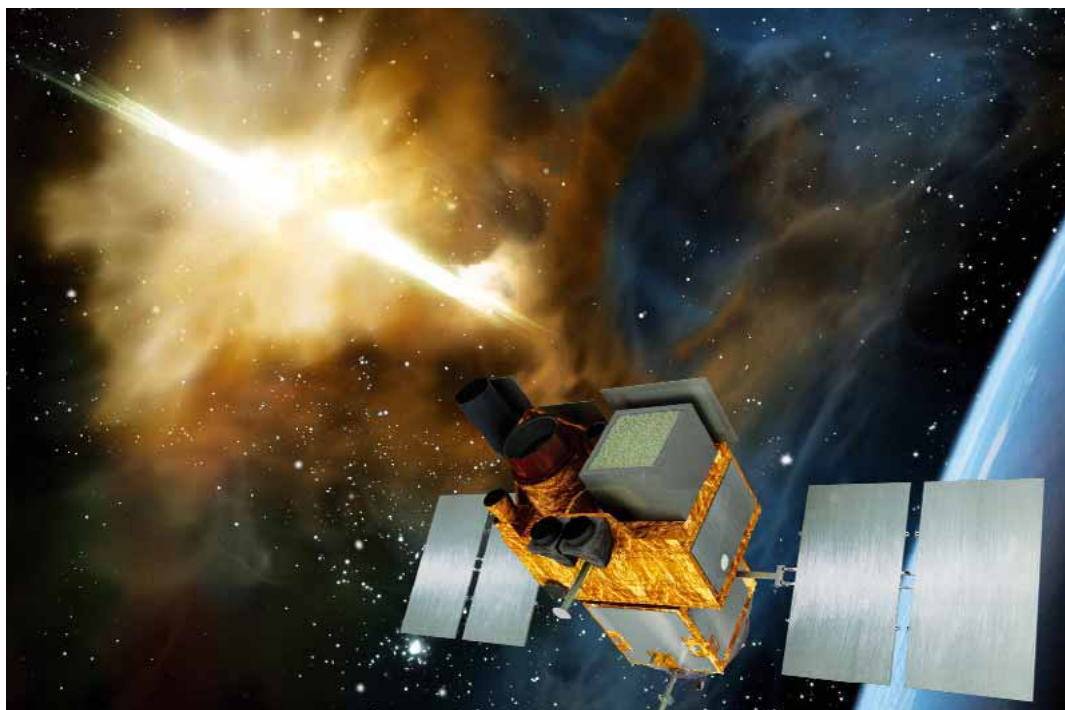


SVOM, un satellite pour détecter l'explosion des premières étoiles formées dans l'Univers



Vue d'artiste du satellite SVOM.

En 2014, sera lancé le satellite SVOM (pour *Space based multi-band Variable Object Monitor*) pour scruter les **sursauts gamma**, autrement dit les événements les plus violents de l'Univers depuis le **big bang**. Leur éclat extrême devrait permettre la détection des premières **étoiles** de l'Univers, ainsi que l'arpentage du cosmos, en les utilisant comme des chandelles astronomiques. Cet éclat leur vient d'une émission en **rayons gamma**, très forte mais également très fugace : de 0,1 à 100 secondes. À cette première émission succède toujours une seconde, celle-ci beaucoup plus faible, décroissante dans le temps et couvrant une large bande allant du **rayonnement X** à celui de l'**infrarouge** en passant par le **rayonnement visible**. Le caractère éphémère du phénomène gamma, et la volonté de l'observer simultanément dans une large bande spectrale, impliquaient des moyens adaptés. D'où la mission SVOM avec sa panoplie de télescopes, installés à la fois dans l'espace et au sol, avec une sensibilité allant des rayons gamma à la lumière infrarouge. Cette complémentarité d'instruments en fait une expérience unique au monde pour l'étude des sursauts gamma, de leur émission prompte à leur émission rémanente. Il s'agit d'une coopération sino-française initiée entre l'**Agence spatiale chinoise**, l'Académie des sciences de Chine et le **Centre national d'études spatiales (Cnes)**.

Au cœur de ce dispositif, figure le télescope ECLAIRS, l'initiateur de toute la chaîne de mesures de la mission. Développé à l'Irfu qui en assure la maîtrise d'œuvre, il s'agit de la principale contribution française à la charge utile du satellite SVOM. La mission d'ECLAIRS consistera à détecter l'apparition d'un

sursaut gamma sur une portion de la voûte céleste et d'en déterminer la localisation avec une précision d'au moins 10 minutes d'arc – il devrait en détecter une centaine par an. L'optique classique ne permettant pas de focaliser les rayons gamma, les chercheurs se sont donc orientés vers l'imagerie par masque codé. Comme son nom l'indique, le principe de cette technique consiste à placer un masque devant un plan de détection en sachant qu'à une position donnée d'une source dans le ciel, correspond une projection unique du motif de masque sur le plan de détection. Reste ensuite à utiliser un outil mathématique pour reconstruire l'image qui permettra de remonter à la direction de la source. Le masque codé se compose d'une plaque de tantale perforée d'un motif choisi, tendue sur un cadre de titane afin de compenser les déformations thermiques – une réalisation du **Laboratoire astroparticule et cosmologie de Paris**. Ce masque est supporté par une structure en carbone rigide et légère, entourée d'un blindage multicouche de plomb, cuivre et aluminium, dont le rôle consiste à arrêter les **photons** ne provenant pas du champ de vue défini par le masque.

Réalisé par le **Centre d'étude spatiale des rayonnements de Toulouse**, le plan de détection associe des cristaux détecteurs de tellure de cadmium et des circuits intégrés de lecture analogique bas bruit (*Application-Specific Integrated Circuit/ASIC*). L'assemblage réalise un empilement compact de céramiques jusqu'à former une unité de détection de 6 400 **pixels** pour une surface de 1 024 cm². Refroidi par un système performant utilisant des caloducs à conductance variable, sa température d'ensemble se situe à -20 °C. Une attention toute particulière a été



portée à la valeur du seuil bas de détection. Grâce au choix rigoureux des détecteurs élémentaires et à une maîtrise aiguë du bruit de l'électronique, un seuil bas à 4 keV a pu être obtenu. Il s'agit d'un résultat crucial pour le télescope, notamment pour détecter des événements situés à des distances cosmologiques où les photons se décalent vers les basses énergies. L'ASIC a été développé par l'Irfu tandis que l'optimisation du couple détecteur/ASIC vient d'une de ses activités de R&D.

Également développée par l'Irfu, l'unité de traitement scientifique embarquée F-UTS⁽¹⁾ devra déceler et localiser, en temps réel, l'apparition d'un sursaut gamma sur la voûte céleste, puis analyser les données issues du plan de détection concernant les photons. La conception du F-UTS s'opère autour d'un micro-processeur embarqué tolérant aux **radiations** spatiales. L'**algorithme** scientifique embarqué emploie deux méthodes de détection de sursauts. Celle dédiée aux sursauts gamma longs reconstruit des images du ciel toutes les 20 secondes pour y rechercher l'apparition d'une nouvelle source. Sensible aux sursauts gamma plus courts, la seconde scrute tous les intervalles de temps, jusqu'à 10 ms, pour déceler une augmentation du nombre de photons détectés, ce qui lui permettra de reconstruire l'image du ciel et donc de trouver la source. Une fois le sursaut gamma localisé, le satellite SVOM

■ (1) « F » pour Français.

se réoriente de manière à pouvoir observer l'émission rémanente grâce aux télescopes embarqués dédiés aux rayonnements X et visibles à petit champ de vue. En parallèle, le F-UTS prépare un message d'alerte. Rapidement envoyé au sol à l'aide d'un émetteur VHF, couplé à une trentaine de stations de réception réparties au sol sous la trajectoire du satellite, ce message déclenchera l'observation de la rémanence du sursaut gamma par les télescopes terrestres. Grâce à cette observation, il devient alors possible de déterminer la distance de l'événement.

La mise en œuvre de solutions performantes et novatrices témoigne du savoir-faire acquis par les équipes techniques en instrumentation spatiale. Fort de cette expérience, SVOM ouvrira une fenêtre nouvelle sur l'Univers, celle donnant sur la connaissance de ces phénomènes lointains que sont les sursauts gamma. Mais pour cela, il faut attendre 2014.

> Bertrand Cordier

Service d'astrophysique (SAP)
Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (Irfu)
Unité mixte de recherche astrophysique
interactions multi-échelles
(CEA-Université de Paris 7-CNRS).
Direction des sciences de la matière (DSM)
CEA Centre de Saclay (Orme des Merisiers)

> Michel Fesquet

Service d'électronique des détecteurs et d'informatique (Sedi)
Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (Irfu)
Direction des sciences de la matière (DSM)
CEA Centre de Saclay