

Etude d'une constellation de nano-satellites pour la détection des sursauts gamma et l'astronomie multi-messager

Encadrant : Olivier Godet

Laboratoire : Institut de Recherche en Astrophysique & Planétologie (IRAP) – Toulouse

Contact : ogodet@irap.omp.eu, Tél: 0561557536

Les sursauts gamma sont parmi les phénomènes cosmologiques les plus violents de l'univers. Ils se caractérisent par de très intenses et brèves (de quelques ms à quelques centaines de secondes) bouffées de photons X et gamma apparaissant de manière aléatoire sur le ciel et dans le temps. Cette émission prompte à haute énergie est suivie par une émission rémanente multi-longueur d'onde plus longue durée (de quelques heures à quelques jours/semaines/mois). Ces phénomènes extrêmes sont associés à la formation catastrophique d'objets compacts stellaire (trou noir ou étoile à neutrons) et le lancement de jets ultra-relativistes orientés dans la direction de la Terre suivant l'effondrement gravitationnel du coeur de certaines étoiles massives ($M > 25 M_{\text{sol}}$) et la coalescence de deux étoiles à neutrons. Ce dernier type de progéniteurs induit un fort signal d'ondes gravitationnelles (OG) qui est maintenant accessible aux détecteurs d'OG au sol Ligo/virgo, ouvrant l'ère de l'astronomie multi-messager. L'étude des sursauts gamma nous renseigne sur l'histoire cosmologique de la formation et de l'évolution stellaire (taux de formation stellaire, propriétés des étoiles: p.e. rotation, binarité, métallicité), les processus d'accélération de particules à des vitesses ultra-relativistes, les processus de rayonnement notamment pour l'émission prompte, la nucléosynthèse explosive et l'enrichissement du milieu interstellaire en métaux lourds, la démographie de trous noirs stellaire/étoiles à neutrons. Ils peuvent être utilisés également comme sondes cosmologiques pour détecter des galaxies primordiales dans l'univers jeune, pour contraindre l'époque de la réionisation de l'univers. Afin de participer au mieux à l'astronomie du ciel transitoire et multi-messager, plusieurs scientifiques de l'IRAP se sont associés pour proposer un projet de constellation de nano-satellites (3UTransat) au CNES pour la détection de sursauts gamma en synergie avec les détecteurs d'OG Ligo/Virgo à partir de 2022/23.

Objectif principal : Optimiser les performances scientifiques (p.e. précision de localisation, sensibilité limite, réponses spectrale et temporelle, taux de détection) d'une telle constellation de nano-satellites en fonction de plusieurs paramètres (p.e. le nombre de satellites, la géométrie des détecteurs, le bruit de fond, le type de sursauts gamma). Etudier également les autres types d'objets transitoires que cette constellation pourrait voir et qui pourraient donner lieu à des signaux d'OG.

Méthodologie : L'étudiant(e) fera une recherche bibliographique afin de se familiariser avec le contexte scientifique du stage et des propriétés observationnelles des sursauts. L'étudiant(e) développera en adoptant une approche Monte-Carlo un simulateur de la constellation de nano-satellite (nombre et position des satellites sur l'orbite) en prenant en compte la géométrie des détecteurs, les sources de bruit de fond astrophysiques, les sources d'intérêt (sursauts et autres sources transitoires). L'étudiant(e) sera amené(e) à constituer un échantillon de sursauts gamma à partir de données réelles (spectres et courbes de lumière de l'émission prompte) afin d'alimenter le simulateur.

Compétences acquises au cours du stage : Ce stage permettra à l'étudiant(e) d'acquérir des connaissances théoriques sur la physique des sursauts gamma, des objets compacts et des processus d'accrétion/éjection. Le stage permettra à l'étudiant(e) d'acquérir une certaine expertise dans les simulations Monte-Carlo. L'étudiant(e) se familiarisera avec les logiciels LateX, Python/C++ et GEANT4 qui permet de simuler les interactions de particules avec la matière. L'étudiant(e) sera accueilli(e) au sein du GAHEC (Galaxie, Haute Energie & Cosmologie) à l'IRAP dans une équipe de recherche spécialiste des objets compacts & sursauts gamma. L'étudiant(e) pourra profiter des compétences et des outils déjà mis en place au sein de cette équipe. Le stage permettra aussi à l'étudiant(e) de se familiariser avec la vie d'un laboratoire de recherche.

Durée du stage : de la durée requise par le M2 jusqu'à 5 mois.

Bibliographie conseillée

cf. onglet "Stage" sur le lien <http://userpages.irap.omp.eu/~ogodet>