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

Saclay

DAp/LEPCHE

Caractérisation tri-dimensionnelle des vestiges de supernova en rayons X

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil DAp/LEPCHE

Candidature avant le 01/03/2021

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact Acero Fabio
+33 1 69 08 47 05
fabio.acero@cea.fr

Autre lien https://github.com/facero/sujets2021

Résumé

Les données en rayons X des vestiges de supernova résultant de l'explosion d'étoiles sont multi-dimensionnelles par nature. Pour chaque photon la position et l'énergie sont enregistrés. Ce sujet propose de développer de nouvelles méthodes d'analyses multi-dimensionnelles mêlant machine learning et méthode de séparation de sources pour mieux comprendre les méchanismes d'explosion d'étoiles.

Sujet détaillé

Les simulations numériques d'explosions d'étoiles ont montré l'importance des instabilités hydrodynamiques dans les processus menant à la détonation. La cartographie tridimensionnelle de la matière éjectée dans le vestige de la supernova, observé des siècles après l'explosion, peut nous permettre de sonder ces instabilités et de mieux comprendre les mécanismes d'explosion. Nous proposons dans ce projet d'étudier une population de vestiges de supernovae en rayons X afin de contraindre la morphologie en 3D et la distribution en vitesse des éléments lourds synthétisés pendant l'explosion. Ces observations seront comparées aux simulations numériques afin de contraindre les mécanismes d'explosions encore mal compris à ce jour.
Cependant les outils d'analyse de données X actuels peinent à fournir cette cartographie 3D et le développement et tests de nouvelles méthodes sont l'objet de ce stage.

D'un point de vu scientifique, le stage se focalisera sur la prise en main des nouveaux outils d'analyse pour étudier quelles empreintes les mécanismes d'explosion de supernovae laissent dans leur vestiges en utilisant des observations de satellites actuels et en préparation.

L'aspect technique sera focalisé sur la prise en main des outils d'apprentissage (feature learning) à partir d'une base de données de spectres théoriques. Les performances de la qualité de reconstruction et la capacité à revenir aux paramètres physiques seront étudiés.
Ceci ouvre alors la possibilité à une séparation de sources donnant des résultats plus robustes et de déconvoluer en

même temps des effets de projection afin de pouvoir cartographier la matière éjectée dans les vestiges de supernova en trois dimensions en mesurant l'effet Doppler des raies émises par les éjectas.
Dans un second temps, une application sera faite à des observations simulées du télescope Athena X-IFU à très haute résolution spectrale (lancement en ~2030) pour tester nos nouvelles méthodes.

Le code est déjà développé et permettra à l'étudiant(e) de se concentrer sur sa compréhension et l'application à des données d'archives et des données simulées d'instruments futurs.

***
Stage d'une durée de 3-5 mois.
Plus d'informations : https://github.com/facero/sujets2021
Possibilité de continuer ces recherches en thèse avec un financement déjà acquis (CNES+Projet européen AHEAD2020).
***

Mots clés

astronomie, astronomie en rayons X, vestige de supernova, machine-learning

Compétences

machine-learning, analyse de données en rayons X

Logiciels

python

Towards a 3D characterisation of supernova remnants in X-rays

Summary

X-ray data are multidimensional by nature. For each photon the energy and position is recorded by the X-ray satellite. Here we propose to develop novel techniques to fully exploit the multidimensional nature of the data by combining blind source separation technique with feature learning to better constrain the supernova explosion mechanisms.

Full description

Numerical simulations of stellar explosions have shown the importance of hydrodynamical instabilities in the processes leading to a successful explosion. A tri-dimensional mapping of the ejected matter in the supernova remnant, centuries after the explosion, could provide a better understanding of the instabilities in the explosion mechanisms.
In this project, we propose to study a population of supernova remnants in X-rays to constrain the 3D morphology and velocity distribution of the heavy elements synthetized during the explosion. Those results will be compared with numerical simulations to constrain explosion mechanisms.
However, current X-ray analysis tools cannot generate such 3D maps from the data and the development of new tools is one of the objective of this internship.

From a technical point of the view, the internship will be focused on testing and evaluating the performances of the learning tools (feature learning) on a library of pre-generated spectral templates both the Chandra X-ray telescope and from the high-spectral resolution Athena X-IFU instrument.
From a scientific point of view, the spectral properties learnt will be implemented in a source separation method to inject physical knowledge of the astrophysical objects and provide a deconvolution method to, for example, map the heavy elements 3D distribution.

The code is already developed and will allow the student to focus more on the understanding and application of the method to existing archival data and Athena simulated data.

***
More info : https://github.com/facero/sujets2021
Possibility to continue this research in a PhD funded by CNES + the european project for high-energy astronomy AHEAD2020.
***

Keywords

Skills

Softwares

python