



CENTRE DE RECHERCHE ASTROPHYSIQUE DE LYON



## Centre de Recherche Astrophysique de Lyon UMR 5574



### **Proposition de stage de Master 2 Recherche Année académique 2023 – 2024**

**Responsable de stage : Johan RICHARD**

@ : johan.richard@univ-lyon1.fr

☎ : 04 78 86 83 78

**Adresse/Lieu du Stage** <sup>1</sup> : CRAL - site Charles André : 9 avenue C. André, St Genis Laval

**Équipe de recherche d'accueil** <sup>1</sup> : GALPAC.

**Autre membre de l'équipe d'encadrement** : Jérémy BLAIZOT.

**Intitulé du stage : La structure du milieu intergalactique sondée par effet de lentille gravitationnelle.**

#### **Résumé du travail demandé :**

L'étude des galaxies les plus distantes nous renseigne sur les processus de formation stellaire, à des époques reculées de l'histoire de notre Univers. Les observations récentes de galaxies dans des champs profonds avec le spectroimageur MUSE (pour Multi Unit Spectroscopic Explorer) ont mis en évidence un très grand nombre de ces galaxies distantes par confirmation spectroscopique. En combinant ces observations avec l'effet de 'lentille' des amas de galaxies, il est possible d'augmenter la surface apparente sur le ciel des galaxies distantes afin d'en mesurer des propriétés spectrales résolues sur des échelles très petites. Une des raies spectrales les plus importantes est celle de l'hydrogène Lyman-alpha, qui nous renseigne sur la présence de gaz le long de la ligne de visée et sa structuration. Le nombre de galaxies très amplifiées (arcs géants) accessibles en Lyman-alpha avec MUSE est cependant très limité.

Le futur spectroimageur BlueMUSE sur le Very Large Telescope, qui observera à partir de 2030 le domaine spectral bleu / ultraviolet sur un grand champ de vue, offre l'opportunité de sonder un très grand nombre d'arcs géants (plusieurs dizaines) pour étudier pour la première fois à des petites échelles (quelques dizaines de kpc) le gaz du milieu intergalactique de manière résolue au travers de la 'forêt Lyman-alpha'. De telles observations ont le potentiel de contraindre la structure du milieu intergalactique prédite dans nos modèles actuels, et sont un des cas scientifiques proposés pour BlueMUSE.

L'objectif de ce stage sera de développer le cas scientifique en produisant des observations virtuelles de BlueMUSE. L'étudiant(e) utilisera des simulations numériques existantes reproduisant les propriétés du milieu intergalactique pour effectuer des observations synthétiques basées sur des arcs géants réalistes et une méthode de type 'lancé de rayons'. L'étudiant(e) produira un cube observé combinant ainsi les effets de lentille gravitationnelle et les effets instrumentaux de BlueMUSE (bruit, échantillonnage, résolution spatiale et spectrale). En comparant les spectres obtenus avec les simulations d'entrée, elle/il pourra tester les performances de BlueMUSE pour mesurer les propriétés de milieu intergalactique.

**Type de financement envisagé pour le stage** : Crédits d'équipe Galpac.

**Indication éventuelle d'ouverture vers un sujet de thèse** <sup>1</sup> : Oui – sur une thématique liée aux galaxies observées dans les champs d'amas lentilles



## Centre de Recherche Astrophysique de Lyon UMR 5574

### **Master 2 Research internship offer Academic year 2023 – 2024**

**Internship supervisor: Johan RICHARD**

@ : johan.richard@univ-lyon1.fr

☎ : 04 78 86 83 78

**Address/Workplace** <sup>1</sup>: CRAL - site Charles André : 9 avenue C. André, St Genis Laval

**Hosting research team** <sup>1</sup>: GALPAC

**Other member of supervising team:** Jérémy BLAIZOT.

**Internship title: Structure of the intergalactic medium probed through gravitational lensing.**

#### **Summary of proposed work:**

The study of the most distant galaxies provides us with information about the processes of star formation at remote times in the history of our Universe. Recent observations of galaxies in deep fields with the MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) spectroimager have revealed a very large number of these distant galaxies by spectroscopic confirmation. By combining these observations with the 'lensing' effect of galaxy clusters, it is possible to increase the apparent surface on the sky of distant galaxies in order to measure their spectral properties resolved on very small scales. One of the most important spectral lines is that of hydrogen Lyman-alpha, which tells us about the presence of gas along the line of sight and its structuration. However, the number of highly amplified galaxies (giant arcs) accessible in Lyman-alpha with MUSE is very limited.

The future BlueMUSE spectroimager on the Very Large Telescope, which from 2030 will be observing the blue/ultraviolet spectral range over a wide field of view, offers the opportunity to probe a very large number of giant arcs (several dozen) to study the gas of the intergalactic medium for the first time on small scales (a few tens of kpc) in a resolved way through the 'Lyman-alpha forest'. Such observations have the potential to constrain the structure of the intergalactic medium predicted in our current models, and are one of the proposed science cases for BlueMUSE.

The aim of this internship will be to develop this science case by producing virtual observations of BlueMUSE. The student will use existing numerical simulations reproducing the properties of the intergalactic medium to make synthetic observations based on realistic giant arcs and a 'ray-tracing' method. The student will produce an observed cube combining the effects of gravitational lensing and the instrumental effects of BlueMUSE (noise, sampling, spatial and spectral resolution). By comparing the spectra obtained with the input simulations, the student will be able to test the performance of BlueMUSE in measuring the properties of the intergalactic medium.

**Nature of the financial support for the internship:** Galpac team

**Potential for a follow-up as a PhD thesis** <sup>1</sup>: Yes – topic related to high redshift galaxies with lensing cluster fields.