

Illustratie van de InSight-sonde en de twee instrumenten die op het oppervlak van Mars worden opgesteld. © NASA/JPL-Caltech

De InSight-missie: een lander die het diepe binnenste van Mars gaat verkennen

Marie Yseboodt,
Tim Van Hoolst,
Sébastien Le Maistre
en Véronique Dehant

De InSight-lander, die tot doel heeft de details van het binnenste van de rode planeet te achterhalen, heeft op het oppervlak van Mars een ultraprecieze seismometer geïnstalleerd die bevingen van Mars zal registreren. Naast dit spijstechnologisch toestel beschikt de missie over twee andere toestellen: een warmtesonde die een diepte van 5 meter kan bereiken, en een radiotransponder om de rotatie van Mars te meten.

26 november 2018, Elysium Planitia: terwijl NASA-ingenieurs alert zijn en wetenschappers duimen voor een goede afloop, begint de InSight-sonde een gevaarlijke afdaling in de atmosfeer van Mars. Zeven angstaanjagende minuten waarin ze zich in volledige autonomie en ver van menselijke waarneming door de atmosfeer van de Rode Planeet stort met een duizelingwekkende snelheid van ongeveer 5 km per seconde. U-3 minuten: parachute-opening, U-2,7 minuten: loslaten van het thermische beveili-

gingsschild, U-1 minuut: ontsteking van de retro-raketten... Hetzelfde landingsscenario zoals gebruikt in 2007 voor de Phoenix-lander wordt herhaald voor InSight. Twintig minuten later bereiken de eerste beelden ons op aarde... Marslanding succesvol! Het ruimteschip landde zachtjes op de Elysiumvlakte, vlakbij de evenaar van Mars.

De InSight-missie, een acroniem voor 'Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport', werd in 2012 geselecteerd als onderdeel van het Discovery-programma van het ruimtevaartagentschap NASA. Discovery is een programma voor ruimtevaartprojecten met een korte ontwikkelingscyclus en een matige kostprijs. De lancering van InSight, oorspronkelijk gepland voor 2016, werd uitgesteld naar het volgende lanceervenster na de ontdekking van een lek in de seismometer, enkele maanden voor het vertrek. De lancering vond uiteindelijk plaats op 26 mei 2018 vanaf de Amerikaanse militaire basis in Vandenberg, Californië. Het was de eerste keer dat een interplanetaire sonde werd gelanceerd vanaf de westkust van de Verenigde Staten.

De instrumenten aan boord

Sinds het einde van de vorige eeuw ontvangt Mars regelmatig landers, maar InSight is anders dan de vorige robots: geen wielen, geen instrumenten die naar water of leven zoeken, geen spectrometer, ... InSight is een vaste lander met als doel de fysica van Mars en meer in het bijzonder het diepe binnenste van de planeet te bestuderen. Het vlaggenschip van de missie is de zeer nauwkeurige Franse seismometer SEIS, ontworpen om voor het eerst 'aard'bevingen van Mars te meten.

Het tweede instrument is de Duitse warmtesonde HP³ (Heat Flow and Physical Properties Probe). Het meet de warmteflux die uit het oppervlak van Mars ontsnapt. Het derde wetenschappelijke instrument, geleverd door NASA, is een radiotransponder genaamd RISE (Rotation and Interior Structure Experiment). Het reflecteert de radiogolven die het vanop de aarde ontvangt terug naar radiotelescopen op aarde, zoals een elektromagnetische spiegel. Ook andere hulpinstrumenten werden op het platform geplaatst: meteorologische instrumenten om temperatuur, atmosferische druk en windsnelheid te meten, een magnetometer en twee camera's. De camera's zijn niet bedoeld om ons elke dag een prachtig Marspanorama in kleur te sturen, maar wel om SEIS en HP³ zo goed mogelijk te installeren op de bodem van Mars. Dankzij de camera's heeft het team een vlak gebied kunnen selecteren dat geschikt is voor de metingen ten zuiden van het landingsgestel, waar temperatuurschommelingen als gevolg van de schaduw van het platform kunnen voorkomen worden. Op 19 december 2018 tilde de grijper op de robotarm de seismometer op en plaatste deze op de grond, op 1,6 meter van het platform. Een zonnwijzer boven op de seismometer maakte het mogelijk om de oriëntatie van de seismometer met grote precisie te bepalen. Dit mag een verrassend systeem lijken voor ons, gewend als we zijn aan de technologie van de 21ste eeuw, maar aangezien Mars geen globaal magnetisch veld heeft en geen GPS-netwerk



Foto van de instrumenten SEIS en HP³ op het platform, vóór hun installatie op het Marsoppervlak, tegen een achtergrond van het landschap van Mars.
© NASA/JPL-Caltech

van satellieten, is het niet eenvoudig om precies te weten waar het geografische noorden zich bevindt. Aangezien het SEIS-instrument bestaat uit 3 slingers die elk langs een as bewegen, is het noodzakelijk om de oriëntatie van elk van deze bevoorrechte richtingen nauwkeurig te kennen om toekomstige seismische metingen correct te kunnen interpreteren en de oorsprong van de bevingen te kunnen lokaliseren.

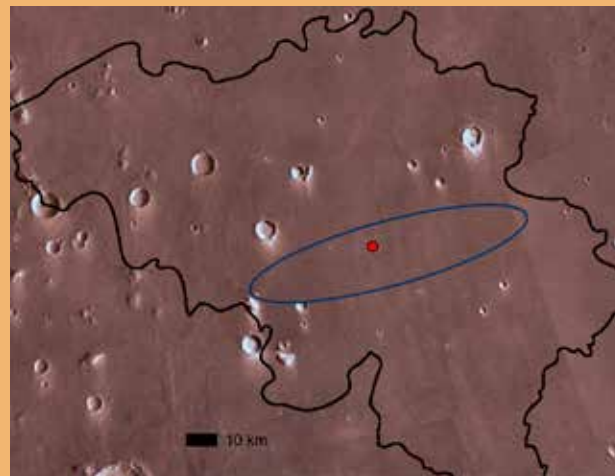
Vervolgens is het platte lint dat elektriciteit naar het instrument stuurt en de gegevens naar de lander terugstuurt, zorgvuldig gepositioneerd om trillingen van het platform naar de seismometer te voorkomen. Het instrument werd waterpas gesteld en de SEIS-sensoren werden geheroriënteerd. Tot slot werd een wind- en thermisch beschermingsschild over de seismometer geplaatst om windverstoringen en temperatuurschommelingen te beperken. Zonder is het onmogelijk om nauwkeurig te luisteren naar de trillingen van de ondergrond.

Wetenschappers zullen de 'Mars-bevingen' analyseren die vooral veroorzaakt worden door meteorietinslagen en de tektonische activiteit van de planeet Mars. Alhoewel Mars geen tektonische platen heeft, ondergaat ze wel tektonische vervormingen die voornamelijk te maken hebben met de afkoeling van de planeet en met het bestaan van grote gebergtes zoals Tharsis. Verder zullen wetenschappers ook de getijden bestuderen veroorzaakt door Phobos, de dichtstbijzijnde van de twee kleine manen van Mars. Het uiteindelijke doel is een beter beeld te krijgen van het binnenste van Mars.

De 'mol'

Nadat de seismometer eenmaal in gebruik was genomen, hebben de ingenieurs zich gericht op de installatie van de HP³-sonde op het oppervlak van Mars. Op het programma voor de warmtesonde: graaf tot een diepte van 5 meter en

Installatie van het beschermingsschild, dat de seismometer beschermt tegen windverstoringen en temperatuurschommelingen.
© NASA/JPL-Caltech



Onzekerheidsellips van de landingszone (blauw) in Elysium Planitia, een gebied bij de evenaar. De rode stip geeft de locatie van InSight weer. Om een idee van de schaal geven, is België aangeduid met een zwarte lijn. © NASA/KSB

meet de warmtestroom en zijn variaties. Het instrument zal de temperatuur en thermische eigenschappen van de bodem meten op meerdere diepten.

De manoeuvres om de instrumenten te installeren duurden ongeveer drie maanden. Dit lijkt lang, maar de missie-ingenieurs controleerden of elke stap volgens plan verliep met foto's en metingen vooraleer verder te gaan met de volgende stap. Een communicatiesignaal is ongeveer tien minuten onderweg tussen de aarde en de InSight-lander. Bovendien is een continue controle van de sonde niet mogelijk door beperkingen aan de zichtbaarheid en aan het elektrisch vermogen aan boord van het landingsgestel. Daarom zijn alle procedures zorgvuldig uitgedacht en zijn ze vele malen van tevoren getest op een experimentele module in het Californische centrum van de NASA, het Jet Propulsion Laboratory (JPL). InSight communiceert ongeveer een uur per dag met de aarde.

Mars-rotatiemeting

Met de RISE-radiotransponder kan niet alleen met de aarde gecommuniceerd worden, maar kunnen ook kleine schommelbewegingen van Mars nauwkeurig gemeten worden. Radiosignalen worden rechtstreeks, zonder gebruik te maken van relaisatellieten, vanaf de aarde naar de InSight-lander verzonden via gigantische antennes met een diameter van ongeveer 70 meter, die ook worden gebruikt om te luisteren naar het signaal dat door RISE wordt teruggestuurd. Deze antennes zijn verspreid over drie verschillende continenten om het 'volgen' van ruimtesondes op elk moment mogelijk te maken. De oscillaties van de rotatieas van Mars in de ruimte, de zogenaamde nutaties, verstoren dit radiosignaal op een manier die afhangt van de fysische toestand (vloeibaar of vast) en de grootte van de kern van Mars. Aan de hand van de RISE-metingen zullen wetenschappers de kern van Mars beter kunnen karakteriseren. Het RISE-instrument is Amerikaans, maar wetenschappers van het onderzoeksteam in de planetologie van de Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) hebben een

uitgebreide expertise in radiowetenschappen en de rotatie en interne structuur van planeten en zijn sterk betrokken bij de analyse en interpretatie van de RISE-gegevens. Ze worden ondersteund door het Belgische PRODEX-programma (PROgramme for the Development of scientific EXperiments) dat beheerd wordt door het Europees Ruimteagentschap (ESA) in samenwerking met het Federaal Wetenschapsbeleid (Belspo).

Aangezien de rotatieveranderingen zich afspelen over een Marsjaar, dat 687 aardse dagen telt, zullen gegevens over meerdere maanden verzameld moeten worden vooraleer informatie over de diepe structuur van Mars kan worden bekomen.

Waar is InSight geland?

Het landingsgebied in Elysium Planitia werd voornamelijk gekozen op basis van het vlakke reliëf en de lage hoogte ervan (-2500 meter onder het gemiddelde niveau van Mars). Beide elementen dragen bij aan een veilige landing. Door de ijle atmosfeer (de gemiddelde druk op Mars is ongeveer 170 keer lager dan op aarde) hebben parachutes voldoende afstand door de atmosfeer nodig om het landingstoestel te vertragen.

Door onzekerheid over de toestand van de atmosfeer tijdens de landing, zoals de dichtheid en de sterkte en de richting van de wind, kan niet op voorhand exact bepaald worden waar een ruimtetuig zal landen op Mars, en berekent men een gebied, met de vorm van een ellips, waarin geland kan worden. Dit gebied is meer dan 2000 vierkante kilometer groot en is een droge, vlakke en saaie woestijn, oninteressant voor wetenschappers die op zoek zijn naar sporen van water aan het oppervlak van Mars, maar perfect voor geofysische waarnemingen!

Met behulp van de RISE-metingen die vlak na de landing zijn verkregen, hebben wetenschappers van de KSB en NASA de positie van de lander berekend, waardoor de onzekerheid

van ongeveer 60 kilometer van de ellips werd teruggebracht tot slechts een paar honderd meter. Dankzij deze precisie kon de camera met zeer hoge resolutie van de Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) satelliet, die enkele dagen later over het gebied vloog, de eerste foto maken van InSight.

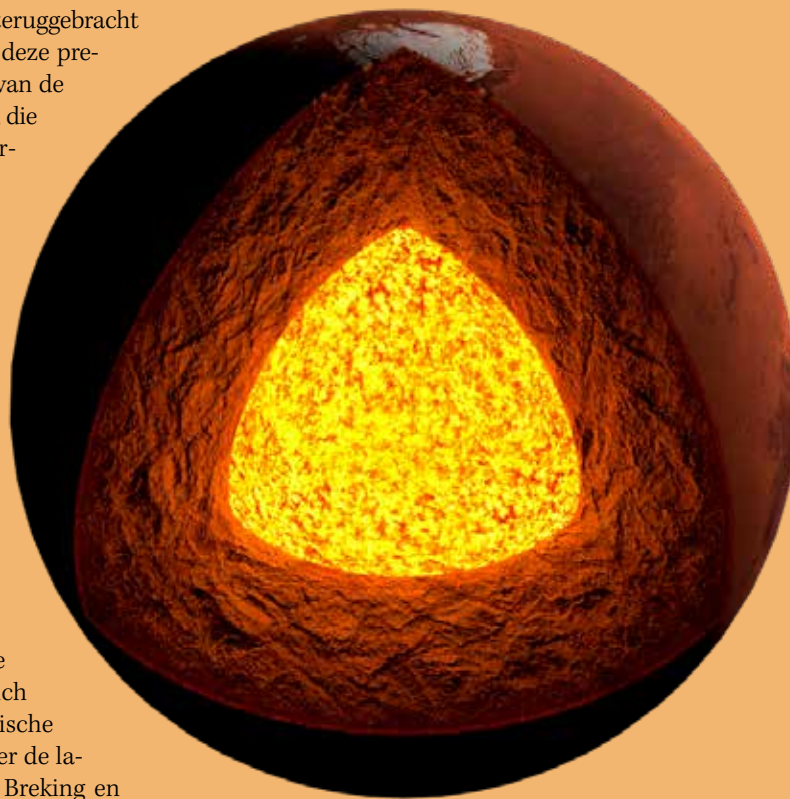
Op zoek naar het binnenste van Mars

Het hoofddoel van de InSight-missie is het beter in kaart brengen van de interne structuur van Mars. Een betere kennis van de huidige toestand van het binnenste van Mars helpt ook om de evolutie van Mars beter te begrijpen en om modellen over andere aardse planeten van het zonnestelsel te verbeteren. Seismologie is de beste methode voor de studie van het planeetinterne, en de belangrijkste methode waarop onze kennis van de aarde is gebouwd, omdat golven zich kunnen voortplanten doorheen alle planeetlagen en eigenschappen ervan met zich meedragen. Door aankomsttijden van seismische golven te meten, bekomen we informatie over de lagen waardoor de golven zich voortplanten. Breking en weerkaatsing van golven aan raakvlakken tussen verschillende lagen geven ook informatie over de opbouw van de planeet. De twee andere instrumenten geven aanvullende informatie over onder andere het warmtetransport door de planeet en over de fysische toestand (vloeibaar of vast), de dichtheid en de afmetingen van de kern van Mars.

Laten we hopen dat deze geofysische ontdekkingsreiziger veel bevingen van Mars zal meten en lange tijd zal overleven op het oppervlak van Mars!



Foto van de landingszone van InSight gezien vanaf een satelliet in een baan rond Mars op een hoogte van enkele honderden kilometers. Het lichtpunt is het thermische beschermingsschild dat de seismometer bedekt. Op aarde is het vrij zeldzaam om een seismometer te kunnen fotograferen vanaf een satelliet, omdat deze meetapparatuur zich meestal goed beschermd in een kelder of grot bevindt. Bij de landing werd een laag fijn stof door de retro-raketten opgeblazen, waardoor er een donkere zone rond het landingsgestel ontstond. © NASA/JPL-Caltech/Universiteit van Arizona.



Interne structuur van Mars met de ijzeren kern, de rotsmantel en de korst. © KSB

De toekomst

België bouwt LaRa (Lander Radioscience), een radio-instrument vergelijkbaar met RISE dat zal vertrekken met de ExoMars 2020-missie.

Enkele cijfers

De elektriciteit die nodig is om de InSight-sonde te bedienen, komt van twee grote, ronde zonnepanelen met een diameter van ongeveer twee meter. Samen kunnen ze 4,5 kWh per dag produceren, wat een record is voor een Marslander. De massa van het ruimtevaartuig, dat met opengeplooide zonnepanelen zo groot is als een auto, was bijna 700 kg bij lancering en 360 kg aan het oppervlak van Mars. De seismometer heeft een massa van bijna 30 kg.

Meer

mars.nasa.gov/insight
www.seis-insight.eu
<http://marsatschool.ethz.ch>
twitter.com/LaraExoMars

De auteurs

Marie Yseboodt, Tim Van Hoolst, Sébastien Le Maistre en Véronique Dehant werken in de onderzoeksgroep in de planetologie van de Koninklijke Sterrenwacht van België en zijn betrokken bij de missie InSight.