



## Détecter les premiers amas de galaxies de l'Univers dans les cartes du fond diffus cosmologique

**Spécialité** Astrophysique

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [DPhP](#)

**Candidature avant le** 31/03/2024

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [MELIN Jean-baptiste](#)

+33 1 69 08 73 80

[jean-baptiste.melin@cea.fr](mailto:jean-baptiste.melin@cea.fr)

### Résumé

L'objectif de ce stage M2 est de commencer à préparer l'analyse de données pour la détection des premiers amas de galaxies dans l'Univers attendue avec les expériences Simons Observatory (à partir de 2024) et CMB-S4 (à partir de 2032).

### Sujet détaillé

Les amas de galaxies, situés aux nœuds de la toile cosmique, sont les plus grandes structures de l'Univers liées par la gravitation. Leur nombre et leur distribution spatiale sont très sensibles aux paramètres cosmologiques, comme la densité de matière dans l'Univers. Les amas constituent ainsi une sonde cosmologique performante. Elle a fait ses preuves ces dernières années (sondages Planck, South Pole Telescope, XXL, etc.) et promet de grandes avancées les prochaines années (sondages Euclid, Observatoire Vera Rubin, Simons Observatory, CMB-S4, etc.).

Le pouvoir cosmologique des amas de galaxies s'accroît avec la taille de l'intervalle de décalage vers le rouge (redshift) couvert par le catalogue. Planck a détecté les amas les plus massifs de l'Univers entre  $z=0$  et  $z=1$  alors que SPT et ACT, plus sensibles mais couvrant moins de ciel, ont déjà détecté des dizaines d'amas entre  $z=1$  et  $z=1.5$  et quelques amas entre  $z=1.5$  et  $z=2$ . La prochaine génération d'instruments (Simons Observatory à partir de 2024 et CMB-S4 à partir de 2032) permettra de détecter de façon routinière les amas entre  $z=1$  et  $z=2$  et observera les premiers amas formés dans l'Univers entre  $z=2$  et  $z=3$ .

Seules les expériences étudiant le fond diffus cosmologique pourront observer le gaz chaud dans ces premiers amas entre  $z=2$  et  $z=3$ , grâce à l'effet SZ, du nom de ses deux découvreurs Sunyaev et Zel'dovich. Cet effet, dû aux électrons de grande énergie du gaz des amas, provoque une petite perturbation du spectre en fréquence du fond diffus cosmologique, ce qui le rend détectable. Mais le gaz n'est pas la seule composante émettrice dans les amas : des galaxies à l'intérieur des amas émettent aussi en radio ou en infrarouge ce qui contamine le signal SZ. Cette contamination est faible à redshift  $z$  plus petit que 1 mais augmente drastiquement avec le redshift. On s'attend à ce que ces émissions radio et infrarouge soient du même ordre de grandeur que le signal SZ dans l'intervalle de redshift compris entre  $z=2$  et  $z=3$ .

---

Il faut donc essayer de comprendre et modéliser l'émission du gaz des amas en fonction du redshift, mais aussi celle des galaxies radio et infrarouge qu'ils contiennent pour pouvoir préparer la détection des premiers amas de galaxies de l'Univers.

L'Irfu/DPhP a développé les premiers outils de détection d'amas de galaxies dans les données du fond diffus cosmologique dans les années 2000. Ces outils ont été utilisés avec succès sur les données Planck et sur les données sol, comme celles de l'expérience SPT. Ils sont efficaces pour détecter les amas de galaxies dont l'émission est dominée par le gaz mais leur performance est inconnue dans le cas où l'émission par les galaxies radios et infrarouges est importante.

L'objectif du stage est de commencer à étudier et modéliser les émissions radio et infrarouge des galaxies des amas détectés dans les données du fond diffus cosmologique (Planck, SPT et ACT) en fonction du redshift. Cette modélisation sera cruciale pour caractériser l'impact de ces émissions sur les outils de détection d'amas existants et préparer la future génération d'outils de détection.

Ce stage de M2 est prévu pour déboucher sur une thèse [https://adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?site=adumR&matricule\\_prop=51992](https://adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?site=adumR&matricule_prop=51992)

### **Mots clés**

Cosmologie, amas de galaxies

### **Compétences**

Analyses statistiques sur les amas de galaxies détectées par les expériences Planck, SPT et ACT

### **Logiciels**

---

# Detecting the first clusters of galaxies in the Universe in the maps of the cosmic microwave background

## Summary

The aim of this internship is to start preparing the data analysis for the detection of the first clusters of galaxies in the Universe, which will happen with the experiments Simons Observatory (starting 2024) and CMB-S4 (starting 2032).

## Full description

Galaxy clusters, located at the node of the cosmic web, are the largest gravitationally bound structures in the Universe. Their abundance and spatial distribution are very sensitive to cosmological parameters, such as the matter density in the Universe. Galaxy clusters thus constitute a powerful cosmological probe. They have proven to be an efficient probe in the last years (Planck, South Pole Telescope, XXL, etc.) and they are expected to make great progress in the coming years (Euclid, Vera Rubin Observatory, Simons Observatory, CMB-S4, etc.).

The cosmological power of galaxy clusters increases with the size of the redshift range covered by the catalogue. The Planck experiment detected the most massive clusters in the Universe between redshift  $z=0$  and  $z=1$ . SPT and ACT experiments are more sensitive but covered less sky: they detected tens of clusters between  $z=1$  and  $z=1.5$ , and a few clusters between  $z=1.5$  and  $z=2$ . The next generation of instruments (Simons Observatory starting in 2024 and CMB-S4 starting in 2032) will routinely detect clusters between  $z=1$  and  $z=2$  and will observe the first clusters formed in the Universe between  $z=2$  and  $z=3$ .

Only the experiments studying the cosmic microwave background will be able to observe the hot gas in these first clusters between  $z=2$  and  $z=3$ , thanks to the SZ effect, named after its discoverers Sunyaev and Zel'dovich. This effect is due to high energetic electrons of the gas, which distorts the frequency spectrum of the cosmic microwave background, and is detectable in current experiments. But the gas is not the only component emitting in galaxy clusters: galaxies inside the clusters can also emit in radio or in infrared, contaminating the SZ signal. This contamination is weak at redshift below  $z=1$  but increases drastically with redshift. One expects that the emission from radio and infrared galaxies in clusters are of the same order of magnitude as the SZ signal between  $z=2$  and  $z=3$ .

One thus needs to understand and model the emission of the gas as a function of redshift, but also the emission of radio and infrared galaxies inside the clusters to be ready to detect the first clusters in the Universe.

Irfu/DPhP developed the first tools for detecting clusters of galaxies in cosmic microwave background data in the 2000s. These tools have been used successfully on Planck data and on ground-based data, such as the data from the SPT experiment. They are efficient at detecting clusters of galaxies whose emission is dominated by the gas, but their performance is unknown when the emission from radio and infrared galaxies is significant.

The goal of this M2 internship is to start to study and model radio and infrared emission of galaxies in clusters detected in the cosmic microwave background data (Planck, SPT and ACT), as a function of redshift. This modeling will be crucial to characterize the impact of this emission on the current cluster extraction tools, and to prepare the future generation of extraction tools.

This M2 internship is expected to continue with a thesis [https://adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?site=adumR&matricule\\_prop=51992](https://adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?site=adumR&matricule_prop=51992)

## Keywords

Cosmology, clusters of galaxies

---

**Skills**

Statistical analyses using clusters of galaxies detected by the Planck, SPT and ACT experiments

**Softwares**