IRFU : Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers

Saclay

DPhP

Recherche de populations de sources non résolues au centre Galactique avec les réseaux de télescopes à effet Tcherenkov atmosphérique

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil DPhP

Candidature avant le 20/05/2024

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact MOULIN Emmanuel
+33 1 69 08 29 60
emmanuel.moulin@cea.fr

Résumé

La region centrale de la Voie lactée pourrait abriter une population de sources non résolues responsables d'emissions diffuses en rayons gamma de haute énergies. Les observations avec les telescopes Tcherenkov au sol sont uniques pour leur detection et interprétation.

Sujet détaillé

Les télescopes atmosphériques Cherenkov au sol actuels sont capables d'étudier de vastes régions du ciel avec une sensibilité élevée. Le réseau H.E.S.S. a réalisé le premier balayage de la région du Centre Galactique (CG) en rayons gamma de très haute énergie, offrant une vue sans précédent à ces énergies et le futur réseau CTA vise à fournir une étude plus approfondie dans les cinq degrés centraux avec une amélioration d'un ordre de grandeur en sensibilité. L'excès diffus mesuré par Fermi-LAT connu sous le nom d'« excès du centre galactique » a été expliqué par les annihilations de WIMP dans le halo galactique de matière noire. Cependant, toute contribution diffuse est sous-dominante et une population de sources discrètes inférieure au seuil de détection est requise. Parmi les candidats postulés figurent une population de pulsars millisecondes (MSP) et de trous noirs de masse intermédiaire (IMBH) accrétant de la matière noire. Aucune d'entre elles n'est fermement détectée en tant que source ponctuelle, mais elles laisseraient des empreintes distinctes dans les fluctuations spatiales du bruit de fond. Nous visons à mettre en œuvre pour la première fois une méthode d'analyse pour caractériser les fluctuations spatiales du bruit de fond avec les observations de H.E.S.S. au centre Galactique et rechercher les caractéristiques spatiales attendues de populations sources non résolues au centre de la Voie lactée. Un tel cadre d'analyse préparera les futures observations avec CTA de la région du GC en rayons gamma de très haute énergie. Les objectifs du stage sont les suivants : i) Construire les patrons spatiaux et spectraux en rayons gamma VHE attendus pour les populations de sources non résolues dans la région GC ; ii) Développement du cadre d'analyse des données de haut niveau et détermination des incertitudes systématiques instrumentales, d'analyses et phénoménologiques pertinentes ; iii) Recherche des populations MSP et IMBH dans les données simulées de 20 ans d'observation de H.E.S.S. de la région du GC ; iv) Etudes de sensibilité pour le futur balayage du CG du CTA.

Mots clés

Astroparticules, Centre Galactique, Pulsars, Trous noirs de masse intermédiaires, Matière noire

Compétences

modélisation phénoménologique de populations de sources, méthode statistique d'analyse de données, analyse d’un volume massif de données, développement de programmes de calculs

Logiciels

Python, GammaPy

Search for unresolved source populations in the Galactic Center with atmospheric Cherenkov telescope arrays

Summary

The central region of the Milky Way may host an unresolved population of sources that could explain high-energy gamma-ray diffuse emissions. Ground-based Cherenkov telescope observations are unique for their possible detection and interpretation.

Full description

Current ground-based atmospheric Cherenkov telescopes demonstrated to be able to survey large regions of the sky at high sensitivity. The H.E.S.S. array performed the first survey of the Galactic Center (GC) region in very-high-energy gamma rays providing an unprecedented view at these energies and the forthcoming CTA aims to provide a deeper survey in the inner several degrees with one-order-of-magnitude improved sensitivity. The diffuse excess measured by Fermi-LAT known as the “Galactic Centre Excess” has been explained by WIMP annihilations in the dark matter Galactic halo. However, any diffuse contribution is subdominant and one possibly needs a population of discrete sources below detection threshold. Among the postulated candidates are a population of millisecond pulsars (MSP) and intermediate-mass black holes (IMBH) accreting dark matter. None of them is firmly detected as point-like sources although they would leave distinguishable imprints in the spatial fluctuations of the background. We aim to implement for the first time an analysis method to characterize background fluctuations in the H.E.S.S. Inner Galaxy Survey observations and search for spatial features expected from unresolved source populations in the center of the Milky Way. Such an analysis framework will prepare the upcoming CTA observations of the challenging GC region in very-high-energy gamma rays.
The goals of the internship are the following: i) Building the spatial and spectral VHE gamma-ray templates for the unresolved source population in the GC region; ii) Development of the high-level data analysis framework and determination of the relevant instrumental, analysis, phenomenological systematic uncertainties; iii) Search for MSP and IMBH populations in mock data of 20-year H.E.S.S. GC region dataset; iv) Sensitivity reach for the GC survey of the future CTA.

Keywords

Astroparticle Physics, Galactic Centre, pulsars, intermediate'-mass black holes, dark matter

Skills

Phenomenological models of source populations, statistical data analysis method, massive dataset analysis, development of software computational tools

Softwares

Python, GammaPy