



## Prédictions cosmologiques pour la mission ATHENA

**Spécialité** Astrophysique

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [Dap/LCEG](#)

**Candidature avant le** 13/04/2021

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [PIERRE Marguerite](#)  
+33 1 69 08 34 92  
[marguerite.pierre@cea.fr](mailto:marguerite.pierre@cea.fr)

### Résumé

Athena sera le prochain observatoire X de l'ESA (2032).

Le but du stage est d'estimer, à l'aide de simulations numériques, l'impact d'Athena sur les modèles cosmologiques, à partir d'observations d'amas de galaxies

### Sujet détaillé

Contexte:

Le stage s'inscrit dans le prolongement du projet international de cosmologie XXL (<http://irfu.cea.fr/xxl>). Le but de ce projet est de déterminer les paramètres cosmologiques de manière indépendante, en utilisant des observations d'amas de galaxies en rayons X. Les observations sont obtenues à l'aide du satellite XMM de l'Agence Spatiale Européenne.

Le principe repose sur le fait que le nombre d'amas de galaxies formés au cours du temps dépend de manière critique de certains paramètres cosmologiques comme la densité de matière dans l'univers et le taux d'accélération de l'expansion (dont la découverte valut le prix Nobel à ses auteurs en 2011). Les observations en rayons X nous renseignent de manière directe sur l'existence, la masse et la distance des amas de galaxies.

ATHENA est le successeur d'XMM et la deuxième mission 'Large' sélectionnée dans le cadre du programme Cosmic Vision de l'ESA. Le lancement est prévu au début des années 2030. Par rapport à XMM, ATHENA sera beaucoup plus sensible et aura un champ plus grand.

But du stage:

Le but du stage est d'analyser des simulations d'un survey du ciel en rayons X par ATHENA (instrument WFI). Il s'agira de détecter les amas de galaxies et d'en déduire les contraintes cosmologiques.

Le calcul cosmologique sera fait à l'aide d'une méthode innovante, ASpiX, dite de 'forward modelling', qui permet de traiter de manière élégante nombre d'incertitudes systématiques.

Si la mission EULCID (optique + infrarouge) doit déjà fournir des informations très précises sur l'équation d'état de l'énergie sombre, celles-ci proviendront en grande partie de l'univers situé entre  $z=0-1$  (amas). Avec ATHENA, il sera possible pour la première fois de sonder systématiquement un grand volume d'univers situé entre  $z=1-2$  et donc,

---

d'obtenir un recensement des amas de galaxies X dans cette tranche de redshift. Ceci est particulièrement important, car c'est justement à cette époque que l'effet de l'énergie sombre sur les structures cosmiques est dominant. On pourra tester divers modèles d'énergie sombre plus ou moins 'exotiques'.

Ce projet fait partie des thèmes sélectionnés pour le Red Book d'ATHENA. Les résultats feront l'objet d'un article qui sera publié dans un numéro spécial d'Astronomy & Astrophysics, dédié à ATHENA.

Conditions du stage:

Tous les logiciels sont disponibles (simulation et traitement d'images X, analyse cosmologique).

La bibliothèque de programmes est en langage python.

Les calculs sont effectués à distance au Centre de Calcul de l'IN2P3 à Lyon.

### **Mots clés**

cosmologie - amas de galaxies - observations en rayons X

### **Compétences**

Simulations et traitement d'image Modélisation cosmologique Méthodes de minimisation MCMC

### **Logiciels**

Python

---

## Cosmological predictions for the ATHENA mission

### Summary

Athena will be the next ESA X-ray observatory (2032).

The proposed work aims at quantifying the power of Athena to constrain cosmological models, by means of numerical simulations of galaxy clusters.

### Full description

Context:

The proposed work is a follow-up of the XMM-XXL survey (<http://irfu.cea.fr/xxl>).

The main goal is to extract cosmological parameters, in a self-consistent way, from a survey of X-ray clusters of galaxies. Observations are obtained by the ESA XMM-observatory.

The principle relies on the fact that the number of clusters formed as a function of time, critically depends on the Dark Matter and Dark Energy properties (the latter causing the expansion to accelerate - Nobel prize 2011). X-ray observations provide information on the mass and on the distance of clusters.

ATHENA is the successor of XMM and is the 2nd Large Mission selected in the context of the ESA Cosmic Vision programme. It will be launched at the beginning of the 2030 and will be much more sensitive than XMM.

Goal of the internship:

The goal is to perform and analyse simulations of an X-ray sky survey by ATHENA (WFI instrument). First step will be to detect the galaxy clusters and then, to extract the cosmological information from the cluster population.

The subsequent cosmological analysis will be performed by means of an innovative method (ASpiX), based on a forward modeling, which enables the monitoring of many systematic uncertainties.

While the EUCLID mission (optical+infrared) will provide very accurate constraints on the cosmology, these will mainly come from the  $z=0-1$  range (for clusters). With ATHENA, in X-rays, it will be possible to systematically probe for the first time a huge volume of the universe at  $z=1-2$ , hence, to inventory the cluster population at this cosmic epoch. This is especially important, since the effect of Dark Energy on structure formation is expected to be dominant at this time. We shall test various, more or less conventional, cosmological models.

This project is part of the topics selected for the ATHENA Red Book. The results to be obtained during the internship will be included in an article, which will be published in a special issue of Astronomy and Astrophysics.

Working environment:

All computer programmes are available (X-ray image simulation and processing, cosmological analysis).

The programming language is Python.

The computation are performed at the IN2P3 Computer Center in Lyon.

### Keywords

cosmology - clusters of galaxies - X-ray observations

### Skills

Image simulation and processing Cosmological modelling MCMC solving methods

### Softwares

Python