



## Détermination des paramètres cosmologiques à partir d'observations d'amas de galaxies en rayons X / Intelligence artificielle - Réseaux de neurones

**Spécialité** Astrophysique

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [DAP/LCEG](#)

**Candidature avant le** 11/04/2020

**Durée** 3 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

Les amas de galaxies sont les plus grandes structures de l'univers.

Le but du stage est d'optimiser un réseau de neurones convolutif pour l'analyse cosmologique d'un relevé d'amas de galaxies par le satellite XMM

### Sujet détaillé

La cosmologie est le domaine de l'astrophysique qui étudie l'univers en tant que tout : topologie, densité, nature de la Matière Noire et de l'Energie Sombre, passé et futur, etc... C'est la théorie de la relativité générale qui permet de décrire ces propriétés à l'aide de quelques inconnues appelées 'paramètres cosmologiques' dont les valeurs sont l'objet, encore actuellement, d'intenses investigations par de nombreuses équipes dans le monde.

Le stage se situe dans le cadre du projet international de cosmologie XXL (<http://irfu.cea.fr/xxl>). Le but est de déterminer l'équation d'état de l'Energie Sombre 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.

Des résultats importants ont été obtenus en 2018 et ont fait l'objet de plusieurs communiqués de presse. Le stage proposé se situe dans la dernière phase du projet XXL qui a débuté en 2019.

Les données XMM utilisées dans cette étude sont des quantités directement observables telles que le flux, la couleur, la taille apparente et le redshift des amas de galaxies détectés par XXL.

Les méthodes d'analyse traditionnelles des données (type MCMC, utilisé jusqu'à présent par le projet) ont été transposées à une approche de type réseau de neurones convolutif (CNN). Cela permet d'accélérer considérablement la mesure des paramètres cosmologiques et, en même temps, d'explorer d'éventuelles dégénérescences entre les différents paramètres.

Il s'agira d'optimiser la structure et l'entraînement du réseau en fonction des contraintes observationnelles.

---

<https://xmm-newton.cnes.fr/fr/les-rayons-x-confirment-le-modele-cosmologique-standard>  
[http://irfu.cea.fr/dap/Phocea/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast.php?t=fait\\_marquant&id\\_ast=4492](http://irfu.cea.fr/dap/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=4492)

Durée du stage de 3 à 6 mois.  
Date de début flexible.

### **Mots clés**

Cosmologie - Intelligence Artificielle - Astronomie en rayons X

### **Compétences**

Analyse d'observation obtenues en rayons X Modèles cosmologiques Réseaux de neurones

### **Logiciels**

Tous les logiciels sont disponibles (cosmologie, réponse des instruments d'XMM, programmes CNN) ainsi que les codes permettant de créer les simulations nécessaires à l'entraînement du réseau de neurones. La bibliothèque de programmes pour l'apprentissage profond est en langage python et a été adaptée aux spécificités du projet XXL. Les calculs sont effectués à distance au Centre de Calcul de l'IN2P3 à Lyon.

---

## Deep learning for X-ray cluster cosmology

### Summary

Cluster of galaxies are the largest entities of the universe.

The goal of the work is to optimise a convolutional neural network for the cosmological analysis of X-ray cluster surveys

### Full description

The internship takes place in the context of the international XXL cosmology project (<http://irfu.cea.fr/xxl>). The goal is to determine the equation of state of the Dark Energy by means of X-ray observations of clusters of galaxies. The observations are obtained by the XMM European satellite.

The principle relies on the fact that the number of clusters formed as a function of mass and redshift, critically depends on cosmological parameters, like the mean matter density and the acceleration of the expansion. X-ray observations provide direct information on the existence, mass and distant fo galaxy clusters.

We obtained important results in 2018, that have been summarized in various press releases.

The project has now entered its third and final stage. The XMM data used in the cosmological analysis are directly observable quantities like flux, color and apparent size of the clusters detected by XXL. We transposed the traditional methods (e.g. MCMC) to an neural network approach (CNN) which enables us to considerably shorten the computational time as well as investigating possible degeneracies between various parameters.

The work will consist in optimising the training of the CNN as a function of the observational constraints.

<https://sci.esa.int/s/WLg9apw>

[https://irfu.cea.fr/dap/Phocea/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast.php?t=fait\\_marquant&id\\_ast=4492](https://irfu.cea.fr/dap/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=4492)

Duration: from 3 to 6 months

The starting date is flexible

### Keywords

Cosmology - Artificial Intelligence - X-ray astronomy

### Skills

X-ray data anlysis Cosmological models Neural networks

### Softwares

Tous les logiciels sont disponibles (cosmologie, réponse des instruments d'XMM, programmes CNN) ainsi que les codes permettant de créer les simulations nécessaires à l'entraînement du réseau de neurones. La bibliothèque de programmes pour l'apprentissage profond est en langage python et a été adaptée aux spécificités du projet XXL. Les calculs sont effectués à distance au Centre de Calcul de l'IN2P3 à Lyon.