



COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

**Direction de la Recherche Fondamentale
IRFU
DEPARTEMENT D'ASTROPHYSIQUE**

Marguerite PIERRE
Directeur de recherche

CEA/Saclay
Service d'Astrophysique
Orme des Merisiers
91191 Gif sur Yvette
France

Tel : 33 (0)1 69 08 34 92
Fax : 33 (0) 1 69 08 65 77
mpierre@cea.fr

**Proposition de stage niveau M2.
De 3 à 6 mois en 2024**

Cartographie des baryons dans les amas de galaxies au moyen de l'intelligence artificielle.

Résumé

Le stage vise à étudier les propriétés du gaz intra-amas en fonction de la distribution sous-jacente de matière noire.

On utilisera un réseau de neurones entraîné sur des simulations numériques afin de comprendre si les propriétés locales du gaz dépendent de la cosmologie et du redshift.

Description détaillée pages suivantes

**Internship, lever master 2
From 3 to 6 months in 2024**

Cosmological mapping of X-ray baryons in galaxy clusters using artificial intelligence.

Abstract

The internship aims at the study of the intra-cluster gas, as a function of the underlying dark matter distribution.

We shall use a neural network trained on numerical simulations to investigate whether the local gas properties depend on the cosmology and redshift.

Detailed description, next pages



Image en lumière visible (à gauche) et en rayons X (à droite) de l'amas XLSSC006, situé à une distance d'environ 4,5 milliards d'années-lumière de la Terre. En rayons X, la zone lumineuse rose (fausse couleur) code l'intensité du rayonnement X émis par le gaz chaud de l'amas. L'analyse de ces images permet de déterminer les caractéristiques de l'amas avec notamment sa distance. Image visible : Observatoire Canada-France-Hawaï (CFH) / Image en rayons X : Observatoire XMM-Newton

Images of the galaxy cluster *XLSSC006* at a distance of some 4.5 billion light-years from the Earth

Left: visible light

Right: X-ray band

In the X-ray band, the diffuse violet light shows the emission from the hot gas filling the cluster potential well. It has a temperature of several million degrees.

Les amas de galaxies sont les entités les plus massives de l'univers. Pour cette raison, ils constituent une sonde cosmologique importante à côté du CMB, des supernovae et BAO. L'émission en rayons X des amas nous renseigne sur la physique baryonique du gaz intra-amas qui joue un rôle clef dans la modélisation de la formation des grandes structures de l'univers.

Le but du stage est de cartographier et d'étudier la dépendance des propriétés du gaz intra-amas en fonction de la distribution de la matière noire sous-jacente. Au lieu d'utiliser le formalisme habituel des lois d'échelle pour relier les propriétés X à la masse des amas, nous avons développé un formalisme (ASpiX) qui encode la population des amas en fonction de leurs couleurs X. Ainsi, nous pouvons inférer les paramètres cosmologiques selon le principe du 'forward modelling', en réduisant au moins d'un facteur 6 le nombre des paramètres libres liés à la physique des amas, et en ayant accès directement à l'énergie insufflée par les AGN dans le milieu intra-amas.

Notre but est d'entraîner un réseau d'apprentissage profond (par ex. un réseau conditionnel de diffusion) pour apprendre la relation entre les halos de matière noire et les baryons, en utilisant des simulations hydrodynamiques (par ex. CAMELS). Alors que la structure des halos dépend de la cosmologie et du redshift, nous voulons tester l'hypothèse que la densité et la température du gaz à une position donnée ne dépendent que des propriétés de la matière noire environnante. Ceci est un point névralgique qui sera testé avec soin, car cela permettrait de simplifier considérablement l'analyse cosmologique ultérieure.

Dans un second temps, la cartographie des baryons ainsi formulée nous permettra de traduire en bande X, des 'cônes de lumière' constitués par les halos de matière noire pour différentes cosmologies et valeurs du feedback des AGN. Ceci constitue une étape majeure vers l'inférence des paramètres cosmologiques d'après la population des amas de galaxies observée en rayons X.

References

<https://arxiv.org/pdf/2205.05499.pdf>

<https://arxiv.org/pdf/1609.07762.pdf>

<https://arxiv.org/pdf/2109.13171.pdf>

<https://arxiv.org/abs/2110.11970>

<https://dx.doi.org/10.1109/CVPR52729.2023.00585>

Clusters of galaxies are the largest entities in the universe. For this reason, they constitute an important cosmological probe complementary to the CMB, supernovae and BAO. The X-ray emission of clusters provides insights into baryonic physics which plays pivotal role in our modelling of mass assembly over cosmic time. The goal of the internship is to map and study the dependence of the cluster baryon properties on the density of the underlying dark matter. Instead of using traditional scaling relations to connect the X-ray properties to the cluster masses, we have developed a formalism (ASpiX) to encode the cluster population using X-ray colors. From this, a forward-modelling formalism allows us to infer the cosmological parameters, reducing the number of cluster-dependent free parameters by a factor of 6 or more and giving directly access to the energy input from AGN. Our aim is to train a deep learning model (e.g., a conditional diffusion network) to learn the relationship between dark matter halos and baryons using cosmological hydrodynamical simulations (CAMELS). While the structure of the DM halos depends on cosmology and redshift, we hypothesize that the cluster gas density and temperature, at a given position, only depends on the surrounding DM properties; this is a key point to be thoroughly explored, since it would drastically streamline the cosmological analysis. The learned baryon mapping will be used, in turn, to produce ‘X-ray lightcones’ as a function of cosmology and AGN feedback: marking an instrumental step towards the cosmological inference of an observed X-ray cluster population.

References

<https://arxiv.org/pdf/2205.05499.pdf>
<https://arxiv.org/pdf/1609.07762.pdf>
<https://arxiv.org/pdf/2109.13171.pdf>
<https://arxiv.org/abs/2110.11970>
<https://dx.doi.org/10.1109/CVPR52729.2023.00585>