

COSMOLOGY WITH GALAXY CLUSTERS: FROM PLANCK TO EUCLID

DESCRIPTION/SCIENTIFIC CONTEXT

In 2015, the Planck collaboration has published the measurements of cosmological parameters obtained from the full mission dataset. These results are based on the analysis of the primary anisotropies of the cosmic microwave background (CMB) at redshift $z=1100$ and on the distribution of galaxy clusters detected by the satellite between redshift $z=1$ and $z=0$.

The parameters determined from the CMB anisotropies are in very good agreement with those measured by the baryonic acoustic oscillations and the supernovae but are in conflict with the distribution of galaxy clusters. This conflict is shown in the figure below and is more or less critical depending on the assumed cluster mass scale. Two explanations are possible: the cluster mass could be 40% greater than the mass currently estimated with the X-ray satellites, or the standard model of cosmology could be incomplete.

In order to choose between the two different explanations, we have to improve the cosmological analysis with clusters to reduce systematic uncertainties.

(estimated X-ray mass equal to the true cluster mass) and blue (estimated X-ray mass 20% lower than the true mass) are in conflict with the grey contours but the green contours (estimated X-ray mass 30% lower than the true mass) are in better agreement. The figure is taken from arXiv:1502.01597.

PROPOSED WORK

One of the current major limitations of the cosmological analysis with clusters resides in its heart: the likelihood function. This function links the observed cluster catalogue to a cosmological model. In order to achieve this goal, one has to assume a scaling law, which relates observed cluster characteristics (their flux) to a theoretical quantity (their mass). Up to now, in the Planck analysis, this scaling law is determined with external data, independently to the likelihood, which bring some compatibility issues.

The proposed work consists in building a new likelihood for the cluster cosmological analysis, which bypasses this problem, in integrating internal flux and external mass measurements as inputs and provides as outputs both the cosmological parameters and the scaling law.

This new likelihood will be applied to Planck data first and then deployed in the Euclid context.

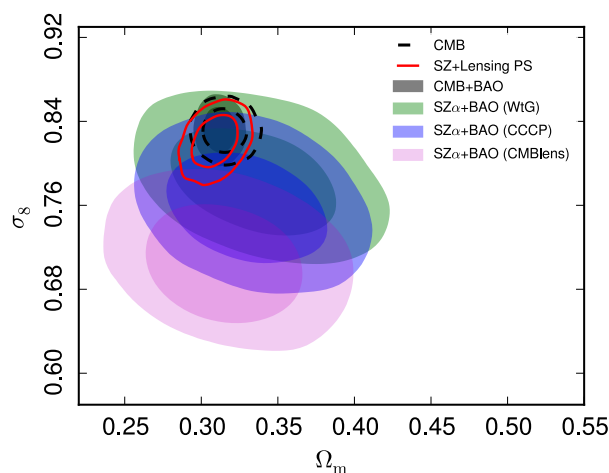


Figure : Cosmological constraints obtained with Planck galaxy clusters (green, blue and violet contours) compared to primary CMB constraints (grey contours). The violet contours

SUPERVISION

This thesis work will take place at CEA-Saclay in the cosmology group of the Service de physique des particules (SPP) in the Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (Irfu). The cosmology group is composed of 9 physicists, 1 post-doc and 5 PhD students working in SNLS, Planck and eBOSS/DESI.

A close collaboration with Jim Bartlett from AstroParticule and Cosmology laboratory (Paris) will be developed on this subject.

CONTACT

Jean-Baptiste Melin (jean-baptiste.melin@cea.fr)

COSMOLOGIE AVEC LES AMAS DE GALAXIES : DE PLANCK A EUCLID

DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

En 2015, la collaboration Planck a publié les mesures des paramètres cosmologiques obtenues avec l'ensemble des données de la mission. Ces résultats sont basés sur l'analyse des anisotropies du fond diffus cosmologique (CMB) à redshift $z=1100$ et sur la distribution des amas de galaxies détectés par le satellite entre redshift $z=1$ et $z=0$.

Les paramètres déterminés avec les anisotropies du CMB sont en très bon accord avec les mesures des oscillations acoustiques de baryons et celles des supernovae mais sont en désaccord avec la distribution des amas de galaxies. Ce désaccord, présenté dans la figure ci-dessous, est plus ou moins important selon la masse supposée pour les amas. Deux explications sont possibles pour expliquer ce résultat : la masse des amas serait environ 40% plus grande qu'estimée actuellement avec les satellites observant en rayons X ou bien le modèle standard de la cosmologie est incomplet.

Pour trancher entre ces deux hypothèses, il faut améliorer l'analyse cosmologique avec les amas pour réduire les incertitudes systématiques.

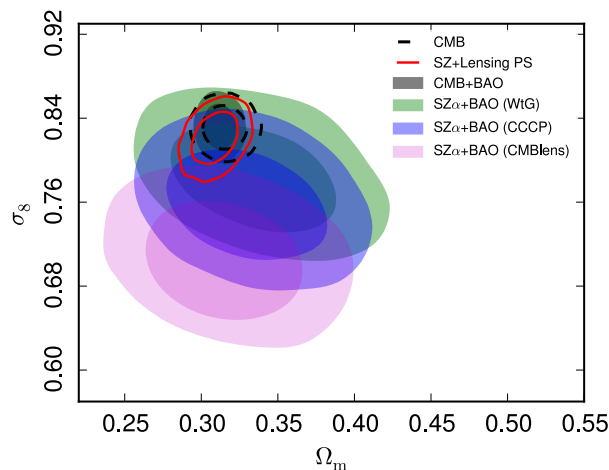


Figure : Contraintes cosmologiques obtenues avec les amas Planck (contours verts, bleus et violets) comparées à celle du fond diffus cosmologique primaire (contours gris). Les contours violets (masse estimée avec les données X égale à la masse vraie) et bleus (masse estimée avec les données X sous-

estimée de 20% par rapport à la masse vraie) sont en désaccord avec le contour gris alors que les contours verts (masse estimée avec les données X sous-estimée de 30% par rapport à la masse vraie) sont en meilleur accord. La figure est tirée de arXiv:1502.01597.

TRAVAIL PROPOSE

Une des limitations actuelles majeures de l'analyse cosmologique avec les amas est située en son cœur même : la fonction de vraisemblance. Celle-ci lie le catalogue d'amas observés à un modèle cosmologique donné. Elle doit, pour ce faire, supposer un lien - appelé loi d'échelle - entre les caractéristiques des amas (leur flux) et la quantité théorique non directement observée (leur masse vraie). Aujourd'hui, dans l'analyse Planck, cette loi d'échelle est déterminée avec des données externes, indépendamment de la vraisemblance ce qui aboutit à des problèmes de compatibilité.

Le travail proposé consiste à construire une nouvelle fonction de vraisemblance cosmologique pour les amas qui dépasse cette problématique en intégrant mesures de flux internes et mesures de masses externes pour fournir en même temps les paramètres cosmologiques et la loi d'échelle des amas. D'abord appliquée aux données Planck, cette nouvelle vraisemblance sera déployée, dans un second temps, dans le cadre d'Euclid.

ENCADREMENT

La thèse se déroulera au CEA-Saclay au sein du groupe de cosmologie du Service de physique des particules (SPP) de l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (Irfu). Le groupe de cosmologie est composé de 9 physiciens, 1 post-doctorant et 5 doctorants travaillant sur les expériences SNLS, Planck et eBOSS/DESI.

Une collaboration étroite avec Jim Bartlett du laboratoire AstroParticule et Cosmologie (Paris) sera développée sur ce sujet.

CONTACT

Jean-Baptiste Melin (jean-baptiste.melin@cea.fr)