

Des 'feux de camp' sur le Soleil

Les premières images prises par le télescope EUI à bord de la mission spatiale Solar Orbiter viennent d'être publiées. L'instrument EUI, coordonné par l'Observatoire royal de Belgique, a découvert des 'feux de camp' sur le Soleil. Les images sont incroyablement nettes. L'équipe est très fière et a été énormément soulagée, d'autant plus qu'il s'agit de la toute première mission spatiale dont les tests des instruments ont dû être effectués depuis les domiciles des scientifiques en raison de la pandémie Covid-19.

Petra Vanlommel

et David Berghmans

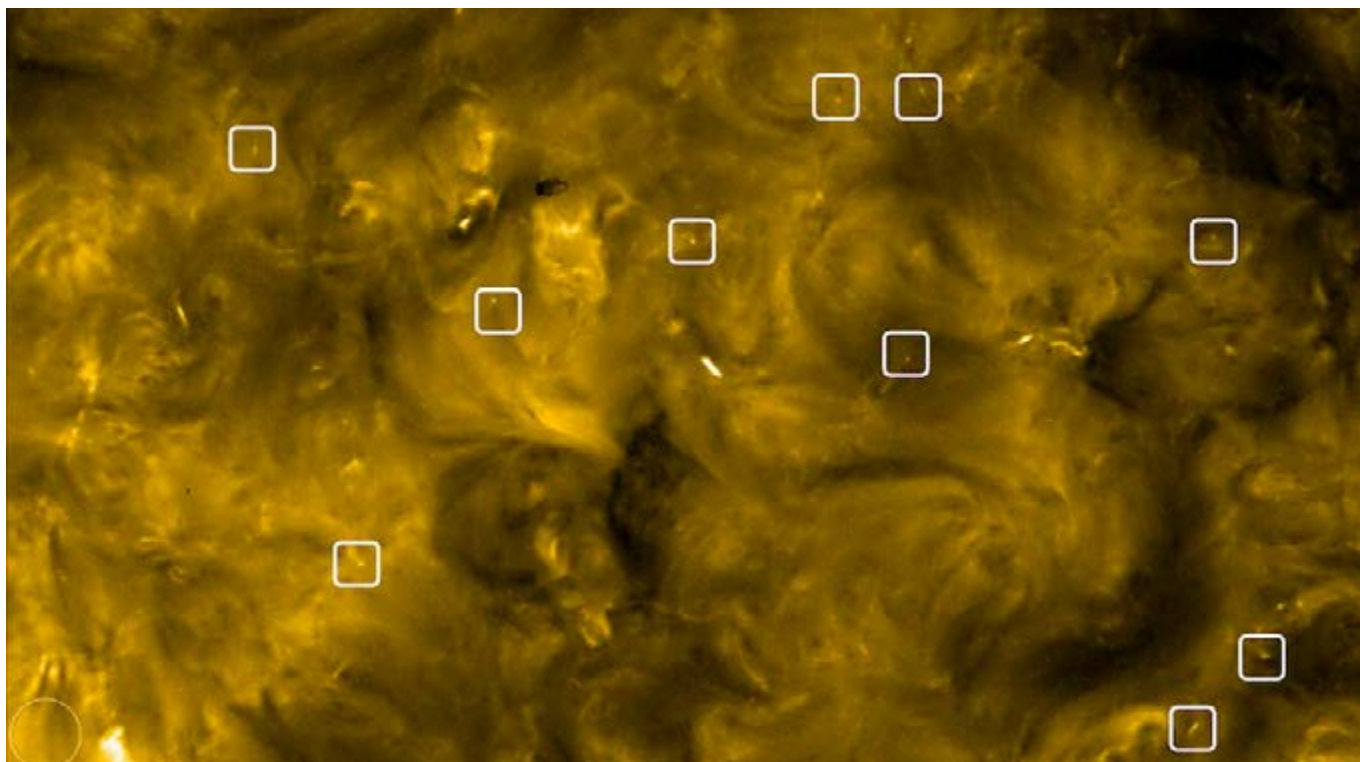
Traduit du néerlandais par Lê Binh San Pham

En orbite autour du Soleil

Le satellite Solar Orbiter a été lancé par la NASA le 10 février 2020 depuis Cape Canaveral. Dix instruments, dont le télescope spatial *Extreme Ultraviolet Imager (EUI)*, se trouvent à son bord. Le but de Solar Orbiter est d'étudier le Soleil de près. Durant son voyage autour de notre étoile, qui durera plusieurs années, il survolera plusieurs fois Vénus et la Terre. Quand il passe près d'une planète, le satellite utilise la gravité de celle-ci pour modifier son orbite et se rapprocher du Soleil. Plus tard, Solar Orbiter utilisera la gravité de Vénus pour incliner son orbite, ce qui lui permettra de survoler les pôles du Soleil et d'en prendre des images en 'vue plongeante', ce qui n'a jamais pu être fait jusqu'ici.

Les défis de l'observation d'EUI dans l'espace

L'instrument EUI observe dans l'ultraviolet extrême (EUV), une partie de la lumière solaire qui est bloquée par l'atmosphère terrestre. Seuls les télescopes se trouvant dans l'espace peuvent produire des images dans cette portion du spectre lumineux. Observer dans l'ultraviolet extrême nous permet de voir la partie externe de l'atmosphère solaire. Or, observer en EUV n'est pas chose facile. Ces observations peuvent être perturbées par de fines particules présentes dans et sur les télescopes, ce qui génère des images de moins bonne qualité. C'est pourquoi les télescopes et le satellite ont été construits dans une salle stérile. Lorsque les portes des télescopes d'EUI ont été ouvertes, on a vérifié que les particules éventuellement présentes puissent s'échapper et s'évaporer. En outre, les filtres, qui bloquent la lumière visible et la chaleur, mais qui laissent passer la lumière en ultraviolet extrême, peuvent facilement se détériorer.



Feux de camp sur le Soleil

Voici une petite partie de l'atmosphère solaire. L'image montre une multitude inattendue de petites boucles, de points lumineux et de fibrilles sombres et mobiles. Les minuscules points et boucles scintillantes ont immédiatement attiré l'attention des scientifiques, car ils apparaissent de façon remarquablement nette et contrastée et sont omniprésents dans tout le soi-disant 'Soleil calme', où on pensait qu'il ne se passait rien. Or, en regardant cette image de haute résolution, nous voyons de minuscules éclairs lumineux presque partout. Ces éclairs ont été baptisés 'feux de camp' par les scientifiques d'EUI. Quelques exemples de feux de camp sont entourés par des carrés. Le cercle indique la taille de la Terre. Ils pourraient contribuer aux températures élevées de la couronne solaire et être à l'origine du vent solaire. C'est une découverte passionnante. Il y en aura encore plus quand Solar Orbiter se rapprochera du Soleil.

L'image en haute résolution a été réalisée le 30 mai 2020 par le *High Resolution Imager in the EUV* (HRIEUV). HRIEUV capture la lumière avec une longueur d'onde de 17 nanomètres, c'est-à-dire dans l'ultraviolet extrême. En observant à cette longueur d'onde, nous observons la partie supérieure de l'atmosphère solaire à une température d'environ 1 million de degrés ! La couleur sur cette image a été artificiellement ajoutée parce que la longueur d'onde originale détectée par l'instrument est invisible à l'œil humain.

Lorsque ces images ont été prises (le 30 mai 2020), Solar Orbiter se trouvait à peu près à mi-chemin entre la Terre et le Soleil. Aucun autre télescope solaire n'a jamais été aussi proche du Soleil auparavant. Cela a permis à EUI de voir des éléments de la couronne solaire de seulement 400 km de diamètre. Au fur et à mesure que la mission se poursuit, Solar Orbiter se rapprochera encore plus du Soleil. À son point le plus proche de notre étoile, la résolution de l'instrument augmentera d'un facteur deux ou plus. Le meilleur est à venir !

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

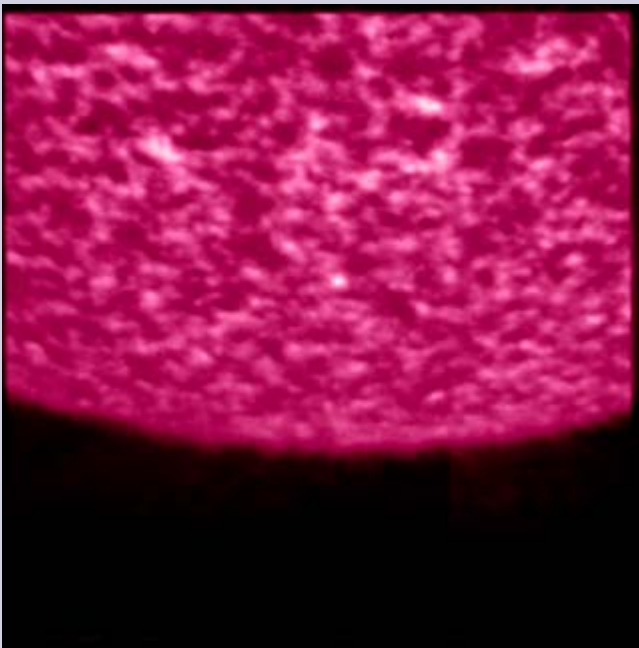
Envoyer un télescope dans l'espace est une entreprise délicate. Lors du lancement, le satellite et ses instruments sont soumis à de très fortes vibrations. Dans l'espace, la température des instruments peut changer radicalement en fonction de l'orientation du vaisseau spatial. L'eau et les particules atmosphériques peuvent se condenser et rester collées sur les zones sensibles des instruments, créant un effet de 'fenêtre brumeuse'. De plus, l'électronique des instruments peut être affectée par des températures extrêmes ou par les rayonnements spatiaux. Tous ces points sont examinés, vérifiés et triés au cours de la phase de mise en service à proximité de la Terre (*Near-Earth Commissioning Phase*) qui a commencé peu après le lancement et s'est terminé le 25 juin 2020. C'est le jour de la révision pour la mise en service (*Commissioning Review*) où tout ce qui pourrait conduire à un éventuel échec de la mission a été évalué.

Le réveil d'EUI

Le réveil d'EUI a eu lieu le 25 février 2020. Il s'est fait en plusieurs étapes pour réveiller l'instrument en douceur et pour le rendre complètement opérationnel. Un premier obstacle à franchir est la mise en marche de l'ordinateur de bord d'EUI : le *Common Electronics Box* (CEB). Le CEB a signalé à la Terre qu'EUI se porte bien. Un instrument mort à cause d'un ordinateur en panne aurait été une catastrophe. Ensuite, l'ordinateur a testé lui-même son système électronique, sa mémoire et ses logiciels, pour ensuite nous dire qu'ils n'ont pas été endommagés et sont prêts pour leurs tâches. Troisièmement, EUI a confirmé qu'il pouvait faire tourner le mécanisme de filtrage de sa caméra. Notre équipe a été triplement soulagée. Le réveil a été déclenché au Centre européen d'opérations spatiales, ESOC, à Darmstadt. Deux membres de l'équipe EUI, Koen et Philip, étaient disponibles sur place pour intervenir si nécessaire. Les autres membres de l'équipe EUI l'ont suivi depuis leurs institutions d'origine, en Belgique, Allemagne, France, Royaume-Uni et Suisse.

- 25 février, 16:04 CET - Philip Smith, de Darmstadt, Allemagne : 'Nous préparons le satellite Solar Orbiter pour le démarrage d'EUI.'
- 25 février, 18:10 CET - Koen Stegen, de Darmstadt, Allemagne : 'Les quatre pièces sont mises correctement sous tension ! Je fais maintenant des autotests. Le vaisseau spatial est à 24 secondes-lumière!'
- 25 février, 20:09 CET - Koen : 'Les autotests ont bien fonctionné.'
- 25 février, 21:07 CET - Koen : 'Il est encore trop tôt pour dire hurra. Une roue filtrante fonctionne comme prévu. L'autre roue filtrante a un défaut. On peut la réparer.'
- 25 février, 20:14 CET - David Berghmans de l'Observatoire royal de Belgique : 'La température des deux moteurs de la roue filtrante semble être fort élevée. Le rythme cardiaque d'EUI a chuté.'
- 25 février, 21:17 CET - Koen : 'Nous prenons cela en charge. Le rythme cardiaque diminue lors du démarrage de l'ordinateur d'EUI. C'est normal. Nous continuerons à surveiller les battements de cœur d'EUI.'
- 25 février, 21:58 CET - Koen : 'Nous avons allumé les chauffe-moteurs. Mais il semble qu'ils chauffent trop.'
- 26 février, 00:32 CET - Koen : 'Nous avons allumé les chauffe-moteurs à 50 % de leur puissance, ce qui permet de maintenir la température en-dessous du point critique. Encore un peu et je vais bientôt rentrer chez moi.'
- 26 février, 07:31 CET - David : 'Les choses se présentent bien ce matin!'

Des félicitations ont été envoyées depuis la Belgique, l'Allemagne, la France, le Royaume-Uni et la Suisse.



Empreintes magnétiques

Cette image solaire a été produite par 'l'imageur alpha Lyman haute résolution' (HRILYA). L'image montre la surface solaire dans une longueur d'onde ultraviolette particulière qui est produite par l'hydrogène, l'élément chimique le plus abondant dans l'univers. Cette longueur d'onde est connue sous le nom de Lyman-alpha et est de 121,6 nm. EUI a produit ces images de la couronne solaire à peu près à mi-chemin entre la Terre et le Soleil.

Le 'réseau' dans les images caractérise une région inférieure de l'atmosphère solaire appelée chromosphère. Dans la chromosphère, et dans la région de transition située au-dessus, la température passe d'environ dix mille à cent mille degrés Kelvin. C'est une région où le champ magnétique du Soleil commence à jouer un rôle plus important par rapport à la surface solaire. La configuration du réseau est produite par le déplacement de la matière solaire des couches inférieures, mais certaines caractéristiques lumineuses peuvent correspondre aux empreintes de structures magnétiques plus élevées dans la couronne. À vérifier !

La crise de la COVID-19 frappe EUI

Jusqu'à présent, tout se déroulait normalement et comme prévu. Tout le monde se préparait à l'étape suivante : tester la caméra. D'abord, on fait des 'images sombres'. Ce sont des images littéralement sombres, car elles sont prises lorsque les portes du télescope sont fermées. Des images sombres ont été prises le 10 mars 2020. C'était incroyable de voir à quel point les scientifiques peuvent être contents avec des images qui ne montrent que des points gris, noirs et blancs ! Le 11 mars, l'équipe de tournage de l'émission de télévision *Kennis van nu* (Connaissance d'aujourd'hui) était prête à enregistrer nos succès. Les images d'EUI n'ont pas pu être montrées en raison d'un embargo, mais il y avait suffisamment de choses à raconter.

Du jour au lendemain, une crise sans précédent a frappé EUI et Solar Orbiter : le 11 mars 2020, l'Organisation mondiale de la Santé a officiellement déclaré que la COVID-19 était une pandémie. On a alors fermé la salle de contrôle de Darmstadt, en Allemagne, spécialement équipée pour les tests. On a littéralement enfoncé les boutons 'off' de tous les instruments. Cela a été un moment terrible pour tout le monde. Au bout d'une semaine, on a décidé de redémarrer la salle de contrôle avec un taux d'occupation minimum et en respectant les normes de sécurité sanitaire contre la COVID-19. Les autres tâches ont été accomplies des domiciles des membres de l'équipe. Les commandes envoyées à EUI ont été transmises depuis le salon, le bureau, la chambre... Personne n'aurait osé organiser cela à l'avance : en liaison avec les membres de l'équipe répartis sur tous les continents. L'avantage que tout le monde était à un clic de souris et que chacun était immédiatement disponible pour aider à trouver des solutions aux problèmes qui se posaient en cours de route.

Le test ultime : les premières images du Soleil

Le 12 mai 2020, on a ouvert les portes du télescope pour photographier le Soleil. Cette 'première lumière' est un jalon, mais aussi une étape critique où beaucoup de choses peuvent mal tourner. Ce n'est que lors d'une 'première lumière' qu'il est possible de déterminer si le télescope a survécu au lancement, est en bonne santé et fonctionne correctement. Il était en effet en pleine forme et le soulagement a été énorme.



Vue du satellite Solar Orbiter en chambre stérile sur la base de lancement du Kennedy Space Center. Sur la photo, le bouclier thermique est encore enveloppé d'une couverture de protection. Après avoir été complètement déballé, Solar Orbiter a été placé dans la fusée de lancement.

© ESA/Solar Orbiter

Un autre moment clé : le premier passage au périhélie

Solar Orbiter fait le tour complet du soleil en 168 jours. Le point de son orbite qui est le plus proche du Soleil est le périhélie. Dans le périhélie, la vitesse du satellite se rapproche de la vitesse à laquelle le Soleil tourne autour de son propre axe de rotation. Solar Orbiter 'flotte' alors au-dessus de la même partie de la surface solaire, ce qui permet à EUI de prendre de meilleures photos de l'atmosphère du Soleil. Le 15 juin 2020, Solar Orbiter a atteint son premier périhélie et se trouvait alors à environ la moitié de la distance entre la Terre et le Soleil.

EUI a alors reçu l'ordre de photographier le Soleil et nous a fourni des images extraordinaires et éblouissantes de petits détails. David Berghmans a déclaré : 'On peut le comparer à la Terre que nous connaissons tous à partir de l'emblématique 'point bleu pâle' vu de l'espace. Vous zoomez dessus et soudain vous voyez des détails que vous ne vous attendiez pas à voir : des rivières, des vaches, une route avec une file de voitures, des maisons avec la fumée de leurs cheminées. C'est ce qui se passe avec le Soleil : tout à coup, nous pouvons voir comment notre étoile fonctionne à une échelle 'micro'.'

'Feux de camp'

La phase de test a été clôturée avec succès le 25 juin 2020 lors de la réunion officielle en ligne *Mission Commissioning Results Review* qui a réuni plus de 50 participants. Le Solar Orbiter est officiellement prêt à commencer ses tâches. Le coup d'envoi public a été donné le 16 juillet lorsque les images et les données de tous les instruments ont été diffusées lors d'une conférence de presse en ligne de l'ESA. L'impact médiatique a été énorme. EUI a fourni le scoop : dans les zones du Soleil où il semble calme, de nombreux petits feux de camp crépitent. Il s'agit de versions plus petites de ce qu'on appelle les éruptions solaires. Tous ces petits feux de camp réunis pourraient être la clé pour résoudre l'énigme de la 'couronne chaude' : comment est-il possible que la partie extérieure de l'atmosphère solaire puisse avoir une température de plusieurs millions de degrés alors que celle de la surface solaire est de 5000 degrés ?

L'équipe d'EUI peut se féliciter du succès de cette période de tests très intense, mais fructueuse. Les nerfs étaient à vif, la consommation de caféine avait augmenté de façon exponentielle, mais cela en valait plus que la peine. Tout le monde attend avec impatience les nouvelles images et données. De la nouvelle science est en route !



L'instrument EUI a été développé par un consortium européen sous la direction technique du Centre Spatial de Liège. L'Observatoire royal de Belgique était responsable après le lancement pour la direction scientifique et l'analyse des images uniques. Les membres étrangers du consortium EUI sont l'Institut d'Astrophysique Spatiale (France) Laboratoire Charles Fabry/ Institut d'Optique (France), le Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (Allemagne), l'UCL-Mullard Space Science Laboratory (Royaume-Uni), le Physikalisch-Meteorologisches

Observatorium Davos/World Radiation Center (Suisse), le Centre Spatial de Liège (Belgique) et l'Observatoire royal de Belgique (Belgique).

7 personnes de l'Observatoire royal de Belgique travaillent sans relâche au lancement d'EUI depuis le début du mois de mars. À partir du 16 mars 2020, chacun travaille à partir de chez lui. L'équipe a consulté en permanence ses collègues d'autres pays. Le moral était et est toujours au beau fixe, malgré la COVID-19.