



Denis BERNARD,
Deirdre HORAN,
Philippe GROS

October 6, 2014

LLR, Ecole Polytechnique & CNRS/IN2P3

Sujet de thèse oct. 2015 – sept. 2018

Astronomie γ de haute performance et polarimétrie du MeV au GeV

Etude des performances d'un module de vol. Polarimétrie de noyaux actifs de galaxie.

1 Le projet HARPO : une nouvelle façon de faire de l'astronomie γ

Collaboration d'un groupe du LLR et d'un groupe de l'Irfu, HARPO [1] développe un nouveau concept de détecteur spatial "fin" pour l'astronomie γ du MeV au GeV, avec une résolution angulaire meilleure d'un ordre de grandeur par rapport à l'existant (Fermi / EGRET), une sensibilité accrue à basse énergie[2], et pour la première fois une sensibilité à la polarisation du rayonnement incident[3]. HARPO fait partie du groupe d'astronomie γ du Laboratoire Leprince-Ringuet, qui se consacre à la conception, l'opération, et l'analyse des données de télescopes spatiaux ou au sol depuis plus de 2 décennies (actuellement HESS et Fermi, en projet CTA et HARPO).

Le groupe est en train de terminer une première phase "sol". Il s'agit tout d'abord de caractériser les performances de la technique non seulement par des travaux analytiques et de simulation [2, 3] mais aussi par la caractérisation d'un démonstrateur en faisceau. D'autre part nous voulons publier les premières mesures de l'asymétrie de polarisation à basse énergie juste au dessus du seuil, là où réside l'essentiel du signal pour des sources cosmiques, et où le calcul simple (graphes QED \times facteur de forme atomique) fait débat. Nous avons construit une chambre à projection temporelle (TPC) que nous avons caractérisée en cosmiques, et développé un programme de reconstruction et une simulation basée sur Geant4 : le démonstrateur est opérationnel [4]. Nous préparons une prise de données en faisceau de photons polarisés de 2 à 76 MeV, qui aura lieu du 20 oct. au 20 nov. 2014 à NewSUBARU, LASTI, U. de Hyôgo au Japon.

Ensuite nous aborderons la spatialisation de la technique.

2 Le travail de thèse

Stage. A l'arrivée du doctorant dans le groupe, l'analyse des données Japon sera en cours. Le premier travail, la mise en perspective et en jambes sera donc une participation à cette analyse – qui inclut la simulation et la validation d'icelle sur les données expérimentales. Et leur publication.

Simulation des performances d'un module de vol. L'étape suivante pour HARPO consistera en la préparation d'un CDR, la conception d'un module de vol le long des idées pour l'instant tout à fait préliminaires présentées à SPIE cet été [4]. Cette préparation inclut une série de travaux relatifs à la spatialisation de la technique, et tout particulièrement la conception d'un schéma de trigger "scintillateur-free", exploitant le signal de multiplicité en temps réel fourni par le chip AGET développé par nos collègues de l'Irfu [5] et validé récemment [6].

Ces travaux incluent un développement de logiciels embarqués (à réaliser par un CDD ANR) mais aussi **une optimisation de physique qui sera le corps principal de cette thèse**. Il s'agira de développer l'algorithme de trigger, c'est à dire de séparation initiale du signal (événements à garder) du fond (événements à rejeter), à partir des signaux de multiplicité fournis par les $\mathcal{O}(200)$ modules constituant le détecteur, et de l'optimiser. Ce travail nécessitera une bonne interface avec l'équipe logiciel, en particulier avec le groupe Irfu de HARPO et la compréhension de la mesure en astronomie γ , et en particulier de la nature du signal – par exemple émis par un AGN – et des bruits de fond.

L'analyse complète du potentiel sur une source, en particulier en polarimétrie, sera effectuée. Les blazars, AGN dont le jet pointe vers l'observateur, sont une cible d'intérêt particulier, la mesure du taux de polarisation (en γ et non en X) permettant de déterminer la nature du mécanisme de rayonnement (modèles "hadronique" et "leptonique"). Voir le cas des IBL *intermediate BL Lac objects* (3C66A et W Comae) et des HBL *high-frequency-peaked BL Lac objects* (RBS 0413 et RX J0648.7+1516) [7].

3 Recrutement et E.D.

- Recrutement en M2 "physique des particules et/ou astrophysique".
- L'Ecole doctorale de rattachement : E.D. PHENIICS, "Particules, Hadrons, Energie et Noyau : Instrumentation, Imagerie, Cosmos et Simulation" de l'Université Paris-Saclay.
- Financements envisagés : LabEx P2IO & CNES.

4 Equipe d'accueil

Denis BERNARD	DR au CNRS, habilité	Porteur du projet	01 6933 5534	denis.bernard@llr.in2p3.fr
Deirdre HORAN	CR au CNRS	Astronomie γ , AGN	01 6933 5535	deirdre.horan@llr.in2p3.fr
Philippe GROS	post-doc P2IO [2013-2015] puis ANR [2015-2017]	TPC (simulation & hardware)	01 6933 5573	philippe.gros@llr.in2p3.fr

links at <http://llr.in2p3.fr/~dbernard/polar/harpo-t-p.html>.

References

- [1] HARPO, Hermetic ARgon Polarimeter, <http://llr.in2p3.fr/~dbernard/polar/HARPO.html>
- [2] "TPC in gamma-ray astronomy above pair-creation threshold," D. Bernard, Nucl. Instrum. Meth. A **701**, 225 (2013), arXiv:1211.1534 [astro-ph.IM]
- [3] "Polarimetry of cosmic gamma-ray sources above e^+e^- pair creation threshold," D. Bernard, Nucl. Instrum. Meth. A **729**, 765 (2013), [arXiv:1307.3892 [astro-ph.IM]].
- [4] "HARPO : a TPC as a gamma-ray telescope and polarimeter", D. Bernard, SPIE 2014, Astronomical Telescopes + Instrumentation, Montréal, Canada 22 - 27 June 2014. arXiv:1406.4830 [astro-ph.IM].
- [5] "AGET, the GET front-end ASIC, for the readout of the Time Projection Chambers used in nuclear physics experiments", S. Anvar, P. Baron *et al.*, NSS/MIC, 2011 IEEE 745 - 749.
- [6] "The Readout System for the Clas12 Micromegas Vertex Tracker", D. Attié *et al.*, 19th IEEE Real Time Conference (RT-2014), May 2014 Nara, Japan.
- [7] "X-Ray and Gamma-Ray Polarization in Leptonic and Hadronic Jet Models of Blazars," H. Zhang and M. Böttcher, Astrophys. J. **774**, 18 (2013) [arXiv:1307.4187 [astro-ph.HE]].