



Proposition de Stage M2 / Thèse

HARPO

Polarimétrie et astronomie γ de haute précision angulaire et à bas bruit de fond

Contexte scientifique. L'émission de rayons γ par les sources cosmiques est due à des processus radiatifs, non-thermiques (synchrotron, inverse Compton) ou à des interactions nucléaires. Les sources les plus brillantes sont les pulsars, les noyaux actifs de galaxie (AGN) et les sursauts de rayonnement γ (GRB).

Dans l'optique et en X, l'analyse du degré et de la direction de la **polarisation linéaire** de la lumière émise par les sources cosmiques est un ingrédient majeur de la compréhension de la physique de ces sources. En γ , aucune mesure significative de polarisation n'est disponible à ce jour.

D'autre part, entre la plage en énergie des rayons X durs (10 keV – quelques MeV) où les télescopes Compton sont particulièrement sensibles, et la plage en énergie des rayons γ de haute énergie (1 – 300 GeV) où les télescopes sur satellite comprenant un tracker de paires e^+e^- à convertisseur en tungstène sont très efficaces [1], un gap en sensibilité [2] handicape la compréhension des spectres.

Le projet au LLR. Nous développons depuis 2007 un polarimètre utilisant la modulation de l'angle azimutal ϕ des événements issus de conversions "triplet" de photons γ dans le champ d'un électron du détecteur, c'est à dire $\gamma e^- \rightarrow e^+e^-e^-$. L'électron "de recul" est émis à grand angle par rapport à la direction de vol du photon incident, ce qui permet la mesure de ϕ . La production de paire "nucléaire" ($\gamma A \rightarrow e^+e^-A$) fournit une astronomie de précision mais ne permet pas la polarimétrie. Le détecteur est une chambre à projection temporelle (TPC) de 30 cm de côté, utilisant de l'argon à 5 bar. Le projet a reçu son premier financement cette année, et la construction est en cours.

L'asymétrie de polarisation est proche de 20% jusqu'aux plus hautes énergies, et la surface effective est proche de celle des détecteurs de la classe de [1] à masse équivalente et jusqu'à une limite basse en énergie de quelques MeV, avec une précision angulaire attendue 10 fois meilleure que celle de [1], soit un bruit de fond sur une source ponctuelle 100 fois plus faible.

Le sujet de stage (printemps 2011). Il s'agira de caractériser complètement les performances de trajectographie de la TPC, confrontant des données de simulation et les données acquises par l'exposition du détecteur aux rayons cosmiques chargés (muons).

Ce sujet pourra facilement être segmenté pour un travail en binôme ou même en trinôme. Par contre je propose un et un seul sujet de thèse.

Le sujet de thèse (2011 – 2014). Il s'agira :

- D'une part de caractériser complètement les performances du détecteur dans la mesure de photons,
 - pour l'astronomie non polarisée – la détermination de la direction de provenance, et
 - comme polarimètre.
- D'autre part d'effectuer la première mesure précise des asymétries de polarisation à basse énergie.

Les publications des travaux effectués lors de cette thèse seront donc de nature technique (NIM A) et scientifique (PRL). La thèse se déroulera en trois temps : développement du logiciel de reconstruction, prise de données en faisceau de photons polarisés, analyse de ces données, confrontation avec les simulations, et publication.

En fonction du goût du doctorant, la thèse pourra comprendre de plus :

- une contribution formelle aux générateurs d'évènements utilisés en physique des particules (ni GEANT4 ni EGS5 ne simulent la création de paire de γ polarisés correctement, actuellement).
- une composante astrophysique, avec une modélisation de la polarisation du rayonnement des GRB's, des modèles très différents prédisant des valeurs variant entre 10% et 100%!
- Enfin, après la phase en cours de validation au sol, le groupe enchainera sur la caractérisation d'un prototype en vol stratosphérique sous ballon, et si le calendrier le permet, le doctorant sera associé à sa préparation.

Le laboratoire. Le LLR [3], laboratoire de physique expérimentale dont le programme de recherche porte sur la physique des particules et l'astrophysique.

Le groupe. Le groupe d'astronomie γ du LLR [4] comprend une quinzaine de personnes, participant à 2 expériences (HESS : Cerenkov au sol, Fermi : satellite[1]) et un projet, "Cerenkov Telescope Array" (CTA), avec une symbiose croissante (analyses "multi-longueur d'onde") et un intérêt particulier pour l'étude des AGN's. Et enfin, le présent projet, "**H**ermetic **A**Rgon **P**olarimeter" (**HARPO**).

Le directeur de stage / thèse. Denis Bernard, HdR, 01 69 33 55 34, denis.bernard@in2p3.fr.

Possibilités de financement.

Indemnité de stage.

Pour la thèse, l'école doctorale dispose de nombreuses bourses [5], dont certaines sont plus attractives que les bourses ministérielles. D'autre part le CNES propose des bourses de thèse ciblées sur les développements instrumentaux [6].

Séjours à l'étranger. Les prises de données auront lieu auprès d'anneaux de stockage disposant de lignes de faisceau de γ polarisés, soit aux USA [7], soit au Japon [8, 9].

References

- [1] W. B. Atwood *et al.* [LAT Collaboration], "The Large Area Telescope on the Fermi Gamma-ray Space Telescope Mission," *Astrophys. J.* **697**, 1071 (2009)
- [2] "Lessons learnt from COMPTEL for future telescopes", V. Schönfelder, *New Astr. Rev.* 48 (2004) 193
- [3] Le Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR) est une unité mixte de recherche (UMR 7638) de l'Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3) du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et de l'Ecole polytechnique. <http://llr.in2p3.fr/>
Directeur Jean-Claude Brient, 01 69 33 55 01, brient@llr.in2p3.fr
- [4] Groupe d'astronomie γ du LLR, resp. Berrie Giebels, 01 69 33 55 53, berrie@llr.in2p3.fr.
- [5] Ecole Doctorale de l'Ecole Polytechnique, <http://www.ecoledoctorale.polytechnique.edu/accueil/financements/>
- [6] "Appel à candidature pour les bourses doctorales scientifiques sur des sujets à caractère instrumental, algorithmique ou technologique", <http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/7302-appels-a-contributions.php>
- [7] High Intensity Gamma-Ray Source (HIGS), Duke University, USA.
- [8] Super Photon 8 GeV (SPRING8), Hyogo, Japon.
- [9] TERAS, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba, Japon.