



België is mee aan boord van het Herschel Space Observatory, een 'nieuw venster' op de kosmos.
© ESA

Herschel Space Observatory

Op zoek naar de koudste en verste objecten in het heelal

Hoe ontstonden melkwegstelsels toen het heelal nog heel jong was? Hoe worden sterren ‘geboren’ en wat is hun interactie met het interstellair medium? Wat is de scheikundige samenstelling van de verschillende hemellichamen in ons zonnestelsel, zoals de planeten, hun manen en kometen? Hoe ziet de moleculaire scheikunde van het heelal eruit? Met het project Herschel wil ESA het uitvissen. De lancering van het Herschel Space Observatory met een Ariane 5 ECA-raket vond plaats op 14 mei 2009 vanaf Europa’s ruimtehaven in Kourou in Frans-Guyana.

Herschel was vroeger bekend als de *Far Infrared and Submillimetre Telescope*, kortweg FIRST, en is het grootste infrarode ruimteobservatorium dat ooit werd gebouwd. De bouw ervan werd geleid door Alcatel Alenia Space (nu Thales Alenia Space) en er waren bijna honderd bedrijven in Europa en ook verschillende Amerikaanse deelnemers bij betrokken. De bouw van Herschel gebeurde door een consortium met EADS Astrium in Friedrichshafen (Duitsland) en Alenia in Turijn (Italië). De bijzondere satelliet werd uitvoerig getest in het *European Space Research and Technology Centre* (ESTEC) van ESA in Noordwijk (Nederland).

Bij EADS Astrium beschouwt men Herschel als een ware revolutie op het vlak van ruimtetelescopen. “Herschel is de eerste van een nieuwe generatie ruimtetelescopen. Hij is met een hoogte van zeven en een halve meter en een breedte van vier meter groter dan al zijn voorgangers”, zo heet het bij EADS Astrium. Het project Herschel kost (samen met de satelliet Planck, die tegelijk met Herschel gelanceerd werd) ongeveer 1,65 miljard euro. Hierin zijn begrepen de lancering, het operationeel houden en de experimenten van afzonderlijke ESA-lidstaten. Voor ESA alleen bedragen de kosten ongeveer een miljard euro. Wetenschap kost geld, maar Herschel is op het vlak van infrarode sterrenkunde dan ook het neusje van de zalm en de verwachtingen van de wetenschappelijke wereld zijn bijzonder hooggespannen.

Zo bevonden de ruimteobservatoria Herschel (boven) en Planck zich bij de lancering in de neuskegel van de Ariane 5-raket.

© ESA



Lichtgewicht

Ondanks zijn indrukwekkende afmetingen en zijn gewicht van 3300 kg bij de lancering, is de telescoop aan boord van het ruimteobservatorium Herschel dan weer een lichtgewicht van amper 270 kg. Met een diameter van 3,5 meter is hij groter dan de kijker aan boord van de Hubble-ruimtetelescoop, maar door het gebruik van uiterst lichte materialen kon het gewicht van de telescoopspiegel beperkt worden. Met standaardtechnologie zou hij meer dan vijf keer zwaarder zijn geweest. Belangrijk, want in de ruimtevaart telt elke kilogram.

De telescoopspiegel vangt onder meer licht op van heel jonge sterrenstelsels op een afstand van miljarden lichtjaren. Herschel neemt als eerste observatorium golflengten waar die een golflengtegebied bestrijken gaande van het ver infrarood tot het submillimeteerniveau.

“Herschel is een nieuw venster op de kosmos”, zegt Jacques Louet die tijdens de bouw van Herschel aan het hoofd stond van het ESA-departement van wetenschappelijke projecten. “Wat we doen lijkt misschien wel niet onmiddellijk het grote spektakel, maar we doen hier wel aan fundamentele wetenschap.”

Herschel gaat vooral in twee domeinen onderzoek verrichten. Hij neemt grote wolken van gas en stof in onze melkweg waar en brengt ze in kaart. Dat moet ons beter doen begrijpen hoe sterren worden geboren en uiteindelijk ook aan hun einde komen. Sterren worden in dergelijke wolken geboren onder invloed van gravitatiekrachten. Met waarnemingen in ‘gewoon’ zichtbaar licht is dat allemaal vrij moeilijk te zien. Maar onderzoek in het infrarood is dan weer bijzonder onthullend.

Herschel kijkt ook naar de evolutie van sterrenstelsels. Sommige jonge sterrenstelsels bevatten een tot honderd keer grotere concentratie aan sterren dan andere. Sterren verhitten bij hun geboorte het hun omringende stof, met enorme uitstraling van hitte in het infrarood als gevolg. Deze sterrenstelsels bevinden zich op afstanden van miljarden lichtjaren. Herschel is als eerste telescoop voldoende gevoelig om de straling die ze uitzenden te meten.

De telescoop van Herschel heeft een diameter van 3,5 meter.
Foto P. Dumas © Astrium

Koele kikker

Herschel is met zijn lichtgewichtspiegel een technologisch hoogstandje. Maar de telescoopspiegel alleen is niet genoeg. Herschel heeft daarom drie instrumenten aan boord om de uiterst minieme warmtestraling uit de kosmos waar te nemen.

Deze apparatuur moet tot bijna het absolute nulpunt (min 271,15 °C) worden afgekoeld. Alleen op die manier kan Herschel straling waarnemen van de koudste en verst verwijderde objecten

in het heelal en waarnemingen uitvoeren in golflengten, die nooit eerder werden verkend. Het afkoelen van de instrumenten is nodig opdat hun eigen warmtestraling de van verre kosmische objecten ontvangen straling niet zou overklassen.

Om van Herschel een 'koele kikker' te maken worden zijn instrumenten ingepakt in een enorme cryostaat, een reservoir met ruim 2300 liter vloeibare helium die voor de superkoeling zorgt. Doordat het helium langzaam verdamppt, is de levensduur van Herschel niet onbeperkt.

Het ruimtetuig zou minstens drie jaar operationeel moeten kunnen zijn. Maar na hooguit vier jaar is het helium opgebruikt en zullen de instrumenten aan boord 'blind' geworden zijn.

De cryostaat van Herschel in de clean room van ESA's technologisch centrum ESTEC. De cryostaat bevat ruim 2300 liter helium die voor afkoeling zorgt.

© ESA



De hoge vlucht van de infrarode sterrenkunde

Infrarode straling voelt aan als warmte als ze bijvoorbeeld op de huid valt en wordt daarom ook wel warmtestraling genoemd. Infrarode straling heeft veel toepassingen, onder meer bij infraroodfotografie en diagnoses aan de hand van infrarode beelden in de geneeskunde. Waar zichtbare straling zich uitstrekt over golflengten van 0,4 μm voor blauw licht (1 μm = 1 micrometer = 1 miljoenste meter) tot 0,7 μm voor rood licht, heeft infrarode straling langere golflengten (tot ongeveer 1 millimeter, waarna de microgolven beginnen).

De afgelopen 30 jaar heeft de infrarode sterrenkunde een hoge vlucht genomen. Het zijn vooral koelere objecten die het sterkst infrarode straling afgeven. Dankzij de infrarode sterrenkunde konden onder meer tienduizenden nieuwe sterrenstelsels ontdekt worden en stelde men vast dat melkwegstelsels massale hoeveelheden waterdamp bevatten.

Infrarode sterrenkunde is bij uitstek geschikt om andere zonnestelsels waar te nemen. Het is ook een belangrijk golflengtegebied om heel ver verwijderde sterrenstelsels waar te nemen, die kort na het ontstaan van het heelal werden geboren.

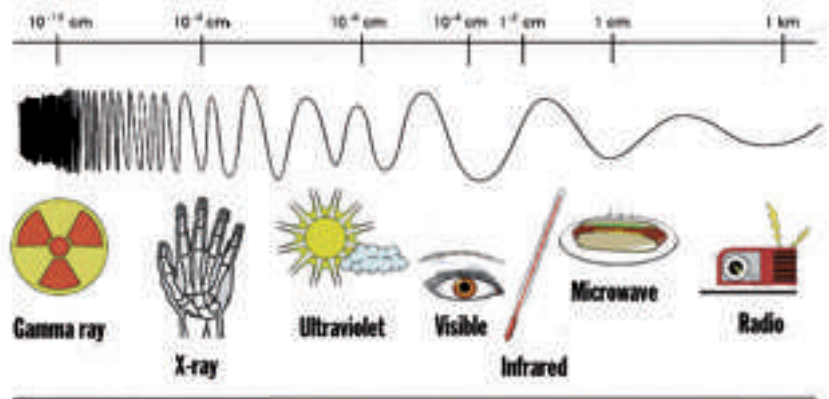
Infrarode sterrenkunde is vanaf de aarde slechts mogelijk doorheen een klein aantal spectrale 'vensters' in golflengten waarvoor de atmosfeer van de aarde de infrarode straling doorlaat. Voor waarnemingen in andere golflengten gaan onderzoekers het met satellieten als Herschel hogerop zoeken, de ruimte in.

Herschel heeft al een aantal illustere voorgangers gehad waaronder de ruimteobservatoria IRAS, ISO, Spitzer en Akari. In 1983 onderzocht de *Infrared Astronomical Satellite* (IRAS) als eerste

ruimteobservatorium bijna de hele hemel in het infrarood. IRAS was een samenwerkingsproject tussen de Verenigde Staten, het Verenigd Koninkrijk en Nederland. Herschel kan gezien worden als de opvolger van een andere succesvolle infrarode ruimteverkenner van ESA: het *Infrared Space Observatory* (ISO) voerde tussen 1995 en 1998 waarnemingen uit in golflengten tussen 2,4 en 240 μm .

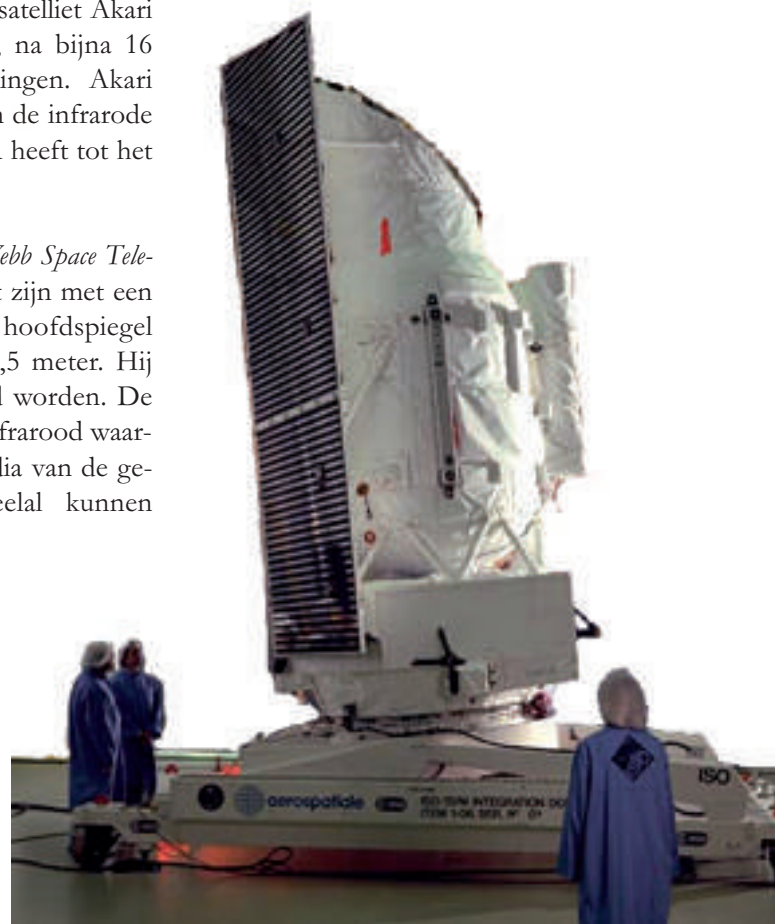
Sinds 2003 neemt de *Spitzer Space Telescope* (voorheen aangeduid als *Space Infrared Telescope Facility* of SIRTf) van de Amerikaanse ruimtevaartorganisatie NASA ongeveer in hetzelfde golflengtegebied waar. Op 26 augustus 2007 geraakte de vloeibare helium aan boord van de Japanse infraroodsatelliet Akari (alias Astro F) uitgeput, na bijna 16 maanden van waarnemingen. Akari bracht ongeveer 94% van de infrarode hemel in kaart. Ook ESA heeft tot het project bijgedragen.

De NASA/ESA *James Webb Space Telescope* (JWST) zal uitgerust zijn met een grote telescoop met een hoofdspiegel met een diameter van 6,5 meter. Hij moet in 2014 gelanceerd worden. De JWST zal vooral in het infrarood waarnemen en zowat alle stadia van de geschiedenis van het heelal kunnen bestuderen.



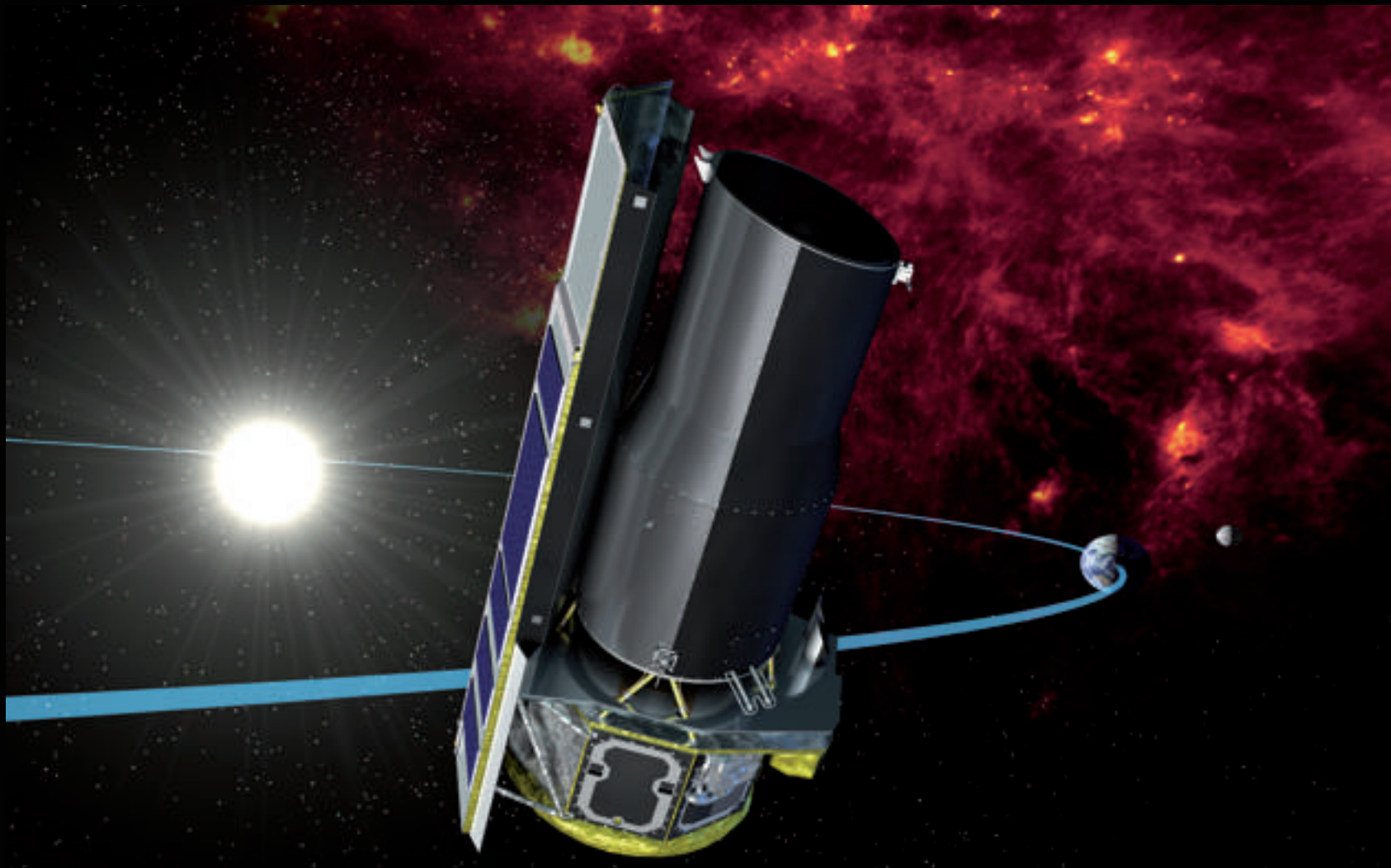
Het elektromagnetisch spectrum met het infrarood tussen zichtbaar licht en microgolven in.

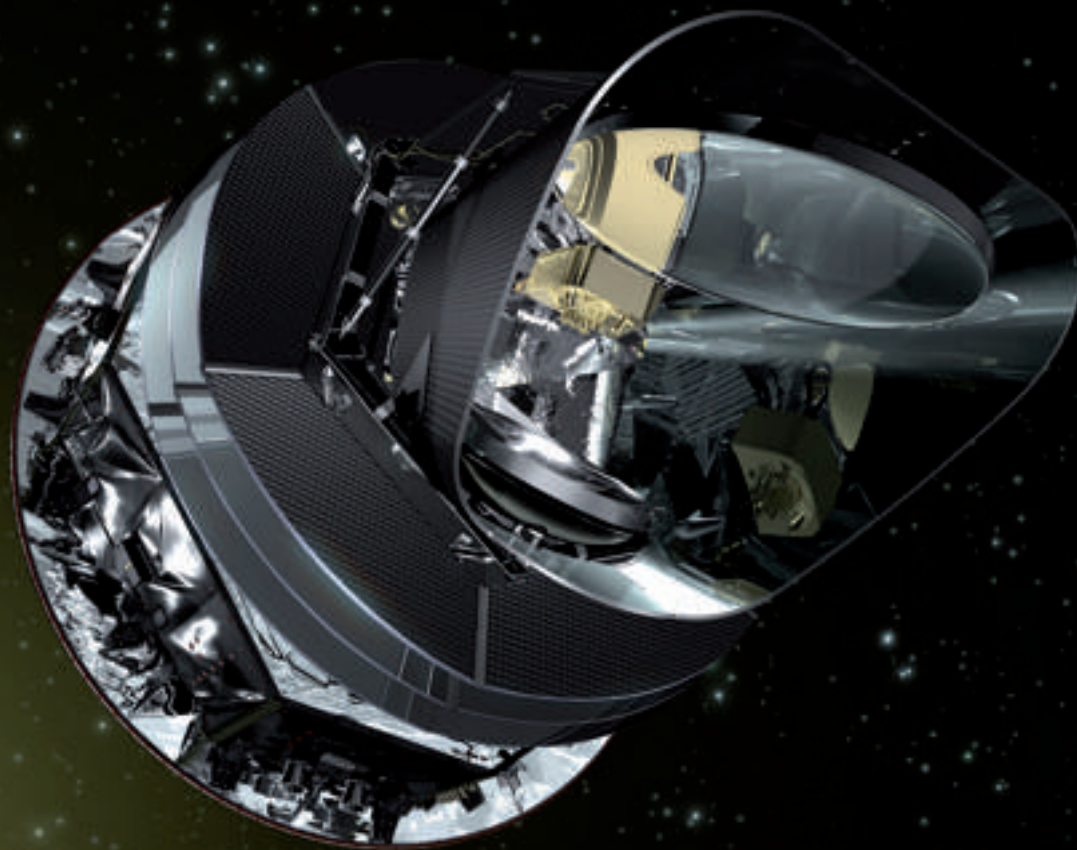
Het Herschel Space Observatory is een opvolger van het *Infrared Space Observatory* (ISO) van ESA.
© ESA



◀ Infraroodwaarnemingen onthullen details die in zichtbaar licht niet te zien zijn. Dit is een opname van het sterrenstelsel M51 (het 'Draaikolkstelsel') in het sterrenbeeld Jachthonden in zichtbaar licht (links) door het Kitt Peak National Observatory en in het infrarood door de *Spitzer Space Telescope*. In zichtbare golflengten is het licht vooral van sterren afkomstig, in langere infrarode golflengten van wolken van interstellair stof.
© NASA/JPL-Caltech/R. Kennicutt (University of Arizona)

NASA's *Spitzer Space Telescope*.
© NASA ▼



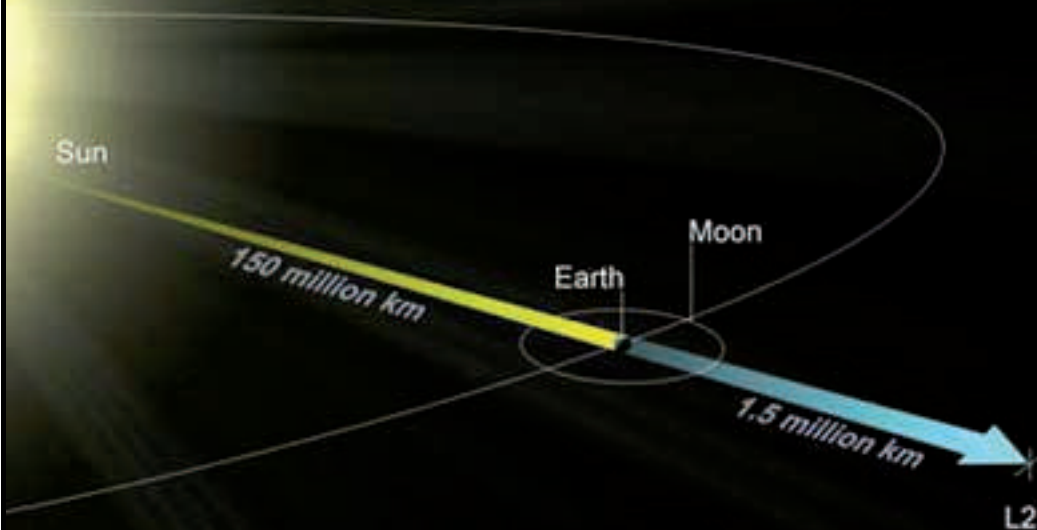


Planck: een missie om de oorsprong en de evolutie van het heelal te begrijpen

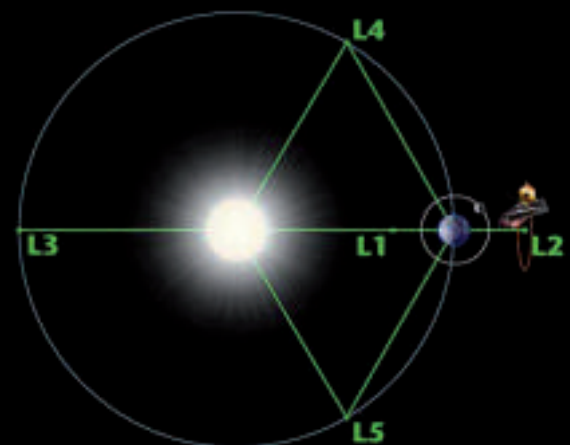
Samen met Herschel werd ook de sonde Planck gelanceerd (massa 1430 kg, waarvan 445 kg aan wetenschappelijke instrumenten). Ook Planck neemt vanuit een baan rond het Lagrangepunt L2 waar. Planck zal gedurende vijftien maanden de meest gedetailleerde waarnemingen van de kosmische achtergrondstraling uitvoeren. Deze straling vult het hele universum en wordt door de meeste kosmologen gezien als het beste bewijs voor de big bang.

Met zijn waarnemingen helpt Planck vragen over het ontstaan en de evolutie van het heelal beantwoorden. De achtergrondstraling werd voor het eerst in 1964 waargenomen. Dit 'eerste licht' werd in kaart gebracht door de in 1989 gelanceerde Amerikaanse satelliet *Cosmic Background Explorer* (COBE) en door de *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* (WMAP), die in 2001 vertrok. Planck is naar schatting 30 keer gevoeliger voor het waarnemen van de achtergrondstraling dan WMAP en de beelden die Planck zal produceren tien keer nauwkeuriger.

Veel onderzoekers keken met spanning uit naar de lancering van Planck. Want COBE gaf wel een antwoord op een aantal vragen in verband met het ontstaan van het heelal, maar zoals dat met wetenschap wel meer gebeurt kwamen er veel meer nieuwe vragen bij. Waar COBE bijvoorbeeld bevestigde dat het heelal is geboren uit een superheet oergas, zal Planck onder meer bekijken hoe clusters van sterrenstelsels en zelfs individuele melkwegstelsels uit de oervuurballen werden gevormd. Planck zal ook onderzoeken of het heelal kort na de big bang plots heel snel begon uit te zetten.



Het Lagrangepunt L2 bevindt zich op een afstand van 1,5 miljoen kilometer van de aarde.



De vijf Lagrangepunten van het systeem aarde-maan.

Het Lagrangepunt L2

Herschel moet minstens drie jaar lang rond het zogenaamde Lagrangepunt L2 van het systeem zon-aarde draaien en van daaruit zijn waarnemingen uitvoeren. Dat is voor ESA een primeur. In een systeem van twee hemellichamen die rond een gemeenschappelijk zwaartepunt draaien zijn er vijf Lagrangepunten, waarvan er drie liggen op de verbindinglijn tussen de twee hemellichamen. Een ruimtesonde kan in een Lagrangepunt (of libratiepunt) een vaste relatieve positie behouden (die wel met behulp van motortjes moet bijgestuurd worden) ten opzichte van de twee hemellichamen.

In het geval van de aarde en de zon ligt het Lagrangepunt L2 op de as aarde-zon en van de zon weg op een afstand van 1,5 miljoen kilometer van de aarde

(ongeveer vier keer verder dan de maan), dus in de schaduw van onze planeet.

Hier heeft een ruimtetuig de zon, de aarde en de maan als het ware in de 'rug', waardoor de storingen door infrarode straling van deze hemellichamen minimaal zijn. Daardoor is het uitermate geschikt voor waarnemingen in het infrarood en vanuit die positie heeft een ruimtetuig ook een uitstekende blik op het heelal.

De op 30 juni 2001 gelanceerde Amerikaanse Wilkinson Anisotropy Probe (WMAP) bereikte bijvoorbeeld op 1 oktober 2001 zijn observatiepost op het punt L2. Hij dient om de kosmische achtergrondstraling nauwkeurig in kaart

te brengen en moet fundamentele vragen helpen beantwoorden in verband met het ontstaan en de evolutie van het heelal.

De ESA wil in 2011 de sonde *Global Astrometric Interferometer for Astrophysics*, kortweg GAIA, in een baan rond L2 brengen. Hij moet onder meer een nauwkeurige driedimensionale kaart van onze Melkweg maken. Ook de in 2014 te lanceren *James Webb Space Telescope* (JWST), zal in het Lagrangepunt L2 worden geplaatst.

Herschel komt na een reis van ongeveer een half jaar bij L2 aan en draait eromheen in een zogenaamde Lissajousbaan. Omdat banen rond L2 dynamisch onstabiel zijn moet Herschel af en toe zijn baan bijsturen.

België en Herschel

Ons land levert een niet onaanzienlijke bijdrage aan het programma Herschel. Enerzijds gebeurt dat door de financiering van de gehele missie door het wetenschappelijk programma van ESA waaraan elke lidstaat volgens zijn bnp verplicht moet bijdragen.

Anderzijds zijn er de instrumenten aan boord, die met extra nationale middelen worden betaald, waarvan de grootte door elk land zelf wordt bepaald. In België gebeurt dat door het Federaal Wetenschapsbeleid via het *PROgramme for the development of scientific EXperiments* (PRODEX) van ESA.

Herschel heeft drie instrumenten aan boord. De *Photodetector Array Camera and Spectrometer* (PACS) en de *Spectral and Photometric Imaging Receiver* (SPIRE) zijn camera's met mogelijkheden voor spectroscopie. Het *Heterodyne Instrument for the Far Infrared* (HIFI) is een spectrometer.

Voor PACS is Albrecht Poglitsch van het *Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik* in Garching bij München (Duitsland) hoofdonderzoeker. Dit instrument is in het bijzonder voor ons land belangrijk. Want voor de Belgische bijdrage aan de ontwikkeling van PACS is Christoffel Waelkens van de Katholieke Universiteit Leuven wetenschappelijk mede-hoofdonderzoeker, terwijl het industriële luik onder leiding staat van het *Centre Spatial de Liège* (CSL).

PACS is een camera en een spectrometer in lage tot middelgrote resolutie voor golflengten tot ongeveer 205 micrometer en werd ontworpen en gebouwd door een consortium van onderzoekers en instituten uit Duitsland, België, Oostenrijk, Frankrijk, Italië en Spanje. De Belgische bijdrage is goed voor ongeveer 20%.

Onder de verantwoordelijkheden van de KUL horen de calibratie van het instrument op de grond en in de ruimte, de ontwikkeling van het grondsegment, de ontwikkeling van software voor de verwerking van de gegevens, ontwikkeling en architectuur van het systeem, tests van het instrument, monitoring van het instrument in een baan om de aarde en de ontwikkeling van een strategie voor *on-board data reduction* (bedoeld om de hoeveelheid door te sturen gegevens te beperken).

Het CSL realiseerde een deel van het instrument PACS en stond onder meer ook in voor de analyse van de prestaties van de telescoop onder de extreme temperaturen die in de ruimte heersen. De omstandigheden die in de ruimte heersen kunnen er nauwgezet worden gesimuleerd. Zo werd onder meer de telescoop van Herschel in het CSL op de 'pijnbank' gelegd. Alleen al de tests van Herschel in het CSL waren goed voor een begroting van 660.000 euro en 5000 werkuren. Het CSL ontwikkelde met hulp van het Luikse bedrijf Amos een specifieke testconfiguratie voor de telescoop van Herschel, om alle mogelijke vereisten voor de missie te kunnen testen.

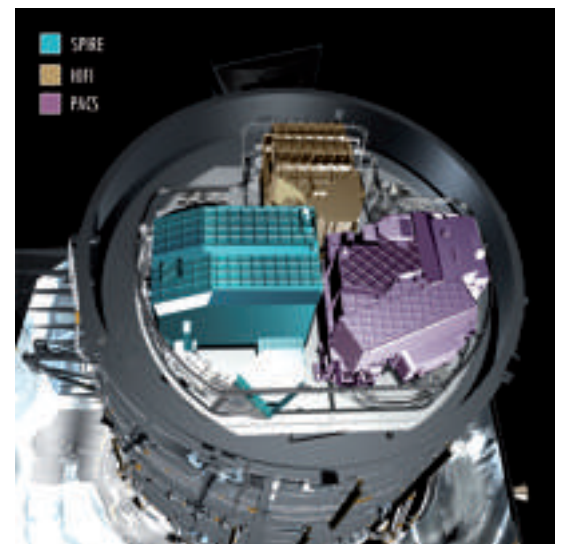
De *Université Catholique de Louvain* (UCL) heeft zijn cyclotron ter beschikking gesteld voor tests van de detector.

De Belgische bedrijven die met het CSL hebben samengewerkt aan de bouw van het PACS-instrument zijn IMEC, Amos, OIP, Nexans, Alcatel ETCA (nu Thales Alenia Space ETCA). De bedrijven Alcatel Bell (nu Thales Alenia Space Antwerp), Alcatel ETCA, Euro Heat Pipes, Nexans, OIP en RHEA leverden daarenboven een bijdrage aan de Herschelsatelliet zelf.

Belangrijk is ook dat het deel van het *PACS Instrument Control Centre* (ICC) dat verantwoordelijk zal zijn voor de operaties van het spectrografisch deel van het instrument zich aan de KUL bevindt (prof. Waelkens en medewerkers). Dit wordt ook gefinancierd door het Federaal Wetenschapsbeleid.

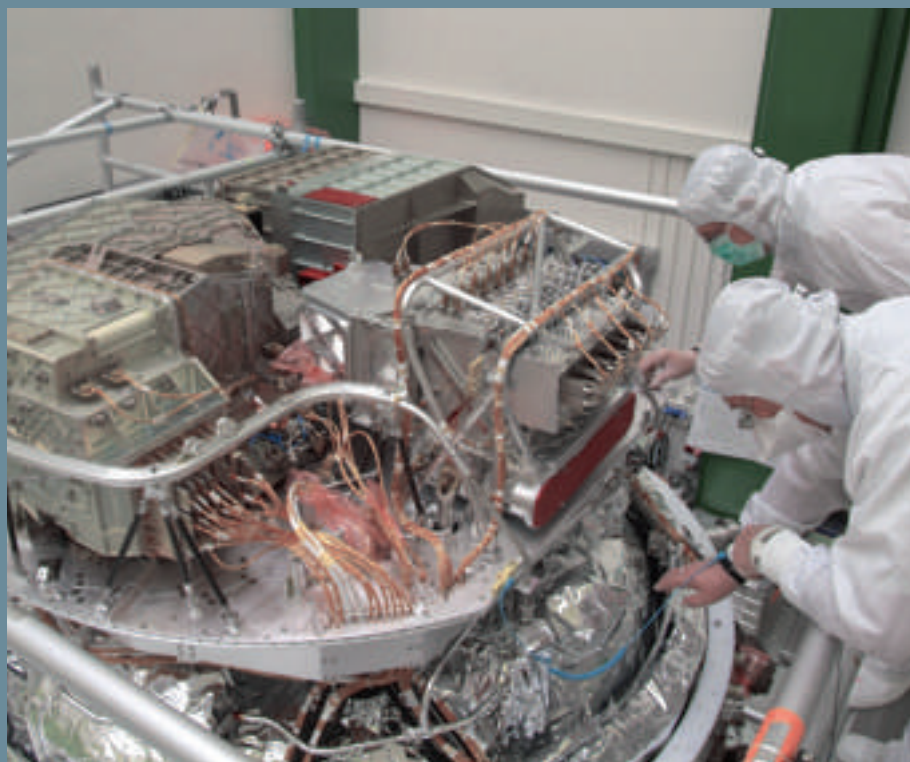
Door de deelname aan PACS krijgen Belgische astronomen gegarandeerde toegang tot waarnemingstijd met het *Herschel Space Observatory*. Intussen loopt er een PRODEX-project dat zes wetenschappers financiert aan de KUL, de ULg, de ULB, de UG en de Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) voor analyse van de waarnemingsgegevens van het PACS-instrument.

Voor het project Planck is er geen Belgische wetenschappelijke bijdrage, maar wel een industriële deelname van TAS ETCA, Amos, CSL, Euro Heat Pipes, Nexans, OIP en RHEA aan de bouw van de satelliet.



De drie instrumenten aan boord van Herschel met in het paars PACS, waaraan ons land een belangrijke bijdrage levert.

© ESA



Integratie van de wetenschappelijke experimenten van Herschel.
© Astrium

Meer

- Algemene info over Herschel
- herschel.esac.esa.int
- sci.esa.int/herschel
- www.esa.int/science/herschel
- www.ipac.caltech.edu/Herschel
- herschel.jpl.nasa.gov

- Instrument PACS met Belgische participatie
- pacs.mpe.mpg.de
- pacs.ster.kuleuven.ac.be

Postzegel van de Comoren die de ontdekking van Uranus door William Herschel herdenkt.



William Herschel (1738-1822)

Sir William Herschel heeft veel astronomische ontdekkingen op zijn naam staan en was ook als musicus bekend. Hij en zijn zuster Caroline Herschel waren in hun tijd vooraanstaande astronomen. Op 13 maart 1781 maakte zijn ontdekking van de planeet Uranus – de eerste nieuwe bekende planeet sinds de oudheid – hem wereldberoemd.

In 1800 ontdekte hij bij toeval infrarode straling door zonlicht door een prisma te laten passeren en juist voorbij het rode einde van het zichtbare spectrum (de ‘regenboog’ waarbij het licht in verschillende kleuren wordt uitgespreid) de temperatuur te meten. Hier, waar er schijnbaar geen zonlicht doorkwam, bleek de temperatuur hoger te zijn dan bij het zichtbare spectrum. Herschel kwam uiteindelijk tot het besluit dat dit het gevolg was van een voor onze ogen onzichtbare vorm van licht voorbij het rode deel van het spectrum. Zijn *calorific rays* kregen later de naam infrarode straling (het prefix infra betekent onder en wijst op het feit dat de frequentie van infrarode straling kleiner is dan die van rood). Het was de eerste keer dat werd aangetoond dat er vormen van licht zijn die we niet met onze ogen kunnen zien. □