

<http://lpheweb3.in2p3.fr/spip.php?article1572>

# Recherche de particule de type axion de longue durée de vie au LHC dans l'expérience



## ATLAS

- Thèses, Stages, Formation et Enseignement - Propositions de thèses 2021 -  
Date de mise en ligne : lundi 8 mars 2021

---

Copyright © LPNHE - UMR 7585 - Tous droits réservés

---

**Titre :** Recherche de particule de type axion de longue durée de vie au LHC dans l'expérience ATLAS

**Directeur de thèse :** [Bertrand Laforge](#)

**Equipe :** Masses et interactions fondamentales ; groupe ATLAS

## **Description :**

Contexte : La compréhension de la structuration de l'Univers à différentes échelles macroscopiques au moyen de la théorie de la relativité générale formulée par A. Einstein au début du XXème siècle nécessite l'introduction d'une matière noire dont la présence dans l'univers est importante aussi bien pour expliquer, entre autres, la vitesse de rotation des étoiles dans une galaxie ou la formation des grandes structures de l'Univers depuis le big-bang. Cependant les propriétés d'interaction de cette matière font qu'aucune particule connue dans le spectre du Modèle Standard ne semble être un bon candidat pour en expliquer la nature microscopique. Il est donc fondamental de trouver expérimentalement une manière de mettre en évidence cette forme de matière et d'en étudier les propriétés. Cette recherche entreprise depuis plusieurs décennies n'a aujourd'hui conduit à aucune mise en évidence expérimentale d'une nouvelle particule pouvant constituer la matière noire. Plusieurs modèles concurrents proposent des solutions très diverses pour expliquer la nature de la matière noire mais force est de constater que l'échec de la recherche de WIMPS (weakly interacting massive particles) à la fois dans les expériences de détection directes et les recherches d'annihilation mais aussi dans la production de particule de faible durée de vie dans les collisions du LHC notamment impose de chercher cette nouvelle forme de matière tous azimuths et de manière complémentaire entre les différentes approches expérimentales possibles.

Travail envisagé : Dans cette thèse, nous proposons de rechercher des particules de matière noire de durée de vie assez longue pour qu'elles puissent se désintégrer un peu n'importe où au sein du détecteur ATLAS, notamment au niveau de ses calorimètres. Dans un tel contexte, les algorithmes d'identification des particules actuels ne sont plus optimaux car ils ont été conçus en faisant l'hypothèse que les particules détectées sont produites au moment de la collision des protons du LHC et qu'elles se désintègrent très rapidement (sur quelques nm au mieux) en particules stables du Modèle Standard. Il faut donc définir de nouveaux algorithmes à même d'identifier ces désintégrations exotiques en reconstruisant si possible leur lieu de désintégration afin de permettre une mesure de leur durée de vie qui fournira des informations importantes pour discriminer les modèles prédisant une telle phénoménologie. Un des candidats intéressants à rechercher se trouve être une particule de type axion (ALP) de longue durée de vie pouvant se désintégrer en paire de photons [1, 2, 3]. Le recours à des algorithmes d'apprentissage profond sera investigué afin de maximiser la sensibilité de l'analyse à différents modèles d'ALP. Cette recherche exploitera les données du run 3 du LHC qui délivrera une énergie dans le centre de masse de 14 TeV encore jamais atteinte. Cette petite augmentation de l'énergie des faisceaux conjuguée avec une montée de la luminosité délivré par l'accélérateur permettra de pousser un cran plus loin la recherche de la matière noire.

Le candidat bénéficiera d'un environnement propice à cette recherche en bénéficiant du support d'une équipe reconnue internationalement pour ses contributions à la détection des photons au LHC et d'une expertise profonde du système de calorimétrie de l'expérience ATLAS. L'équipe a une longue expérience de recherche de matière noire au LHC qu'elle a recherché avec les données du Run 2 du LHC comme possiblement couplé au secteur du boson de Higgs (particule dont elle a contribué à la découverte dans le canal en deux photons avec les données du Run 1 du LHC).

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

**Lieu de travail :** LPNHE, Paris

**Déplacements éventuels :** CERN

**Contact :**

[Bertrand Laforge](#), 33 (0)1 44 27 47 56

**Documentations :**

- [1] M. Carena, T. Han, G-Y Huang, C. Wagener, « Higgs Signal for h'aa at Hadron Colliders », Journal of High Energy Physics, Volume 2008, JHEP04 (2008), 092
- [2] M. Bauer, M. Neubert & A. Thamm, « LHC as an Axion Factory : Probing an Axion Explanation for  $(g/2)^{1/4}$  with Exotic Higgs Decays », Phys. Rev. Lett. 119, 031802 (2017)
- [3] M. Bauer, M. Heiles, M Neubert & A. Thamm, « Axion-like particles at future colliders », Eur. Phys. J. C (2019) 79-74