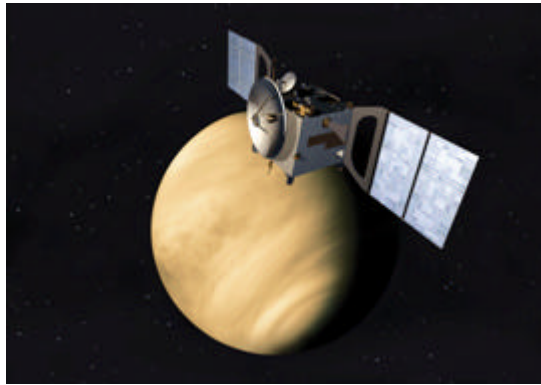


PERSDOSSIER

**Het wetenschappelijk onderzoek van Venus aan
de Koninklijke Sterrenwacht van België
in het kader van de ruimtesonde Venus Express**



© ESA-MEDIALAB



Koninklijke Sterrenwacht van België
Ringlaan 3
1180 BRUSSEL

Contactpersonen: Véronique Dehant, 02/37302 66, v.dehant@oma.be
Tim Van Hoolst, 02/3730668, t.vanhoolst@oma.be
Jan Cuypers, 02/3730234, jan.cuypers@oma.be

Inhoud

Inhoud.....	1
1. Inleiding: het hoe en waarom van de ruimtesonde Venus Express	2
2. De planeet Venus	3
➤ <i>De geschiedenis van de exploratie van Venus</i>	<i>3</i>
➤ <i>Hoe verschilt Venus van de aarde, bekeken van uit de ruimte?.....</i>	<i>4</i>
➤ <i>Waarop lijkt Venus dan wel?</i>	<i>5</i>
➤ <i>Hoe is het weer op Venus?</i>	<i>6</i>
3. De sonde naar Venus	7
➤ <i>Wanneer werd met het project gestart?</i>	<i>7</i>
➤ <i>Wat voor een project is het?</i>	<i>7</i>
➤ <i>Welk scenario wordt gevolgd?.....</i>	<i>7</i>
➤ <i>Wat zijn de wetenschappelijke objectieven?</i>	<i>7</i>
➤ <i>Welke instrumenten zijn er aan boord?.....</i>	<i>8</i>
4. De rol van de KSB	12
➤ <i>Wat gaan we doen?</i>	<i>12</i>
➤ <i>Welke rol speelt VeRa?</i>	<i>12</i>
➤ <i>Hoe kunnen we uit de kennis van het gravitatieveld van een planeet de massaverdeling in het inwendige afleiden?</i>	<i>13</i>
➤ <i>Wie zit er in het team van de KSB?</i>	<i>14</i>

1. Inleiding: het hoe en waarom van de ruimtesonde Venus Express

Voor het onderzoek van de aardse of tellurische planeten, ook wel de steenachtige planeten genoemd, zijn er binnen het 'European Space Agency' (ESA) talrijke projecten. Recent werd met succes de ruimtesonde Mars Express gelanceerd. Deze missie bestudeert het oppervlak, het inwendige en de atmosfeer van de planeet Mars. Op 26 oktober 2005 stuurde de ESA een nieuwe sonde de ruimte in: Venus Express, nu op weg naar de planeet Venus.

De Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) neemt actief deel aan deze missie. De afdeling "Tijd, rotatie van de aarde en ruimtegeodesie", die gespecialiseerd is in de studie van de structuur, de positiebepaling, de vorm en de rotatie van de aarde, heeft ook projecten voor de geodetische en geofysische studie van de andere tellurische planeten. De wetenschappers werken voor deze projecten samen met de ESA. Dankzij hun ervaringen met Mars Express kunnen zij nu aan deze missie deelnemen. Dit is een erkenning van de vakkennis aanwezig op de KSB op het gebied van de planetologie en tevens een duidelijk resultaat van de Belgische investeringen in wetenschappelijk onderzoek in het algemeen en in ruimteonderzoek in het bijzonder.

De planeet Venus is voor de wetenschappers op vele manieren interessant want zij bezit eigenschappen die erg verschillend zijn van de andere planeten. Zij heeft de meest regelmatige baanbeweging om de zon, maar de rotatie om haar as is in de tegengestelde richting van de baan. Venus lijkt erg op de aarde, maar is toch geen exacte kopie. Hoewel we Venus al zeer lang bestuderen, begrijpen we toch maar met stukjes en beetjes waarom zij enerzijds zo lijkt op onze planeet en anderzijds toch zo verschillend is van de aarde.

De planeten van ons zonnestelsel bewegen omheen de zon in bijna-elliptische banen als gevolg van de universele wetten van de zwaartekracht. De verschillen in massa en afstand tot de zon zorgden ervoor dat elke planeet een andere evolutie van de atmosfeer en van de toestand van het aanwezige water (gas, vloeibaar, vast) kende. Elk extra gegeven van deze planeten levert ons meer informatie over ons zonnestelsel en zijn geschiedenis. En zo kunnen we hopen ook meer van onze eigen planeet, de aarde, te begrijpen.

Planeten onderling vergelijken en hun eigenschappen bestuderen is het onderwerp van de vergelijkende planetologie. Het is een onderzoeksdomein op zich. Het doel is op termijn algemene kenmerken van de planeten te weten te komen en hiervoor is het nodig om de overeenkomsten en verschillen te begrijpen. In de praktijk worden voor de vergelijkende planetologie de planeten aan een gedetailleerd onderzoek onderworpen. De planetologen bekijken de planeet vanuit elk mogelijk standpunt, bestuderen alle details en brengen alle resultaten samen in een databank. Daaruit distilleren zij juist die eigenschappen die voor het testen van de modellen van planeetevolutie nodig zijn. Maar omdat hiervoor nog vele elementen ontbreken en op vele andere onderzoeksdisciplines een beroep moet worden gedaan, is dit duidelijk een werk van lange duur.

2. De planeet Venus



De planeet Venus in het ultraviolet.
(bron: NASA)

➤ De geschiedenis van de exploratie van Venus

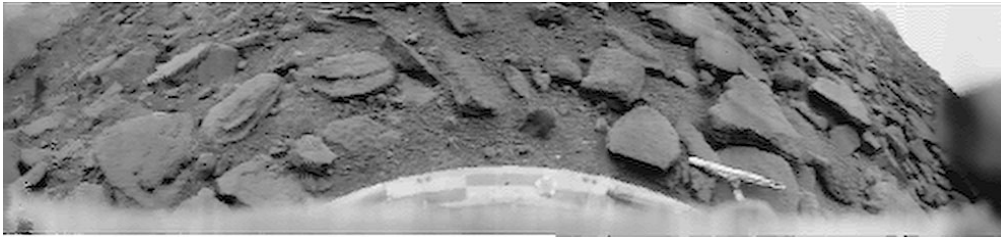
Venus heeft altijd in de belangstelling van de wetenschappers gestaan. We kennen haar als de eerste avondster en de laatste morgenster, het helderste punt aan de hemel. Zoals de andere planeten kreeg zij haar naam in de oudheid, de naam van de godin van de liefde en de schoonheid. Waarschijnlijk kreeg de planeet die naam omdat ze de helderste was. Ze fascineerde ook elke wetenschapper en speelde in sommige ontdekkingen een grote rol. Denken we maar aan de waarneming van de schijngestalten van Venus waarin Galileo een bewijs voor het heliocentrische wereldbeeld van Copernicus zag.

Veel later, toen de mens met sondes de ruimte ging verkennen, stond Venus op de eerste rij. Venus is immers de planeet die het dichtst bij de aarde staat. Zij was ook het onderwerp van vele speculaties. Men dacht indertijd dat de planeet heel veel leek op de aarde. Men hoopte er zelfs een vorm van leven aan te treffen. Omdat Venus dicht bij de zon staat dan de aarde, meende men zelfs een tropisch paradijs in zicht te hebben. De waarnemingen wezen echter op iets totaal anders.

Het onderzoek van Venus met ruimtesondes begon in 1970. Vier van deze ruimtemissies hebben een zeer belangrijke bijdrage geleverd wat betreft de kennis van de karakteristieken van de planeet

Venera 7, een sonde gelanceerd door de Sovjet-Unie in 1970, landde als eerste op de planeet. Zij kon slechts een half uur signalen naar de aarde zenden omwille van de extreme meteorologische omstandigheden op het oppervlak van de planeet.

Venera 9, ook een ruimtetuig van Sovjet-Russische makelij, landde op Venus in 1975. Nu kon informatie over de temperatuur, de atmosferische druk en de samenstelling van de atmosfeer worden doorgezonden. Bovendien stuurde de sonde de eerste foto van het Venusoppervlak naar de aarde en bleef zij gedurende 53 minuten in contact met de aarde.



Zwart-wit beeld van het Venusoppervlak opgenomen door Venera 9. © Don P. Mitchell. All rights reserved.

Daarna landden nog andere Venera-sondes op de planeet. De maximale overlevingstijd was echter slechts 127 minuten.



Her Venusoppervlak in kleur. Een opname door Venera 14, die bewijst dat er ondanks de dichte atmosfeer toch zonlicht op het oppervlak doordringt! © Don P. Mitchell. All rights reserved.

Pioneer Venus was een Amerikaans project uit 1978 in twee fasen. Eerst werd een sonde in een baan om Venus gebracht om radarbeelden van de planeet te maken. In de tweede fase werden drie sondes neergelaten in de Venusatmosfeer. Zij konden elk van een twintigtal experimenten metingen doorsturen. Het grootste deel van wat we nu weten over de atmosfeer van de planeet Venus verkregen we dankzij deze sondes.

Verwijderd: gingen

Magellan was een Amerikaanse missie die van 1989 tot 1994 radarbeelden van de planeet doorstuurde om het oppervlak van Venus gedetailleerd in kaart te brengen. Dankzij Magellan is 98% van het planeetoppervlak in kaart gebracht en hebben de wetenschappers nu een algemeen beeld van het oppervlak van de planeet.

Dankzij deze ruimtesondes beschikken we nu over heel wat informatie over onze zusterplaneet. Maar hoewel een aantal vragen beantwoord zijn, roepen de antwoorden nieuwe problemen, waarvan we hopen dat Venus Express ze zal kunnen oplossen. Laten we eerst samenvatten wat we nu al weten.

➤ Hoe verschilt Venus van de aarde, bekeken van uit de ruimte?

Venus en de aarde zijn zo goed als even groot, ze hebben dezelfde massa en dezelfde dichtheid. Zij zijn ook even oud, want ze zijn samen met de rest van het zonnestelsel ongeveer 4,5 miljard jaar geleden uit dezelfde nevel ontstaan. Omwille van deze gelijkenissen dacht men nog tot aan het begin van het ruimtevaarttijdperk dat Venus en de aarde zusterplaneten waren.

Venus staat 30% dichterbij de zon (op 108 miljoen km) dan de aarde (149,6 miljoen km). Beide planeten beschrijven een ellipsbaan omheen de zon. Venus heeft van alle planeten de kleinste excentriciteit, dat wil zeggen dat haar baan het meest op een cirkel lijkt. De duur van een volledige baan om de zon, een Venusjaar, duurt ongeveer 225 aardse dagen. De planeet draait echter maar heel langzaam omheen haar as, eenmaal in 243 aardse dagen, en een Venusdag, de tijd tussen twee opeenvolgende middagen, duurt ongeveer 117 dagen!

Opmerking [tvh1]: Dit is een siderische dag, de echte zonnedag is heel wat korter, ongeveer 118 dagen denk ik

Opmerking [tvh2R1]: Snel even nagerekend en ik kom op 117 dagen uit.

Verwijderd: zodat een siderische Venusdag liefs

Verwijderd: t...

Verwijderd: 2

Verwijderd: en een solarische dag is

Verwijderd: 8

Verwijderd: . Een jaar op Venus is bijgevolg korter dan eendag

Venus heeft nog een andere speciale eigenschap: ze draait **retrograad** om haar as. Dat wil zeggen dat ze in de andere richting draait vergeleken met de andere planeten. De zon komt er bijgevolg op in het westen en gaat er onder in het oosten.

Opmerking [tvh3]: Retrograde ?

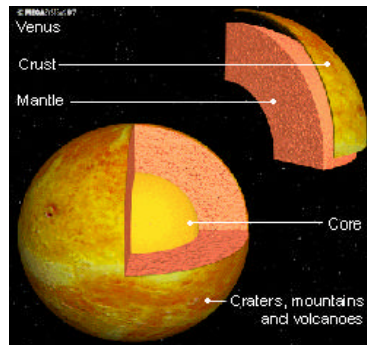
Opmerking [tvh4R3]: OK, beide juist volgens Van Dale

Op het gebied van structuur is Venus een tellurische planeet, een planeet zoals de aarde. Tellurische planeten verschillen van een planeet zoals Jupiter, die een gasreus is. Het inwendige van Venus zou bestaan uit een **waarschijnlijk** vloeibare kern en een vaste, viskeuze mantel. Alles is ingebed in een vaste korst. De binnenkern en de vloeibare buitenkern bestaan vooral uit ijzer en nikkel.

Opmerking [tvh5]: Dit is niet geweten, maar er is eerder een consensus over dat er geen vaste binnenkern is wegens de afwezigheid van een magnetisch veld

Verwijderd: vaste binnenkern, daar omheen een

Verwijderd: buiten



De structuur van de aarde lijkt op die van Venus. Samen met de rotatie zorgt dit soort structuur voor een inwendig magneetveld in onze planeet. De ijzerdeeltjes van de vloeibare buitenkern zakken naar binnen om er mee de vaste binnenkern te gaan vormen. Deze bewegingen doen een magneetveld ontstaan. Indien dit ook gebeurt bij Venus, zou de planeet ook een magneetveld moeten hebben. Maar dat is door de ruimtesondes nog niet gedetecteerd. Ofwel heeft de planeet geen magneetveld, maar dan moet gezocht worden naar de wetenschappelijke verklaring daarvan, ofwel is het magneetveld veel zwakker dan het aardse en dan willen we ook begrijpen waarom dat zo is.

➤ **Waarop lijkt Venus dan wel?**

Van op de aarde lijkt Venus een prachtige en heldere planeet, maar onder het wolkendek van bijna 20 km dik, schuilt een vijandig landschap: de planeet is bedekt met vulkanen, lavastromen en kraters. Actief vulkanisme is echter nog niet waargenomen, maar dat wil niet zeggen dat het helemaal is opgehouden. Men weet wel dat Venus twee perioden van grote vulkanische activiteit heeft gehad, in tegenstelling tot de aarde waar de vulkanische activiteit continu doorgaat. De lavastromen op de vlakten zijn de sporen van een vulkanisch actieve periode, zo een 500 miljoen jaar geleden. In die tijd werd er continu lava naar buiten geduwd. In de tweede periode van vulkanische activiteit, die slechts een tiental miljoen jaar geleden gestopt is, zijn de vulkanische gebergten gevormd.

Het oppervlak van de planeet is ook bezaaid met kraters die vaak een diameter van meer dan 2 km hebben. Sommige zijn van vulkanische oorsprong, andere zijn impactkraters gevormd door inslaande meteorieten. Hier laat de grootte vermoeden dat alleen de grote brokken het oppervlak bereiken: de kleintjes worden door de atmosfeer tot stof herleid. In tegenstelling tot de kraters op aarde merken we nauwelijks erosie bij de Venuskraters, maar de afwezigheid van water lijkt dat te verklaren. Toch is dat niet het volledige antwoord want ook de wind kan erosie veroorzaken.

Op geologisch gebied kunnen we Venus als een grote vlakte beschouwen, met uitzondering van twee immense gebieden, Aphrodite Terra en Ishtar Terra, waarin we hoge plateaus aantreffen. In het gebied Ishtar Terra bevinden zich de hoogste toppen van Venus. Daarbij Mont Maxwell, met een hoogte van 11 km flink wat hoger dan de aardse Mount Everest (8,848 km). Het gebied is ongeveer zo groot als Australië en het ligt in het noordelijke halfrond van de planeet. Aphrodite Terra is iets kleiner dan Afrika en bevindt zich in de buurt van de equator van Venus. Het Venusoppervlak kent geen tektonische platenactiviteit.

➤ Hoe is het weer op Venus?

De temperatuur aan het oppervlak van Venus is ongeveer 480°C (de hoogste temperatuur die we op de planeten van ons zonnestelsel aantreffen!). Deze uitzonderlijk hoge temperaturen zijn niet te verklaren door de kleine afstand van de planeet tot de zon alleen. De planeet Mercurius staat immers dicht bij de zon maar heeft toch een lagere gemiddelde temperatuur. Medoorzaak is het gigantische broeikas effect dat op Venus werkzaam is als gevolg van de grote hoeveelheden van koolstofgas in de atmosfeer.

Deze hoge temperatuur zorgt ervoor dat er geen water op Venus voorkomt. De dikke wolken rond de planeet bestaan vooral uit zwavelzuur. De zure regen verdampt echter vooraleer de grond te bereiken. Op Venus is het altijd zeer onweerachtig en stormwinden jagen de wolken in vier aardse dagen omheen de planeet. Het dondert er constant: het geluid kan zich omwille van de dichtheid van de atmosfeer zeer goed voortplanten.

De atmosferische druk op Venus is totaal verschillend van deze op aarde: liefst 92 maal groter. Hierdoor krijgen we de extreme klimatologische omstandigheden op de planeet Venus: de atmosfeer is zeer dicht en 96% ervan is koolstofgas en 3% stikstof (tegenover 77% stikstof en 22% zuurstof voor de aardse atmosfeer). Wetenschappers menen dat de samenstelling van de atmosfeer oorspronkelijk leek op deze van de aarde. De afwijkende evolutie ervan wordt verklaard door het koudere klimaat van de aarde omdat die verder van de zon staat. In het begin was alleen de afstand tot de zon bepalend voor de temperatuur en op de koele aarde kon de waterdamp toen in de vorm van oceanen op het oppervlak condenseren. Zo kon ook het gehalte aan koolstofgas in de atmosfeer verminderen en kwam er, gelukkig voor ons, geen broeikas effect zoals op Venus om de aarde extra op te warmen.

3. De sonde naar Venus

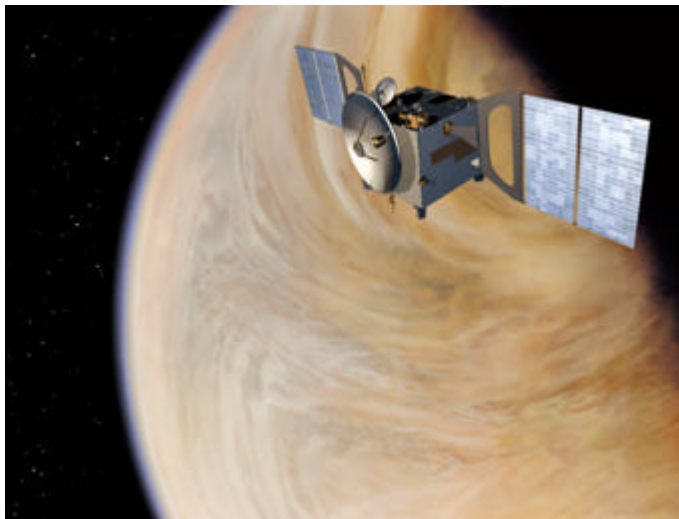
De ruimtesonde Venus Express, zoals we die nu kennen, is gebaseerd op het model van de Mars Express. Deze werd ontworpen in de periode tussen 1998 en 2003 (het jaar van haar lancering), wat wel een zeer korte periode is voor zo een ruimtemissie. Vandaar dat de missie in de naam het woord Express mee kreeg.

➤ Wanneer werd met het project gestart?

In 2001, toen de sonde Mars Express nog niet gelanceerd was, vroeg de ESA naar nieuwe projecten die gebruik konden maken van de technologie die voor Mars Express was ontwikkeld. Drie projecten kwamen uit de bus maar Venus Express haalde het.

➤ Wat voor een project is het?

In oktober 2005 werd de sonde naar Venus gezonden. Het is de bedoeling dat het ruimtetuig in een baan omheen Venus terechtkomt om met de verschillende instrumenten aan boord de planeet te gaan bestuderen.



Artistiek impressie van de Venus bij Venus.
(bron: ESA-MEDIALAB)

➤ Welk scenario wordt gevolgd?

De lancering van de raket Soyouz-Fregat met de ruimtesonde aan boord vond plaats op 9 november 2005 vanaf de Kosmodroom van Baikonoer in Kazachstan. De reis duurt 153 dagen en de sonde komt in een baan omheen Venus op 11 april 2006. Na enkele delicate manoeuvres om in de juiste baan te geraken, begint de sonde dan aan het echte werk. Zij zal 2 Venusdagen actief blijven, dat is ongeveer 500 aardse dagen.

➤ Wat zijn de wetenschappelijke objectieven?

Vele vragen over Venus blijven nog onbeantwoord en er zullen nog heel wat wetenschappelijke missies nodig zijn om onze kennis van deze planeet op peil te brengen. Met de experimenten aan boord van Venus Express wil de ESA zich vooral op drie aspecten

van de planeet concentreren: de atmosfeer, de details van het oppervlak en het plasma omheen de planeet.

Plasma is een gas dat vooral uit elektrisch geladen deeltjes bestaat. We vinden het overal in ons zonnestelsel: in de corona omheen de zon, maar ook in de zonnwind die in contact komt met de planeetatmosferen en zo een wederzijdse interactie op gang brengt. De wetenschappers willen meer te weten komen over deze effecten en hun omvang. We weten al dat de zonnwind een belangrijke rol kan spelen in de evolutie van een planeetatmosfeer. De gaslaag omheen een planeet wordt erbij gehouden door de zwaartekracht: des te meer massa de planeet heeft, des te groter is de aantrekkingskracht en des te beter blijft de atmosfeer rond de planeet behouden. Nu en dan ontsnappen er deeltjes uit die atmosfeer, dat hoort bij de gewone evolutie van een atmosfeer. De zonnwind die de atmosfeer bereikt, kan de deeltjes echter aantrekken en hun ontsnapping versnellen. Zo beïnvloedt de zonnwind de levensduur van de atmosfeer van een planeet.

➤ **Welke instrumenten zijn er aan boord?**

De instrumenten van de sonde Venus Express zijn hoofdzakelijk verbeterde versie van deze die voor Mars Express ontwikkeld waren.

ASPERA (Analyser of Space Plasma and Energetic Atoms):

Dit apparaat analyseert het plasma en de energetische atomen, zodat de interactie tussen het plasma en de Venusatmosfeer kan bestudeerd worden. Hierdoor hopen de wetenschappers beter de onderliggende processen te begrijpen. Omdat ook de aardatmosfeer door de zonnwind wordt beïnvloed, kunnen we iets bijleren over de mechanismen in onze eigen omgeving.

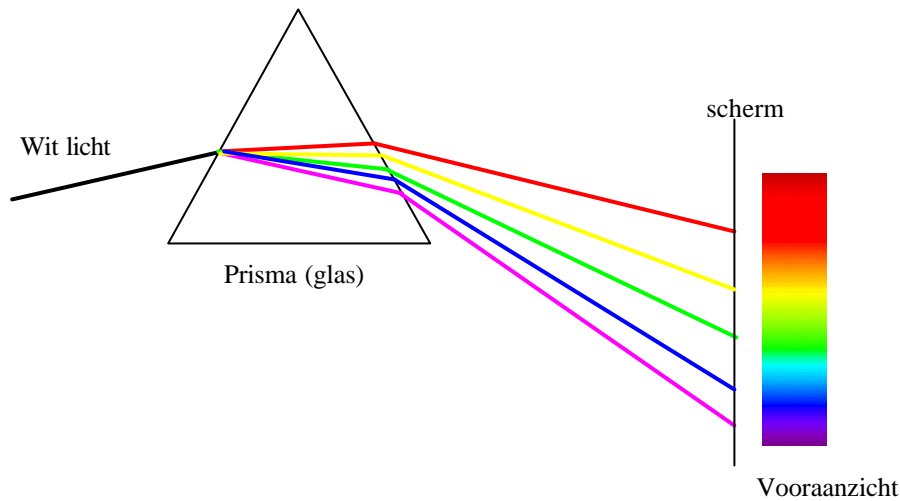
MAG (Magnetometer):

Een magnetometer meet de sterkte van de magneetvelden. Voor deze missie worden twee magneetvelden geïmplementeerd: het magneetveld dat van de zon komt en waarin het plasma zich bevindt (MAG en ASPERA zullen hiervoor complementaire gegevens bevoorzorgen) en het magneetveld van de planeet Venus zelf, indien dat bestaat en meetbaar is.

PFS (Planetary Fourier Spectrometer):

Deze spectrometer is gevoelig in het infrarood en ontworpen om een verticale doorsnede van de atmosfeer van Venus te creëren. De interactie van materie en straling is in een spectrum merkbaar. Een spectrum is een uitsmering van het licht volgens golflengte. Voorbeelden zien we bij de regenboog of bij een prisma zoals hierbij aangegeven. Het spectrum hangt af van de structuur en de samenstelling van de materie. Door het te analyseren met de spectrometer krijg je informatie over de samenstelling van de materie waar het licht doorheen ging.

Dit instrument dient vooral om de atmosfeer van Venus te onderzoeken. De wetenschappers hopen er de hoeveelheid en de verdeling van de meeste bestanddelen van de atmosfeer mee te bepalen, ook deze van de meest zeldzame, en de fysische eigenschappen van deze bestanddelen mee te bestuderen. Ook de interactie tussen zon en atmosfeer wordt met dit instrument bekeken.



Het spectrum, bevat naast het zichtbare licht ook een component van de (onzichtbare) ultraviolette en infrarode golflengten. Deze laatste worden door de spectrometer PFS gedetecteerd. Bron: site pédagogique Opticol.¹

SPICAV-SOIR (Spectroscopy for Investigator of Characteristics of the Atmosphere of Venus - Solar Occultation in the Infra Red):

Dit is een spectrometer die zowel in het ultraviolet als in het infrarood kan waarnemen, omdat er twee kanalen op voorzien zijn. Deze configuratie werd ook al gebruikt aan boord van Mars Express. Nu is er ook een extra kanaal voor waarneming van de zon in het infrarood doorheen de Venusatmosfeer. Het experiment SOIR (Solar Occultation in het Infra-Red) is grotendeels van Belgische makelij en laat toe de atmosfeer van Venus in nog meer detail te bestuderen. Wetenschappers van het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie (BIRA) werken mee aan deze experimenten.

VIRTIS (Visible and InfraRed Thermal Imaging Spectrometer):

Deze spectrometer is gevoelig voor een aantal golflengtegebieden in het ultraviolette, het zichtbare en het infrarode licht. Deze golflengtegebieden geven informatie over verschillende lagen van de Venusatmosfeer: over de wolken die zich daar bevinden, maar ook over de temperatuursverdeling op het oppervlak en de interactie tussen grond en atmosfeer. Van dit instrument worden ook beelden van Venus in ware kleuren verwacht.

VMC (Venus Monitoring Camera):

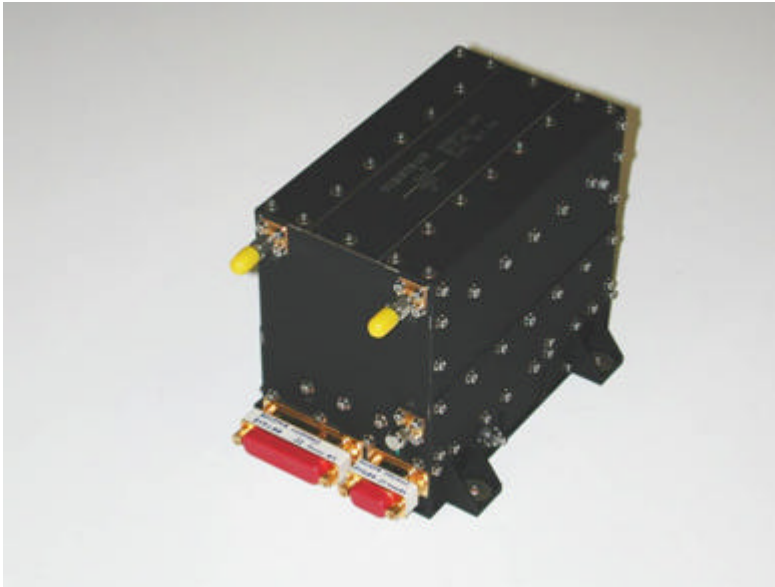
Deze multikanalencamera met grote openingshoek kan op bepaalde golflengten in het ultraviolette, het zichtbare en het nabije infrarode licht (met net iets langere golflengte dan het zichtbare rood) waarnemingen doen en dit volgens een nieuw design. Het instrument levert een belangrijke bijdrage voor de beeldoutput van de ruimtemissie: het kan de informatie van

¹ www3.sympatico.ca/mohamed.ghanassi/cours.htm Copyright © 2003 Mohamed Ghanassi. Alle rechten voorbehouden.

de andere instrumenten in het juiste beeld plaatsen en ook een hulp zijn voor de navigatie. Het instrument is ook geoptimaliseerd voor de studie van een tot nu toe niet geïdentificeerd absorptiefenomeen in het ultraviolet in de bovenlaag van de wolken Dit was door de missie PIONEER ontdekt. Zo worden de bewegingen van de wolken gevolgd en in kaart gebracht en kunnen de dynamische processen in de atmosfeer bestudeerd worden. Ook de andere spectrometers (SPICAV, VIRTIS en PFS) onderzoeken dit fenomeen.

Met de VMC zullen ook kaarten van de oppervlaktehelderheid van de planeet gemaakt worden en zal er naar vulkanische activiteit gezocht worden. Dit kan omdat het nabije infrarood doorheen de wolken kan doordringen.

VeRa (Venus Radio science):



Het instrument waarmee de VeRa experimenten wordt uitgevoerd
Foto van Bernard Haeusler, VeRa PI.

Dit experiment heeft een aantal onderling wel verschillende doelstellingen.

De ionosfeer en de neutrale (niet-geïoniseerde) atmosfeer van Venus zal onderzocht worden met behulp van radiogolven die de ruimtesonde rechtstreeks doorheen de atmosfeer naar de aarde zal sturen of die na weerkaatsing op het Venusoppervlak de aarde zullen bereiken. Zo krijgt men enerzijds een sondering van de ionosfeer van Venus vanaf een hoogte van 80 km tot aan de ionopause die zich in functie van de sterkte van de zonnwind tussen 300 en 600 km boven het oppervlak begint. Anderzijds is er een sondering van de neutrale atmosfeer vanaf de hoogte van de wolken (35 tot 40 km) tot ongeveer 100 km. Hoe verkrijgen we deze gegevens? Wanneer de sonde op het punt staat achter Venus te verdwijnen, gaan de radiogolven die zij uitzendt in de richting van de aarde, doorheen de atmosfeer van Venus en ondergaan zij storingen. Door de ze storingen te analyseren komt de wetenschapper meer te weten over de samenstelling van die atmosfeer.

Met het experiment VeRa is ook de studie van het oppervlak van Venus mogelijk. Concreet kunnen de diëlektrische eigenschappen en de ruwheid samen met de chemische samenstelling van de bodem worden bepaald. Het experiment steunt hier op twee fysische eigenschappen van de gesteenten van de tellurische planeten (Mercurius, Venus, Aarde en Mars): zij kunnen

elementen bevatten die elektrisch geleidend zijn en zij sturen de golven die op hen invallen, in gewijzigde vorm terug volgens de regels van diffractie. Wanneer men van de microgolven die naar het Venusoppervlak gezonden werden, de mate van diffractie meet bij ontvangst, krijgt men informatie over de samenstelling van de Venusbodem.

Met VeRa zal men ook de zonnecorona kunnen bestuderen en daaruit de storingen in de zonnewind kunnen afleiden. Dit gebeurt op het ogenblik van conjuncties (samenstanden) van de planeet Venus met de zon vanuit de aarde bekeken. Hetzelfde principe als voor de Venusatmosfeer wordt toegepast: de door de sonde uitgestuurde radiogolven gaan doorheen de corona en uit de storingen die het signaal heeft ondergaan, kan de wetenschapper informatie over de samenstelling van de corona afleiden.

Tenslotte geeft de studie van de radiocommunicatie tussen de aarde en een ruimtesonde zeer precieze informatie over de baan die de sonde omheen een planeet volgt en over de storingen die zij daarbij ondergaat. Hieruit kan de verdeling van de massa in het inwendige en op het oppervlak van de planeet afgeleid worden. Deze taak zal de Koninklijke Sterrenwacht van België bij deze missie op zich nemen.

4. De rol van de KSB

➤ Wat gaan we doen?

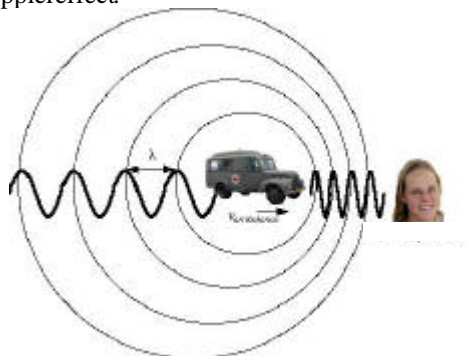
De Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) neemt deel aan de missie Venus Express via de analyse van de gegevens bekomen met het radio-experiment VeRa, dat in detail werd beschreven bij de instrumenten van deze missie. Het doel is de studie van de massaverdeling van de planeet Venus. Deze verdeling wordt beïnvloed door de trage bewegingen van materie in de viskeuze mantel van de planeet en de vorm van het oppervlak (de topografie). Terwijl andere onderzoekers zich concentreren op de atmosfeer van Venus, kijkt de KSB naar haar gravitatieveld. Zo komen we meer te weten over het inwendige van de planeet.

Wat is een gravitatieveld? Het gaat terug op het principe van de aantrekking van massa's zoals ontdekt door Newton. Deze aantrekking hangt af van de massa's zelf en van hun onderlinge afstand: zij is sterker naarmate de massa's groter zijn maar neemt af naarmate de onderlinge afstand groter is. Het geheel van massa binnen en op het oppervlak van een planeet veroorzaakt een versnelling in elk punt buiten de planeet. De versnellingen in al deze punten vormen het gravitatieveld.

Het gravitatieveld van de planeet Venus was nog maar gedeeltelijk gekend uit gegevens van vroegere ruimte sondes. Nu zal de KSB, dankzij de sonde Venus Express en speciaal het radio-experiment VeRa, de beschrijving van dit gravitatieveld kunnen vervolledigen.

➤ Welke rol speelt VeRa?

Voor het experiment VeRa gebruiken de wetenschappers de radiogolven voor contact met de aarde. Zij volgen er het traject van de sonde in haar baan omheen Venus mee omdat de sonde de versnellingen ten gevolge van het gravitatieveld van de planeet ondergaat. Voor het experiment meet men de variaties in de frequenties van deze golven. Deze variaties worden veroorzaakt door het Dopplereffect.



Het Dopplereffect

Bron: Universiteit van Cambridge

Het principe van het Dopplereffect kennen we van het geluid van de rijdende ambulance: wanneer deze naar ons toekomt, wordt het geluid hoger, wanneer die van ons weg rijdt, wordt het signaal lager. Omwille van de beweging van de bron wordt de frequentie van het signaal gewijzigd. Wie het signaal hoort of ontvangt, kan aan de hand van de wijzigingen in de frequentie de snelheid van de verplaatsing berekenen.

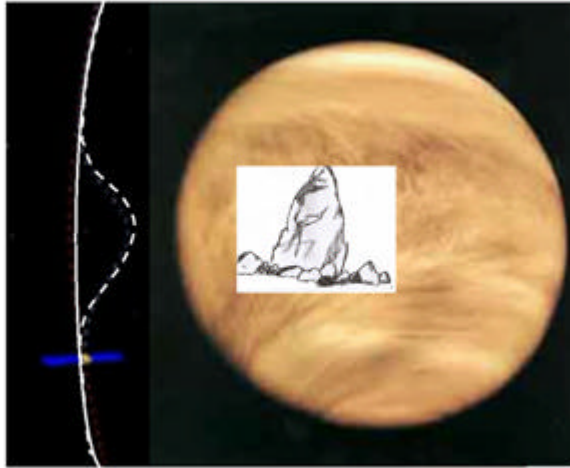
Van op aarde worden op regelmatige tijdstippen radiogolven naar de ruimtesonde gestuurd. Deze golven worden aan boord van de sonde ontvangen en door de transponder van VeRa terug naar de aarde gezonden. De verplaatsing van de sonde verandert de frequentie van het signaal zoals het door de antennes op aarde wordt ontvangen. Zulke antennes vindt men bv. in New Norcia in Australië (NNO, zie foto). De analyse van het Dopplereffect in deze signalen geeft de snelheid van de sonde.



De Antenne NNO van de ESA in New Norcia in Australië
Bron: ESA

➤ **Hoe kunnen we uit de kennis van het gravitatieveld van een planeet de massaverdeling in het inwendige afleiden?**

Dit steunt op het principe van Newton: de aantrekkingskracht van een lichaam hangt af van de massa. Indien er ergens op of in de planeet extra massa aanwezig is, zal de aantrekking daar groter zijn. Indien de ruimtesonde versnelt en afwijkt van haar voorziene traject in de richting van de planeet, betekent dat dat er op die plaats op Venus (niet al te ver van het oppervlak) een concentratie van massa aanwezig is.



Wanneer de sonde passeert boven een planeet met homogene massaverdeling, volgt zij een regelmatig traject (volle lijn); wanneer er een anomalie is in de massaverdeling (voorgesteld door de wat extra rotsen op de planeet) wijkt de sonde van haar traject af (stippellijn).

➤ **Wie zit er in het team van de KSB?**

Prof. V. Dehant : « Co-Investigator » van het experiment VeRa, Afdelingshoofd aan de KSB;
Prof. T. Van Hoolst (Leider van het project 'Geodesie en geofysica van de aardse planeten), stafmedewerker aan de KSB;

Dr. V. Lainey, Dr. N. Rambaux en Dr. O. Verhoeven, postdoctoraal onderzoekers met contractaan de KSB (resp. contract van de Europese Unie, van de ESA en het Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS));

Dr. M. Beuthe, Dr. O. Karatekin, [Dr. S. Lemaistre](#) et Dr. P. Rosenblatt, wetenschappers onder contract PRODEX (Belgisch Federaal Wetenschapsbeleid) aan de KSB;

J. Duron, G. Pfyffer en A. Rivoldini doctoraatsstudenten aan l'Université catholique de Louvain en KSB.

Verwijderd: Eng