Campagne d'attribution des contrats doctoraux IPI 2024

Proposition de Projet de Recherche Doctoral (PRD)

Ciel gamma transitoire avec le futur observatoire Cherenkov Telescope Array, et tests de validation de la caméra NectarCAM

L'observation du ciel aux hautes énergies permet d'étudier les processus de rayonnements non-thermiques à l'œuvre dans les environnements d'objets compacts, tels que les noyaux actifs de galaxies (NAG), les systèmes binaires d'étoiles à neutrons ou encore les restes de supernovæ. Cette émission nous renseigne sur l'accélération de particules à des énergies souvent inatteignables en laboratoire sur Terre. Ces dernières années, l'étude de l'aspect transitoire de ces phénomènes cataclysmiques a pris un essor sans précédent, avec par exemple la recherche d'émission électromagnétique associée aux fusions d'objets compacts donnant lieu à des ondes gravitationnelles détectées par LIGO/Virgo, ou encore la recherche de coïncidence entre des événements neutrinos de hautes énergies vus par IceCube avec des signaux électromagnétiques aux hautes énergies. On peut également noter la découverte très récente, en 2019, de sursauts gamma aux très hautes énergies (THE ; E>100 GeV), détectés auparavant jusqu'à quelques dizaines de GeV.

Le Cherenkov Telescope Array (CTA) est le futur observatoire au sol d'astrophysique à très hautes énergies (~20 GeV – 300 TeV), issu d'une collaboration mondiale et actuellement en cours de construction sur deux sites, à La Palma en Espagne pour l'hémisphère Nord, et dans le désert d'Atacama au Chili pour l'hémisphère Sud, soit un site par hémisphère pour garantir un accès à l'ensemble de la voûte céleste.

La thèse portera sur la poursuite de simulations de la réponse de CTA aux éruptions de noyaux actifs de galaxie aux très hautes énergies, déjà initiées au sein de nos groupes suite au développement d'un pipeline basé sur `gammapy`, outil scientifique retenu par l'observatoire CTA pour les futures analyses de données. Ces éruptions peuvent survenir avec une amplitude de variabilité différente selon la longueur d'onde et selon la nature des particules responsables de cette émission, qui peut être contrainte en utilisant d'autres messagers tels que les neutrinos, comme illustré par l'éruption du blazar TXS 0506+056 en coïncidence avec

des neutrinos de hautes énergies observés avec IceCube (IceCube collaboration et al., 2018). Une des questions clés de la thèse portera sur la quantification de la capacité de CTA à discriminer entre des composantes du rayonnement à hautes énergies issues de population de particules dominées par des leptons ou des hadrons, induisant théoriquement des signatures spectrales et temporelles différentes. La nature exacte des particules accélérées dans les jets relativistes des noyaux actifs de galaxie reste en effet encore mal connue. Un autre aspect portera sur le temps caractéristique de variabilité minimale reconstructible avec les futures données de CTA, en fonction de l'intensité ou de la visibilité de ces éruptions depuis les deux sites. Ces études s'inscrivent dans le cadre du *Key Science Project* de CTA portant sur les noyaux actifs de galaxie (voir chapitre 12 de CTA Consortium, 2019).

Les équipes d'accueil sont impliquées dans la construction de NectarCAM (Glicenstein & Shayduk, 2017), caméra qui équipera les neuf télescopes de taille intermédiaire sur le site Nord de CTA. La thèse portera également sur les tests de calibration et de validation de cette caméra, actuellement en cours, et leurs analyses, ainsi que sur la préparation de la mise en service sur site, prévue à l'automne 2025 pour la première caméra, et des premières observations scientifiques.

Cette thèse sera co-dirigée par Jean-Philippe Lenain du LPNHE et Jonathan Biteau de IJCLab. Les deux co-directeurs travaillent conjointement depuis plusieurs années:

- sur les prospectives de caractérisation de l'émission aux très hautes énergies des noyaux actifs de galaxies avec CTA, dans le cadre du *Key Science Project* de CTA portant sur ces objets, au sein du groupe de physique Extragalactique de CTA;
- sur le projet de caméra NectarCAM, le LPNHE délivrant les cartes électroniques d'acquisition rapide, et IJCLab les systèmes de calibration. Nous travaillons ensemble sur les tests de validation de NectarCAM, et à l'élaboration d'algorithmes de calibration de cette caméra, qui seront intégrés au cadre logiciel de l'observatoire CTA.

Le groupe du LPNHE étant également impliqué dans l'expérience H.E.S.S., un shift d'observation sur site en Namibie est envisageable pendant la thèse.

Déplacements éventuels: Réunions de consortium, conférences, mise en place de NectarCAM à la Palma en Espagne, shift d'observation sur H.E.S.S. en Namibie

Mots clefs: Astrophysique des hautes énergies - Physique de l'Univers - Rayonnements cosmiques – Sources de particules

Projet soumis avec l'accord de la direction du laboratoire.