

Venus:

een sleutel om de evolutie van aardse planeten te begrijpen

In juni 2021 selecteerde de Europese Ruimtevaartorganisatie (ESA) een nieuwe missie, EnVision, om het klimaat en de evolutie van Venus te onderzoeken. De ruimtesonde zal een Belgisch instrument aan boord hebben, ontworpen door het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA). Het is niet de eerste keer dat het BIRA zich bezighoudt met de verkenning van de tweelingplaneet van de aarde, want het ontwikkelde ook al het SOIR-instrument aan boord van Venus Express, de eerste Europese missie naar Venus.

Arianna Piccialli, Karolien Lefever, Lucie Lamort, Arnaud Mahieux, Séverine Robert en Stéphanie Fratta

Het lange avontuur van de Venusverkenning

Als een van de helderste objecten aan de hemel is Venus al bekend sinds de prehistorie, en heeft ze altijd een belangrijke rol gespeeld in de menselijke cultuur en verbeelding. De eerste grondwaarnemingen van Venus leidden tot de conclusie dat onze naaste planetaire buur in vele opzichten een tweeling van de aarde was. Inderdaad: haar grootte, haar samenstelling en haar afstand tot de Zon zijn zeer vergelijkbaar met die van de Aarde, zoals u kunt zien in Figuur 1.

Tijdens de jaren 60 en 70, midden in de Koude Oorlog, stuurden de VS en de Sovjet-Unie er meerdere missies naartoe. Venus was getuige van ongekeerde prestaties in de geschiedenis van de ruimteverkenning. Het was de eerste planeet die ooit door een ruimtesonde verkend werd, toen in 1962 Mariner-2 langs de planeet vloog. In 1967 was Venera-4 de eerste sonde die een andere atmosfeer dan die van de aarde binnenging. Venera-9 maakte in 1975 de eerste foto van het oppervlak van een andere planeet en de VeGa-missie zette in 1985 met succes twee ballonnen op in de atmosfeer van Venus. Pioneer Venus, de eerste orbiter en radar, en de reeks Venera-missies, bereikten indrukwekkende resultaten in de jaren 80 en onthulden belangrijke details over de atmosfeer van Venus.

Ze ontdekten al snel dat de planeet een 'hel' genoemd kan worden, omdat de atmosferische omstandigheden er heel anders zijn dan op aarde. De atmosferische druk aan het oppervlak van Venus

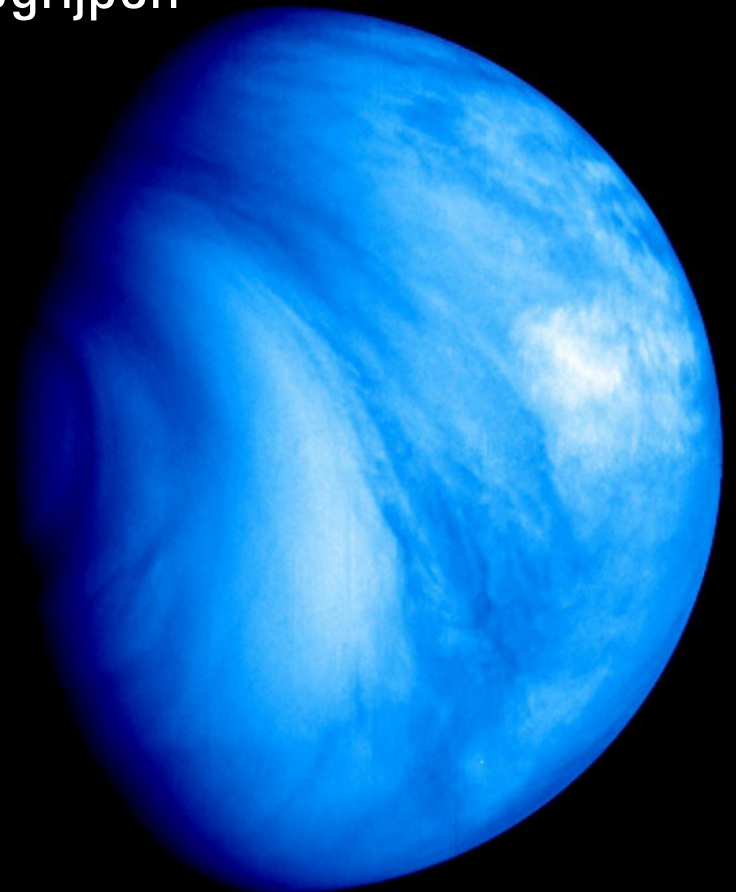
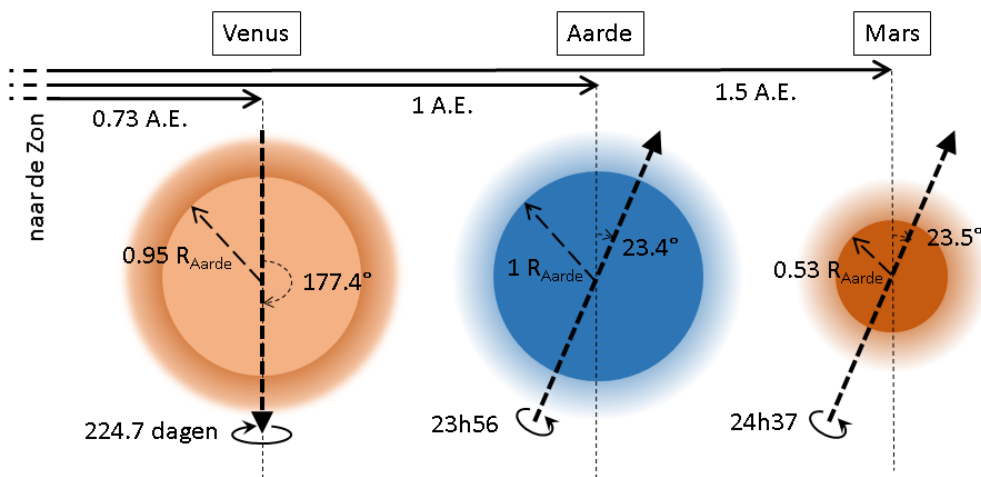


Foto in valse kleuren, genomen in ultraviolet licht met de Venus Monitoring Camera aan boord van Venus Express op 23 juli 2007.
© ESA/MPS/DLR-PF/IDA

is ongeveer 92 keer die van de aarde, vergelijkbaar met de druk die men hier 900 meter onder water zou aantreffen, terwijl de oppervlaktetemperatuur van 464°C boven het smeltpunt van lood ligt. Zulke hoge waarden van druk en temperatuur zijn het gevolg van een sterk broeikaseffect. Bij dit helse scenario komt nog dat de planeet volledig is gehuld in een dikke wolkenlaag die bestaat uit druppels zwavelzuur en water. Decennialang verhinderden de dichte atmosfeer en het wolkende wetenschappers om te zien wat er onder de wolken ligt. De eerste blik op het oppervlak van Venus werd mogelijk met de ontwikkeling van radarbeeldvormingssystemen, en in het begin van de jaren 1990 voltooidde de Magellan-orbiter de eerste wereldwijde radarkaart van het oppervlak.



Vergelijking tussen de drie aardse planeten met een atmosfeer. A.E. staat voor astronomische eenheid, een standaardeenheid die gelijk is aan de afstand tussen de Zon en de Aarde (150 miljoen km).
Credit: A. Mahieux.

Waarom zijn de aardse planeten zo verschillend?

Venus en Mars, die rond dezelfde tijd als de aarde en uit dezelfde grondstoffen zijn ontstaan, hebben zich heel anders ontwikkeld. Vandaag zijn zij onbewoonbaar en onverenigbaar met het leven zoals wij dat kennen. De primitieve atmosferen van deze twee planeten, die zeer rijk zijn aan koolstofdioxide en waterdamp, schijnen catastrofale veranderingen te hebben ondergaan. Terwijl op aarde een gematigd klimaat ontstond, kreeg Venus te maken met een op hol geslagen broeikaseffect, en lijkt Mars het grootste deel van zijn atmosfeer verloren te hebben. Het karakteriseren van de belangrijkste fysische processen achter die verschillende evolutiepaden is vandaag belangrijker dan ooit, zowel om de diversiteit van planeten rond andere sterren te begrijpen, als de toekomst van het klimaat op aarde.

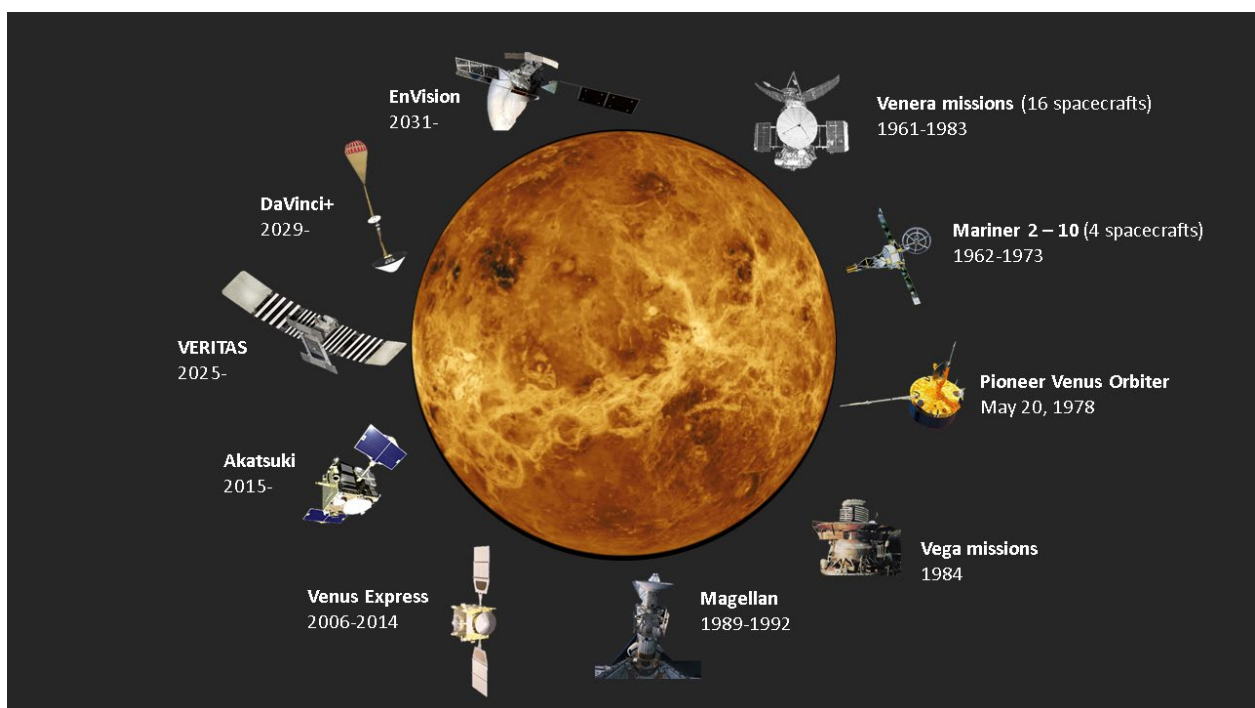
De verkenning van Venus biedt unieke mogelijkheden om zulke fundamentele vragen over de evolutie van aardse planeten en de bewoonbaarheid binnen ons eigen zonnestelsel te beantwoorden.

Venus Express: de eerste Europese missie naar Venus

Na een pauze van meer dan tien jaar sinds de laatste missie naar Venus beantwoordde ESA's Venus Express (VEx) van 2006 tot 2014 veel vragen over onze naaste planetaire buur en vestigde het Europees leiderschap in Venusonderzoek. Het hoofddoel van VEx was om de atmosfeer van Venus te bestuderen. De sonde onderzocht vooral de bovenste atmosfeer van de planeet, boven de wolkenlaag, in een poging om de complexe dynamica en chemie te ontcijferen, en om ons begrip van de evolutie van de planeet te verbeteren.

>>

Familiefoto van de vorige, huidige en toekomstige Venusmissies.
Credit: A. Piccialli



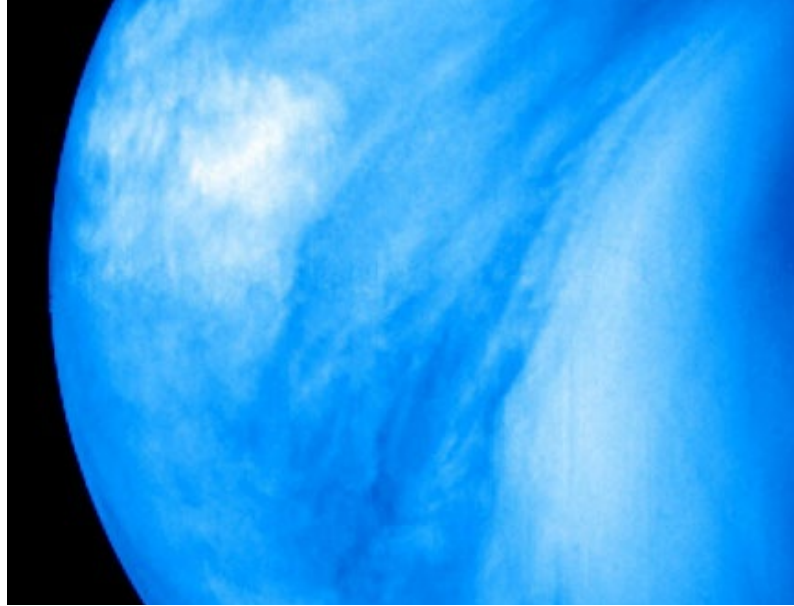
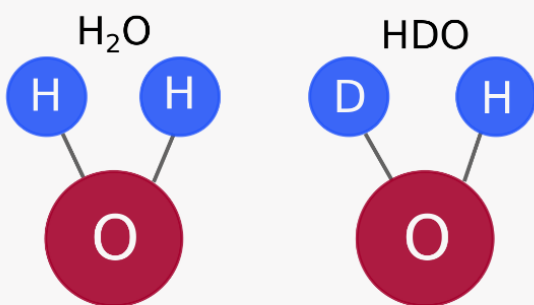
Venus Express had een volledig Belgisch instrument aan boord, SOIR (Solar Occultation at Infrared), ontwikkeld door het BIRA, in nauwe samenwerking met een Belgische industriële partner: OIP. SOIR was een hoge-resolutiespectrometer in het infrarood die werkte in occultatiemodus, en die de samenstelling en de thermische structuur bij de dag-nachtschemering van Venus onderzocht.

Een van de doelen van SOIR was het meten van water (H_2O) – een molecule met waterstofatomen - en zwaar water (HDO) – dezelfde molecule met deuteriumatomen in plaats van waterstof - in de bovenste atmosfeer van Venus (zie Figuur 4). Omdat deuterium (D) zwaarder is dan waterstof (H), is het moeilijker voor deuterium om uit de atmosfeer van een planeet te ontsnappen. Venus is nu aanzienlijk droger dan de aarde, met een grote D/H verhouding (≈ 100 keer de aardse waarde) die suggereert dat er in haar geschiedenis veel water ontsnapt is, voornamelijk door een intens broeikas-effect. Verscheidene studies suggereren dat het equivalent van een aardse oceaan aan water in de ruimte verloren is gegaan gedurende de eerste paar honderd miljoen jaar van de evolutie van de planeet.

H_2O speelt ook een belangrijke rol in de chemie van de onderste en middelste atmosfeer, in het bijzonder met betrekking tot de dikke wolkenlaag die zich uitstrekt van ongeveer 45 tot 65 km, en die bestaat uit waterdamp (25%) en zwavelzuur (75%). Waterdamp en zwaveldioxide zijn overvloedig aanwezig in de onderste troposfeerlaag. Zij worden door convectief transport meegevoerd, hoger in de atmosfeer waar zij zwavelzuur vormen, dat condenseert in de wolken die de planeet omhullen.

WAT IS ZWAAR WATER?

Een watermolecule bevat twee waterstofatomen en een zuurstofatoom. In zwaar water (of beter gezegd halfzwaar water) - fysisch en chemisch vergelijkbaar met gewoon water - zijn een of twee waterstofatomen vervangen door een deuteriumatoom, een vorm van waterstof met een extra neutron. Deuterium is twee keer zwaarder dan waterstof; daarom is het moeilijker om aan een planetaire atmosfeer te ontsnappen.



Tijdens de duur van de missie brachten de zwaveldioxide-metingen in de bovenste atmosfeer door de instrumenten SOIR, SPICAM (SPectroscopie pour l'Investigation des Caractéristiques Atmosphériques de Mars) en VIRTIS (Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer) een grote variabiliteit aan het licht. Hoewel atmosferische circulatie gelijkaardige resultaten zou kunnen opleveren, was de aanwezigheid van huidige vulkanische activiteit een van de mogelijke verklaringen.

De Venus Express-missie eindigde in 2014, toen het in de dichte atmosfeer van de planeet dook, na het uitvoeren van aerobraking-maneuvres die de ruimtesonde in staat stelde om onontdekte regio's van de atmosfeer te onderzoeken.

De Japanse Akatsuki-orbiter, die in 2015 met succes in een baan om de aarde kwam, blijft tot op heden de enige ruimtesonde die de atmosfeer van Venus bestudeert. Met vier camera's aan boord die elk de planeet op verschillende golflengten observeren, is het belangrijkste doel van de Japanse orbiter om de complexe dynamiek en circulatie aan de wolken top en binnen de wolken te begrijpen.

Zowel de VEx- als de Akatsuki-missies werden ondersteund door waarnemingen vanop de aarde, die nog steeds aan de gang zijn. Waarnemingen aan de grond van HDO en H_2O aan de wolken top met de Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) - in een studie waarbij wetenschappers van het BIRA betrokken zijn - hebben bijvoorbeeld een sterke variabiliteit van dag tot dag aan het licht gebracht. Inzicht in de relaties tussen de temporele variaties van individuele soorten is van cruciaal belang om het mechanisme of de mechanismen te identificeren die deze variaties in de verschillende lagen van de atmosfeer aandrijven.

Er blijven nog veel belangrijke vragen over de huidige staat van Venus; we weten nog steeds niet of de planeet vandaag geologisch actief is en of er vulkaanuitbarstingen plaatsvinden. Door de moeilijkheid om de atmosferische regio's onder het wolkendeck te peilen, missen we belangrijke informatie over de interacties tussen de processen - straling, (foto)chemie en dynamica - die in de verschillende regio's van de atmosfeer spelen.

Wist je dat ...?

Het woord "express" in Venus Express verwijst naar de korte tijd die de ruimtemissie nodig had om de planeet te bereiken, en naar de ongelooflijk korte tijd die nodig was om de missie te ontwerpen en te ontwikkelen. Het duurde min-

der dan vier jaar van de goedkeuring tot de lancering van de ruimtesonde.

Dit was mogelijk door hergebruik van wetenschappelijke instrumenten die met andere ruimtemissies, zoals Mars

Express en Rosetta, vlogen. Het enige instrument dat specifiek voor Venus Express werd ontworpen, was SOIR, dat extreem snel werd ontwikkeld door het team van ingenieur D. Nevejans bij het BIRA.

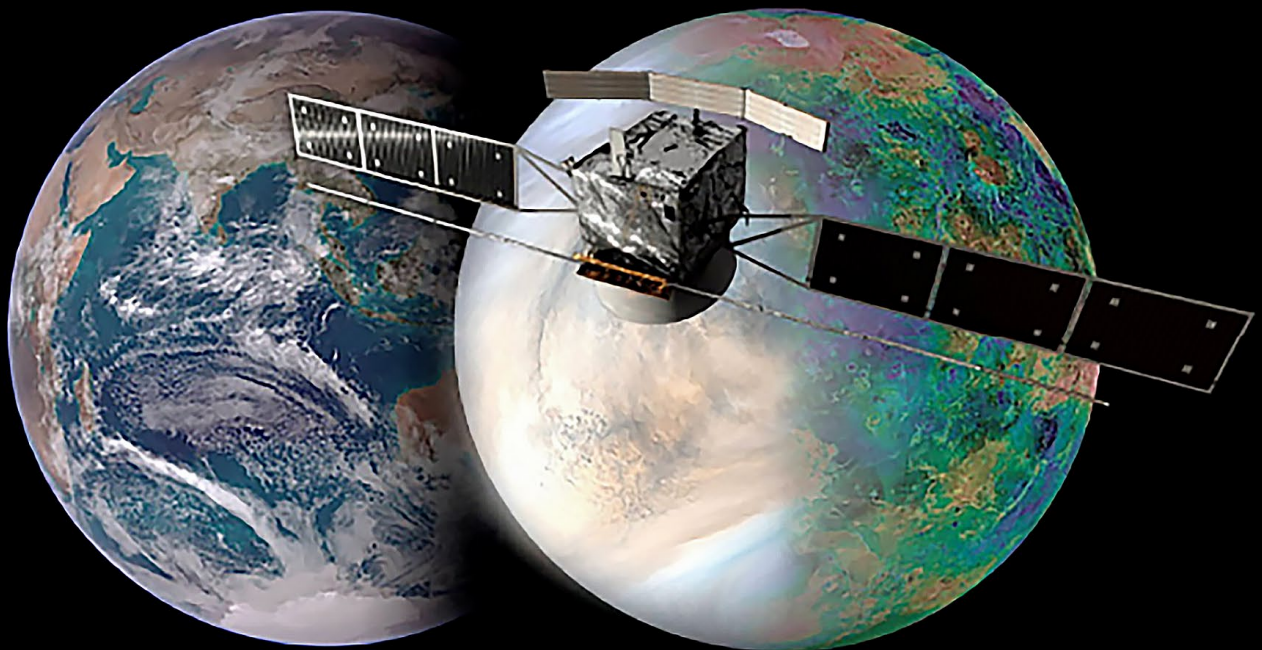
EnVision: ESA's volgende missie naar Venus

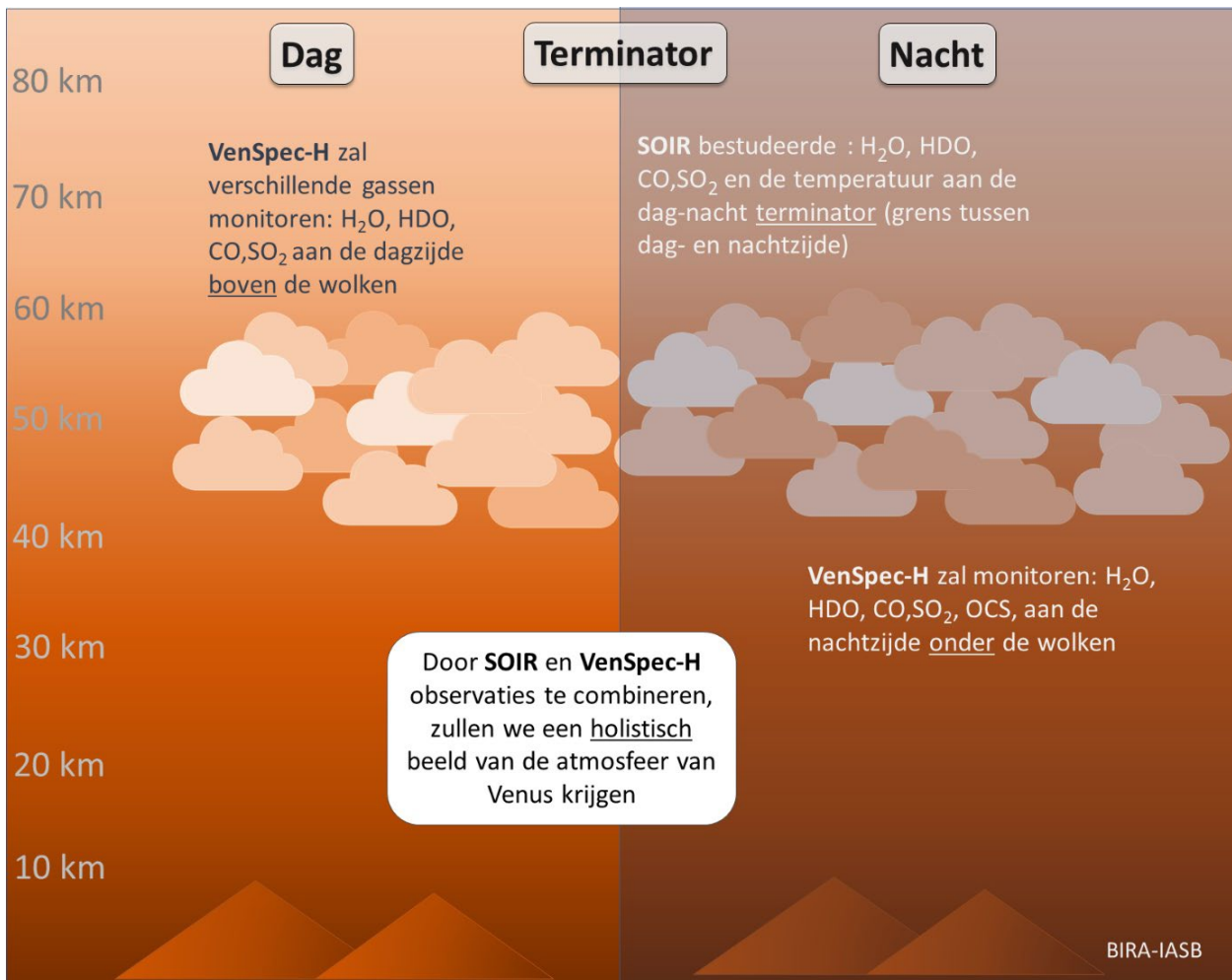
In juni 2021 was er een keerpunt in de geschiedenis van de Venusverkenning toen drie missies geselecteerd werden om terug te keren naar Venus. Twee NASA-missies, DAVINCI (Deep Atmosphere Venus Investigation of Noble gases, Chemistry, and Imaging) en VERITAS (Venus Emissivity, Radio Science, InSAR, Topography, and Spectroscopy), plus de Europese missie EnVision, zullen teruggaan om Venus in het begin van de jaren 2030 te verkennen. De drie missies zullen in synergie werken om de meest uitgebreide studie van Venus ooit te leveren.

EnVision zal in 2031 gelanceerd worden vanaf ESA's Spaceport in Kourou, Frans-Guyana, met een Ariane 62-raket. Het zal 15 maanden duren om Venus te bereiken. Na een aantal maanden van *aerobraking* zal de orbiter in een licht elliptische baan rond de planeet worden gebracht, om dan te beginnen met zijn wetenschappelijke observaties.

De geschiedenis, het klimaat en de evolutie van Venus staan centraal in deze nieuwe Europese missie die de planeet op een nooit geziene manier zal bestuderen, van de kern tot aan de wolken. >>

De EnVision-missie naar Venus zal op zoek gaan naar de redenen waarom de dichtstbijzijnde buurplaneet van de aarde zo verschillend is.
© NASA / JAXA / ISAS / DARTS / Damia Bouic / VR2Planets





Infographic die de onderzoeksdoelen van SOIR en VenSpec-H in kaart brengt.
Credit: BIRA

Een van de instrumenten van de EnVision-payload, VenSpec-H (Venus Spectrometer with High Resolution), wordt geleid door het BIRA. Het is een directe erfenis van het LNO-kanaal (Limb, Nadir and Occultation) van het NOMAD-instrument (Nadir and Occultation for Mars Discovery) aan boord van de ExoMars Trace Gas Orbiter. Het zal een vervolg geven aan onbeantwoorde vragen die door SOIR zijn opgeworpen, zoals het verband tussen de troposfeer onder de wolken en de bovenste atmosfeer, de detecties van variaties van kleine soorten, en hun mogelijke verband met vulkanische activiteiten.

Conclusie

Een van de vele successen van SOIR was de mogelijkheid om verschillende kleine soorten en de thermische structuur in de bovenste atmosfeer van Venus gedurende een lange tijd op te volgen. De grote variabiliteit die werd waargenomen, is nog steeds grotendeels onverklaard. Correlaties tussen verschillende soorten, het verband met de atmosferische regio onder de wolken, evenals de interactie met het oppervlak, zijn nog steeds onbeantwoorde vragen. EnVision, en in het bijzonder VenSpec-H, zal veel van deze vragen beantwoorden dankzij de grote deskundigheid die het BIRA heeft verworven tijdens vroegere planetaire missies.

DE AUTEURS

Arianna Piccialli, Arnaud Mahieux en Séverine Robert zijn onderzoekers in de groep Planetaire aeronomie van het BIRA.

Vertaling: Karolien Lefever, Lucie Lamort en Stéphanie Fratta maken deel uit van de dienst Communicatie & documentatie van het BIRA.

