

NOMAD, een spectrometer op weg naar Mars

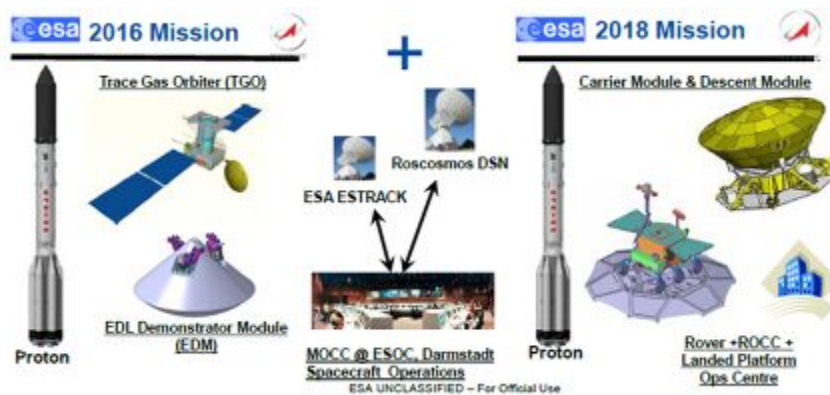
Sofie Delanoye (Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie)

IN 2009 BESLISTEN DE ESA EN de NASA om samen hun schouders te zetten onder een missie naar Mars: de ExoMars missie. De missie zal uit twee delen bestaan: een orbiter TGO (Trace Gas Orbiter) die rond Mars zal cirkelen met een lander module EDM (Entry and Descent demonstrator Module), die de naam Schiaparelli kreeg, aan boord en een rover. De lancering van de orbiter is voorzien voor januari 2016. De rovermissie zal naar de rode planeet vertrekken in 2018.

EXOMARS

Antwoord vinden op de vraag of er leven is (gewest) op Mars is het belangrijkste doel van de ExoMars missie. Daarnaast staan onderzoek naar de gassen in de atmosfeer van Mars en hun bronnen en een studie van water en de geochemische omgeving op het programma. Bovendien wil ExoMars ook een aantal technologieën uittesten. De lander module moet de kennis over landen op het oppervlak van een planeet vergroten ter voorbereiding van de rovermissie. ExoMars zal ook nieuwe technologieën bevatten voor het nemen en analyseren van stalen van het oppervlak. Dit moet helpen om in de toekomst een missie te realiseren waarbij stalen van Mars naar de Aarde gebracht worden.

Oorspronkelijk stond de ESA in voor de ontwikkeling en constructie van de orbiter en de lander module Schiaparelli. De NASA zou de lanceerraketten leveren en zorgen voor de landingssystemen voor Schiaparelli en de rover. Beide organisaties zouden instrumenten ontwikkelen voor aan



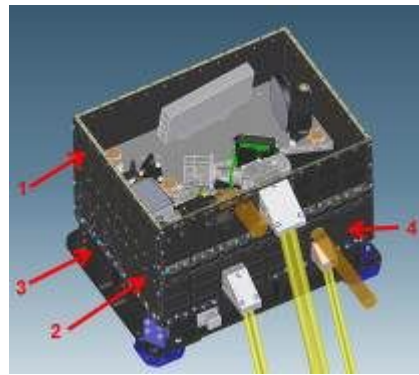
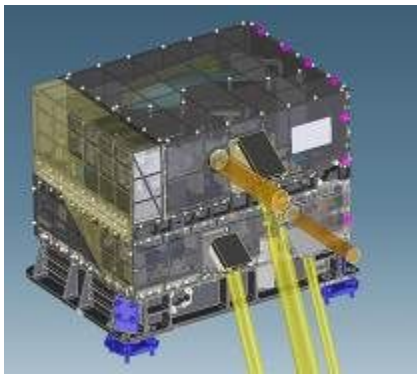
Figuur 1. Overzicht van de beide delen van de ExoMars missie: de 2016 missie met orbiter en EDM lander module Schiaparelli en de 2018 missie met de rover.

boord van de orbiter. Eind 2012 besliste de NASA echter om uit de missie te stappen. In allerijl moest de ESA op zoek naar een nieuwe partner. Die werd gevonden in het Russische ruimtevaartagentschap Roscosmos. In plaats van met Amerikaanse ATLAS raketten zullen de 2016 en 2018 missies gelanceerd worden met Russische Proton raketten. De Amerikaanse instrumenten op de orbiter werden vervangen door Russische en Roscosmos zorgt ook voor de landingssystemen voor de lander module en voor de rover. De uiteindelijke ExoMars missie is voorgesteld in figuur 1.

Voor België is vooral de orbitermissie belangrijk. Het enige instrument dat er al van bij de start bij is, is NOMAD en dit instrument is van Belgische makelij. De PI (Principal Investigator), die verantwoordelijk is voor het project en het instrument, is Ann Carine Vandaele van het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie BIRA-IASB. De andere instrumenten op de orbiter zijn een spectrometer ACS en een neutron- en stralingsdetector FREND, allebei Russi-

sche instrumenten, en een hoge resolutiecamera CaSSIS ontwikkeld in Zwitserland.

De lancering van de orbitermissie is voorzien voor januari 2016. Na een reis van 9 maanden komt de orbiter aan bij Mars waarbij dan eerst de lander module Schiaparelli neergelaten wordt op het oppervlak. Dit is gepland voor oktober 2016. Schiaparelli heeft een aantal wetenschappelijke instrumenten aan boord, maar door de beperkte levensduur van de batterijen zal de wetenschappelijke missie maar kort zijn. De orbiter zelf gaat dan een aerobraking fase in. Dit wil zeggen dat de orbiter door middel van de atmosfeer langzaam afremt en zijn baan wijzigt tot de gewenste baan bereikt wordt. Dit zal tot midden 2017 duren. Dan pas kan de wetenschappelijke missie van start gaan en beginnen de instrumenten aan hun taak. De wetenschappelijke missie van de orbiter zal ten minste een Marsjaar (= 687 aarddagen) duren. Nadien dient de orbiter als data relay voor de rover en zal er minder wetenschap gedaan kunnen worden.



Figuur 2. NOMAD, de gele cilinders geven de zonneoccultatiekijkrichtingen aan, de oranje cilinders de nadir kijkrichtingen. Links: CAD tekening van hoe NOMAD eruit ziet, rechts: zonder 'deksel', (1) SO-kanaal, (2) LNO-kanaal, (3) elektronicasectie, (4) UVIS-kanaal.

NOMAD

NOMAD staat voor Nadir and Occultation for MARS Discovery. Het instrument bestaat uit 3 kanalen: 2 infrarode kanalen SO en LNO en een UV-zichtbaar kanaal UVIS (figuur 2).

Het SO-kanaal is een kopie van het instrument SOIR dat zich al aan boord van de ESA Venus Express missie bevond. LNO is een verbeterde versie van ditzelfde instrument. UVIS is een Brits instrument, oorspronkelijk ontworpen voor het ExoMars Humboldt landerproject.

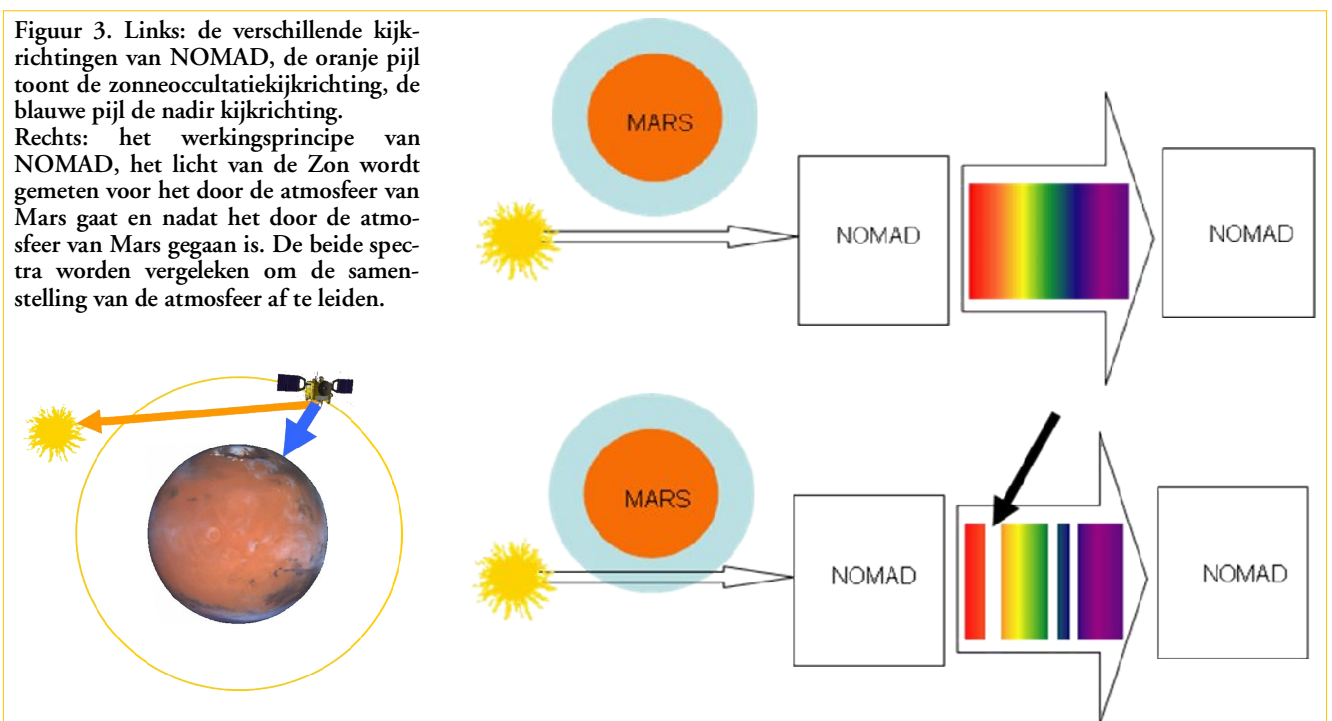
Meettechnieken

De drie kanalen gebruiken het licht van de Zon als bron om de samenstelling van de atmosfeer van Mars te analyseren. Het SO (Solar Occultation) kanaal gebruikt het infrarode deel (2.3–4.3 μm) van het zonlicht en kan enkel zonneoccultatiemetingen uitvoeren. Hierbij meet het instrument tijdens zonsopgang of -ondergang het zonlicht nadat het door de atmosfeer van Mars gegaan is en vergelijkt het gemeten spectrum met het spectrum van de Zon buiten de

atmosfeer. De moleculen in de atmosfeer absorberen bepaalde golflengtes. Door analyse van de verdwenen golflengtes kan afgeleid worden welke moleculen aanwezig zijn in de atmosfeer en in welke concentratie.

Het LNO (Limb, Nadir and Occultation) kanaal is ook gevoelig in het infrarode gebied (2.3–3.8 μm). Hoewel het ook occultatiemetingen kan uitvoeren, naast limbmetingen, is het eigenlijk ontwikkeld voor nadirmetingen. Bij nadirmetingen wordt naar het oppervlak van de planeet gekeken en wordt het licht dat weerkaatst of uitgezonden wordt door het oppervlak gemeten. Ook dit licht wordt vergeleken met het spectrum van de Zon. Omdat het gemeten licht veel zwakker is dan bij zonneoccultatiemetingen, moet het instrument aangepast worden om de gevoeligheid te verhogen en zo voldoende signaal te krijgen. Er werd eerst beslist om een deel van het LNO-kanaal te koelen tot -100°C met een speciaal daarvoor ontworpen radiator. Vermits infraroodstraling warmtestraling is, kan de gevoeligheid van een instrument verhoogd worden door het af te koelen. Dit vermindert de achtergrondstraling, de straling die het instrument

Figuur 3. Links: de verschillende kijkrichtingen van NOMAD, de oranje pijl toont de zonneoccultatiekijkrichting, de blauwe pijl de nadir kijkrichting. Rechts: het werkingsprincipe van NOMAD, het licht van de Zon wordt gemeten voor het door de atmosfeer van Mars gaat en nadat het door de atmosfeer van Mars gegaan is. De beide spectra worden vergeleken om de samenstelling van de atmosfeer af te leiden.



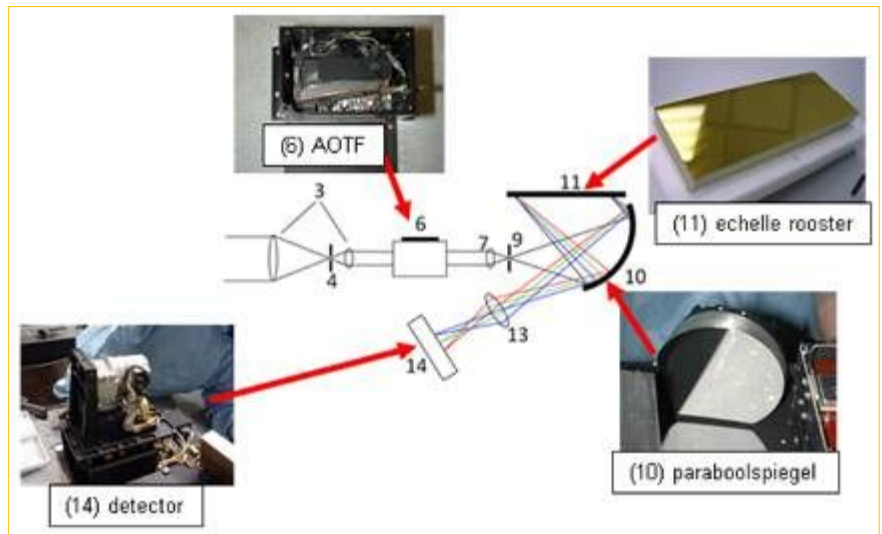
zelf produceert, waardoor zwakkere signalen kunnen gemeten worden. Bij ruimtemissies is de massa van het instrument zeer beperkt. Een satelliet kan maar een bepaalde massa dragen. Door de extra radiator werd NOMAD te zwaar. Er werd dan ook beslist de radiator niet te voorzien. Door andere aanpassingen, bijvoorbeeld grotere optische elementen, langere meettijd, kan toch voldoende signaalgevoeligheid bekomen worden.

UVIS kan zowel zonneoccultatiemetingen, nadirmetingen en limbmetingen uitvoeren en maakt gebruik van het zichtbare en UV-licht van de zon (200–650 nm).

De verschillende meettechnieken worden geïllustreerd in figuur 3.

Principe

Zowel het SO-kanaal als het LNO-kanaal zijn op dezelfde manier opgebouwd. Het optisch principe wordt voorgesteld in figuur 4. Het licht komt binnen door de opening en wordt dan door een aantal spiegels (nummers 1 en 2, niet aangegeven op de figuur) naar de AOTF-ingangsoptica (3) geleid. Deze ingangsoptica dient als een soort telescoop die het invallende licht onder de juiste hoek op de AOTF laat vallen. Door middel van een diafragma (4) wordt het gezichtsveld beperkt om verstrooiing en andere vervelende effecten te verminderen. Vervolgens passeert het licht door de AOTF (6). Een AOTF is een acousto-optical tunable filter en bestaat uit een kristal waarop een RF-signaal wordt aangelegd. Afhankelijk van het RF-signaal laat het kristal andere golflengtegebiedjes door. Hiermee kan bepaald worden naar welk deel van het spectrum men kijkt. Via de AOTF-uitgangsoptica (7) en een slit (een opening met goed gedefinieerde afmetingen en vorm) (9) valt het licht op een parabolische spiegel (10). De parabolische spiegel richt het licht op een rooster (11), die het gekozen golflengtegebied opsplijst in de individuele golflengtes. Via dezelfde parabolische spiegel (10) en de detectoroptica (13) komt het licht dan terecht bij de detector (14). De nummers 1, 2, 5, 8 en 12 die niet vermeld



Figuur 4: Optisch principe van het SO- en LNO-kanaal.

staan op de figuur, zijn spiegels die gebruikt worden om het licht in de gewenste richting te buigen zodat alle onderdelen op de voorziene oppervlakte passen.

UVIS werkt volgens een heel ander principe voorgesteld in figuur 5. Het instrument heeft twee telescopen, een nadir- en een zonneoccultatietele-scoop. Via optische vezels wordt het licht van beide telescopen naar een selector gestuurd, waar gekozen wordt welk licht gemeten zal worden. Dit licht gaat naar de spectrometer waar het opgesplitst wordt in de verschillende golflengtes die vervolgens door

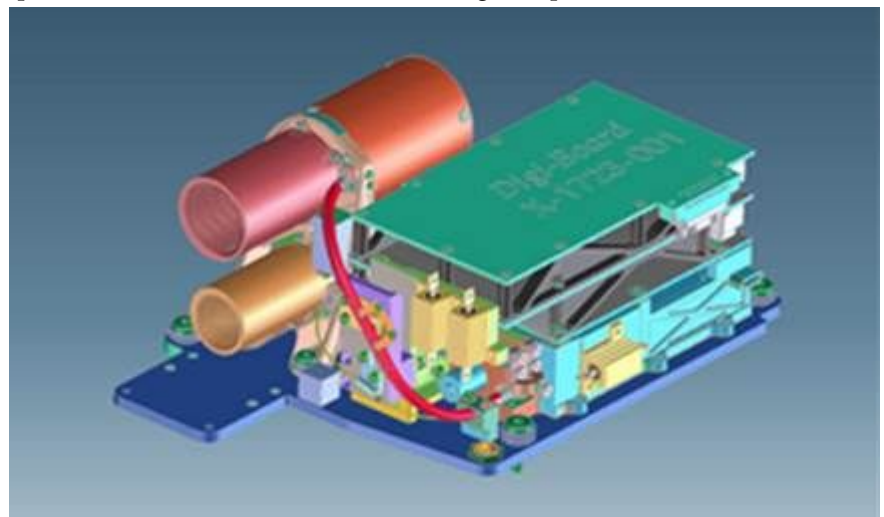
de detector gemeten worden.

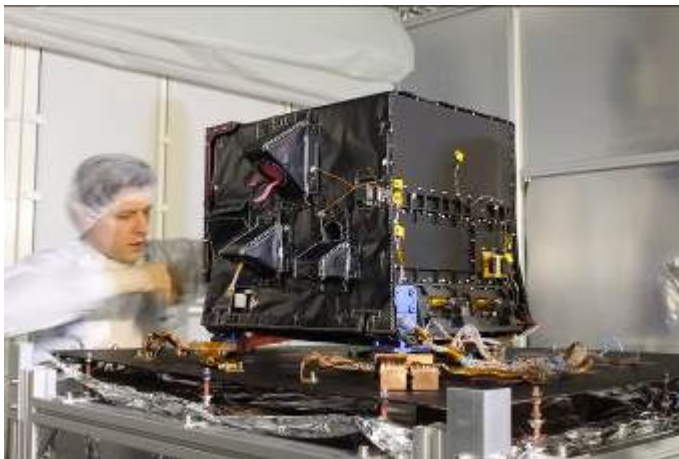
In figuur 6 is te zien hoe het NOMAD-instrument er uiteindelijk uit ziet. De zwarte 'hoes' die rond het instrument zit is MLI (Multi-Layer Insulation). Dat is thermische isolatie die het instrument moet beschermen tegen de koude in de ruimte.

Wetenschappelijke doelen

NOMAD zal de atmosfeer van Mars onderzoeken. Dit kan ons heel wat leren over de planeet. Een van de belangrijkste gassen waarnaar gezocht wordt, is methaan. Er is al een aantal keer methaan gedetecteerd, zowel van-

Figuur 5. Principe van het UVIS-kanaal met de twee telescopen: nadir (oranje cilinder) en zonneoccultatie (gele cilinder), de optische vezels (rode kabel), de spectrometer (blauwe doos) en de elektronica (groene plaat bovenaan).





Figuur 6. Links: NOMAD. Rechts: NOMAD geïntegreerd op de satelliet TGO.

op Aarde als door ruimtemissies rond of op Mars. Op Aarde is 90% van het aanwezige methaan van biologische oorsprong. Methaan kan dus een belangrijke aanwijzing zijn voor het bestaan van leven. Methaan kan niet in de atmosfeer zelf gevormd worden. Integendeel, het wordt vrij snel afgebroken onder invloed van zonlicht. Als er methaan gemeten wordt, wil dit zeggen dat er bronnen van methaan zijn. Niet alleen leven, maar ook geologische activiteit of vulkanisme kunnen een bron zijn van methaan. Het is ook mogelijk dat er methaanreserves opgeslagen zijn in de bodem van Mars die nu langzaam vrijkomen. Maar ook dan blijft de vraag wat die methaanreserves veroorzaakt heeft. NOMAD is speciaal ontworpen om methaan op te sporen. Het SO-kanaal zal de atmosfeer onderzoeken op aanwezigheid van methaan en het LNO-kanaal zal het oppervlak afspeuren om de bronnen op te sporen.

Maar NOMAD zal ook andere gasen meten. Er wordt meestal verondersteld dat Mars een dode planeet is. Dit wil zeggen dat er geen leven is, maar ook geen geofysische activiteit, zoals hydrothermale activiteit, of vulkanisme. Maar is dit wel zo? De samenstelling van de atmosfeer kan ons hierover meer leren.

Door de bovenste atmosfeerlagen te bestuderen, kunnen we informatie bekomen over ontsnapingsprocessen, manieren waarop moleculen uit de atmosfeer ontsnappen naar de interplanetaire ruimte. Dit kan ons ge-

vens opleveren over de evolutie van de atmosfeer in het verleden, maar ook in de toekomst.

NOMAD wil ook bekijken hoe de atmosfeer van Mars evolueert in functie van de tijd: dag/nacht, seizoenen, enzovoort.

Niet alleen voor methaan is het interessant te weten waar sommige moleculen vandaan komen en hoe ze reageren in de atmosfeer en daarbij omgezet worden in andere moleculen. Het LNO-kanaal kan met zijn nadirmetingen informatie opleveren over waar bepaalde moleculen op het oppervlak vrijkomen. Hiermee kunnen interessante landingsplaatsen voor de rover gedetecteerd worden. Het SO-kanaal kan moleculen die ontstaan in de atmosfeer en reacties die daar plaatsvinden in kaart brengen.

Ook UVIS draagt bij aan al deze studies. Doordat UVIS gebruikmaakt van een ander golflengtegebied kunnen andere moleculen gemeten worden. Zo is ozon een van de belangrijke moleculen die door UVIS bestudeerd zal worden.

Door de combinatie van 3 kanalen is

NOMAD een zeer veelzijdig instrument dat hopelijk heel wat vragen over Mars zal beantwoorden. Als het even succesvol wordt als zijn voorganger SOIR op Venus Express, dan mogen we heel wat informatie verwachten en zijn we zeker van nog vele jaren boeiend onderzoek.

DANK

Het NOMAD-team van BIRA-IASB wil graag Belspo en PRODEX bedanken. Zonder hun steun en financiële ondersteuning zou de realisatie van NOMAD niet mogelijk geweest zijn. Verder willen we ook alle industriële en buitenlandse partners bedanken voor hun bijdrage en dan in het bijzonder OIP voor het algemene management, de LNO- en SO-optica en de integratie van het instrument, Lambda-X en OU voor de ontwikkeling van UVIS, IAA voor de overkoepelende elektronica en Thales Alenia Space Belgium voor de productie van de elektronica, IDR voor de thermische en structurele analyse en CSL voor de periscopen en de omgevingstesten.

