

ANALYSE EN TEMPS REEL DU CIEL TRANSITOIRE AVEC CTA

Real time analysis of the CTA transient sky

CEA Saclay
Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (Irfu)
Service d'astrophysique, UMR 7158 (AIM)

Thierry Stolarczyk, +33 1 69 08 78 12, thierry.stolarczyk@cea.fr, <http://neutrini.free.fr>

L'observatoire CTA est sur le point de révolutionner notre vision du ciel à très haute énergie grâce à des performances 10 fois supérieures aux instruments existants et à des capacités inédites pour la recherche de contreparties aux sources transitoires. L'objectif de la thèse est de participer au démarrage de l'instrument en contribuant à la mise au point de la chaîne de reconstruction des rayons gamma, en l'optimisant pour la recherche de sources transitoires en temps réel, et en analysant ses performances.

The CTA observatory is a next-generation ground-based instrument for exploring the sky in gamma rays at very high energies, with a sensitivity ten times better than the existing and an amazing new capacity for the search of transient source counterparts. The goal of the thesis is to participate to the start of the instrument through a contribution to the tuning of the gamma-ray event reconstruction chain, its optimisation for the real time search for transient sources and the analysis of its performance.

L'observatoire CTA (Cherenkov Telescope Array) est un instrument au sol permettant d'explorer le ciel en rayons gamma à très haute énergie, d'étudier les phénomènes cataclysmiques de l'Univers, révélant ainsi leur capacité à accélérer le rayonnement cosmique, et de sonder la matière soumise à des conditions extrêmes sous l'influence d'astres compacts, trous noirs ou étoiles à neutrons.

CTA comportera trois types de télescopes répartis sur deux sites dans les hémisphères sud (Chili) et nord (Iles Canaries) : des télescopes de grande taille (LST, 4 au sud, 4 au nord) avec un seuil en énergie particulièrement bas (20 GeV) permettant un bon recouvrement avec les données du satellite Fermi ; des télescopes de taille moyenne (MST, 25 au sud, 15 au nord), destinés à obtenir une sensibilité au TeV dix fois supérieure aux observatoires actuellement en opération (Hess, Magic, Veritas); des télescopes de petite taille (SST, 70 au sud), permettant d'explorer le ciel à très haute énergie, jusque 100 TeV et plus.

La construction du premier grand télescope de CTA (miroir de 23 m de diamètre) a débuté à l'observatoire d'El Roque de los Muchachos sur l'île de La Palma (Canaries). Elle sera achevée fin 2017 et les premières données exploitables sont attendues courant 2018. La construction de l'observatoire se poursuivra pendant environ 5 ans. Dès l'installation des premiers télescopes, la recherche de contreparties à des sources variables est prometteuse. En particulier les LST peuvent être dirigés en moins de 50 secondes dans la direction d'alertes émises par d'autres observatoires. Ces alertes comprennent les sursauts gamma et les ondes gravitationnelles dont la détection d'une contrepartie dans le domaine d'énergie de CTA constituerait une découverte majeure.

Le sujet

Dans l'atmosphère l'interaction des rayons gamma ou des particules du rayonnement cosmique -bruit de fond dominant- produit une gerbe de particules relativistes qui sont à l'origine de la lumière Tcherenkov. Cette lumière se reflète des miroirs des télescopes vers la caméra disposée à leur foyer et y crée un signal. La lumière du fond du ciel, qui dépend des conditions atmosphériques et de la zone observée, s'ajoute à ces signaux physiques, ainsi que le bruit de la chaîne de l'électronique.

Obtenir une image du ciel consiste à supprimer le bruit de fond des images des gerbes dans les caméras, à reconstruire ces gerbes (direction, énergie) et à discriminer les rayons gamma des rayons cosmiques. Cette

chaîne de reconstruction sera utilisée « hors ligne » pour produire les cartes du ciel. Dans CTA, compte-tenu du taux d'événements attendus, elle devra être particulièrement performante.

Une version de la chaîne de reconstruction devra fonctionner « en ligne » sur site (analyse temps-réel), afin d'évaluer en permanence les performances de l'observatoire et de permettre de réagir à des événements inattendus ou à des alertes externes dans les plus brefs délais. La thèse offre l'opportunité de participer à l'étude et à la mise en place de cette chaîne d'analyse. Le travail s'organise en plusieurs étapes:

- Analyser les performances de la chaîne de reconstruction des signaux Tcherenkov et l'adapter au temps réel, à partir de données simulées en Monte Carlo. Confronter les algorithmes aux premières gerbes détectées dans les télescopes CTA ;
- A partir des événements reconstruits, définir les conditions qui permettent de créer des images en ligne au rythme adéquat et à la précision nécessaire pour les analyser ;
- Simuler des sources variables (flambées d'AGN ou de binaires X par exemple) ou transitoire (sursauts gamma) en extrapolant à CTA des courbes de lumières obtenues par d'autres observatoires, puis les injecter dans la chaîne d'analyse temps-réel. En déduire les performances de la chaîne et la sensibilité de CTA à de telles sources.
- Si le calendrier s'y prête, appliquer la chaîne de reconstruction et d'analyse en temps réel aux premières observations de CTA.

L'équipe

Le consortium CTA rassemble 1200 scientifiques de 30 pays dans le monde, répartis dans 190 laboratoires, avec une forte composante européenne et en particulier française.

La thèse se déroulera au sein du groupe CTA du service d'astrophysique (SAp) de l'Irfu (Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers). Le groupe compte une dizaine de scientifiques, exploitant déjà ou ayant exploité les données d'autres télescopes comme HESS, les satellites Fermi, Integral, XMM-Newton, et le télescope à neutrinos Antares. Les thématiques scientifiques couvertes dans le groupe vont de l'astrophysique galactique (restes de supernova, binaires X et pulsars, flux diffus...) aux sursauts gamma en collaboration avec le groupe SVOM du SAp (Page du groupe CTA : http://irfu.cea.fr/en/Phoce/Vie_des_labos/Ast/ast_technique.php?id_ast=3709).

Le groupe est engagé dans les études préparatoires à l'analyse des données. Il développe des outils novateurs pour la reconstruction des gerbes atmosphériques et l'analyse des images du ciel, ainsi que leur adaptation à l'analyse en temps réel pour la détection de sursauts gamma ou d'autres sources variables. Ces études font appel aux méthodes de parcimonie (e.g. ondelettes) développées par le groupe Cosmostat au CEA. Le développement des logiciels de la chaîne de traitement des données est coordonné au sein du groupe.

L'étudiant sera conduit à participer à des réunions du groupe logiciel CTA, aux réunions des groupes scientifiques pertinents pour le sujet (sources transitoires, analyses multi-longueur d'onde...), et aux réunions générale CTA dans les pays participants, membres du consortium.

Mots-clés : Analyse des données, sources variables, sursauts gamma, analyse temps réel, observatoire CTA

Cette thèse peut être précédée d'un stage de M2 (évaluer la sensibilité de CTA aux sursauts gamma en extrapolant des courbes de lumières de l'instrument LAT du satellite Fermi aux énergies supérieures à 50 GeV sur la base des modèles théoriques)

<p><u>M2 recommandés</u> : Astrophysique, astroparticules</p> <p><u>Date souhaitée</u> : Septembre 2017 – Septembre 2020</p> <p><u>Compétences techniques</u> : programmation c, C++, python sous Linux, outils d'analyse en astronomie.</p> <p><u>Lieu de la thèse</u> CEA Saclay, IRFU/SAp,</p>	<p><u>Pour en savoir plus</u></p> <p>CTA : http://www.cta-observatory.org/</p> <p>SVOM : http://www.svom.fr/</p> <p>Cosmostat: http://www.cosmostat.org/</p> <p>Irfu : http://irfu.cea.fr/</p> <p>SAp : http://irfu.cea.fr/Sap/</p>
---	---

Orme des Merisiers, bât. 709, 91191 Gif-sur-Yvette	
--	--