

<http://lphweb3.in2p3.fr/spip.php?article1559>

**Tests de l'invariance de  
Lorentz avec les sources  
astrophysiques : études de  
populations et séparation des  
effets de propagation et des  
effets intrinsèques aux  
sources en astronomie gamma  
au sol**

Date de mise en ligne : mardi 3 novembre 2020

---

Copyright © LPNHE - UMR 7585 - Tous droits réservés

---

- Thèses, Stages, Formation et Enseignement - Propositions de thèses 2021 -

**Titre :** Tests de l'invariance de Lorentz avec les sources astrophysiques : études de populations et séparation des effets de propagation et des effets intrinsèques aux sources en astronomie gamma au sol

**Directeur de thèse :** [Julien Bolmont](#)

**Co-directrice :** [Hélène Sol](#)

**Equipe :** Rayonnement Cosmique et Matière Noire ; groupe HESS/CTA

## **Description :**

La symétrie de Lorentz est une symétrie fondamentale postulée dans le cadre de la relativité restreinte. Elle est bien vérifiée dans le domaine de la Physique des Particules aux énergies disponibles avec les accélérateurs. Pourtant, depuis une dizaine d'années, plusieurs expériences au sol ou dans l'espace essaient de détecter une éventuelle brisure de la symétrie de Lorentz aux énergies proches de l'énergie de Planck avec les photons issus des sources astrophysiques variables et lointaines. La brisure de symétrie se manifesterait par le fait que des photons d'énergies différentes se propageraient dans le vide à des vitesses différentes. Deux photons émis en même temps seraient détectés avec un écart en temps (un retard) qui dépendrait de leurs énergies et de la distance de la source.

Les noyaux actifs de galaxie (AGN de l'anglais Active Galactic Nuclei), les sursauts gamma (GRB pour Gamma-Ray Burst) et les pulsars (PSR) sont des objets de choix pour ces études puisqu'ils peuvent présenter une variabilité importante sur une gamme d'énergie étendue. L'expérience H.E.S.S. a analysé le signal provenant de diverses sources en vue de la détection des effets de dispersion attendus lors de la propagation des photons dans le milieu intergalactique [1,2,3]. De même, plusieurs Sursauts Gamma détectés par la mission Fermi ont donné lieu à des résultats très contraignants pour les modèles de propagation [4,5,6].

Malgré les progrès récents dans les méthodes de mesure des écarts temporels et la multiplication des résultats, aucun effet de retard significatif n'a encore été mesuré. Si la symétrie de Lorentz est vraiment violée, une hypothèse pour expliquer cette absence de détection est que l'effet soit compensé par les propriétés temporelles (encore mal contraintes) des mécanismes d'émission des photons au sein des sources. Par conséquent, l'accumulation des observations rend de plus en plus nécessaire une modélisation des sources qui permettrait de comprendre les relations entre temps d'émission et énergie des photons.

Le travail de thèse se divisera en deux parties. Dans une première partie, l'étudiant(e) se concentrera sur la modélisation des jets des AGN [7,8]. Il (elle) travaillera sur un modèle pour comprendre le lien entre l'énergie des photons et le moment où ils sont émis, ce qui permettra de mieux comprendre les effets intrinsèques et de placer des contraintes plus robustes sur la propagation des photons. En tenant compte des progrès récents obtenus sur la modélisation des jets d'AGN [9,10,11], il (elle) pourra se concentrer sur les méthodes possibles pour séparer les effets de brisure de symétrie de Lorentz et les effets temporels intrinsèques aux sources, dans le cadre d'une approche auto-cohérente décrivant simultanément l'ensemble des phénomènes. Il (elle) étudiera également les performances de CTA (observatoire dédié à l'astronomie gamma de haute énergie en cours de construction) pour la détection effective de décalages temporels et la séparation des deux types d'effets. La deuxième partie concernera l'analyse des données des cinq télescopes de l'expérience H.E.S.S. pour la recherche d'effets temporels de brisure de symétrie de Lorentz avec les AGN, GRB et PSR. Ce travail mènera à la première étude de population réalisée au TeV combinant toutes les données disponibles collectées par les trois expériences actuelles H.E.S.S., MAGIC et VERITAS [12].

Les groupes du LPNHE et du LUTh sont impliqués dans l'expérience H.E.S.S., une expérience d'astronomie gamma au sol installée en Namibie. Son seuil en énergie d'environ 30 GeV en fait un détecteur très performant pour la détection des sources variables. Ils sont également parties prenantes dans le consortium CTA. L'étudiant(e) aura l'opportunité de participer aux prises de données sur le site de H.E.S.S. en Namibie, ainsi qu'aux différentes réunions des collaborations H.E.S.S. et CTA. Il (elle) aura également la possibilité de présenter ses travaux lors des grandes conférences internationales.

Stage : Un stage avant le début du doctorat est prévu.

- [1] F. Aharonian et al., HESS Collab., Phys. Rev. Lett., 2008, 101:170402, arXiv:0810.3475.
- [2] A. Abramowski et al., HESS Collab., Astroparticle Physics, 2011, 34, 738-747, arXiv:1101.3650.
- [3] A. Abramowski et al., HESS Collab., ApJ, 870, 93 (2019), arXiv/1901.05209.
- [4] A. A. Abdo et al., Fermi Collab., Science Express, 2009, 02/19/2009.
- [5] A. A. Abdo et al., Fermi Collab., Nature, 2009, 462, 331."
- [6] V. Vasileiou et al., Phys. Rev. D, 2013, 87, 122001.
- [7] T. Boutelier et al., MNRAS, 2008, 390, 73.
- [8] K. Katarzynski et al., A&A, 2003, 410, 101.
- [9] C. Perennes et al., A&A, 633, A143 (2020), arXiv/1911.10377.
- [10] C. Levy et al, in preparation (2020)
- [11] A. Dmytriiev, et al, MNRAS, submitted (Oct 2020)
- [12] L. Nogues et al., Proceedings of the 35th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2017), Bexco, Busan, Korea, arXiv/1710.08342

**Lieu de travail :** LPNHE, Paris et LUTh, Meudon

**Déplacements éventuels :** L'étudiant(e) retenu(e) participera aux campagnes de prise de donnée sur le site de l'expérience en Namibie. L'étudiant(e) devra se rendre régulièrement à l'Observatoire de Paris à Meudon. Il (elle) devra également participer aux réunions de collaboration H.E.S.S. et CTA.

**Contacts :**

- [Julien Bolmont](#), 33 (0)1 44 27 48 18
- [Hélène Sol](#), 33 (0)1 45 07 74 28