Zullen we vulkanisme observeren op Venus?

— **Auteurs:** Séverine Robert, Eddy Neefs, Karolien Lefever, Ann Carine Vandaele en het VenSpec-H-team.

Het zonnestelsel heeft nog lang niet al zijn geheimen prijsgegeven. Sommige daarvan lijken misschien onbeduidend in vergelijking met andere. We slagen er bijvoorbeeld maar niet in om vulkanische activiteit te meten op Venus. Je zou denken dat we daar toch iets van zouden merken: Venus is een directe buur van onze planeet, en het is een verschroeiend inferno. De atmosfeer is dicht en heet; aan de oppervlakte bedraagt de luchtdruk 90 bar - evenveel als waar een duiker zich aan blootstelt op 900 meter diepte in een van onze zeeën - en loopt de temperatuur op tot 464°C. De planeet zit ingekapseld in een dik wolkendek van zwavelzuur- en waterdruppels. Ze kent geen seizoenen, want ze draait om haar as in een hoek van 177,36° (of 2,64° in retrograde richting); bij de aarde bedraagt die hellingshoek 23°. Venus cirkelt om de zon in 224,7 aardse dagen, en haar eigen omwenteling duurt 243 aardse dagen. Een dag op Venus duurt dus langer dan een jaar bij ons, want ze draait trager om haar eigen as dan om de zon. En door de hellingshoek van haar as draait ze omgekeerd om haar as vergeleken bij de andere planeten: de zon komt op in het westen en gaat onder in het oosten.

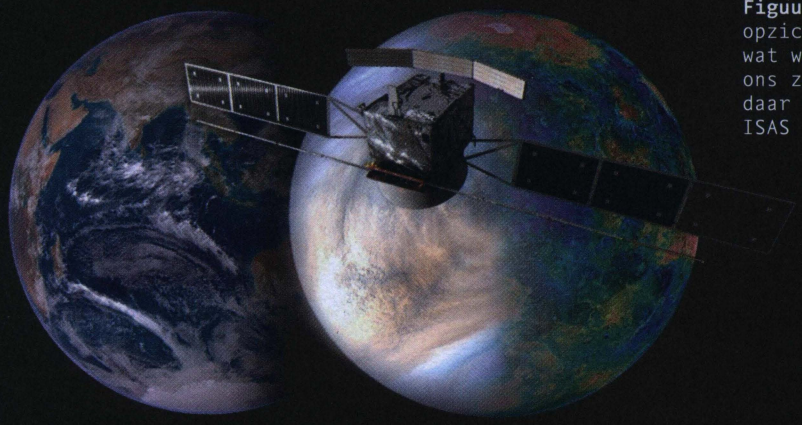
— De wetenschap kan tot op vandaag niet verklaren hoe dat zo gekomen is.

De geschiedenis, het klimaat en de evolutie van Venus staan centraal in EnVision[1]. Die nieuwe 'medium-class' missie van de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA kreeg in juni 2021 groen licht om tot fase B over te gaan. Aan boord van EnVision bevindt zich een scala aan instrumenten om Venus te bestuderen, van hoog in de atmosfeer tot diep in de kern. Voor een daarvan, VenSpec-H (https://venspec.aeronomie.be), ligt de leiding bij Dr. Ir. Ann Carine Vandaele van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA). Het instituut kan bogen op jarenlange expertise met het bedenken, ontwerpen en bouwen van instrumenten voor onderzoek van de atmosfeer van hemellichamen (planeten, kometen, …). Na vorige ruimtemissies (SLP op PICASSO in een baan om de Aarde, SOIR op Venus Express rond Venus, NOMAD op de Trace Gas Orbiter van ExoMars rond Mars, en ROSINA op Rosetta rond de komeet Chury) werken onze ingenieurs nu aan de volgende generatie instrumenten die koers moeten zetten naar Venus (EnVision), Jupiter (JUICE) en zelfs naar een komeet die we nog niet eens ontdekt hebben (Comet Interceptor).

— Waarom is het zo moeilijk om vulkanische activiteit waar te nemen op Venus?

De atmosfeer van Venus bestaat voor 96,5% uit CO_2, maar de sleutel om vulkanische activiteit te meten ligt in de andere gassen in de atmosfeer, zoals waterdamp, zwavelverbindingen en koolstofmonoxide. Variaties in de concentratie van die gassen verraden vulkanische activiteit. Dat hebben we geleerd, op basis van vulkanisch onderzoek op aarde. Op Venus is er echter een bijkomende uitdaging: het reflecterende wolkendek dat de planeet omhult. Stel je voor dat een instrument op 220 km hoogte om Venus heen cirkelt, en recht naar beneden kijkt naar Venus ('in nadir'). De elektromagnetische straling die het oppikt, kan van verschillende bronnen komen. De eerste waar we aan denken, is de Zon. Die verlicht de atmosfeer, maar alleen het bovenste gedeelte, boven de wolken. De zonnestraling kan namelijk niet doordringen in dat dikke pak wolken, maar wordt bovenop weerkaatst, op zowat 65 kilometer hoogte. De weerkaatste straling wordt gedeeltelijk geabsorbeerd door moleculen voor ze het meetinstrument bereikt. Een tweede bron waar we rekening mee moeten houden is de thermische straling van de planeet zelf. Het oppervlak van Venus is zo heet dat het warmte uitstraalt in het infrarode gedeelte van het spectrum. Die straling stijgt door de onderste atmosfeerlagen, wordt onderweg geabsorbeerd door moleculen, en bereikt de onderkant van het wolkendek. Slechts een deel ervan raakt door die zowat 20 kilometer dikke wolkenlaag en wordt opgepikt door het meetinstrument. De warmtestraling die de detector bereikt is grootteordes minder intens dan de weerkaatste zonnestraling, dat spreekt voor zich. Waarnemingen aan de dagkant van Venus kunnen ons dus iets vertellen over de ho-

1 https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/EnVision_factsheet



Figuur 1: De Aarde en Venus lijken in heel wat opzichten op elkaar, maar toch is er nog veel wat we niet weten over de tweede planeet van ons zonnestelsel. De ESA-missie EnVision wil daar verandering in brengen. © NASA / JAXA / ISAS / DARTS / Damia Bouic / VR2Planets

Figuur 2: 3D-voorstelling van VenSpec-H in zijn huidige vorm. Het filterwiel staat aan de ingang van het instrument, in het warme gedeelte. De grijze plaat bakent het spectrometergedeelte af, dat gekoeld wordt tot -45°C. Het groene apparaat is de detector. De zwarte doos rechts bevat de electronica die het instrument aansturen.

gere lagen van de atmosfeer, en de nachtkant leent zich ertoe gasconcentraties te meten in de onderste lagen. Zo staat ons concept dus vast: we hebben een instrument nodig dat variaties van die zogeheten spoorgassen (gassen die minder dan 1% van de atmosfeer uitmaken) opmerkt in een zwak signaal dat van onder de wolken komt, in golflengten waarin de wolken transparant zijn. We moeten meten op een hoge spectrale resolutie om de verschillende moleculaire kenmerken van elkaar te kunnen onderscheiden. En we hebben uiterst gevoelige apparatuur nodig om een zwak signaal te kunnen meten.

— Van concept tot instrument

Een gespecialiseerd team van ingenieurs en wetenschappers van het BIRA heeft tijdens fase A (van 2019 tot halfweg 2021) gewerkt aan het concept en het ontwerp van het instrument. Ze konden rekenen op de medewerking van optische ingenieurs van het bedrijf OIP Sensor Systems uit Oudenaarde.

Het instrument, dat een aantal technieken hergebruikt van het LNO-kanaal (Limb, Nadir en Occultatie) van NOMAD op de ExoMars Trace Gas Orbiter, kreeg de naam VenSpec-H (*Venus Spectrometer with High Resolution*). In een spectrometer wordt het uniforme licht dat binnenstroomt opgebroken in de spectrale componenten. Bij VenSpec-H gebeurt dat in een echelle-rooster. Het licht wordt eerst parallel gemaakt door een paraboolspiegel voor het het rooster bereikt. Na de diffractie worden de parallelle lichtstralen gefocust op de detector. Het licht komt het spectrometergedeelte binnen via een spleet, waarvan een afbeelding op de detector wordt geprojecteerd. Aan de uitgang van de spectrometer bevindt zich de detector. Net voor de spectrometer zitten optische elementen (ondermeer een filterwiel) die enkele vooraf gekozen spectrale banden kunnen selecteren. Het spectrometergedeelte wordt gekoeld tot -45°C, om te voorkomen dat het zwakke signaal overspoeld raakt door de thermische ruis van de optische instrumenten. De temperatuur is bepaald op basis van numerieke simulaties om het meest geschikte evenwicht te vinden tussen de signaal-ruisverhouding en de technische haalbaarheid.

In juni 2021 was het conceptuele werk rond. De komende jaren worden de meest kritische techologieën in het instrument verder ontwikkeld. Dat brengt een pak meer werk met zich mee. Het consortium is daarom opengesteld voor andere ESA-lidstaten. Tsjechië, Duitsland, Nederland, Portugal, Spanje en Zwitserland hebben al hun interesse getoond om aan te sluiten bij het team, fondsen bij te dragen en de struikelblokken uit de weg te ruimen op het pad naar de lancering. Die is voorzien voor 1 november 2031. EnVision zal er 15 maanden over doen om Venus te bereiken. Na een aantal maanden *aerobraking* ('remmen' met behulp van de wrijving van de atmosfeer) komt het ruimtetuig in een cirkelvormige baan om de planeet en vatten de wetenschappelijke waarnemingen aan. Het BIRA is niet alleen verantwoordelijk voor het ontwerp en de ontwikkeling van het instrument, met name van de mechanica en de elektronica; het wordt ook het zenuwcentrum van het onderzoek, met de hoofdonderzoeker en de manager van het wetenschappelijk team in de gelederen. Het ingenieursteam zal bovendien het technische consortium coördineren tot de missie naar verwachting in 2037 afgerond wordt. ■

Dankbetuiging

Het BIRA wil graag BELSPO (Belgian Science Policy Office) danken voor de steun aan de missie en aan het VenSpec-H-instrument in het bijzonder.