

De Koninklijke Sterrenwacht van België

aan boord van

PROBA 2

Een blik op de toekomst

Petra Vanlommel en Elke D'Huys



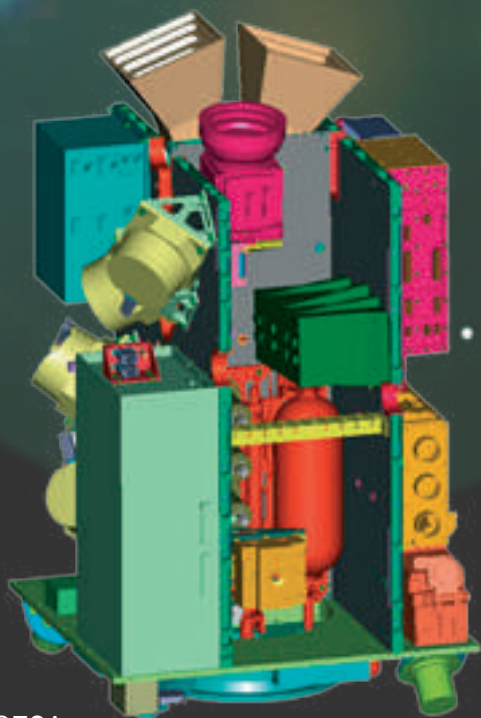
PROBA2 is de blauwdruk van toekomstige microsattelieten en geeft wetenschap een nieuw zicht op de zon. De satelliet werd gelanceerd op 2 november 2009. Met PROBA2 zet België zich op het voorplan van de Europese ruimtevaart. Aan boord van de satelliet bevindt zich een kwartet van wetenschappelijke instrumenten waarvan de focus ligt op zonnenruimtere waarnemingen. De Koninklijke Sterrenwacht van België, KSB is verantwoordelijk voor de wetenschappelijke exploitatie van twee state-of-the-art instrumenten, SWAP en LYRA.

De mens heeft een aangeboren expansiedrang en is van nature uit zeer nieuwsgierig. Die drang zorgde ervoor dat zijn leefomgeving steeds uitbreidde. De sterren en de zon werden gebruikt om te navigeren en nieuwe werelddelen over de oceaan te ontdekken. Sinds eind jaren '50 begon de mens zelfs de ruimte buiten de aardatmosfeer te verkennen. Al deze ontdekkingen gingen gepaard met de ontwikkeling van nieuwe navigatie- en communicatiesystemen, nieuwe methoden om energie te produceren, te gebruiken en te vervoeren. Onze hoogtechnologische ontwikkelingen zijn gekoppeld aan de ruimtevaart. Eens in de ruimte, bleek de zon een dynamisch en gewelddadig hemellichaam. De satellieten en ruimtetechnologie, waarmee we de zon bekijken zijn zelf onderhevig aan haar nefaste invloeden en aan de variabele condities in de ruimte, het ruimteweer. Het is wat ironisch: de zon, de basis van het oudste navigatiesysteem, zet onze moderne navigatiesystemen met bijv. GPS-satellieten een serieuze hak. De zon heeft regelmatig stralingsoprispingen, de zogenaamde zonnevlammen en spuwt af en toe een storm van zeer snelle deeltjes uit. Daarenboven is er nog de nooit aflatende wind van zonneplasma doorspekt met magnetische krachtvelden. Deze licht-, deeltjes- en plasmafenomenen vormen de ingrediënten van het zonneonderzoek en het ruimteweer. Met PROBA2, de Sun Watcher with Active Pixels and Image Processing (SWAP) telescoop en de Large Yield

Radiometer (LYRA), wil de KSB input geven voor het wetenschappelijk onderzoek en ruimteweervoorspellingscentra voorzien van onontbeerlijke gegevens en zonnebeelden. De KSB speelt zo op een gepaste manier in op de acute gevaren vanuit de ruimte en het ruimteweer.

PROBA: een slimme satelliet

PROBA staat voor PRoject for On-Board Autonomy, een project van de Europese Ruimtevaartorganisatie. Het PROBA-project werd in 1998 opgestart om nieuwe ruimtevaarttechnologieën in vlucht te demonstreren. De PROBA-satellieten zijn klein, maar zitten propvol nieuwe ontwikkelingen op technologisch gebied. Als laatste fase in het ontwikkelingsproces worden deze innovaties het liefst tijdens een echte ruimtevlucht getest. Omdat de minisatellieten, zoals die uit de PROBA-reeks, goedkoop zijn, zijn ze ideaal om nieuwigheden waaraan risico's verbonden zijn te testen. Deze missies geven bovendien ook kleinere Europese technologiebedrijven de kans om ervaring in de ruimtevaart op te doen. Het PROBA-concept heeft als basisidee dat de satelliet modulair opgebouwd wordt en in grote mate in staat moet zijn om autonoom te opereren. De PROBA-ruimtetuigen beschikken over een krachtige computer om gegevens aan boord te verwerken en worden ontwikkeld op een korte tijdschaal (2-3 jaar). PROBA2 is de tweede in een reeks van



©ESA

De interne structuur van Proba2 waarop aan de rechterkant (in het geel) LYRA en daaronder SWAP werden geïntegreerd.

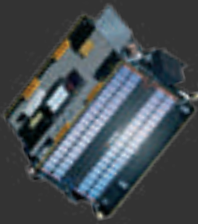
satellieten. Het is een kleine compacte satelliet die nieuwe ruimtevaarttechnologie moet demonstreren en een wetenschappelijke missie heeft. PROBA2 richt zich op de zon, het ruimteweer en de plasmafysica. Alle berekeningen voor de navigatie, positiebepaling en oriëntatie worden aan boord uitgevoerd. Het PROBA2-ruimtetuig heeft de vorm van een wasmachine en weegt ongeveer 130 kg. De zonnepanelen aan de zijkant werden na lancering opengeplooid. De buitenpanelen waarop geen zonnecellen zijn gemonteerd, zijn, naargelang hun locatie, zwart of wit geschilderd. Zo wordt op een passieve manier de temperatuur van de satelliet zoveel mogelijk onder controle gehouden. De wetenschappelijke instrumenten aan boord van de satelliet zijn immers continu naar de zon gericht, wat een grote temperatuursgradiënt veroorzaakt doorheen het ruimtetuig. Ook is er verwarming voorzien aan boord om de temperatuur van de batterij te controleren en om de optische componenten van de LYRA- en SWAP-instrumenten te verhitten zodat ze gereinigd kunnen worden. De SWAP-telescoop aan boord van PROBA2 gebruikt ook een radiator om zijn detector te koelen. De stroom die PROBA2 nodig heeft, wordt gegenereerd met behulp van

zonnecellen die werden gemonteerd op twee uitklapbare panelen aan de zijkant van de satelliet en één vast paneel in het midden. De zonnegeneratoren produceren maximaal 110W. Tijdens eclipsen of wanneer een bepaald experiment tijdelijk nood heeft aan meer stroom dan de zonnepanelen kunnen voorzien, kan men gebruikmaken van een experimentele lithium-ion batterij. Afhankelijk van de operatiemodus waarin PROBA2 zich bevindt, varieert het normale energieverbruik van de satelliet tussen 70 en 110 W. Dit is minder dan een computer verbruikt.

Praten met PROBA2

PROBA2 communiceert met het ESA-grondstation in Redu (België), dat uitgerust is met een schotelantenne met een diameter van 2,4 m. De dataoverdracht van PROBA2 naar Redu is gelimiteerd omdat de contactmomenten en de telemetrie beperkt zijn. Dit was een uitdaging voor de ontwerpers van SWAP en LYRA. LYRA-data kunnen sterk gecomprimeerd worden. SWAP neemt één beeld per minuut, wat neerkomt op een enorme dagelijkse dataproductie. Voor deze compressie

werden nieuwe concepten uitgedacht. De KSB staat in voor het wetenschappelijke beheer van SWAP en LYRA en de exploitatie van de data. Het is de opdracht van de KSB om de data om te zetten in bruikbare wetenschappelijke gegevens en via het internet ter beschikking te stellen van andere wetenschappers en het brede publiek. De wetenschappers van de KSB plannen de observaties van SWAP en LYRA. Speciale gebeurtenissen, zoals eclipsen worden in de kijker gezet en men probeert eveneens regelmatig simultaan met andere satellieten of grondinstrumenten te observeren. De operator die de dagelijkse planning opmaakt, houdt, in nauwe samenwerking met het voorspellingscentrum van de KSB, ook de dagelijkse zonneactiviteit in het oog. Zonneactiviteit is zeer interessant om te bestuderen, maar houdt eveneens risico's in voor de instrumenten aan boord van PROBA2.



©ESA - P. Carril, 2009

Technisch paspoort

Naam: PROBA2 – Project for Onboard Autonomy

Missie: Demonstratie van innovatieve technologie tijdens de vlucht - Ruimteweer-missie

Observatieobject: de zon

Lancering: 2 november 2009 vanop de kosmodroom van Plesetsk, Rusland, met een Rockot-raket

Geplande levensduur: 2 jaar

Microsatelliet: 130 kg – minder dan 1 kubieke meter

Baan: low earth orbit, 725 km – dawn/dusk – 99,2 min – 14,5 omwentelingen/dag

Standregeling: gericht naar de zon, met automatische manoeuvres

Energieverbruik: 53-86 Watt

Wetenschappelijke experimenten aan boord:

SWAP – neemt de zonnecorona in extreem UV-licht waar

LYRA – meet de zonnestraling in het UV

DSLIP & TPMU – meten de zonnwindparameters

De pareltjes aan boord

SWAP

SWAP is een kleine telescoop ter grootte van een lange schoendoos, die beelden maakt van de atmosfeer van de zon. Deze buitenste zonnelaag is voor ons onzichtbaar omdat ze voornamelijk in het UV en

EUV straalt. SWAP vertaalt de EUV-stralen naar een zichtbaar beeld. Het plasma dat in het EUV straalt heeft een temperatuur van een miljoen graden! De ontwikkeling van SWAP is gesteund op de kennis die werd opgebouwd aan de hand van de EIT-telescoop (Extreme Ultraviolet Imaging Telescope) aan boord van de SOHO-satelliet (Solar and Heliospheric Observatory). Maar SWAP behoort duidelijk tot een volgende, betere generatie EUV-imagers:

- SWAP is een oefening in miniaturisatie. SWAP is compacter dan EIT. Hierdoor is SWAP minder kostelijk en verbruikt het minder energie.
- SWAP is door zijn lage baan beschermd tegen hoogenergetische deeltjes dankzij het magnetisch veld van de aarde, de magnetosfeer. EIT zit open en bloot buiten de magnetosfeer.
- SWAP neemt één beeld per minuut terwijl EIT één beeld per 15 minuten neemt. Deze kleinere tijdschaal kan leiden tot nieuwe wetenschappelijke ontdekkingen en fenomenen. Zo hoopt men onder meer EUV-golven of zonnetsunami's in meer detail te bestuderen. Ruimteweervoorspellers kunnen met SWAP de snelle evolutie van het ruimteweer in de gaten houden.
- SWAP geeft geen overbelicht beeld wanneer een felle lichtflits zich voordoet. In EIT-beelden is de plaats van de lichtflits één grote witte vlek waarin je niets meer herkent.
- SWAP geeft een breed beeld van de zon en brengt ook de zonnerand in beeld. Het gezichtsveld van EIT is beperkt waardoor uitbarstingen van protuberansen op de rand meteen uit het beeld verdwenen zijn.
- SWAP kan wegstijgen van de zon. Indien een plasmawolk ontsnapt, kan SWAP hierop inzoomen en deze volgen op zijn trip door de ruimte. SWAP kan dankzij een krachtig computerbrein aan boord zelfstandig wetenschappelijk interessante fenomenen herkennen. EIT heeft last van een stijve nek

en neemt waar zonder te weten wat.

- SWAP is nieuw. EIT is oud en kan het elk moment begeven. Ruimteweervoorspellingen worden moeilijk als je geen beelden hebt!
- SWAP heeft een automatische beeldverwerking aan boord: compressie en selectie op basis van inhoud. Dit verhoogt de hoeveelheid bruikbare beelden die uiteindelijk in Redu terecht komen. EIT stuurt zonder na te denken alles door, bruikbaar of niet.

LYRA

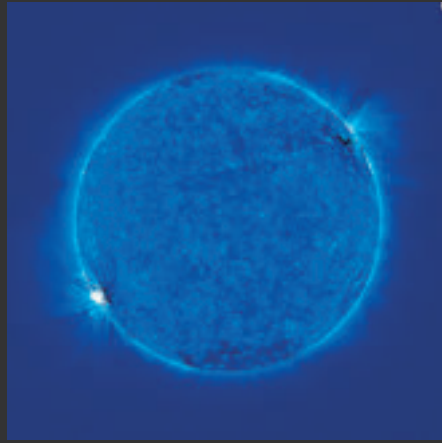
LYRA meet de UV-zonnestrallen in 4 golflengtes. Deze kanalen werden gekozen omwille van hun relevantie op het gebied van zonnefysica, aeronomie en ruimteweer. UV-straling beïnvloedt o.a. de ozonlaag in de aardatmosfeer. Op vlak van technologie, is LYRA het neusje van de zalm: de detectoren zijn gemaakt van diamant. Hierdoor is LYRA blind voor zichtbare straling. Bij conventionele spectrometers worden verscheidene filters gebruikt om het zichtbare licht letterlijk weg te filteren. Maar elke filter verzwakt ook het gewenste signaal zelf. Dankzij de diamanttechnologie is dit probleem van de baan. LYRA kan 100 metingen per seconde uitvoeren. Dit is een pak sneller dan andere reeds bestaande radiometerexperimenten. Bovendien is LYRA gevoelig voor kleine veranderingen in de zonnestraling. Dit is belangrijk tijdens een zonneminimum wanneer het UV-stralingsniveau beduidend lager is in vergelijking met een maximum. Momenteel zit de zon in zo'n minimum. De gegevens die we tot nu toe gebruiken in het ruimteweervoorspellingscentrum verbonden aan de Koninklijke Sterrenwacht van België, komen van instrumenten die de X-straling waarnemen in een zeer nauw golflengte-interval. Tijdens een minimum registreren deze instrumenten geen straling omdat ze simpelweg niet gevoelig genoeg zijn. LYRA kan, omdat het gebruik maakt van een breed interval in het UV-spectrum, dan toch nog de variaties in het stralingsniveau in kaart brengen. Bovendien kan LYRA ook onverwachte en zeer kortstondige lichtflitsen regis-



treren dankzij de hoge tijdsresolutie. LYRA kan ook gebruikt worden om de aardse atmosfeer te bestuderen met behulp van de *limb occultation*-techniek. Tijdens zonsopgang en zonsondergang, gezien vanuit de PROBA2-satelliet, kijkt LYRA doorheen de aardatmosfeer. LYRA meet op dat ogenblik hoeveel zonnestraling van de LYRA-golflengtes door de atmosfeer wordt geabsorbeerd. Zo kan je bepalen welke deeltjes zich in deze luchtlagen bevinden.

De opwindende eerste waarnemingen

Twee weken na de lancering, op 16 november 2009, werd het LYRA-instrument aangeschakeld voor de eerste tests in het donker. Op dat moment waren de deuren van LYRA immers nog gesloten, zodat er geen zonlicht op de detectoren kon vallen. Om het instrument te leren kennen en te kalibreren werden naast de donkere beelden, 'waarnemingen' gedaan met licht afkomstig van LED-lampen, gemonteerd binnenin het instrument. Een dag later, 17 november 2009, was het de beurt aan SWAP om getest te worden, in het donker en met LED's. Op 20 november werd het allereerste, zwart beeld van SWAP naar beneden geseind. Na dit succes, was de volgende grote stap het openen van de SWAP-deur op 14 december 2009. Dit was een kritieke fase omdat deze deur slechts éénmaal geopend kan worden. PROBA2 dreef de spanning ten top door zelf de boordcomputer te rebooten, net voor de geplande deuropening. Hierdoor werd PROBA2 koppig radiostil. De operatoren zonden een radiosignaal uit op het moment dat PROBA2 normaliter boven Redu zou vliegen, om zo de satelliet terug tot de orde te roepen. Het lukte! Om 18:47UT werd het eerste beeld genomen en later naar beneden gehaald. Het was een bewijs van succes: de deur was inderdaad open, de filter was in orde en de detector kon het signaal van de zon goed ontvangen. Alleen had men nog af te rekenen met attitudeproblemen van de satelliet, de zon stond immers niet in



Een rustige zon in beeld gebracht door SWAP. De blauwe kleur is artificieel. Deze kleur werd in eerste instantie gekozen om de link te leggen met de blauwe zonnebeelden van SOHO/EIT in de golflengte 175Å. Later koos men ervoor om de SWAP-beelden niet in te kleuren en zwart-wit te laten. Hierdoor komen de magnetische structuren beter tot hun recht.

het midden. In de weken nadien boekte men veel vooruitgang op dit vlak zodat de zon volledig in SWAP's gezichtsveld kwam te liggen. Sindsdien neemt SWAP bijna dagelijks beelden van de zon. Op 15 januari bracht de telescoop zelfs een ringvormige zonsverduistering in beeld. SWAP gaf er een lap op door meteen de eerste zonnevlammen van de nieuwe zonnecyclus waar te nemen. LYRA's *first light* vond plaats op 6 januari 2010, na twee lange dagen waarin de drie deuren één voor één geopend werden. Alle twaalf detectoren ving een signaal op, wat betekende dat de fragiele filters en de detectoren de kritieke fase van de lancering goed hadden doorstaan. Enkele dagen later kon LYRA al de eerste zonnevlammen waarnemen met een ongekend hoge tijdsresolutie van 0,5 sec. Op 20 januari 2010 observeerde LYRA bovendien een sterke zonnevlam van het type M. Door het lange minimum

waarin de zon verkeerde, was dit zowat de eerste zonnevlam van deze sterkte in bijna 2 jaar tijd! LYRA was net op tijd opgestart om deze opwindende gebeurtenis te kunnen vastleggen. Op dit moment maken SWAP en LYRA systematisch waarnemingen. De data zijn reeds heel waardevol gebleken voor het voorspellingscentrum. Het PROBA2-project is tot nu toe een spannend avontuur geweest dat al de moeite waard was. PROBA2 was voor de KSB de kans om mee aan de toekomst van ruimtevaarttechnologie te werken. □

In de cleanroom van QinetiQ wordt de laatste hand gelegd aan PROBA2 voor de verscheping naar de lanceerbasis. © QinetiQ

