

Reparatie

Nederlands' duurste ruimte-instrument wordt half november gelukkig weer in gebruik genomen. **Julia Cramer**

in Space

Frank Helmich, hoofd-onderzoeker bij de Stichting Nederlands Ruimte Onderzoek (SRON) heeft goed nieuws. HIFI, een ruimte-instrument op de satelliet Herschel dat het begin augustus liet afweten, kan hoogstwaarschijnlijk half november weer in gebruik genomen worden. Reden tot vreugde en opluchting onder de onderzoekers bij het SRON, die 15 jaar aan het instrument hebben gewerkt.

Voor de onderzoekers was het een hele schok toen op 3 augustus bleek dat er de regelmodule van HIFI (Heterodyne Instrument for the Far Infrared) uitviel. Helmich: 'Dit was natuurlijk absoluut niet de bedoeling, en zeer onwaarschijnlijk.' Het instrument werd voorlopig uitgeschakeld. Op dat moment ging de onderzoeksgroep ervan uit dat het ongeveer twee weken zou duren voor er meer duidelijkheid zou zijn. Die twee weken zijn inmiddels twee

maanden geworden, maar nu weten de wetenschappers van SRON dan ook veel meer. Het is belangrijk te weten wat de meest waarschijnlijke oorzaak is, en hoe dit opgelost moet worden. 'Met een reserveband rijd je immers ook een stuk voorzichtiger', aldus Helmich.

'Met een reserveband rijd je toch ook een stuk voorzichtiger?'

Want om HIFI weer op de rit te krijgen gebruiken de onderzoekers het 'reserveband'-principe. De satelliet Herschel heeft van elk specifieke onderdeel een reserveonderdeel bij zich. Wanneer er iets kapot gaat, kan de satelliet het onderdeel ter plekke vervangen. Dit doet de satelliet eigenlijk helemaal zelf, er komt geen monteur aan te pas.

Een goede voorbereiding kost de halve tijd...

Aan de metingen van HIFI is enorm veel voorbereiding vooraf gegaan. Zowel op aarde, als in de ruimte moet een hoop getest en ingesteld worden, voordat het instrument betrouwbare meetgegevens levert.

In principe wordt een meetinstrument volledig getest op aarde. Het wordt pas de ruimte ingestuurd wanneer het vlekkeloos werkt. Maar de ruimte is een heel ander verhaal. Alleen al het feit dat er geen zwaartekracht is, iets wat heel moeilijk na te bootsen is op aarde, maakt bijvoorbeeld het koelen van de apparatuur een complexe klus.

In mei dit jaar werd Herschel gelanceerd in Frans Guinea. De lancering verliep gelukkig vlekkeloos. Dit telt als de eerste mijlpaal in de ruimte.

De volgende mijlpaal is de 'commissioning'-fase. Dit is

te vergelijken met een arts die de vitale functies test door bijvoorbeeld met zijn hamertje op een knie te tikken. In deze fase worden alle elektrische en mechanische zaken die onderdeel van HIFI zijn getest. Er wordt gekeken of de mechanische uitslagen kloppen bij het voltage dat wordt aangevoerd. Ook deze mijlpaal heeft HIFI behaald.

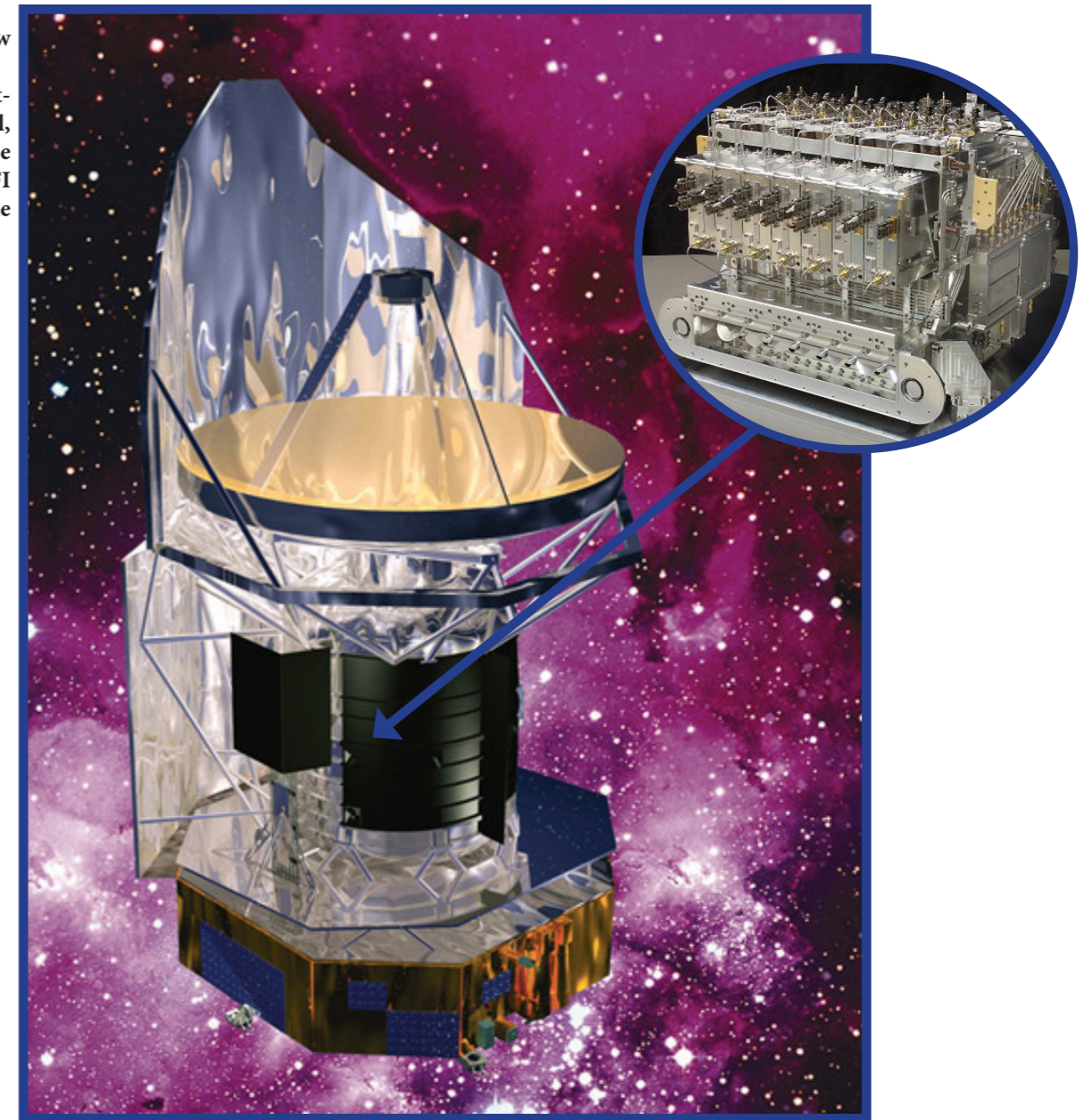
HIFI was in de laatste testfase toen het noodlot toesloeg en het besturingssysteem het liet afweten. Deze fase wordt de 'performance verification' genoemd. Hierin wordt de kwaliteit van de metingen vastgesteld. De invloed van ruis, en de soort en hoeveelheid ruis in de ruimte, verschilt enorm met de aarde. Hoewel er wel schattingen zijn gemaakt, en testen zijn uitgevoerd, is het van belang dit in de ruimte nog te verifiëren.



Links Het SRON-gebouw in Groningen.

Rechts Een artist-impression van Herschel, met het Nederlandse ruimte-instrument HIFI en zijn positie op de satelliet.

SRON / Thales Alina Space



Dat is ruwweg vijf keer de afstand van de aarde tot de maan. Herschel kan uitsluitend met radiosignalen bereikt worden.

Het feit dat de satelliet zich op 1,5 miljoen kilometer van de aarde bevindt, op een plaats waar de temperatuur ongeveer -200°C bedraagt, maakt de omstandigheden erg extreem. Er kan geen monteur de ruimte in worden gestuurd, en de satelliet kan ook niet zo maar even terug worden gehaald om HIFI te repareren.

ESA, de Europese Ruimtevaartorganisatie maakt dagelijks radiocontact met Herschel. Er worden meet-gegevens opgehaald, en tegelijkertijd wordt er naar de satelliet een programma van een reeks commando's voor één tot twee dagen gestuurd. Dit programma wordt de rest van de dag afgedraaid

door de satelliet. Het bevat alle metingen en activiteiten die de apparatuur die dag moet uitvoeren. Het radiocontact is de enige manier om Herschel te bereiken.

'Een satelliet op 1,5 miljoen kilometer van de aarde haal je niet even terug voor reparatie.'

De extreme temperatuur en onvoorstelbare afstand zijn nodig om de metingen op de goede manier uit te voeren. HIFI meet infraroodstraling, straling die hoort bij warmte. Wanneer Herschel zich dicht bij de aarde zou bevinden, zou er zo veel warmtestraling worden opgevangen van de aarde, de maan en de zon, dat de fijne signalen die de onderzoekers met HIFI willen meten

zouden verloren gaan tussen de grote hoeveelheid infraroodstraling.

Hoewel de zon dus een 'gevaar' is voor de gevoelige meetapparatuur, heeft Herschel de zon ook nodig. Om alle elektronica en instrumenten te laten werken is energie nodig, welke wordt verkregen met behulp van zonnecellen. Deze zijn gedurende alle bewegingen richting de zon gericht, en schermen tegelijk de meetapparatuur af van de warmte.

De satelliet beweegt zich rond een vast punt in de ruimte, het zogenaamde tweede Lagrange-punt, 1,5 miljoen kilometer van de aarde vandaan. Hij beweegt zich in een cirkel met een diameter van een miljoen kilometer. Voor de combinatie van zonlicht en afscherming is het tweede Lagrange-punt de perfecte positie. De baan eromheen is zo gekozen dat zowel de zon als de aarde vanuit de satelliet gezien steeds in hetzelfde punt staan.

Dit heeft twee grote voordelen; de satelliet hoeft maar aan een kant met zonnecellen afgeschermd te worden tegen straling van de aarde en de zon, en er is minder koeling nodig, wat de levensduur van de satelliet enorm verlengt.

Fatale bescherming

De meetapparatuur wordt op allerlei manieren afgeschermd van factoren van buitenaf. Zo worden de instrumenten elk op een vaste, nog lagere temperatuur gehouden, slechts enkele graden boven het absolute nulpunt: -270°C , op een hogere temperatuur werken de instrumenten niet. Het koelen gebeurt door middel van vloeibaar helium. De hoeveelheid vloeibaar helium bepaalt uiteindelijk de levensduur van de missie. 'Wanneer er niet meer gekoeld kan worden, kunnen er immers geen metingen worden verricht', legt Frank Helmich uit.

'Pure pech dat er nu net één wat zwakker was dan de rest.'

Tegen te hoge spanningen wordt de meest gevoelige apparatuur beschermd door spanningsbeschermers. Eén van deze spanningsbeschermers is uiteindelijk de grote boosdoener. Deze probeerde een gevoelig en complex onderdeel van HIFI te beschermen tegen een spanningspiek, en stuurde deze door naar een ander gedeelte van het instrument. Hierin begaf een van

de vele diodes het waarschijnlijk. 'Pure pech', zegt Frank Helmich. Met de testopstelling op aarde is het de onderzoekers niet gelukt een diode kapot te krijgen. 'Er zat net één wat zwakkere tussen.'

De uiteindelijke oorzaak heeft de onderzoeksgroep kunnen ontdekken dankzij 'housekeeping', een datastroom van de dagelijkse omstandigheden van de satelliet. Temperaturen, stromen en spanningen worden gedurende de dag nauwkeurig gemeten en opgeslagen. Met een kopie van HIFI hebben de onderzoekers nauwkeurig dezelfde omstandigheden nagebootst om meer inzicht te krijgen in de oorzaak van het defect. Dit instrument is te vergelijken met de black box in een vliegtuig: achteraf kan er nog precies worden nagegaan wat er is gebeurd.

Voorzichtig aan de slag

Hoewel er door de onderzoekers in eerste instantie met ongeloof werd gereageerd op de tegenslag, wilden ze zo snel mogelijk het probleem verhelpen. Helmich: 'Eerst baal je, daarna wil iedereen zo snel mogelijk de uitdaging aanpakken'.

Omdat er lange tijd niets werd gevonden, kwam de mogelijkheid van botsing met een kosmisch deeltje ter sprake. Deze mogelijkheid kan niet worden uitgesloten, maar is niet waarschijnlijk meer. 'Er is altijd een kleine kans dat een satelliet in botsing komt met deeltjes in het universum, dat kun je niet voorkomen.' Gelukkig kunnen de metingen binnenkort hervat worden. Nu de

oorzaak vrijwel zeker bekend is, wordt voorzichtig weer opgestart. 'Eerst gaan we op de grond alles heel netjes beschrijven, en voorleggen aan de experts.' Deze kijken met een kritische blik naar alle procedures waar zij verstand van hebben. Want als er nu een fout wordt gemaakt is dat het einde van HIFI, en daarmee het einde van een wetenschappelijke droom.

'Hoe is het nu? Kunnen we al waarnemen?'

'Nee nog niet.'

Half november wordt er via het radiocontact een speciaal programma gestuurd naar Herschel. Dan krijgt de satelliet de commando's door waarmee het reserveonderdeel van HIFI kan worden ingeschakeld. Hierna kunnen de testfasen worden afgerond en de metingen worden gestart.

Spanning en Ongeduld

De wetenschappers die de data gaan verwerken wachten vol ongeduld op het startsein. 'Hoe is het nu? Kunnen we al waarnemen?' Steeds was het antwoord tot ieders teleurstelling: 'Nee, nu nog niet.' Maar eindelijk kunnen de wetenschappers klaar gaan zitten voor meetresultaten die tot nu toe nog nooit verkregen konden worden. Helmich: 'Met HIFI kunnen we dingen die tot nu toe absoluut onmogelijk waren.' Er is behalve opwinding ook

Enorme telescoop

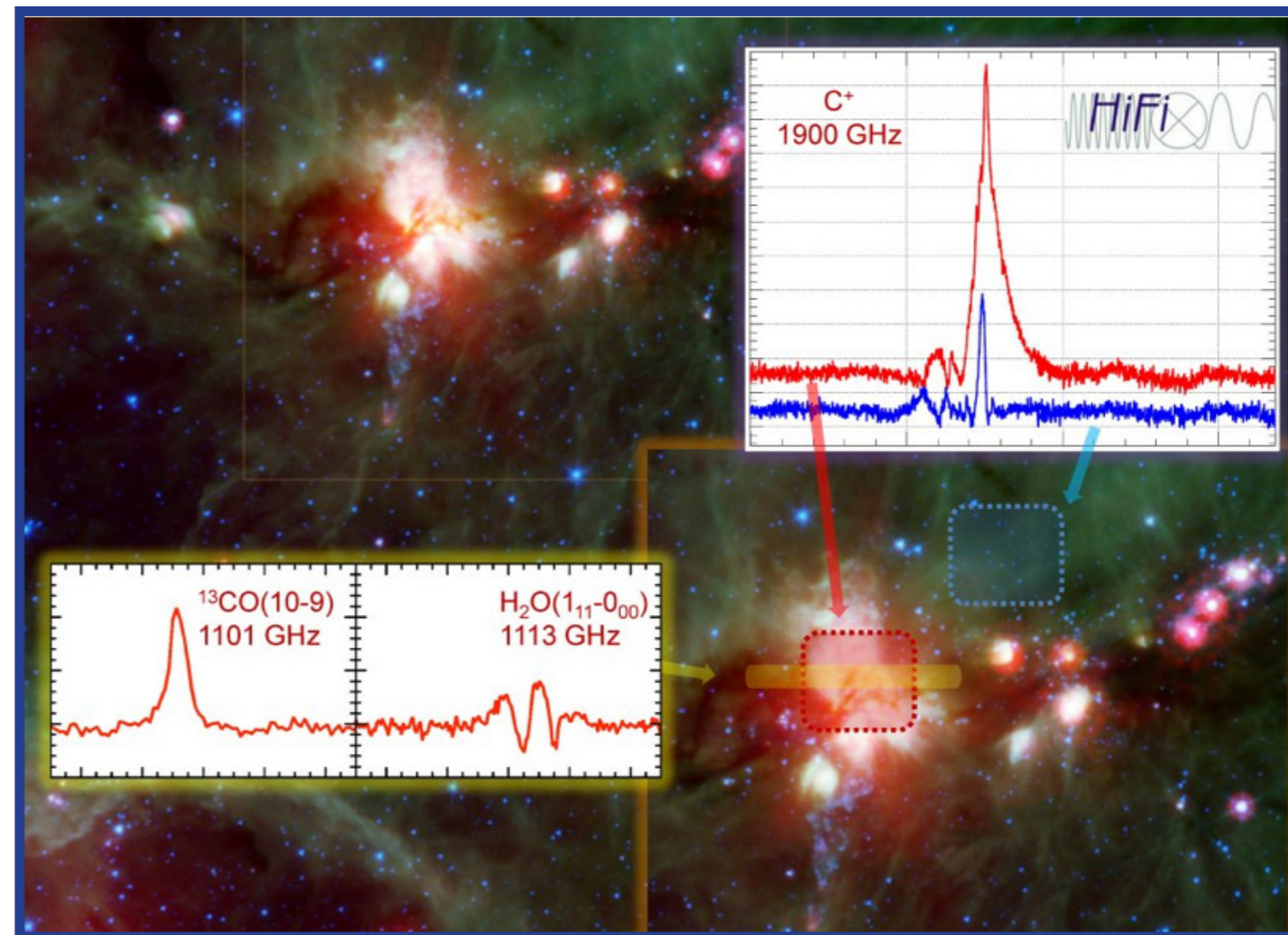
De satelliet Herschel is een enorme telescoop in de ruimte. Zijn meetinstrumenten detecteren en meten infrarood licht.

De metingen die door de apparatuur wordt uitgevoerd, hebben als doel meer inzicht te krijgen in het ontstaan en vormen van sterren en sterrenstelsels. Herschel zal gedurende 3,5 jaar in het heelal metingen verrichten.

De delen in het heelal waar stervorming bezig is, stralen veel licht uit. Het meeste is niet te detecteren omdat het wordt geabsorbeerd, geblokkeerd, of verstrooid. Infrarood licht wordt minder geblokkeerd, maar kan niet goed de aarde bereiken, omdat deze wordt afgeschermd door de atmosfeer. Vandaar dat Herschel, met een spiegel van 3,5 meter doorsnede, in de ruimte is geplaatst. De spiegel verzamelt het infrarode licht om vervolgens metingen aan te verrichten.

De enorme afmetingen van de spiegel, anderhalf keer zo groot als de spiegel van de Hubble telescoop, hebben ook te maken met het golflengtegebied. Hubble meet zichtbaar licht, met een veel kortere golflengte dan infrarood licht. Om met deze langere golflengte een goede resolutie te bereiken, is een grote spiegel nodig.

Naast HIFI bevat Herschel nog twee instrumenten. PACS (Photodetecting Array Camera and Spectrometer) en SPIRE (Spectral and Photometric Imaging Receiver). Beiden zijn camera's die afbeeldingen maken van verschillende delen van het infraroodspectrum. HIFI heeft een bereik dat beide camera's omvat, maar maakt in plaats van afbeeldingen heel precieze metingen van de infraroodspectra van astronomische objecten.



Bovenstaande figuur geeft de resultaten van een testmeting van HIFI in juli weer. Het is een plaatje van een 'kraamkamer', een gebied waar sterren zich vormen. Het meest actieve gebied is vergroot (gele kader). Het rode en blauwe vierkantje omvatten gebieden die door HIFI zijn gescand op geïoniseerd koolstof: C^+ . Dit is de 'thermometer van het gebied'. De breedte van de piek geeft de wind van snel bewegende deeltjes weer. Te zien is dat het blauwe gebied veel rustiger is dan het rode.

In het gebied dat is weergegeven met de gele lijn is de aanwezigheid van water en koolstofmonoxide, beide uitgestoten door een nieuwe ster, gemeten. Dit is weergegeven in de linker grafiek. SRON

de nodige spanning onder het onderzoeksteam. 'De komende maand moet het vertrouwen weer groeien', legt Frank Helmich uit. Ook nemen ze straks het zekere voor het onzekere. De bedoeling is natuurlijk dat HIFI straks de hele 3,5 jaar van de missie mee zal kunnen draaien. Maar voor de zekerheid worden de cruciale metingen als eerst uitgevoerd. 'We nemen nu het zekere voor het onzekere.' Met de metingen zullen astronomische processen zichtbaar worden gemaakt, waar nooit eerder naar is gekeken. De missie is een hoeksteen van de Europese wetenschappelijke ruimtevaart. Het infrarode licht dat HIFI zal detecteren wordt voor de aarde afgeschermd door de atmosfeer. Nu de zon goed genoeg wordt afgeschermd en de meetapparatuur wordt gekoeld tot bijna het nulpunt, zal HIFI heel precies kunnen weergeven hoe de

infraroodspectra van verschillende delen van het heelal eruit zien. Zelfs tijdens de testfase zijn er al bruikbare resultaten verkregen, zoals in de figuur te zien is. De grote vragen die de wetenschappers hopen te beantwoorden hebben te maken met de vorming van sterrenstelsels. Ze zoeken de voorwaarden waaraan een gebied in het heelal moet voldoen voor er sterren ontstaan. Ook hopen ze meer duidelijkheid te krijgen over de vorming van planeten rond nieuwe sterren. Het infraroodspectrum, afkomstig uit verschillende regio's van het heelal, kan hierover meer duidelijkheid verschaffen. Een groot frequentiebereik binnen dit spectrum zorgt ervoor dat er gekeken kan worden welke moleculen en ionen, met nadruk op water, aanwezig zijn in de gebieden waar stervorming optreedt. Deze atomen geven bij

het terugvallen naar een lager energieniveau infrarode straling af met een karakteristieke frequentie binnen het gebied waarin HIFI meet, waardoor de moleculen in kaart gebracht kunnen worden.

Wetenschappelijk goudmijntje

Uiteindelijk hoopt Frank Helmich niet alleen op bevestiging van al gestelde hypothesen. Theoretisch is het stervormingsproces al in kaart gebracht, maar de wetenschappers hopen ook op verrassingen. 'Je ziet nooit precies wat je verwacht, maar meten is weten'.

'HIFI is een wetenschappelijk goudmijntje', vertelt Helmich trots. Het doel is dat deze missie vele proefschriften zal opleveren, en dat er meer duidelijkheid verkregen wordt over de nog zo onbekende processen in het heelal. •