

Tâche de service SVOM/ECLAIRs

Type (ANO1 à ANO6)	ANO2 & ANO3
Nom du service	SO2 - Instrumentation spatiale
Nom de la tâche	SVOM/ECLAIRs
Labellisation	oui
Nom du responsable scientifique correspondant	Bertrand Cordier
Laboratoire et OSU dont elle relève	IRAP - OMP

Les sursauts gamma comptent parmi les phénomènes les plus lumineux dans l'Univers. Observés à des distances cosmologiques depuis les années 60, ils sont probablement associés au lancement d'un jet ultra-relativiste depuis le voisinage immédiat d'un objet compact nouvellement formé. Outre qu'ils nous renseignent sur la première génération d'étoiles, les sursauts longs sondent l'Univers primordial et l'époque de la réionisation et peuvent servir comme chandelles standards jusqu'à des distances bien plus importantes que les supernovae Ia, apportant ainsi de nouvelles contraintes sur les paramètres cosmologiques et la nature de l'énergie noire. Les sursauts courts ont connu un regain d'intérêt en 2017 après la détection d'une onde gravitationnelle produite par la coalescence de deux étoiles à neutron : pour la première fois, la détection s'est accompagnée d'une contrepartie photonique avec un sursaut gamma court suivi d'une kilonova. Les découvertes à venir grâce à cette nouvelle astronomie multi-messager sont considérables, parmi lesquelles la structure interne des étoiles à neutron et leur équation d'état, le mécanisme de formation des trous noirs et de lancement des jets ou encore la nucléosynthèse des éléments les plus riches en neutron.

Au cours des 15 dernières années, le satellite Swift a détecté près d'un millier de sursauts gamma. Cependant, seul un tiers d'entre eux ont pu voir leur distance mesurée. Avec la détection de nombreuses sources transitoires à venir grâce à LSST et SKA, un nouveau satellite dédié aux sursauts gamma et capable d'identifier précisément leur position est indispensable. *Le satellite multi-longueurs d'onde sino-français SVOM (Space Variable Objects Monitor)*, dont le lancement est prévu pour 2021, sera consacré à l'observation des sursauts gamma. SVOM combine un détecteur gamma grand champ qui déclenche l'alerte et des instruments à plus basse énergie afin de localiser la source avant qu'elle ne s'évanouisse, d'identifier sa galaxie hôte et d'en déduire sa distance. La présente tâche de service porte essentiellement sur 2 composantes sous la responsabilité du FSC (*French Scientific Center*) : le *télescope grand champ X et gamma ECLAIRs* embarqué sur SVOM, semblable à l'instrument BAT sur Swift, et le segment sol associé, l'EIC (*ECLAIRs Instrument Center*). Compte tenu de la date imminente du lancement, l'enjeu n'est plus tant la conception des instruments à bord que leur calibration. Dans le cadre de cette tâche de service, je souhaite réaliser la validation des performances d'ECLAIRs et caractériser sa réponse instrumentale afin d'optimiser tant le déclenchement des alertes que l'exploitation ultérieure des données par les observateurs. Au sein de l'EIC, je contribuerai au développement des fichiers de calibration et des outils de traitement des données SVOM mis à la disposition de la communauté.

1 SVOM : charge utile et segment sol

La mission SVOM rassemble un satellite éponyme et un segment sol composé d'un télescope de suivi au sol GFT-2 (*Ground Follow-up Telescope-2*, ou Colibri) et d'un réseau d'antennes radio

au sol VHF (*Very High Frequency*) chargées de communiquer avec le satellite et d'orienter les télescopes au sol vers les sursauts gamma moins de 4 minutes après leur détection par ECLAIRs. Le satellite comporte plusieurs instruments :

- Développé par l'IRFU, l'IRAP et l'APC, **l'imageur grand champ X durs / gamma ECLAIRs** est doté d'un masque codé qui surplombe un plan focal de détection DPIX et sur lequel vient s'imprimer l'ombre du masque en cas de sursaut gamma. Ce dispositif confère à ECLAIRs à la fois un large champ de vision et une résolution angulaire suffisamment bonne pour apporter une localisation préliminaire de la source. Une unité de gestion et de traitement scientifique analyse le signal en temps réel, se charge de déclencher immédiatement l'alerte sursaut et de communiquer la position de la source aux autres instruments.
- Le déclenchement d'une alerte sursaut provoque la rotation de SVOM afin de placer la source dans le champ de vision du **télescope X MXT** (*Micro-channel X-ray Telescope*), bien plus réduit mais doté d'une meilleure résolution.
- En parallèle, **le télescope VT** (*Visible Telescope*) apportera une localisation encore meilleure, de l'ordre de quelques arcsecondes dans le visible et proche infra rouge.
- Enfin, **le GRM** (*Gamma Ray Burst Monitor*) dont les 3 détecteurs permettront la localisation grossière de la source par triangulation dans un champ de vue plus large que celui d'ECLAIRs, en particulier pour les sursauts gamma courts.

2 Contenu et équipe d'accueil

L'un des objectifs majeur de l'IRAP est d'assurer le développement, la validation et l'exploitation de l'instrument ECLAIRs dont le laboratoire est PI avec son responsable scientifique Jean-Luc Atteia. A ces fins, 20 postes équivalent temps plein doivent être pourvus entre 2017 et 2022. Le support technique apporté par l'EIC, basé à l'IRAP et sous la responsabilité d'Olivier Godet, prend différentes formes : **phase préliminaire de commissionnement de l'instrument** (déploiement et étalonnage pour pallier à d'éventuels biais), **maintien du logiciel de bord et gestion des alarmes, suivi des opérations** et surveillance pour faire face aux éventuels problèmes instrumentaux qui pourraient survenir en vol.

Au sein de cette équipe de 4 personnes, je pourrai dès 2019 participer au **développement d'outils d'analyse des données pour valider les performances de l'instrument** et mettre à la disposition de la communauté les fichiers de calibration qui garantiront une exploitation optimale une fois SVOM en activité. Pour ce faire, je prendrai comme référence des spectres simulés par le code Geant4 pour la source d'Américium-241 disponible à l'IRAP et les comparerai à ceux mesurés pour construire un modèle de la réponse spectrale qui sera utilisée au FSC par les observateurs pour ajuster les spectres construits à partir des données ECLAIRs. Je contribuerai à la **conception d'outils pour calculer certaines tables de configuration pour le bord** telles que les tables de seuils ASIC (*Application-Specific Integrated Circuit*), de pixels bruyants/morts, d'efficacité, de gain ou d'offset.

Le contrôle du bruit introduit par les ASICs (*Application-Specific Integrated Circuits*) du plan focal de détection DPIX est un enjeu majeur pour éviter que de fausses alertes ne soient déclenchées. J'évaluerai le niveau de bruit intrinsèque de chaque pixel mais aussi la capacité

du bruit à se propager d'un pixel à l'autre en calculant la matrice de corrélations croisées du DPIX. J'identifierai des zones fiables homogènes où le bruit est faible et m'assurerai de la constance dans le temps de ces propriétés.

Pour peu qu'un sursaut soit suffisamment proche et brillant, la durée qui suit l'absorption d'un photon pendant lequel le détecteur ne peut plus absorber (ou temps mort) peut amener à sous-estimer le flux mesuré. Je modéliserai ce temps mort afin d'en évaluer l'impact sur les flux mesurés. En tant que membre de l'EIC, je développerai des scripts de tests pour vérifier le fonctionnement en vol du satellite, ainsi que des outils d'analyse pour en exploiter au mieux les données.

3 Evolution de la tâche de service

Dans la seconde phase de la mission SVOM, les *Targets of Opportunity* (ToO) représenteront une part plus importante de l'activité du satellite. Je pourrais travailler à **l'optimisation de la présente stratégie d'observation** du MXT et du VT dite "*smart*" pour capturer un maximum de contreparties photoniques associées aux sursauts courts, avec le *ToO - Multi-Messenger* (ToO-MM, Jean Jaubert, CNES Toulouse), ainsi qu'à la **maintenance de l'interface de requête ToO-MM**.

A plus long terme, je souhaite mettre à profit l'expérience que j'aurai accumulé en rejoignant le projet SVOM pour contribuer à **l'instrument X-IFU** (*X-ray Integral Field Unit*; PI: Didier Barret, IRAP) du satellite Athena (*Advanced Telescope for High ENergy Astro-physics*) dont le lancement est prévu vers 2030. Après la fin prématurée de la mission Hitomi, le besoin pour un satellite X se fait plus que jamais sentir. La mission XRISM (*X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission*) de la Jaxa viendra temporairement pallier à ce manque dans les années 2020 et servira de démonstrateur à Athena.

4 Compétences pour la tâche de service

De par le contenu de mon activité de recherche (cf *Research proposal*), je bénéficie d'une bonne connaissance des observables nécessaires à la validation des modèles à notre disposition. Les observations réalisées par SVOM pourront directement être confrontées avec les prédictions issues des simulations numériques d'accrétion sur des objets compacts que j'ai réalisées ces dernières années. Réciproquement, je serai à même d'aider à la définition de la priorité d'une ToO-MM et d'identifier les stratégies d'observations adéquates pour apporter de nouvelles contraintes à l'étude théorique des sursauts gamma, en particulier des sursauts courts en lien avec les détections à venir d'ondes gravitationnelles associées à la coalescence d'une étoile à neutron et d'un autre objet compact. En particulier, le sursaut gamma issu de la coalescence d'étoiles à neutron en 2017 est très atypique (sursaut faible, longue rémanence X, kilonova brillante) et sa nature reste encore incertaine.

Enfin, mon expertise numérique garantit que je pourrai être opérationnel dès mon affectation quel que soient les langages et conventions au sein de l'équipe d'accueil. Mes connaissances en hardware et en calculs de haute performance (e.g. architecture des super-calculateurs, méthodes de parallélisation massive et de multithreading) me permettront de développer les outils d'analyse en temps réel indispensables à la coordination des observations de sursauts gamma.