

Recherche en temps réel de sursauts gamma dans CTA à l'aide de transformée en ondelettes

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil

Candidature avant le 01/06/2018

Durée 2 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [STOLARCZYK Thierry](#)

+33 1 69 08 78 12

thierry.stolarczyk@cea.fr

Autre lien <http://neutrini.free.fr>

Résumé

Le but du stage est d'étudier les performances de détection de variations de flux en temps réel dans CTA en utilisant une transformée en ondelettes spatio-temporelle appliquée à une série d'images du ciel construites en ligne. Le développement algorithmique sera appliqué à l'observation de sursauts gamma, les phénomènes les plus violents de l'Univers, observés par FERMI/LAT au GeV, mais pas encore détectés au TeV par les précurseurs de CTA.

Sujet détaillé

Le but du stage est d'étudier les performances de détection de variations de flux en temps réel dans CTA en utilisant une transformée en ondelettes spatio-temporelle appliquée à une série d'images du ciel construites en ligne. Le développement algorithmique sera appliqué à l'observation de sursauts gamma, les phénomènes les plus violents de l'Univers, observés par FERMI/LAT au GeV, mais pas encore détectés au TeV par les précurseurs de CTA.

Les sursauts gamma (GRB pour Gamma Ray Burst) comptent parmi les phénomènes les plus mystérieux de l'astronomie : ils peuvent émettre en quelques dizaines de secondes autant d'énergie qu'une étoile pendant toute sa durée de vie et devenir alors plus brillants que la totalité du reste du ciel. L'explosion initiale est suivie d'une émission s'étendant sur des semaines ou des mois et dont l'intensité et l'énergie décroissent au fil du temps. Découverts accidentellement en 1967, ils sont maintenant détectés à des distances cosmologiques à raison d'un par jour sur l'ensemble de la voûte céleste. Ils ont été observés dans le domaine visible, en radio, en rayons X et en rayons gamma jusqu'à quelques dizaines de GeV. Des modèles théoriques expliquent les sursauts par l'effondrement en trou noir d'une étoile très massive ou par la coalescence de deux étoiles à neutrons. Dans ces processus l'énergie est émise essentiellement sous la forme d'un jet dirigé vers l'observateur, fournissant ainsi une explication aux luminosités extrêmes observées. Pour contraindre les modèles il est important d'étudier les sursauts à toutes les longueurs d'onde dès leur apparition.

L'observatoire CTA (Cherenkov Telescope Array) observera la totalité du ciel entre 50 GeV et plus de 100 TeV grâce à une centaine de télescopes répartis sur deux réseaux dans les hémisphères nord et sud, permettant d'obtenir une

sensibilité et une résolution temporelle bien supérieures aux instruments existants dans ce domaine d'énergie. Les premières lueurs Tcherenkov résultant de l'interaction des rayons gamma dans l'atmosphère sont attendues dès 2020. Certains télescopes des réseaux seront capables de s'orienter vers une source en quelques dizaines de secondes après réception d'une alerte, ce qui permettra de rechercher des contreparties à très haute énergie aux signaux reçus par d'autres observatoires.

Le but du stage est d'évaluer les capacités de CTA à observer des sursauts gamma compte-tenu des observations et des modèles existants. L'étude consistera à simuler des courbes de lumière réalistes à partir des résultats existant au GeV et à optimiser une méthode de recherche de variation de flux dans une série d'images du ciel construites en temps-réel. Des études préliminaires ont montré que l'utilisation d'une transformée en ondelette était particulièrement prometteuse comparée aux méthodes classique n'utilisant que les variations temporelle d'intensité dans le champ de vue.

Le stage se déroulera au sein du groupe CTA du département d'astrophysique de l'Irfu (CEA Paris-Saclay, Orme des merisiers). Il est susceptible d'être suivi d'une thèse sur la détection des phénomènes transitoires dans CTA.

Mots clés

sursauts gamma, CTA, simulation, analyse de données, ondelettes

Compétences

Logiciels

Linux, Python

Real-time gamma ray burst search in CTA using wavelet transforms

Summary

The goal of the internship is to study the performance of detecting real-time gamma-ray flux variations in CTA, applying wavelet transforms on a series of sky images. The algorithmic development will be applied to gamma-ray bursts (GRB) observations, the most violent phenomena in the Universe, detected with the FERMI/LAT instrument but not in the CTA energy range so far.

Full description

Gamma ray bursts (GRB) are among the most mysterious astronomical events: they can emit as much energy as a star in its entire lifetime in a few tens of second and thus become brighter than the whole observable sky. The initial explosion is followed by an emission lasting for weeks or months with an intensity and energy decreasing with time. Accidentally discovered on 1967, they are now detected at cosmological distances at a rate of one per day on the whole celestial sphere. They have been observed in the visible domain, in radio, with X-rays and with gamma rays up to a few tens of GeV. Theoretical models explain the GRB as the collapse of a very massive star or as the coalescence of two neutron stars into a black hole. In these processes the energy is essentially emitted as a jet toward the observer, thus explaining the extreme observed luminosities. Constraining these models requires observing the GRB at all wavelengths as soon as they appear.

The CTA observatory (Cherenkov Telescope Array) will observe the whole sky with energies ranging from 50 GeV to 100 TeV thanks to a hundred of telescopes installed on two sites in the northern and southern sites respectively, reaching an unprecedented sensitivity and time resolution in this energy domain. The first Cherenkov glows from the interaction of gamma rays in the atmosphere are expected in 2020. Some telescopes will have the ability to point toward a source after a few tens of seconds following an alert, thus allowing the search for very high energy counterparts to the signals received by other observatories.

The goal of the internship is to investigate the capacities of CTA to observe GRB on the basis of the existing detection and models. The study will first consist in simulating realistic light curves from existing results in the GeV range. The signal appearance and the flux variations will then be searched from a series of sky images generated in real-time conditions. Preliminary studies have shown that wavelet transforms are particularly efficient compared to classical methods where only the whole field of view intensity variation is analysed.

The internship will be hosted by the CTA group of the lrfu astrophysics department (CEA Paris-Saclay, Orme des merisiers). It can be potentially followed by a PhD on the detection of transient sources by CTA.

Keywords

gamma ray bursts, CTA, simulation, data analysis, wavelets

Skills

Softwares

Linux, Python