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

Saclay

DAp/LEPCHE

RELIER LES ELECTRONS ET NOYAUX COSMIQUES DANS LE CIRRUS ERIDU

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil DAp/LEPCHE

Candidature avant le 10/08/2020

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact GRENIER Isabelle
+33 1 69 08 44 00
isabelle.grenier@cea.fr

Résumé

Le projet concerne la propagation des rayons cosmiques ayant des énergies du GeV au TeV dans un nuage proche qui se trouve le long d'un tube de lignes de champ magnétique pointant vers le halo Galactique. L'objectif est de comparer le flux des noyaux cosmiques observés en rayons gamma et celui des électrons cosmiques émettant en radio.

Sujet détaillé

Les galaxies sont des écosystèmes complexes composés d'étoiles et d'un milieu interstellaire rempli de gaz magnétisé, de poussières et de particules à haute énergie appelées rayons cosmiques. Ces constituants évoluent conjointement en fonction de leurs interactions mutuelles. Un problème vieux d'un siècle consiste à expliquer comment les rayons cosmiques sont accélérés à une vitesse proche de celle de la lumière et comment ils diffusent à travers leur galaxie hôte et comment ils influencent son évolution. Is régulent en effet les entrées et sorties de gaz, fournissant une pression à grande échelle pour propulser des vents et des fontaines hors des disques galactiques. Ils chauffent, ionisent et initient également l'évolution chimique des nuages denses formant des étoiles (Grenier et al. 2015). Pourtant, la propagation des rayons cosmiques et leur interaction complexe avec leur environnement est mal décrite, tant sur le plan de l'observation que sur le plan théorique.
Le projet concerne les rayons cosmiques dont les énergies vont de quelques GeV à des dizaines de GeV car ils contribuent le plus à la pression interstellaire et ils constituent la majeure partie de la population de rayons cosmiques observables dans la Voie lactée. Nous pouvons observer à distance les particules de haute énergie pendant qu'elles diffusent à travers les nuages interstellaires. Les noyaux des rayons cosmiques sont vus par le rayonnement gamma qu'ils produisent lors d'interactions hadroniques avec le gaz, tandis que les électrons cosmiques sont observés grâce au rayonnement synchrotron qu'ils produisent en spiralant autour des champs magnétiques.
L'étude récente de la région d'Orion-Eridanus (une superbulle proche) a mis en évidence un petit nuage en forme de cirrus, appelé Eridu, qui est situé en dehors de la superbulle et loin (~200 pc) du plan Galactique. Les données de polarisation de la poussière indiquent qu'il se trouve le long d'un tube spécifique de lignes de champ magnétique pointant vers le halo. il fait peut-être partie d'une fontaine galactique. Le fait de trouver 30 % de rayons cosmiques en moins dans ce nuage par rapport au flux uniforme qui l'entoure sur des centaines de parsecs remet en question nos

connaissances actuelles sur la diffusion des rayons cosmiques dans le milieu interstellaire local (Joubaud et al. 2020). Le bord de la superbulle et le cirrus Eridu correspondent à des directions de faible intensité synchrotron en radio (par exemple à 408 MHz, Haslam et al. 1982). Le rapport des intensités synchrotron entre les deux directions suggère que les électrons cosmiques sont également appauvris dans le cirrus. Nous proposons donc d'effectuer une étude quantitative détaillée du flux d'électrons traversant le cirrus et ses environs. Les électrons de haute énergie sont plus sujets à des pertes par rayonnement que les noyaux, mais ils sont aussi indirectement produits en tant que particules secondaires dans les interactions des noyaux cosmiques avec le gaz. La comparaison entre les informations radio et gamma permettra donc de faire la lumière sur l'histoire des rayons cosmiques dans ce nuage dans ce nuage.

Mots clés

rayons cosmiques

Compétences

Logiciels

python

RELATING COSMIC-RAY ELECTRONS AND NUCLEI IN THE ERIDU CIRRUS

Summary

The project concerns the propagation of cosmic rays with GeV to TeV energies in a nearby cloud which lies along a tube of magnetic-field lines pointing towards the Galactic halo. The aim is to relate the flux of cosmic-ray nuclei observed in gamma rays and with that of cosmic-ray electrons emitting in the radio.

Full description

Galaxies are complex ecosystems composed of stars and an interstellar medium filled with magnetised gas, dust, and high-energy particles called cosmic rays. These constituents jointly evolve according to their mutual interactions. A century-long standing problem is to explain how cosmic rays are accelerated to nearly the speed of light and how they diffuse through their host galaxy and influence its evolution. They do so by regulating the gas inflows and outflows, providing large-scale pressure support to launch Galactic winds and fountains off galactic discs. They also heat, ionise, and initiate the chemical evolution of dense star-forming clouds (Grenier et al. 2015). Yet, the propagation of cosmic rays and their complex interplay with their environment is poorly quantified, both observationally and theoretically.
The project concerns cosmic rays with energies ranging from a few GeV to tens of GeV as they contribute most to the interstellar pressure and they constitute the bulk of the observable cosmic-ray population in the Milky Way. We can remotely observe the high-energy particles while they diffuse through interstellar clouds. Cosmic-ray nuclei are traced by the gamma radiation they produce in hadronic interactions with the gas, and cosmic-ray electrons are traced by the synchrotron radiation they produce spiralling around magnetic fields.
The recent study of the Orion-Eridanus region (a nearby superbubble) has highlighted a small cirrus-like cloud, named Eridu, which is located outside the superbubble and far (~200 pc) from the Galactic plane. The dust polarisation data indicates that it lies along a specific tube of magnetic-field lines pointing towards the halo, possibly as a part of a Galactic fountain. Finding 30% fewer cosmic rays in this cloud compared to the uniform flux surrounding it over hundreds of parsecs challenges our current views on cosmic-ray diffusion in the local interstellar medium (Joubaud et al. 2020).
The rim of the superbubble and the Eridu cirrus correspond to directions of low synchrotron intensities in the radio (e.g. 408 MHz, Haslam et al. 1982). The ratio of synchrotron intensities between the two directions suggests that cosmic-ray electrons are also depleted in the cirrus. We therefore propose to do a detailed quantitative study of the electron flux pervading the cirrus and its surroundings. High-energy electrons are more prone to radiation losses than nuclei, but they are also indirectly produced as secondary particles in the cosmic-ray nuclei interactions with the gas, so the comparison between the radio and gamma-ray information will shed light on the cosmic-ray history in this cloud.

Keywords

cosmic rays

Skills

Radiation processes of high-energy particles. Data analyses in gamma rays and in the radio

Softwares

python