

Kampvuren op de zon

De eerste beelden gemaakt door de telescoop EUI aan boord van de ESA-ruimtemissie Solar Orbiter werden onlangs vrijgegeven. Het EUI-instrument onder leiding van de Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB), ontdekte kampvuren op de zon. Het EUI-team is bijzonder trots op deze 'First Light'. De beelden waren zo ongelooflijk scherp dat het te mooi leek om waar te zijn. De ontlading was enorm, zeker omdat dit de allereerste ruimtemissie is waarvan de instrumenten noodgedwongen vanuit ieders 'kot' werden getest omwille van de COVID19-pandemie.

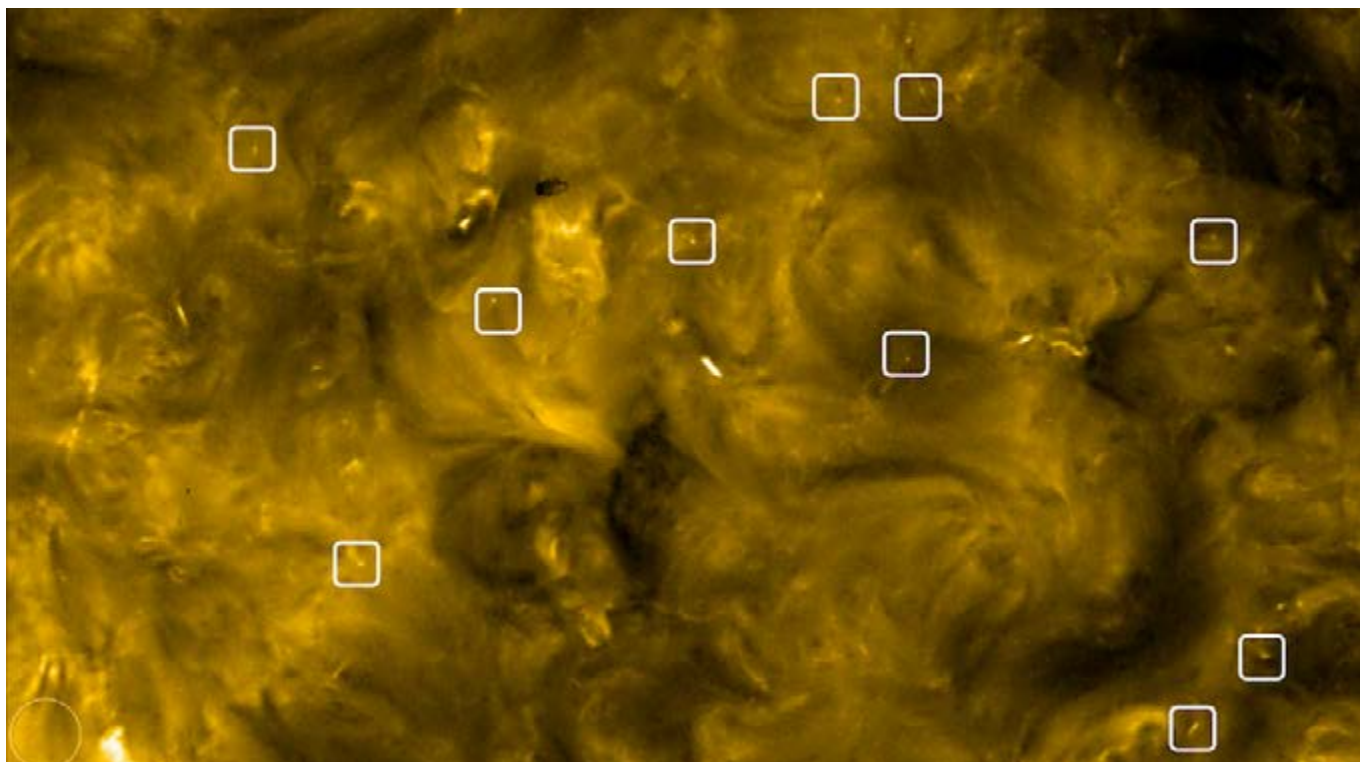
Petra Vanlommel
en David Berghmans

In een baan rond de zon

De ruimtesonde Solar Orbiter werd door NASA op 10 februari 2020 gelanceerd vanop Cape Canaveral met aan boord tien wetenschappelijke instrumenten waaronder de ruimtetelescoop *Extreme Ultraviolet Imager* (EUI). Wetenschappers van de KSB waren aanwezig tijdens de lancering, een cruciale stap in het EUI-project dat dan ook met de nodige spanning werd gevolgd. Solar Orbiter bevindt zich in een baan rond de zon en vliegt in de komende jaren enkele malen rakelings langs Venus en de aarde. Bij elke passage 'trekt' de planeet aan Solar Orbiter dankzij de onderlinge zwaartekracht, waardoor de baan lichtjes verandert. Solar Orbiter kan zo uiteindelijk de zon zeer dicht naderen en van dichtbij bestuderen. Later wordt de zwaartekracht van Venus gebruikt om de baan te kantelen zodat Solar Orbiter beelden kan nemen van de noordpool en de zuidpool van de zon 'van bovenuit'. Dit werd nooit eerder gedaan.

In het EUV waarnemen is niet zo simpel

EUI neemt waar in het extreme ultraviolet (EUV), een deel van het zonlicht dat door de atmosfeer van de aarde wordt tegengehouden. Alleen telescopen in de ruimte kunnen beelden maken in dit licht. Het EUV geeft ons een kijk in het buitenste deel van de zonneatmosfeer. Maar kijken in het EUV is niet zo simpel. EUV reageert immers met verontreinigingen in of rond de telescopen wat beelden van mindere kwaliteit oplevert. De telescoop en de ruimtesonde werden daarom gebouwd in een propere kamer. Wanneer de deuren van de telescopen worden geopend, kijkt men erop toe dat verontreinigingen die toch nog aanwezig zijn, kunnen verdampen. Dan komt er nog bij dat de filters vooraan, die het zichtbaar licht en de warmte buiten houden maar EUV-licht doorlaten, gemakkelijk stuk gaan, wat de lancering uitermate spannend maakt.



Kampvuur op de zon

We zien hier een deel van de zonneatmosfeer met onverwacht veel kleine lussen, heldere stippen en donkere bewegende 'vezels'. De twinkelende lussen en stippen trokken meteen alle aandacht omdat ze zo uitzonderlijk scherp in beeld komen en werkelijk overal te zien zijn in dit stuk 'Rustige zon' waar normaal gezien niets gebeurt. We zien overal kleine lichtflitsen. De EUJ-wetenschappers hebben er een naam aan gegeven: 'campfires'. De vierkantjes zijn voorbeelden hiervan, de cirkel links onderaan geeft de grootte van de aarde weer. Mogelijks dragen de kampvuren bij aan de extreem hoge temperatuur van de zonneatmosfeer en de zonnewind. Dit is ontzettend spannend. We verwachten nog meer te ontdekken wanneer Solar Orbiter nog dichterbij de zon komt.

Dit hogeresolutiebeeld werd op 30 mei 2020 gemaakt door de *High Resolution Imager in the EUV* (HRIEUV). HRIEUV maakt beelden in licht met een golflengte van 17 nanometer, dit is extreem ultraviolet. De bovenste laag van de zonneatmosfeer straalt in deze typische golflengte omdat ze zo heet is: wel 1 miljoen graden! De kleur van de beelden is artificieel. Het EUV is onzichtbaar voor het menselijke oog en heeft dus geen kleur.

Op het moment dat deze beelden gemaakt werden, bevond Solar Orbiter zich ongeveer halweg tussen de aarde en de zon. Geen enkele andere telescoop heeft ooit beelden van de zon gemaakt van zo dichtbij. We kunnen structuren zien in de zonnecorona van slechts 400 km doorsnede. Solar Orbiter zal in de toekomst zelfs nog dichterbij de zon komen. Op het dichtste punt zal de resolutie nog met een factor 2 of meer verhogen. Het beste moet nog komen!

© ESA/Solar Orbiter/EUI Team:
CSL, IAS, MPS, PMOD/WRC, ROB, UCL/MSSL, LCF/IO

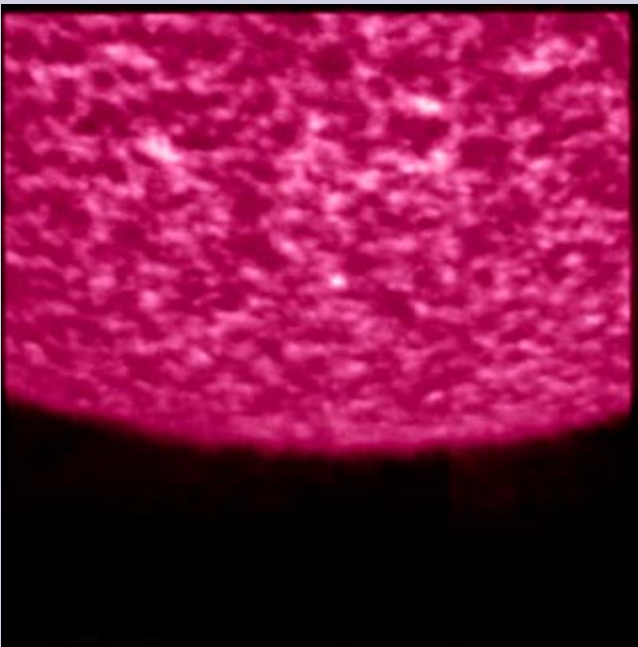
Een ruimtetelescoop lanceren is delicaat. Tijdens de lancering worden de satelliet en de instrumenten danig door elkaar geschud. Eens in de ruimte, kan de temperatuur van de instrumenten drastisch veranderen, afhankelijk van de oriëntatie van de satelliet. Water en atmosferische deeltjes kunnen condenseren en aan de gevoelige delen van de instrumenten blijven kleven. Dit is het *misty window*-effect. Bovendien kunnen de extreme temperaturen en ruimtestraling de elektronica van de instrumenten parten spelen. Al deze partycrashers worden gechecked tijdens de *Near-Earth Commissioning Phase*. Deze begint vlak na de lancering en eindigde op 25 juni vorig jaar wanneer alles dat tot een eventueel falen van de missie kan leiden, wordt geëvalueerd.

EUI wordt zachtjes wakker gemaakt

De *wake-upcall* van EUI was op 25 februari 2020. We liepen door een aantal stappen om EUI zachtjes te laten ontwaken en uiteindelijk helemaal operationeel te zijn. Het aanzetten van de *Common Electronics Box* (CEB), of simpelweg de EUI-computer, was de eerste horde die moest genomen worden. De CEB meldde het EUI-team op aarde dat EUI tot zover oké was. Een dood instrument omdat de computer niet opstart, zou een catastrofe zijn. In een tweede stap testte de computer zelf zijn elektronica, geheugen en software: positief. In een derde stap kon EUI bevestigen dat het mechanisme om de camera-filters te roteren, werkte. Driemaal een zucht van opluchting. De communicatie tijdens de *wake-upcall* van EUI gebeurde vanuit het European Space Operations Centre (ESOC) in Darmstadt. Twee EUI-teamleden, Philip en Koen, waren ter plaatse om indien nodig, in te grijpen. De andere teamleden volgden het proces vanuit hun thuis-instituut in België, Duitsland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk of Zwitserland.

- 25 februari, 16:04 CET - Philip, vanuit Darmstadt, Duitsland: 'We maken de ruimtesonde Solar Orbiter klaar om EUI te kunnen opstarten.'
- 25 februari, 18:10 CET - Koen, vanuit Darmstadt, Duitsland: 'Alle vier onderdelen werden correct aangezet! De zelftesten lopen. De ruimtesonde is 24 lichtseconden ver.'
- 25 februari, 20:09 - Koen: 'Zelftesten werden goed doorlopen.'
- 25 februari 21:07 CET - Koen: 'Nog te snel om hoera te roepen. Eén filter-wiel bewoog zoals voorzien. Het andere filter-wiel heeft nog een schoonheidsfoutje. Dit lossen we op.'
- 25 februari, 20:14 CET - David, vanuit de KSB: 'De temperatuur van beide filter-wielen lijkt me te hoog. De hartslag van EUI is gedaald.'
- 25 februari, 21:17 CET - Koen: 'We nemen dit op. De hartslag vermindert tijdens de opstart van de EUI-computer. Dit is normaal. We blijven de hartslag van EUI in de gaten houden.'
- 25 februari, 21:58 CET - Koen: 'We hebben de verwarming ingeschakeld. Ze lijkt te veel warmte te geven.'
- 26 februari, 00:32 CET - Koen: 'We hebben de verwarming op 50% gezet. De temperatuur blijft onder het kritische punt. Nog even en ik kan naar huis.'
- 26 februari, 07:31 CET - David: 'Het ziet er goed uit vanochtend!'

Felicitaties kwamen binnen vanuit België, Duitsland, Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk en Zwitserland.



Magnetische voetafdruk

Dit zonnebeeld werd gemaakt door de *High Resolution Lyman alpha Imager* (HRILYA). De beelden tonen het zonneoppervlak in een bepaalde golflengte in het UV dat wordt uitgezonden door waterstof, het chemische element dat het meest voorkomt in het heelal. Deze golflengte is gekend als Lyman-alpha en bedraagt 121,6 nm. EUI maakte deze beelden op een moment dat Solar Orbiter zich ongeveer op de helft van de afstand aarde-zon bevond.

Het netwerk dat zichtbaar is in de beelden is karakteristiek voor een lager deel van de zonneatmosfeer, namelijk de chromosfeer. In de chromosfeer en in de transitie laag er vlak boven springt de temperatuur van tienduizend naar honderdduizend graden Kelvin. Het is de laag waar het magnetisch veld van de zon een grotere rol begint te spelen in vergelijking met het zonneoppervlak. Het patroon zichtbaar in het netwerk wordt gevormd door het bewegende zonneplasma op het zonneoppervlak, maar sommige van de heldere structuren kunnen waarschijnlijk gelinkt worden met magnetische structuren hoger in de zonneatmosfeer. Dit vergt nog bijkomend onderzoek!

© ESA/Solar Orbiter/EUI Team: CSL, IAS, MPS, PMOD/WRC, ROB, UCL/MSSL.

De eerste donkere beelden

Alles liep tot nog toe op de gebruikelijke manier en volgens het voorziene plan. Iedereen maakte zich klaar voor de volgende stap: het testen van de camera. Eerst maakt men *dark images*. Dit zijn letterlijk donkere foto's omdat ze gemaakt worden wanneer de telescoopdeuren gesloten zijn. Op 10 maart 2020 kwamen de donkere beelden naar beneden. Het was ongelooflijk om te zien hoe blij wetenschappers kunnen zijn met beelden waarop slechts grijze, zwarte en witte stippen te zien zijn! Op 11 maart 2020 stond de cameraploeg van het televisieprogramma *Kennis van nu* klaar om onze successen vast te leggen. De EUI-beelden konden niet getoond worden wegens een embargo, maar er was meer dan genoeg te vertellen.

Invasie van het corona-virus

Plots daverden EUI en Solar Orbiter op hun grondvesten: op 11 maart 2020 riep de World Health Organization COVID-19 officieel uit tot een pandemie. De controlekamer in het Duitse Darmstadt, speciaal ingericht voor de testen, werd gesloten. De 'off'-knoppen van alle instrumenten werden letterlijk ingedrukt. Een afschuwelijk moment voor iedereen. Na een week werd besloten om met een minimale bezetting en COVID-19-proof te herstarten. De rest van de klus moest geklaard worden 'vanuit ieders kot'. Commando's om EUI aan te sturen werden doorgegeven vanuit de huiskamer, het bureau, de slaapkamer,... Niemand zou op voorhand gedurfd hebben om dit zo te organiseren: vanuit je kot maar in connectie met het team verspreid over de verschillende continenten. Het voordeel was dat iedereen slechts een muisklik ver verwijderd en meteen beschikbaar was om mee te zoeken naar oplossingen voor problemen die zich onderweg voordeden.

De ultieme test: een reeks beelden van de zon

Op 12 mei 2020 werden dan eindelijk de telescoopdeuren geopend en werd de zon gefotografeerd. Deze *First Light* is een mijlpaal, maar ook een kritieke stap waarbij veel kan misgaan. Het is pas tijdens een *First Light* dat uitsluitel kan gegeven worden of de telescoop de lancering heeft overleefd, zich in goede gezondheid bevindt en naar behoren werkt. En het zat inderdaad goed!



Solar Orbiter in de *clean room* op de lanceerbasis van het Kennedy Space Centre. Het hitteschild is nog ingepakt. Nadat alle verpakking is verwijderd zal Solar Orbiter in de lanceerraket geplaatst worden.

© ESA/Solar Orbiter

Een volgend sleutelmoment: het eerste perihelium

Solar Orbiter vliegt elke 168 dagen rond de zon. Het punt van de baan dat het dichtst de zon nadert, is het perihelium. In het perihelium komt de snelheid van Solar Orbiter in de buurt van de snelheid waarmee de zon om haar eigen as draait. Solar Orbiter zweeft dan boven hetzelfde deel van het zonnepoppervlak. Perihelium is het uitgelezen moment voor EUI om de zonneatmosfeer in detail te fotograferen. Op 15 juni 2020 bereikte Solar Orbiter zijn eerste perihelium en bevond zich toen ongeveer op de helft van de afstand zon-aarde.

EUI kreeg het commando om de zon nogmaals te fotograferen en trakteerde ons op uitzonderlijke foto's met overweldigende kleine details. David Berghmans: 'Je kan het vergelijken met de aarde die we allemaal kennen van de iconische blauwe knikker. Je zoomt er op in en plots zie je details die je nooit zou verwachten: rivieren, koeien, een weg met een sliert auto's, huizen met rokende schouwen. Zo lijkt het nu ook met de zon: plotseling kunnen we zien hoe onze ster werkt op microniveau.'

Kampvuur op de zon

De testfase werd succesvol afgesloten op 25 juni 2020 tijdens de officiële online *Mission Commissioning Results Review*-vergadering met meer dan 50 deelnemers. Solar Orbiter was officieel klaar om aan zijn taken te beginnen. EUI had het uitmuntend gedaan: kalmjes aan wakker worden, geen ochtendhumeur, elk onderdeel werkte naar behoren, opdrachten werden zonder morren uitgevoerd, op verschillende momenten werden foto's genomen. De publieke kick-off werd gegeven op 16 juli wanneer beelden en data van alle instrumenten werden vrijgegeven tijdens een online ESA-persconferentie.

De media-belangstelling was enorm. EUI zorgde voor de primeur: in de EUI-beelden zag men in de gebieden op de zon waar het schijnbaar rustig is, tal van kleine kampvuren knisperen, een wauwmoment. De kampvuren zijn kleinere versies van de zogenaamde zonnevlammen en zouden wel eens de sleutel kunnen vormen tot de oplossing van het 'hete corona'-raadsel: hoe is het mogelijk dat het buitenste deel van de zonneatmosfeer miljoenen graden heet kan zijn en het zonneoppervlak slechts 5000 graden?

Het EUI-team kan terugblikken op een enorm intense maar efficiënte testperiode. De zenuwen stonden met momenten strak gespannen, het cafeïneverbruik steeg explosief, maar het was meer dan de moeite waard. Iedereen kijkt uit naar nieuwe beelden en data. Nieuwe wetenschap is op komst!



Het instrument EUI is gebouwd door een Europees consortium onder leiding van het Centre Spatial de Liège. De Koninklijke Sterrenwacht van België werd na de lancering verantwoordelijk voor het beheer van de telescoop en de analyse van de unieke zonnebeelden. De leden van het EUI-consortium: Institut d'Astrophysique Spatiale (Frankrijk), Laboratoire Charles Fabry/Institut d'Optique (Frankrijk), Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (Duitsland), UCL-Mullard Space Science Laboratory (Verenigd Koninkrijk), Physikalisch-Meteorologisches

Observatorium Davos/World Radiation Center (Zwitserland), Centre Spatial de Liège (België) en de Koninklijke Sterrenwacht van België (België).

7 mensen van de KSB werken non-stop aan de opstart van EUI sinds begin maart 2020. Vanaf 16 maart 2020 werkt iedereen vanuit zijn eigen 'kot'. Het team overlegde continu met collega's in andere landen. De spirit zat en zit nog steeds goed, ondanks COVID-19.