# NOMAD, een Belgische spectrometer aan boord van ExoMars

## BELGIE OPNIEUW OP ONTDEKKING NAAR MARS

Sofie Delanoye en het NOMAD-team

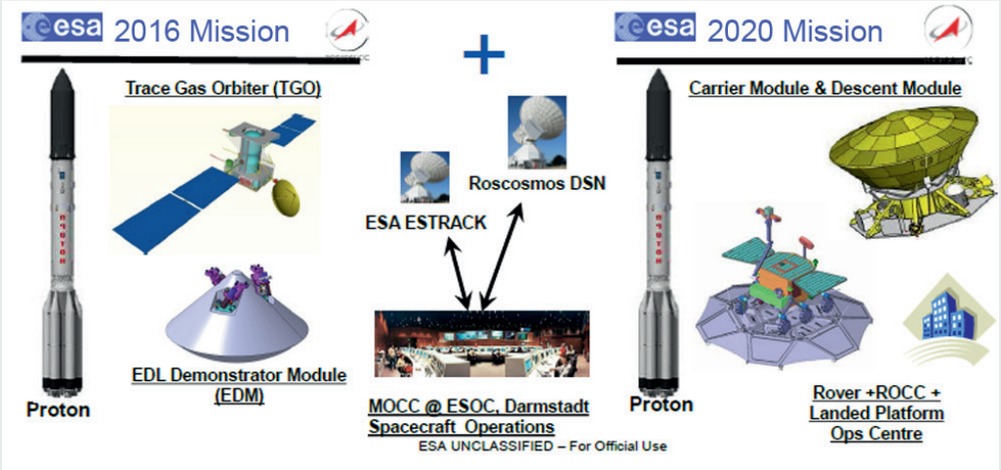
**In 2009 beslisten ESA en NASA om samen hun schouders te zetten onder een missie naar Mars, de ExoMars-missie. Eind 2012 nam het Russische ruimtevaartagentschap ROSCOSMOS de fakkel over van NASA. De missie bestaat uit twee delen: enerzijds de orbiter TGO (Trace Gas Orbiter) - die rond Mars zal cirkelen - met de landermodule Schiaparelli en anderzijds een rover. De orbiter werd met succes gelanceerd op 14 maart 2016. De rovermissie zal naar de rode planeet vertrekken in 2020.**

### ExoMars

'Is er leven op Mars (geweest)?' Dit is de vraag waar de ExoMars-missie antwoord op zou moeten geven. Ook onderzoek naar de gassen in de atmosfeer van Mars en hun bronnen evenals een studie van water en de geochemische omgeving staan op het programma. Bovendien zal ExoMars toelaten ook een aantal technologieën uit te testen. Schiaparelli moet onze kennis over landen op het oppervlak van een planeet vergroten ter voorbereiding van de rovermissie in 2020. 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.

Zowel de missie ExoMars 2016 als de missie ExoMars 2020 worden met een Russische Protonraket gelanceerd (zie Figuur 1). Het Russisch ruimtevaartagentschap Roscosmos zorgt daarnaast ook voor een aantal instrumenten op de orbiter TGO en voor de landingssystemen voor de lander en de rover. België is vooral bij de orbitermissie betrokken. Het enige instrument dat er al van bij de start bij is, is NOMAD, een instrument van Belgische makelij. De verantwoordelijke voor het project en het instrument, de Principal Investigator (PI), is Ann Carine Vandaele van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA). De andere instrumenten aan boord van de orbiter zijn een spectrometer ACS en een neutron- en stralingsdetector FREND, beide Russische instrumenten, en een hogeresolutiecamera CaSSIS, ontwikkeld in Zwitserland.

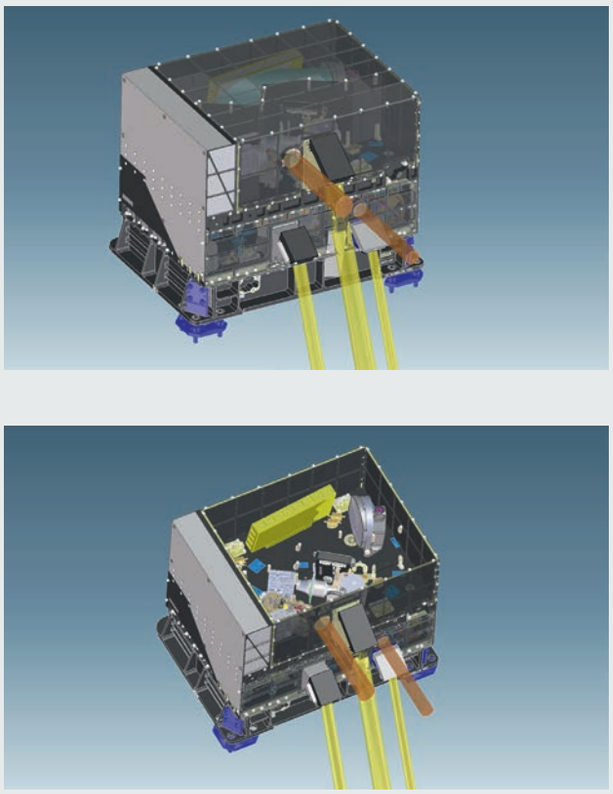
De eerste satelliet werd gelanceerd op 14 maart 2016. Na een reis van 7 maanden komt de orbiter aan bij Mars. Enkele dagen vooraleer TGO in een baan rond Mars terechtkomt, wordt de landermodule Schiaparelli losgekoppeld en neergelaten op het Marsoppervlak. Schiaparelli heeft een aantal wetenschappelijke instrumenten aan boord, maar door de beperkte levensduur van de batterijen zal de wetenschappelijke missie maar kort zijn. Vanaf dan gaat de orbiter zelf in een fase van aerobraking, waarbij de orbiter door middel van de atmosfeer langzaam afremt 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 tenminste één Marsjaar (= 687 aarddagen) duren. Zodra de rover tijdens de ExoMars 2020 missie op Mars geland is, zal de orbiter voornamelijk als data relay voor de rover dienen en zal er minder tijd zijn voor wetenschappelijk onderzoek.




Figuur 1: Overzicht van de beide delen van de ExoMars-missie: de 2016 missie met de orbiter Trace Gas Orbiter en de landermodule Schiaparelli (links) en de 2020 missie met de rover (rechts).

## 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 ('Solar Occultation') is een kopie van het instrument SOIR dat zich aan boord van de ESA Venus Express missie bevond. LNO ('Limb, Nadir and Occultation') is een verbeterde versie van ditzelfde instrument. UVIS ('UV-visible') is een Brits instrument, oorspronkelijk ontworpen voor het ExoMars Humboldt lander project.



Figuur 2: Tekeningen van het NOMAD-instrument, gemaakt met CAD-software. De gele cilinders geven de zonne-occultatiekijkrichtingen aan, de oranje cilinders de nadirkijkrichtingen. Boven: NOMAD in 'gesloten' toestand. Onder: een kijkje onder het 'deksel'.

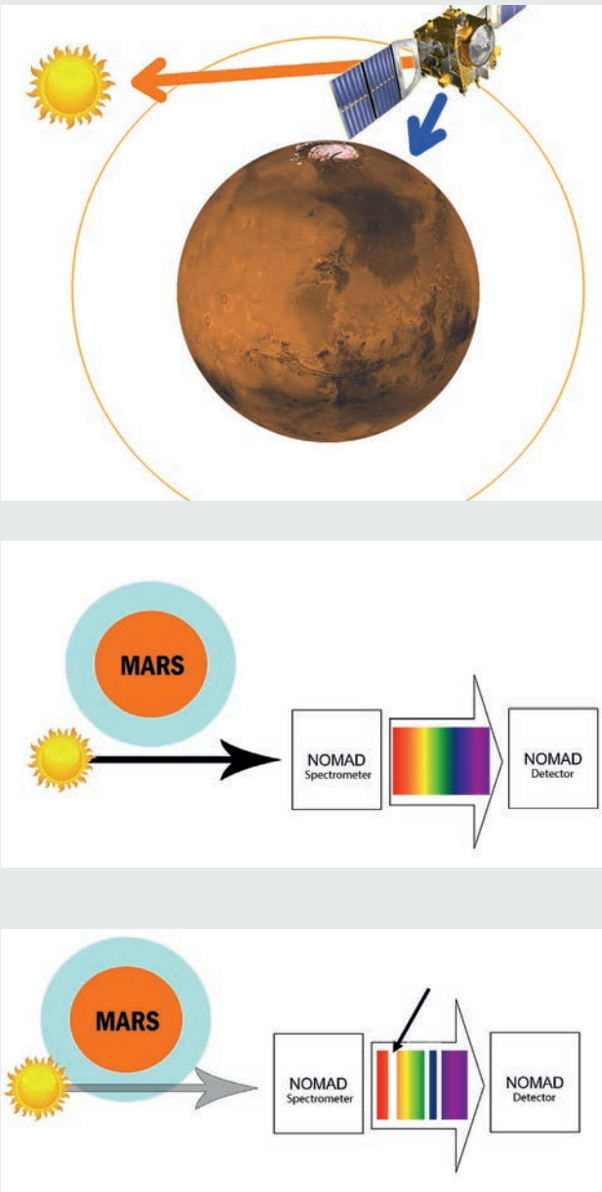
### *Meettechnieken*

De verschillende meettechnieken worden geïllustreerd in Figuur 3. De drie kanalen gebruiken het licht van de zon als bron om de samenstelling van de atmosfeer van Mars te analyseren.

Het SO-kanaal gebruikt het infrarode deel (2.3-4.3 μm) van het zonlicht en kan enkel zonne-occultatiemetingen uitvoeren. Tijdens zonsopgang of -ondergang meet het instrument 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. Aangezien elke molecule in de atmosfeer verschillende welbepaalde golflengtes absorbeert, kan door een analyse van de verdwenen golflengtes afgeleid worden welke moleculen aanwezig zijn in de atmosfeer en met welke concentratie.

Het LNO-kanaal is ook gevoelig in het infrarode gebied (2.3-3.8 μm). Hoewel het naast limbmetingen ook occultatiemetingen kan uitvoeren, 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 zonne-occultatiemetingen, 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 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 zoals grotere optische elementen of langere meettijd kan toch voldoende signaalgevoeligheid bekomen worden.

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




Figuur 3: Bovenaan: de verschillende kijkrichtingen van NOMAD, de oranje pijl toont de zonne-occultatiekijkrichting, de blauwe pijl de nadirkijkrichting;
Onderaan: het werkingsprincipe van een zonne-occultatiemeting. Het licht van de zon wordt gemeten vóór en nadat het door de atmosfeer van Mars gaat. Door beide spectra te vergelijken kan de samenstelling van de atmosfeer afgeleid worden.

### *Principe*

De SO- en LNO-kanalen 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 (1) naar de 'Acousto-Optical Tunable Filter' (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 wordt de *field of view* beperkt om verstrooiing en andere storende effecten te verminderen. Vervolgens passeert het licht door de AOTF (4). Een AOTF is een acousto-optical tunable filter en bestaat uit een kristal waarop een radiofrequent signaal wordt aangelegd. Afhankelijk van dit signaal laat het kristal andere golflengtegebiedjes door. Hiermee kan bepaald worden naar welk deel van het spectrum men kijkt. Via de AOTF uitgangsoptica (5) en een slit (een opening met goed gedefinieerde afmetingen en vorm) (6) valt het licht op een parabolische spiegel (7). De parabolische spiegel richt het licht op een rooster (8), die het gekozen golflengtegebied opsplitst in de individuele golflengtes. Via dezelfde parabolische spiegel (9) en de detectoroptica (11) komt het licht dan terecht bij de detector (12). De spiegels bij nummers 2 en 10 worden gebruikt om het licht in de gewenste richting te buigen.

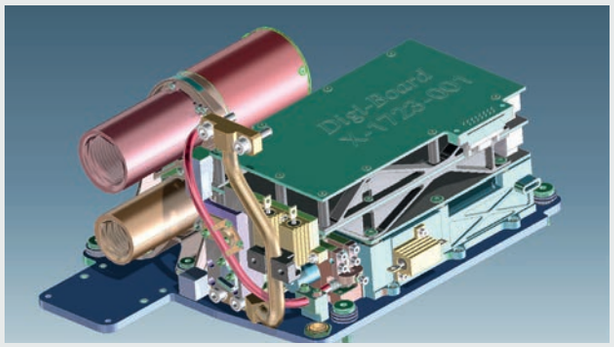
Figuur 4: Optisch principe van het SO- en LNO-kanaal (© OIP Sensor Systems). De uitleg bij elk cijfer wordt in de tekst gegeven.

UVIS werkt volgens een heel ander principe voorgesteld in Figuur 5. Het instrument heeft 2 telescopen: een nadir en een zonne-occultatietelescoop. 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 uitziet. De zwarte 'hoes' die rond het instrument zit is MLI (Multi-Layer Insulation). Dat is thermische isolatie die het instrument moet beschermen tegen de kou in de ruimte.

### *Wetenschappelijke doelen*

NOMAD zal de atmosfeer van Mars onderzoeken. Dit kan ons heel wat leren over de planeet. Eén van de belangrijkste gassen waarnaar gezocht wordt, is methaan. Er is eerder al een aantal keer methaan gedetecteerd, zowel vanop aarde als door ruimtemissies rond of op Mars. Op aarde is 90% van het aanwezige methaan van biologische oorsprong, waardoor methaan als een belangrijke aanwijzing



Figuur 5: Principe van het UVIS-kanaal met 2 telescopen: nadir (rode cilinder) en zonne-occultatie (oranje cilinder), de optische vezels (rode kabel), de spectrometer (blauwe doos) en de elektronica (groene plaat bovenaan).

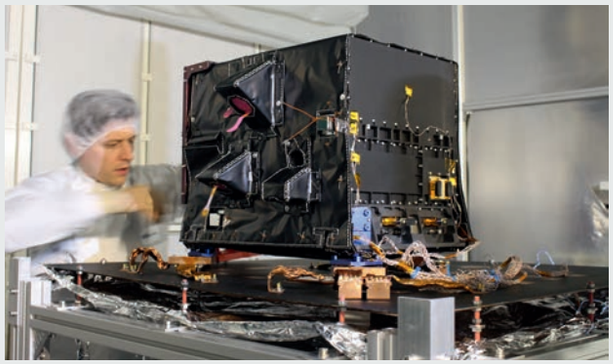
voor het bestaan van leven kan gezien worden. Methaan kan niet in de atmosfeer zelf gevormd worden en wordt zelfs vrij snel afgebroken onder invloed van zonlicht. Als er methaan gemeten wordt, wil dit dus zeggen dat er bronnen van methaan zijn. Naast biologisch leven kunnen ook geologische activiteit of vulkanisme methaan voortbrengen. Anderzijds is het 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 gaat de atmosfeer onderzoeken op aanwezigheid van methaan en het LNO-kanaal zal het oppervlak afspeuren om de bronnen op te sporen.

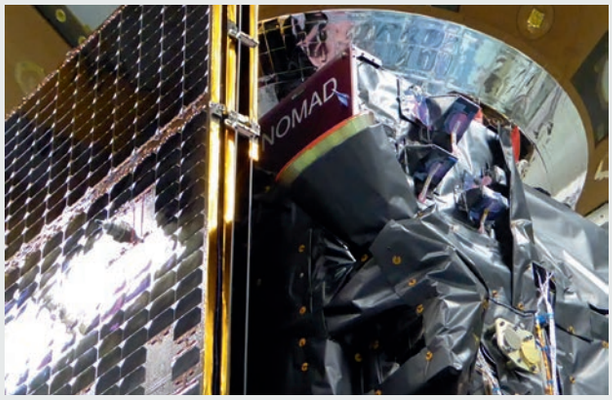
Maar NOMAD beperkt zich niet alleen tot het meten van methaan. Er wordt meestal verondersteld dat Mars een dode planeet is, wat wil zeggen dat er geen leven is, maar ook geen geofysische activiteit, zoals hydrothermale activiteit, of vulkanisme. Maar is dit wel zo? De samenstelling van de atmosfeer kan ons hierover meer leren.

Door de gassen in de bovenste atmosfeerlagen te bestuderen, kunnen we informatie krijgen over ontsnappingsprocessen, manieren waarop moleculen uit de atmosfeer ontsnappen naar de interplanetaire ruimte. Dit kan ons gegevens 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, enz.

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 geven over waar bepaalde moleculen op het oppervlak vrij komen. Hiermee kunnen interessante landingsplaatsen voor toekomstige landers en rovers gedetecteerd worden. Het SO-kanaal kan moleculen die ontstaan in de atmosfeer en reacties die daar plaats vinden in kaart brengen.

UVIS maakt dan weer gebruik van een ander golflengtegebied waardoor andere moleculen, zoals ozon, kunnen gemeten worden.






Figuur 6: Bovenaan: foto van NOMAD, onderaan: NOMAD geïntegreerd op de satelliet TGO.

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 gegevens verwachten en zijn we zeker van nog vele jaren boeiend onderzoek.

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.

**De auteur**

Sofie Delanoye en het NOMAD-team. Sofie Delanoye was document manager en communicatieverantwoordelijke voor het NOMAD-project aan het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie.