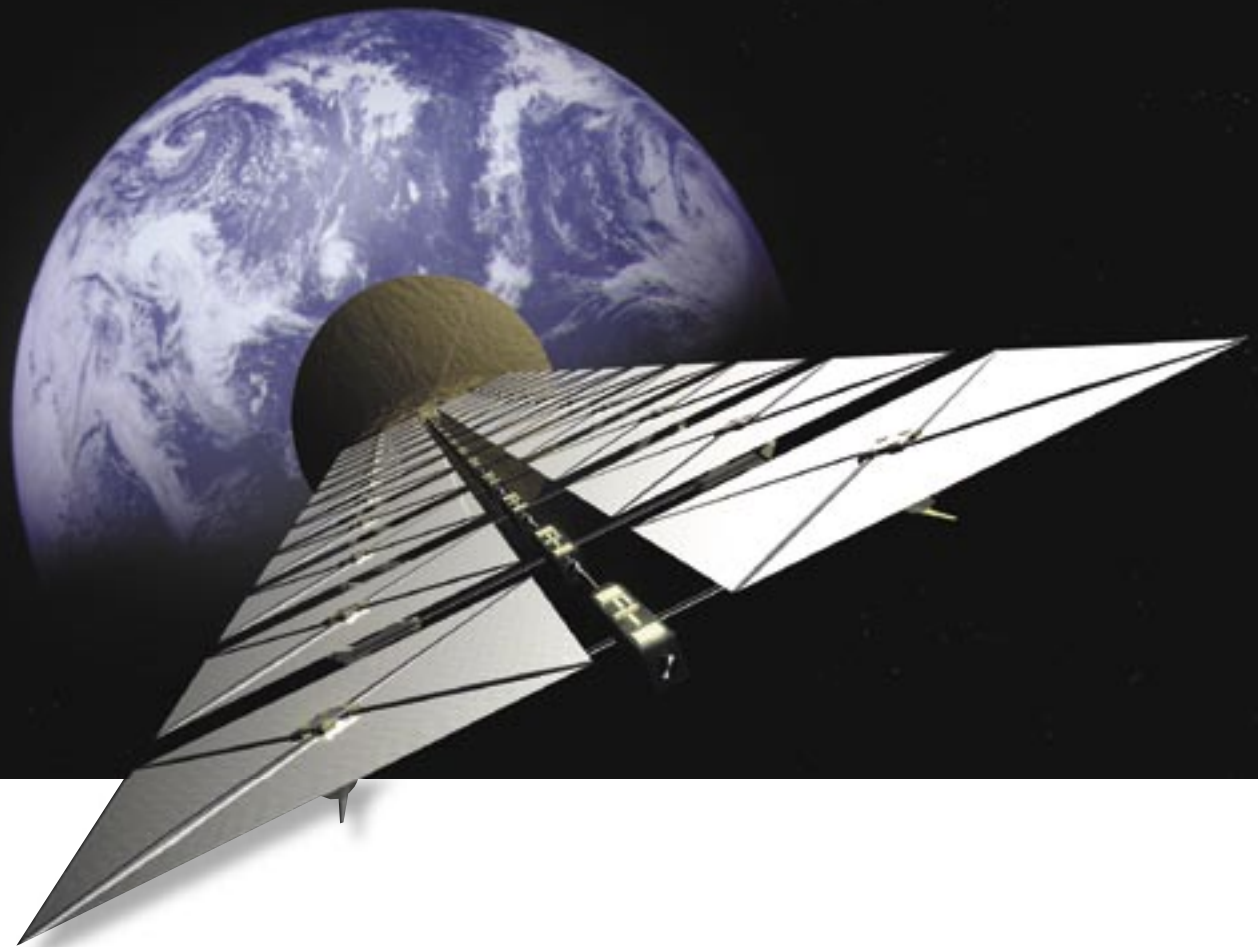
## Zonne-energie voor gebruik op aarde

Zou de ruimte de oplossing kunnen bieden voor onze energiebehoeften op aarde? Wetenschappers hebben voorgesteld om reusachtige zonnepanelen in een baan om de aarde te plaatsen waar ze dag en nacht, niet gehinderd door wolken, zonne-energie zouden kunnen verzamelen. Ze zouden die dan bijvoorbeeld in de vorm van een bundel microgolven of als een laserstraal naar de aarde doorsturen, waar speciale antennes of zonnepanelen de energie zouden opvangen. Maar is dat idee realistisch?

*Een Amerikaans concept laat zien hoe grondstoffen van planetoiden gebruikt worden om grote zonnepanelen te construeren, waarmee de aarde van energie voorzien zou kunnen worden.*  
© NASA



Ontwerp voor een  
"solar power satellite",  
een reusachtige  
satelliet die met  
zonnepanelen  
zonne-energie  
opvangt, om die naar  
de aarde door te  
sturen.  
© ESA



*“Er zijn hier al heel veel studies over gebeurd”, zegt Andrés Gálvez, “maar meestal hebben die geen goede vergelijking gemaakt met de mogelijkheden van energieopwekking op de grond. Het is héél belangrijk dat je de studie niet te zeer beperkt tot de mogelijkheden in de ruimte alléén. Vergelijk het met de plannen voor grote constellaties van communicatiesatellieten in lage banen om de aarde uit de jaren negentig.”* In de jaren negentig hadden heel wat bedrijven plannen voor netwerken van tientallen tot honderden communicatiesatellieten, waarmee satelliettelefonie met draagbare telefoons mogelijk zou worden. Volgens diverse rapporten zouden die plannen technisch en financieel haalbaar zijn, maar ze hielden onvoldoende rekening met de alternatieven op de grond: de uitbouw van een wijdverbreid netwerk van gsm-zendmasten op de grond, dat veel goedkoper bleek dan een netwerk van satellieten.

En wat is dan de conclusie over in de ruimte opgewekte zonne-energie, als je ze vergelijkt met energiebronnen op aarde zoals zonne-energie en windenergie? Gálvez: *“Er is een potentieel. Het is technisch perfect haalbaar. Maar de lanceerkosten moeten eerst drastisch omlaag. En er blijven ook milieuvragen rond de technologie. Maar het idee mag nog niet afgeschreven worden.”*

## Eventjes de zwaartekracht uitzetten

Ook dit is een idee dat uit de sciencefictionwereld afkomstig is: zou ruimtevaart niet veel gemakkelijker worden als we plaatselijk de zwaartekracht van de aarde zouden kunnen verminderen, of als we een vertrekkende raket op een of andere manier zouden kunnen afschermen van de zwaartekracht? Tenslotte is ruimte-

vaart vooral moeilijk (en duur) doordat de zwaartekracht van onze planeet het extreem moeilijk maakt om ladingen tot in de ruimte te brengen. Als we in een raket een toestel zouden kunnen inbouwen dat de raket ongevoelig maakt voor de zwaartekracht, of als we in het lanceerplatform een toestel zouden inbouwen dat erboven de zwaartekracht verzwakt, zou het allemaal veel gemakkelijker worden. Dat is althans het idee, zoals het in menig sciencefictionverhaal voorkomt, bijvoorbeeld in *The first men in the moon* van H.G. Wells.

Op het eerste gezicht lijkt het uitschakelen van de zwaartekracht met een antizwaartekracht-toestel volstrekt in strijd met alles wat we van de natuurkunde weten. De wetten van de zwaartekracht zoals ze geformuleerd zijn door Isaac Newton en later in een betere vorm door Albert Einstein, laten niet de minste afscherming of verzwakking van de zwaartekracht toe. Maar toch zijn er misschien nog openingen, hopen sommige wetenschappers. De huidige theorie van de zwaartekracht, die van Einstein, heeft men tot nu toe niet in overeenstemming kunnen brengen met de wetten van de kwantummechanica, het wiskundige basisraamwerk waarmee natuurkundigen alle andere natuurkrachten beschrijven. Zolang dat niet gebeurd is, weten we dat onze kennis van de zwaartekracht niet volledig kan zijn. Pas als we een kwantumtheorie van de zwaartekracht hebben, zullen we zekerheid hebben, en wie weet laat zo'n kwantumgravitatie theorie misschien wél afscherming toe?

Een flauwe hoop slechts, maar dat belet niet dat het idee telkens opnieuw blijft opduiken. Vaak is dat in een volstrekt ongeloofwaardige vorm. Vele voorgestelde soorten

## Voorbij ACT: échte sciencefiction

Het werk dat het Advanced Concepts Team van de ESA verricht, doet soms aan sciencefiction denken, maar het blijft gegrondvest op ernstige wetenschap. Maar de ESA is soms ook bereid om nog een stapje verder te zetten, en zich te laten inspireren door échte sf. Daarom sponsort de Europese Ruimtevaartorganisatie regelmatig een sf-competitie, die bedoeld is om innovatieve ideeën voor de toekomstige ruimtevaart los te maken en jonge mensen aan te moedigen in hun interesse voor wetenschap en technologie. Het is de Clarke-Bradbury International Science Fiction Competition, die voor het eerst werd georganiseerd in 2003 en voor de tweede maal in 2005. Ze is genoemd naar twee beroemde SF-auteurs, Arthus C. Clarke en Ray Bradbury. In 2005 was het thema van de competitie: de ruimtelift. Het idee van een lift tot in de ruimte – mogelijk door een kabel te spannen tussen het aardoppervlak en een satelliet in een geostationaire baan in een vast punt boven het aardoppervlak – is trouwens een thema dat meermaals voorkomt in het oeuvre van Arthur C. Clarke.

‘antizwaartekracht’ zouden het mogelijk maken een ‘perpetuum mobile’ te realiseren, en schenden dus een van de meest zekere natuurwetten, die van het behoud van energie. Maar er zijn ook ernstiger voorstellen voor antizwaartekrachtssystemen (die dan natuurlijk wel het nadeel hebben dat de voorgestelde antizwaartekrachtmachine aanzienlijke hoeveelheden energie verbruikt). Zo heeft de Amerikaanse NASA een tijdlang het plan onderzocht van de Russische fysicus Podkletnov, die vermoedde dat een snel draaiende supergeleidende schijf, boven zich een verzwakking van de zwaartekracht met ongeveer twee procent zou veroorzaken. Dat gebeurde in het kader van het *Breakthrough Propulsion Physics* programma, waarin allerlei zéér speculatieve ideeën onderzocht werden, tot de financiering ervan in 2003 werd stopgezet, onder meer omdat gevreesd werd dat het programma geld begon te verspillen aan onvoldoende wetenschappelijk onderbouwde speculaties.

Het Advanced Concepts Team van de ESA heeft in 2001 een studie over zwaartekrachtbeheersing besteld bij Orfeu Bertolami van de Technische Universiteit van Lissabon en Martin Tajmar van het Oostenrijkse bedrijf ARC Seibersdorf. De resultaten van de studie zijn ontnuchterend. Hoewel de twee onderzoekers de mogelijkheid van zwaartekrachtsbeheersing niet categoriek uitsluiten, besluiten ze wel dat er tot dusver geen geloofwaardige methode is voorgesteld. *“Geen van de voorstellen bleek overtuigend en voldoende gedetailleerd”,* zegt Bertolami. *“Experimenteel en theoretisch voldoen ze niet aan een als wetenschappelijk te betitelen norm.”*

Bovendien komen de twee onderzoekers tot een tweede, zeer interessante conclusie: zelfs als antizwaartekracht-technologie op een dag toch mogelijk zou blijken te zijn,

dan zou ze voor de ruimtevaart lang niet zo nuttig zijn als meestal gedacht wordt.

*“In bijna alle voorgestelde concepten om de zwaartekracht te veranderen of af te schermen, wordt intuïtief verondersteld dat het manipuleren van de zwaartekracht automatisch leidt tot een doorbraak voor propulsie (het aandrijven van ruimtetuigen)”,* schrijven Tajmar en Bertolami. Maar besluiten ze, *“in termen van propulsie zou de winst bescheiden zijn en niet tot een doorbraak leiden.”* De techniek zou weliswaar andere zeer nuttige toepassingen kunnen hebben, zoals het mogelijk maken van microgravitatie (of ‘gewichtloosheid’) op aarde. De twee onderzoekers hebben niet alle voorgestelde methoden voor zwaartekrachtsbeheersing onderzocht, maar wel alle voorstellen die volgens hen relatief de stevigste natuurkundige basis hadden.

Niet alle wetenschappers die zich met de mogelijkheid van antizwaartekracht bezighouden, aanvaarden de conclusie van Tajmar en Bertolami. *“Zelfs als ze correct is beschouw ik ze als oninteressant en irrelevant”,* zegt James Woodward van de California State University in Fullerton. Hij denkt dat er nog andere manieren zijn om antizwaartekracht te realiseren dan deze die Tajmar Bertolami geëvalueerd heeft, en dat het de moeite waard blijft om daar verder onderzoek naar te doen.

Bertolami zegt dat het rapport niet de bedoeling had een einde te maken aan dergelijk onderzoek. *“Onze aanbeveling aan de ESA was om dit soort onderzoek kritisch in het oog te houden. Maar het is best er niet te veel middelen in te investeren. Volgens onze inschatting zijn conventionele ideeën voor aandrijving veel effectiever.”*

*Bij de toekomstige verkenning van Mars zouden mensen en robots kunnen samenwerken.*  
© NASA



# 'Biomimicry'

## of inspiratie halen uit de natuur

Altijd al hebben ontwerpers en uitvinders zich laten inspireren door oplossingen voor technologische problemen die al in de natuur aanwezig waren. De allereerste knutselaars die probeerden een vliegtuig te bouwen, gaven al vleugels aan hun machine, net als de vleugels van vogels. Spieken hoe de natuur een vraagstuk heeft opgelost, zou je het kunnen noemen, in plaats van zelf een nieuwe oplossing te bedenken. Verwonderlijk is dat niet, het leven op aarde is tenslotte al miljarden jaren bezig steeds nieuwe en verfijndere antwoorden op allerlei praktische moeilijkheden te zoeken. De manier die het leven gebruikt om problemen op te lossen heet evolutie, en het is een manier die maar één groot nadeel heeft: ze gaat heel traag. Maar voor een ingenieur die een bestaande oplossing kant en klaar kan overnemen, is het natuurlijk geen bezwaar dat de natuur er miljoenen jaren over gedaan heeft om die te vinden.

Een beroemd voorbeeld van een technologie die letterlijk is afgekeken van de natuur, is velcro, de handige sluiting voor kledingstukken — die overigens ook in de ruimtevaart toegepast wordt, omdat het een flexibele manier van bevestigen is die niet losgeraakt door trillingen.

De uitvinder van velcro, de Zwitser George de Mestral, verbaasde zich op een dag, begin jaren veertig, na een wandeling met zijn hond, over de kliszaadjes die aan zijn kleren en aan de vacht van de hond waren blijven kleven. Hij bekeek ze onder de microscoop, en zag dat hun buitengewone kleeftkracht te danken was aan een systeem van microscopisch kleine haken en lussen. De Mestral had het idee om dat systeem kunstmatig na te maken, en het resultaat was velcro.

*Zou een robot op Mars er ooit zo kunnen uitzien? In plaats van een wagentje op wielen, ziet de robot eruit als een grote lichte bal die door de wind wordt voortgeblazen.*  
© ESA



## Een robot als een insect, of als een plant

Waarschijnlijk zullen we de komende decennia heel wat nieuwe voorbeelden van het nabootsen van de natuur door de technologie ('biomimicry' of 'biomimetic') te zien krijgen, ook in de ruimtevaart. De Amerikaanse NASA onderzoekt bijvoorbeeld al de mogelijkheid om toekomstige robots op Mars te voorzien van poten in plaats van wielen. Een robot met zes of acht poten, die zich als een insect voortbeweegt, zou zonder probleem over moeilijk terrein kunnen kluuteren, dat voor een voertuig op wielen volstrekt ontoegankelijk is.

En ook voor het computerbesturingssysteem dat de bewegingen van die robotpoten moet coördineren, zoeken de ontwerpers inspiratie bij de bouw van dierenhersenen. Die hebben immers in de loop van miljoenen jaren uiterst efficiënte manieren gevonden om bewegende poten in alle mogelijke omstandigheden te besturen.

Maar ook heel andere manieren van bewegen die in de natuur voorkomen inspireren ruimtevaartontwerpers. Waarom zou een robot op een planeetoppervlak zich bijvoorbeeld niet door de wind kunnen laten aandrijven? Die is gratis, vergt geen energiebron, en kan een verkenners dan ook maanden- of jarenlang voortstuwten. Er wordt dan niet gedacht aan zeilen, maar aan een zeer licht geconstrueerde bolvormige robot die over de grond rolt, voortgeblazen door de wind. De inspiratie daarvoor komt van planten zoals de amarant of de 'Russische distel' (*Salsola kali*). Die plant lijkt op een gewone, ruw-weg bolvormige struik, maar in de herfst breekt ze af van haar stam, waarna de bol weggrolt en over de vlakke

woestijnbodem wordt voortgeblazen. Al rollend verspreidt de plant haar zaden. De bollen kunnen soms zo groot zijn als een kleine auto. De NASA onderzocht al het concept van een robot die hetzelfde principe gebruikt en het ACT liet het onderzoeken door de universiteit van Helsinki. In het kader van de studie is een ontwerp gemaakt voor deze rover die toch in enige mate gestuurd kan worden, door binnenin de bol een ballast te verplaatsen. De Amerikaanse versie van de rover zou zonder meer de richting van de wind volgen. Een dergelijke robot zou gebruikt kunnen worden op Mars waar veel wind voorkomt. Een voorwaarde is wel dat de wetenschappelijke instrumenten in de rollende bol uiterst licht gebouwd moeten worden.

## Kunstmatige spieren

Zullen kunstmatige spieren, gemaakt van speciale materialen die bekend staan als elektroactieve polymeren, ooit de elektromechanische onderdelen in ruimtevaartuigen vervangen? Gaan ruimtebots bewegen met spierkracht in plaats van motoren? Het Advanced Concepts Team heeft het laten evalueren door onderzoekers van de universiteiten van Reading en Pisa.

*"De toepassingen op korte termijn zijn vrij beperkt, niet als vervanging van elektrische motoren, maar eerder als aanvulling", stelt Galvèz. "Bijvoorbeeld om trillingen te dempen in satellieten, zoals van de zonnepanelen wanneer er een manoeuvre wordt uitgevoerd. Met kunstmatige spieren kunnen die trillingen dan actief tegengewerkt worden. Op langere termijn zouden deze materialen hele nieuwe manieren van werken mogelijk kunnen maken, hele nieuwe concepten, zoals de voormelde rover, waarbij deze zich op een planeet niet voortbeweegt met wielen, maar door zijn oppervlak plaatselijk samen te trekken of uit te zetten."*

Zullen we ooit  
industriële activiteiten  
ontplooiën op de maan?  
© NASA

## Websites:

Alles over het Advanced Concepts Team en het Ariadna-programma is te vinden op de website van het ACT. Onder meer de voltooide rapporten van alle voorbije onderzoeksprojecten van het team zijn op de website in te kijken.  
<http://www.esa.int/gsp/ACT/index.html>

De website van de Amerikaanse tegenhanger van het ACT, het NASA Institute for Advanced Concepts (NIAC) is:  
<http://www.niac.usra.edu/>



# Ook Amerika doet gewaagd onderzoek

De Amerikaanse ruimtevaartorganisatie NASA heeft haar eigen afdeling voor geavanceerd onderzoek. Die Amerikaanse tegenhanger van het ACT heet NIAC (*NASA Institute for Advanced Concepts*) en werd opgericht in 1998. Daarnaast, en los van het NIAC, heeft de NASA vroeger ook een *Breakthrough Propulsion Physics* programma gehad, waarin onder meer nagegaan werd of het mogelijk zou zijn om sneller dan het licht te reizen, of om in de tijd te reizen, om zwarte gaten of 'wormgaten' te benutten in de ruimtevaart, of het mogelijk was om de zwaartekracht te manipuleren, en meer van dergelijke radicale ideeën. Maar het programma werd in 2003 stopgezet zonder dat het bruikbare resultaten had opgeleverd. Het NIAC houdt zich wat dichterbij concreet toepasbare technologie.

In juni maakte het NIAC zijn selectie bekend van twaalf topics waarnaar dit jaar onderzoek gaat gebeuren, dit zijn de *Phase 1 Awards*. Elk ervan vertegenwoordigt een onderzoeksproject dat zes maanden duurt. Per topic bedraagt het budget 75 000 dollar, en net als bij het Europese ACT worden die beurzen toegekend aan onderzoekers van buiten de ruimtevaartorganisatie, in universiteiten of bedrijven. Het is de bedoeling dat de meest veelbelovende ideeën later verder onderzocht worden met een Phase 2 Award, een project met een budget van 400 000 dollar dat twee jaar mag duren.

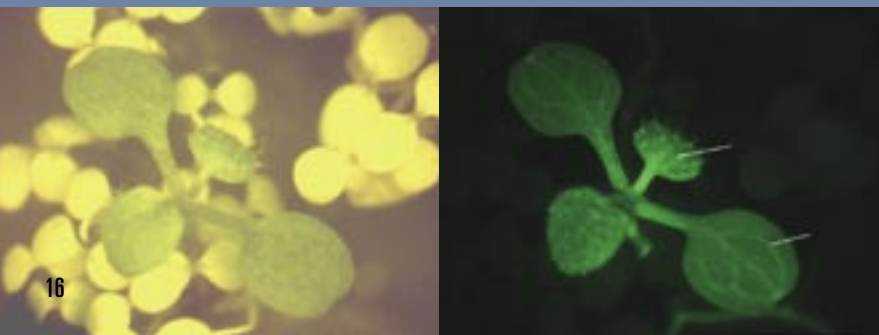
In 2004 werd al een gelijkaardige reeks van twaalf korte onderzoeksprojecten uitgevoerd. Hierna volgen enkele voorbeelden van thema's die het NIAC heeft laten onderzoeken.

- supergeleidende kabels die magnetisch 'opgeblazen' worden om kilometers grote structuren in de ruimte te vormen, bijvoorbeeld voor een gigantische ruimtetelscoop (2005);
- een magnetische 'trechter' waarmee antimaterie opgevoerd kan worden uit de stralingsgordels rond de aarde (2005);

- een 'voedselreplicator' die diverse maaltijden kan bereiden uit enkele eenvoudige ingrediënten (2005);
- een ruimtetuig voor interplanetair transport dat aangedreven wordt door positronen (de antideeltjes van gewone elektronen)(2005);
- een 'Deep Field' infraroodsterrenwacht die nabij een van de polen van de maan gebouwd zou worden (2004);
- genetisch gemanipuleerde micro-organismen die speciaal ontwikkeld zijn om te kunnen overleven op Mars (2004);
- genetisch gewijzigde planten die op Mars zouden kunnen overleven. Het uitzaaien van dergelijke planten op de rode planeet zou het begin kunnen zijn van het opzettelijk wijzigen van het klimaat en de atmosfeer van de planeet, om ze meer op de aarde te doen lijken. De planten zouden koolstofdioxide uit de atmosfeer van Mars kunnen omzetten in zuurstof (2004);
- een elektrostatisch scherm dat een maanbasis zou beschermen tegen gevaarlijke straling uit de ruimte (2004);
- een lift vanop de maan tot in de ruimte (2004);
- een krachtige door de zon van energie voorziene laser in de ruimte, die met zijn stralenbundel onder meer ruimtetuigen zou kunnen aandrijven (2004);
- een 'camera obscura' met de afmeting van een voetbalstadion om foto's te maken van planeten die rond andere sterren dan de zon draaien (2004).

Een erg tot de verbeelding sprekend onderzoeksproject van de NASA, maar dan een dat los staat van het NIAC en in de laboratoria van de NASA zelf wordt uitgevoerd, is dat naar 'zwermen van nanorobots'. Het idee is miniatuurrobotjes te maken die elk de vorm hebben van een tetraëder (een soort piramide met een driehoekig grondvlak). De tetraëder kan bewegen door zijn zijden langer of korter te maken (met uitschuifbare staven). Door afwisselend de ene en de andere kant in te krimpen en uit te zetten, tui-melt de tetraëder bijvoorbeeld over het oppervlak van een planeet. Op zichzelf kan zo'n robotje niet veel bijzonders doen. Maar het wordt interessant wanneer er vele van die tetraëderrobotjes zijn: ze kunnen zich op alle mogelijke manieren aan elkaar vastklikken om samen grotere vormen te maken. Duizenden kleine robotjes zouden zo bijvoorbeeld samen een grote robot kunnen vormen, met grijparmen en werktuigen. En in een oogwenk kunnen de robotjes de configuratie veranderen en iets anders gaan

*Genetisch gewijzigde plant waarin een gen van een 'extremofiel' is ingebracht (een micro-organisme dat overleeft in zeer extreme omstandigheden). In de toekomst zou deze techniek gebruikt kunnen worden om planten te maken die kunnen overleven op de planeet Mars, en die helpen om de planeet een zuurstofrijke atmosfeer en een aangenaam klimaat te geven.*  
© NASA





vormen, bijvoorbeeld een wagentje om ladingen te vervoeren, of een schuilplaats voor een astronaut. Op moeilijk terrein kunnen de robotjes zich op een rij aan elkaar haken en zich als een slang voortbewegen. De mogelijkheden zijn eindeloos. Ingenieurs van het Goddard Space Flight Center hebben alvast een prototype gebouwd van één tetraëderrobot. Voorlopig nog zowat een meter groot, maar in de toekomst moeten kleinere exemplaren volgen die goedkoop in serie te produceren zijn.

## Prijzen voor vernieuwing

De NASA maakt sinds kort gebruik van een heel nieuwe manier om technologische vernieuwing te stimuleren: behalve zelf onderzoek doen, of onderzoek aan universiteiten te financieren (zoals de ESA), looft de organisatie geldprijzen uit voor wie bepaalde technologische doorbraken weet te realiseren. De NASA hoopt daarmee grote aantallen potentiële uitvinders te motiveren, van jonge onderzoekers aan universiteiten over creatieve ondernemers tot knutselaars in hun garage.

De ruimtevaartorganisatie bouwt daarmee verder op een grote traditie van prijzen die werden uitgelooft voor technologische verwezenlijkingen (zoals de prijs voor de eerste vlucht over de Atlantische Oceaan, die gewonnen werd door Charles Lindbergh). Prijzen in de ruimtevaartwereld zijn onlangs in de belangstelling gekomen door de *Ansari X-prize* voor de eerste 'toeristische' vlucht tot in de ruimte, volledig met privé-middelen gerealiseerd, die in 2004 gewonnen werd door het toestel *SpaceShipOne*, ontworpen door luchtvaartingenieur Burt Rutan. In de nasleep van de Ansari X-prize werd er even voor gepleit om werkelijk reusachtige prijzen uit te loven voor realisaties als de eerste bemande vlucht naar Mars — erop rekenend dat de privé-sector een dergelijk project goedkoper zou kunnen uitvoeren dan een overheidsdienst als de NASA. Maar voorzichtigheidshalve is er voorlopig toch maar voor gekozen om de prijzen bescheiden te houden voor heel specifieke verwezenlijkingen.

De eerste twee zogeheten *Centennial Challenge* prijzen werden in april 2005 uitgeschreven, gevolgd door nog een nieuwe in mei. Een prijs van 250 000 dollar gaat naar wie er ten laatste op 1 juni 2008 in slaagt een goede methode te ontwikkelen om inadembare zuurstof te onttrekken aan maangesteente. Het is bekend dat het maangesteente grote hoeveelheden zuurstof bevat, maar dan in een chemisch gebonden vorm. Als die zuurstof aan het gesteente onttrokken zou kunnen worden, zou dat erg nuttig kunnen zijn voor toekomstige bemande expedities naar de maan: astronauten zouden dan veel minder zuurstof van de aarde moeten meebrengen, wat een sterke besparing zou kunnen betekenen op de reusachtige kosten om materiaal te lanceren. Zuurstof chemisch onttrekken aan silicaatge-



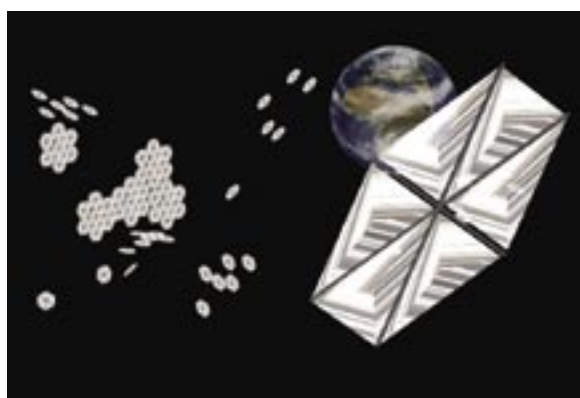
Concept van een 'elektrostatisch beschermerschield' boven een maanbasis, dat astronauten moet beschermen tegen gevaarlijke kosmische stralingsdeeltjes. De mogelijkheid van een dergelijk schild is onderzocht door het NASA Institute for Advanced Studies. © NASA



steen is zonder meer mogelijk in een laboratorium op aarde, maar er is nog geen manier die ook praktisch is voor toepassing op de maan. De techniek zou eenvoudig moeten zijn en mag niet veel onderhoud vergen. Hij moet in vijandige omstandigheden in de ruimte toepasbaar zijn en hij mag liefst niet te veel energie verbruiken. Kandidaten voor de prijs zullen de kwaliteit van hun voorgestelde techniek moeten bewijzen op aards vulkanisch materiaal dat JSC-1 heet, en dat sterk op maangesteente lijkt.

De andere twee Centennial Challenge-prijzen hebben betrekking op de ontwikkeling van technologie voor een toekomstige ruimtelift. Het idee van een ruimtelift bestaat erin dat er een kabel gespannen zou worden tussen de begane grond en een ruimtestation in een geostationaire baan op 36 000 kilometer hoogte (dat is in principe mogelijk omdat een satelliet op die hoogte op een vast punt boven het aardoppervlak kan blijven hangen). Langs die kabel zouden dan een soort liften omhoog en omlaag kunnen klimmen. Dat zou in principe een véél goedkopere vorm van ruimtevaart mogelijk maken dan met de huidige raketten en ruimtependels. Maar er moeten eerst nog zeer grote technologische hindernissen voor overwonnen worden, waarvan de belangrijkste is dat er een voldoende sterk materiaal moet gevonden worden om de kabel uit te

Amerikaans prototype voor een robot in de vorm van een tetraëder. De bedoeling is dat dergelijke robots in de toekomst in grote aantallen en met veel compactere afmetingen gemaakt zouden worden. Ze zouden dan gezamenlijk een buitengewoon veelzijdige en flexibele groep ruimteverkenner vormen. Let op de uitschuifbare staven die het 'skeleton' van de robot vormen. © NASA



Hele zwermen van kleine ruimtetuigen zouden kunnen samenwerken en, volgens de behoeften, grotere installaties vormen. © ESA



*Om toekomstige wetenschappelijke expedities naar de maan te realiseren zal er heel wat nieuwe geavanceerde technologie ontwikkeld moeten worden.*  
© NASA

vervaardigen. Er wordt onder meer gedacht aan ultrasterke materialen die gebaseerd zijn op 'koolstofnanobuisjes', dat zijn zeer sterke buisvormige koolstofmoleculen.

Eén Centennial Challenge-prijs van 50 000 dollar gaat naar wie het sterkste materiaal voor een kabel ontwikkelt. Een even grote geldprijs gaat naar wie een 'robot-

klimmer' bouwt die in minder dan drie minuten vijftig meter hoog op een kabel kan klimmen, van energie voorzien door een lichtbundel. Het idee achter die laatste prijs is dat een toekomstige ruimtelift misschien van energie voorzien zou kunnen worden door een laserstation op de grond, dat een krachtige lichtbundel omhoog schijnt.

## *Innovatie een tikje dichterbij toepassingen*

Het Advanced Concepts Team mag dan de speerpunt zijn van het onderzoek naar potentieel revolutionaire nieuwe technologie van de ESA, het is lang niet de enige plaats binnen de ESA waar er geavanceerd onderzoek gebeurt. Vergelijkbaar is het *Innovation Triangle Initiative* dat uitgaat van de *Technology Strategy Section* van de ESA, onder leiding van Marco Guglielmi. Het ITI heeft als doel technologie te onderzoeken die vernieuwend is, maar die toch dichterbij toepassing staat dan de onderwerpen waar het ACT doorgaans naar kijkt. De drie hoekpunten waar de naam 'Innovation Triangle Initiative' naar verwijst, zijn de creativiteit van de uitvinder, de noden van de gebruiker en de productie-ervaring van de industrie. Het ITI is in maart 2004 van start gegaan en heeft in een jaar tijd al 27 types technologie geëvalueerd. Enkele voorbeelden:

### **Intelligent textiel voor grote structuren in de ruimte**

Grote structuren in de ruimte zoals antennes, zonnepanelen of toekomstige zonnezeilen, hoeven niet per se van metaal gemaakt te worden. Misschien is het beter om ze van textiel te maken. Geen gewoon textiel zoals alledaagse kleren, maar sterke en lichte hightech-weefsels. Het Italiaanse bedrijf Grado Zero Espace heeft bijvoorbeeld het idee gelanceerd van een weefsel dat gebruik maakt van koolstofnanobuisjes en nieuwe rubberachtige materialen die 'nematische elastomeren' genoemd worden. Het textiel wordt 'slim' genoemd omdat het onder invloed van elektriciteit van vorm kan veranderen. Het is dus niet zomaar een passief materiaal; het kan een actieve rol spelen in een apparaat, bijvoorbeeld om zonnepanelen open te vouwen. Behalve het Italiaanse bedrijf werkten ook het Cavendish Laboratory van de universiteit van Cambridge en het Spaanse bedrijf NTE aan het onderzoek mee. In negen maanden hebben de onderzoekers onder meer een prototype gemaakt van een stuk textiel dat elektrisch geplooid kan worden.

### **Een ultracompacte boor**

Wetenschappers willen graag dat ruimtesondes bodemonsters nemen op andere planeten. Maar de boor of mechanische 'mol' die daarvoor nodig is, is meestal groot en zwaar. Daarom hebben de Italiaanse bedrijven D'Appolonia en STAM een nieuw ontwerp voor een ultra-compacte 'penetrometer' voorgesteld. De twee bedrijven werkten samen met het Duitse instituut DLR dat de boor ontwikkeld heeft voor Beagle 2, de helaas verongelukte Britse sonde om de Marsbodem te onderzoeken. Dankzij een slim uitgedacht systeem van 'nuterende' (een soort knikkende beweging makende) tandwielen is het nieuwe systeem veel compacter dan klassieke boorkoppen.

*Een nieuwe manier om grote structuren in de ruimte open te vouwen zou onder meer gebruikt kunnen worden om grote zonnezeilschepen te lanceren. Het 'zeil' dat het zonlicht opvangt en erdoor wordt voortgeduwd, wordt compact opgevouwen gelanceerd en wordt in de ruimte opengevouwen.*  
© ESA



# actualiteit



© Guy Goossens  
Belgische Senaat

## Senaat reikt zijn ruimtevaartprijs Odissea uit

De prijs werd op woensdag 26 oktober 2005 uitgereikt aan Alain Sarlette, een 24-jarige student van de universiteit van Luik. Hij werd door de jury beloond voor zijn scriptie over "de karakterisatie van de spin en van de hoogte van de Huygens-sonde van de ESA tijdens haar afdaling naar Titan op basis van gegevens die gebruikt worden voor de controle van de operaties".

De prijs bestaat uit een beurs van 8000 euro voor een verblijf in Europa in een ruimtevaartorganisatie of -bedrijf. Via deze prijs wil de Senaat de interesse wekken van de jongeren voor wetenschap in het algemeen en ruimtevaart in het bijzonder.

De benaming "Odissea" verwijst naar de missie die in november 2002 werd volbracht door het internationale ruimtestation ISS met aan boord de Belgische ESA-astronaut Frank De Winne. Het initiatief voor de prijs gaat uit van Frank De Winne en zijn stadsgenoot senator Ludwig Vandenhove (sp.a-Spirit). Senator Ludwig Vandenhove, voorzitter van het organisatiecomité heeft uitgelegd waar de Odissea-Prijs vandaan komt, waarna Dirk Frimout, voorzitter van de jury, kort de 5 kandidaten voorstelde. Senaatsvoorzitter Anne-Marie Lizin is hierna overgaan tot de proclamatie van de resultaten.

## Ansichtkaart van Venus: doe mee aan de artwork wedstrijd!

ESA's Venus Express is de eerste ruimtesonde in tien jaar die een bezoek brengt aan onze dichtstbijzijnde buurplaneet. Om dat te vieren hebben de Planetary Society en ESA samen een artwork wedstrijd georganiseerd voor jongeren en volwassenen wereldwijd: de Venus Express Art Contest.

Dit is je kans op een reis naar ESA's vluchtleidingscentrum in Darmstadt (Duitsland), als Venus Express in april 2006 bij Venus aankomt. Bovendien zijn er nog vele andere prijzen te winnen.

Het thema van de wedstrijd is *Postcards from Venus*. Stel je voor hoe het oppervlak van Venus er vanuit de ruimte uitziet en creëer je eigen kijk op deze raadselachtige wereld. Je artwork moet over Venus zelf gaan, niet over de sonde. Iedereen kan meedoen in één van de twee categorieën *Youth* (tot en met zeventien jaar) of *Adult* (achttien jaar en ouder). Per deelnemer

is één inzending toegestaan. Groepsinzendingen zijn van deelname uitgesloten. Je kunt voor je artwork allerlei tweedimensionele kunstvormen gebruiken, ook werk waarvoor je de computer gebruikt. Als het af is, moet je werk de afmetingen en vorm hebben van een ansichtkaart (ongeveer tien bij vijftien centimeter).

Je kunt het per gewone of elektronische post insturen. Neem voordat je begint alle bijzonderheden en regels van de wedstrijd door. Je vindt ze op:

[http://planetary.org/postcards\\_from\\_venus/](http://planetary.org/postcards_from_venus/)

Het adres voor inzendingen per gewone post is:

Venus Express Art Contest  
65 N Catalina Ave, Pasadena  
California, 91106, USA.

Houd er rekening mee dat het ingezonden artwork eigendom wordt van The Planetary Society en niet kan worden geretourneerd. Je werk moet uiterlijk 14 januari 2006, om 08.00 uur zijn ontvangen.

### Prijzen

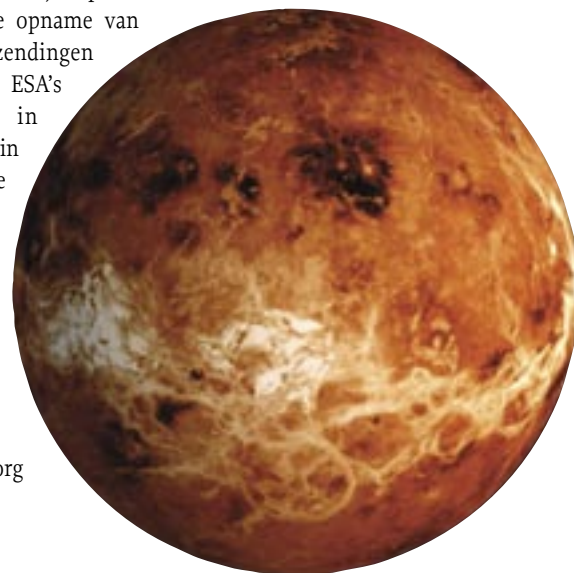
Het artwork wordt door een jury van The Planetary Society beoordeeld op onderwerp, creativiteit en kunstzinnigheid. Voor jonge inzenders wordt rekening gehouden met de leeftijd. De hoofdprijs is een reis naar ESA's vluchtleidingscentrum in Darmstadt in april 2006, inclusief reis- en verblijfkosten. Als de hoofdprijswinnaar jonger is dan achttien jaar, bestaat de prijs verder uit een reis voor één van de ouders of een wettelijke voogd. Verder is in allebei de categorieën een eerste prijs, een tweede prijs en een derde prijs, en worden vijf eervolle vermeldingen toegekend.

Twee maanden na aankomst van Venus Express kiest de jury bovendien twee speciale prijswinnaars (één in elke categorie) voor het artwork dat het meest lijkt op een door de ESA-satelliet doorgestuurde opname van Venus. Alle winnende inzendingen worden tentoongesteld in ESA's vluchtleidingscentrum in Duitsland en gepubliceerd in een speciale gallery op de site van ESA.

Meer informatie:

Susan Lendroth  
The Planetary Society  
Telefoon: (626) 793-5100,  
tst. 237  
e-mail:  
[susan.lendroth@planetary.org](mailto:susan.lendroth@planetary.org)

(ESA-communicé van  
19 oktober 2005)



© ESA

# België op weg naar Venus

Op 9 november lanceerde de ESA de satelliet Venus Express vanaf de lanceerbasis Baikonour in Kazachstan. Het is de eerste Europese zending met bestemming Venus. Het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie (BIRA) levert een belangrijke bijdrage aan dit ESA-project met de infrarode spectrometer SPICAV/SOIR. De Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) neemt deel aan het experiment VeRa (Venus Radio Science experiment), dat gebruikmaakt van radiosignalen tussen Venus Express en de aarde.  
© ESA

