



## Le projet GRBase: Etude des processus radiatifs associés aux sursauts gamma par une approche multi-longueur d'onde

**Spécialité** Astrophysique

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [DAp](#)

**Candidature avant le** 31/01/2021

**Durée** 5 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [Cordier Bertrand / Turpin Damien](#)  
+33 1 69 08 57 31  
[damien.turpin@cea.fr](mailto:damien.turpin@cea.fr)

### Résumé

Les sursauts gamma sont les phénomènes cataclysmiques les plus extrêmes dans l'Univers produisant des flashes intenses de rayonnement gamma (keV-MeV) puis suivis d'une phase d'émission rémanente multi-longueur d'onde. L'étudiant contribuera au développement et à l'optimisation des outils d'analyse du projet GRBase qui permettront d'étudier l'évolution spectrale de l'émission rémanente des sursauts gamma. Il effectuera l'analyse phénoménologique des courbes de lumière de l'ensemble des sursauts gamma stockés dans GRBase qu'il confrontera aux prédictions théoriques de divers modèles d'émission de sursauts. Les résultats de cette analyse serviront de nouvelles bases pour mieux comprendre la diversité des comportements des sursauts gamma actuellement observée et de les relier à des propriétés physiques remarquables.

### Sujet détaillé

Les sursauts gamma (GRB, Gamma-ray Burst) sont les phénomènes cataclysmiques les plus extrêmes dans l'Univers produisant des flashes intenses de rayonnement gamma (keV-MeV). lorsqu'un GRB se produit, il devient alors très largement la source la plus brillante du ciel gamma. Les diverses missions satellitaires qui se sont succédées depuis 30 ans ont permis d'établir que ces phénomènes sont vraisemblablement produits au sein de jets de plasma expulsés à des vitesses ultra-relativistes. Les systèmes progéniteurs de ces jets ne sont toujours pas clairement identifiés mais les conditions physiques nécessaires pour les produire pointent vers des objets compacts fortement magnétisés en rotation rapide et accrétant la matière environnante résiduelle d'un phénomène explosif d'origine stellaire. Deux classes d'événements cataclysmiques ont été identifiées comme étant capables de former de tels systèmes accrétants. D'un côté les GRBs dits "long" produits par l'effondrement gravitationnel d'étoiles massives en supernovae de type Ib/c. De l'autre côté les GRBs courts produits par la fusion de deux objets compacts impliquant au moins une étoile à neutrons. Les jets ultra-relativistes des GRBs interagissent avec le milieu interstellaire (MIS) dans lequel ils se propagent en produisant des ondes de choc à l'interface jet/MIS. Ces ondes accélèrent alors les électrons du milieu environnant à haute énergie produisant une émission multi longueurs d'onde dite rémanente détectable durant des heures à haute énergie (rayons X) jusqu'à plusieurs mois dans le domaine radio. Grâce à l'analyse des spectres et des courbes de lumière multi longueurs d'onde de ces deux phases d'émission, prompte et rémanente,

---

nous pouvons alors obtenir une grande quantité d'informations sur les processus physiques complexes associés au GRB et qui font toujours débat à l'heure actuelle.

Depuis 2015, le projet GRBase a pour but de collecter et d'analyser l'ensemble des données multi longueur d'onde issues des observations de GRBs de ces 20 dernières années. Ce projet sera un support à l'exploitation scientifique des observations multi longueurs d'onde effectuées par la mission franco-chinoise SVOM à venir en 2022 (<http://www.svom.fr>). GRBase est aussi un formidable outil pour préparer les futures synergies que SVOM aura avec les grands projets émergents de la prochaine décennie d'observation du ciel transitoire multi-messagers (a+LIGO/a+Virgo/KAGRA, Obs.Vera Rubin-LSST, KM3NeT, CTA, SKA, etc.).

L'étudiant contribuera au développement et à l'optimisation des outils d'analyse de GRBase qui permettront d'étudier l'évolution spectrale de l'émission rémanente des sursauts gamma. Il effectuera l'analyse phénoménologique des courbes de lumière de l'ensemble des sursauts gamma stockés dans GRBase qu'il confrontera aux prédictions théoriques de divers modèles d'émission de sursauts. Les résultats de cette analyse serviront de nouvelles bases pour mieux comprendre la diversité des comportements des sursauts gamma actuellement observée et de les relier à des propriétés physiques remarquables.

L'étudiant travaillera au sein du groupe LISIS du département d'astrophysique du CEA-Saclay qui possède des responsabilités majeures (responsabilité scientifique SVOM-France) dans le développement de la mission SVOM et la préparation des synergies avec les futurs grands observatoires du ciel transitoire. Il sera aussi amené à collaborer avec la communauté scientifique française impliquée dans SVOM et internationale pour la science des sursauts gamma.

### **Mots clés**

### **Compétences**

Traitement de données et analyse statistique Modélisation

### **Logiciels**

python

---

# The GRBase project: Study of the multi-wavelength radiative processes associated to the Gamma-ray Bursts

## Summary

The Gamma-ray Bursts (GRBs) are the most extreme cataclysmic phenomena in the Universe characterised by a very bright and prompt emission of gamma-rays (keV-MeV) followed then by a long-lived multi-wavelength afterglow emission. The student will contribute to develop and optimize the analysis pipeline of the GRBase project devoted to study the spectral evolution of the GRB afterglow emissions. He will perform the phenomenological analysis of the afterglow light curves which he will confront with theoretical predictions of various GRB emission models. The results of this analysis will pave the way towards a better understanding of the features and their diversities observed in GRB afterglow lightcurves as well as the distribution of the physical parameters that drive the radiative processes.

## Full description

The Gamma-ray Bursts (GRBs) are the most extreme cataclysmic phenomena in the Universe characterised by a very bright and prompt emission of gamma-rays (keV-MeV). When a GRB occurs, it suddenly becomes the brightest gamma-ray source of the sky by far. Over the past 30 years, the different satellite missions have established that those phenomena are very likely produced by dissipative processes in inhomogeneous jets of plasma propagating at ultra relativistic speed in the ambient medium. The progenitors of such jets have not been firmly identified but the physical conditions required to produce them point towards highly magnetized and rapidly spinning compact objects accreting the surrounding residual matter from a cataclysmic stellar event. However, two classes of cataclysmic events have been identified as being able to produce GRBs. On one side, the so-called "long" GRBs are initially produced by the core collapse Supernovae (SN) of some massive stars in a special SN type Ib/c. On the other side, "short" GRBs seem to be produced by the coalescence of two compact objects involving at least one neutron star. The ultra-relativistic GRB jets interact with the surrounding interstellar medium (ISM) in which they propagate producing shock waves at the jet/ISM discontinuity. Those shocks accelerate the ISM electrons at high energies that subsequently cool by radiating a multi-wavelength emission called "afterglow". The GRB afterglow emission can be detected during several hours at high energies (TeV, GeV, X-rays) and up to several months in the radio GHz domain before it fades below the sensitivity of our instruments. Thanks to analysis of the spectral and multi-wavelength flux evolutions of the prompt and afterglow emission phases with time, we can obtain a lot of informations about the physical processes at work in GRBs that are still highly debated today.

Since 2015, the GRBase project has the goal to collect and analyze a large multi-wavelength prompt and afterglow data set originating from GRB observations taken over the last two decades. This project will be an important support for the scientific community aiming at exploiting the multi-wavelength data taken by the new generation of GRB missions like the Sino-French mission SVOM (<http://www.svom.fr>) which will be launched by mid-2022. GRBase is also a fantastic tool to prepare the future synergies between SVOM and the upcoming large Observatories dedicated to the study of the multi-messenger transient sky (a+LIGO/a+Virgo/KAGRA, Obs.Vera Rubin-LSST, KM3NeT, CTA, SKA, etc.).

The student will contribute to develop and optimize the analysis pipeline of the GRBase project devoted to study the spectral evolution of the GRB afterglow emissions. He will perform the phenomenological analysis of the afterglow light curves which he will confront with theoretical predictions of various GRB emission models. The results of this analysis will pave the way to have a better understanding about the diversity of the features observed in GRB afterglow lightcurves and the distribution of the physical parameters that drive the radiative processes.

The student will work among the LISIS laboratory of astrophysical department of CEA-Saclay/ UMR AIM which have major responsibilities (PI SVOM-France) in the development of the SVOM mission and the preparation of the synergies with the future observatories of the transient sky. He/she will work in a vibrant scientific environment with a lot of interactions with the scientific community involved in SVOM and international collaborators working in the GRB science.

## Keywords

---

**Skills**

Data processing and statistical analysis Modeling

**Softwares**

python