

Campagne 2020 Contrats Doctoraux Instituts/Initiatives

Proposition de Projet de Recherche Doctoral (PRD)

Appel à projet 2020

Intitulé du Projet de Recherche Doctoral :

**PRÉSENT ET FUTUR DES DONNÉES DU FOND DIFFUS
COSMOLOGIQUE**

Directeur de Thèse porteur du projet (titulaire d'une HDR) :

NOM **Benabed**

Prénom : **Karim**

Titre : Astronome

e-mail : benabed@iap.fr

Adresse professionnelle : 98 bis boulevard Arago - 75014 Paris
(site, adresse, bât., bureau)

Unité de Recherche :

Intitulé : IAP

Code (ex. UMR xxxx) : UMR7095

**Ecole Doctorale de rattachement de l'équipe &
d'inscription du doctorant : ED AAIF**

**Doctorants actuellement encadrés par le directeur de thèse (préciser le nombre de
doctorants, leur année de 1ere inscription et la quotité d'encadrement) : 0**

Co-encadrant :

NOM **Galli**

Prénom : **Silvia**

:

Titre : CR

HDR :non

e-mail : gallis@iap.fr

Unité de Recherche :

Intitulé : IAP

Code (ex. UMR xxxx) : UMR7095

**Ecole Doctorale de rattachement :
ED AAIF**

**Doctorants actuellement encadrés par le co-directeur de thèse (préciser le nombre de
doctorants, leur année de 1ere inscription et la quotité d'encadrement) : 0**

Cotutelle internationale : Non

Description de la problématique de recherche:

L'observation du rayonnement de fond cosmologique (Cosmic Microwave Background, ou CMB) a été la cheville ouvrière des progrès extraordinaires acquis en cosmologie observationnelle au cours de ces 20 dernières années. L'Europe c'est trouvée à la pointe de ce mouvement, en particulier grâce au succès du satellite ESA Planck. Celui-ci a permis d'obtenir une mesure ultime des anisotropies de température du CMB, et a apporté une première couverture précise de sa polarisation. Cependant, une large part du faible signal polarisé reste à explorer; les mesures de Planck de polarisation étant encore loin de la limite de variance cosmique.

Les résultats de Planck sont en excellent accord avec les prédictions du modèle cosmologique standard dit LambdaCDM, et montrent une très bonne compatibilité avec d'autres sondes cosmologiques. Néanmoins, une série de tensions intéressantes pourrait être le signe de failles du modèle standard cosmologique [1]. Ainsi la valeur de la constante de Hubble déterminée par le CMB est en accord avec d'autres mesures à grand décalage vers le rouge [2], mais en désaccord avec l'échelle des distances construites sur les explosions de supernovae de type IA [3] ainsi que d'autres sondes proches [4]. On peut aussi noter le désaccord, pour l'instant relatif, entre la détermination de l'amplitude des perturbations de densité contemporaines (σ_8) obtenue par les relevés d'astigmatisme cosmique ou encore par les comptages d'amas de galaxies, et celle prédite par les paramètres du modèle cosmologique privilégié par le CMB. Enfin, on détecte marginalement dans les données du CMB un excès de lissage du spectre de puissance des anisotropies de température du CMB par rapport aux prédictions du modèle LambdaCDM.

Toutes ces accidents peuvent être expliqués aussi bien par des fluctuations statistiques, par des erreurs systématiques des différentes analyses, ou, de façon bien plus intéressante, par de nouveaux effets physiques. Si elles sont confirmées ces tensions prometteuses pourraient conduire à de nouvelles découvertes aux conséquences profondes sur la physique fondamentale.

Afin d'approfondir et éventuellement de résoudre ces mystères cosmiques, le groupe Planck de l'IAP a rejoint la collaboration du « South Pole Telescope » (SPT) [5,6,7]. SPT est parmi les programmes d'observations du CMB les plus en pointe. Ce télescope de 10m est situé au pôle sud, auprès de la base scientifique Amundsen-Scott. Depuis 2007, il a produit les images les plus profondes et les mieux résolues (~1 arcmin) du ciel micro-onde, et aussi depuis 2012 de sa polarisation. Il a déjà permis de réaliser de nombreuses découvertes majeures. L'université de Chicago tient un rôle primordial dans la collaboration SPT. Elle accueille son PI, John Carlstrom, ainsi que de nombreux membres de la collaboration. La collaboration SPT a récemment mis à jour l'instrument du télescope, multipliant par dix le nombre de détecteurs (maintenant ~16000). La nouvelle caméra, « SPT-3G », réalisera un relevé de 1500deg² en 5 ans. La première année de donnée est d'ors et déjà d'une excellente qualité. À l'issue de la campagne d'observation complète, la collaboration SPT disposera de la carte la plus précise jamais produite à une si haute résolution, ce qui permettra de nombreuses analyses scientifiques, depuis la détermination des propriétés de l'énergie sombre, de la somme des masses des neutrinos, jusqu'à la correction de l'astigmatisme cosmique des observations des modes de polarisation B par BICEP/Keck ouvrant la voie à une détection possible des ondes gravitationnelles primordiales.

Ce sujet de thèse s'inscrit dans le cadre de cette nouvelle collaboration entre les équipes de l'IAP et de Chicago. Son objectif ultime sera la co-analyse des données

Planck et SPT, dans le but d'assurer la compatibilité des observations, d'évaluer l'éventuelle présence de systématiques dans l'un ou l'autre des jeux de données, et de contraindre le modèle cosmologique et ses paramètres. En fonction de l'avancée des travaux, une co-analyse du CMB et peut-être de l'effet de lentille pourront être considérés afin de solidifier les résultats cosmologiques. En travaillant au contact et à l'interface entre les équipes de Paris et Chicago, le doctorant bénéficiera ainsi d'un accès à une connaissance approfondie des deux instruments et de leurs données.

Ce travail permettra une première exploration de nombreux défis qui seront communs aux instruments de la prochaine génération d'observatoires du CMB, comme par exemple l'analyse de données massives ou la comparaison et l'intégration de données hétérogènes. Les résultats du doctorant seront donc, pour certains, directement transposable pour le futur projet Stage-4 CMB.

Profil et compétences recherchées:

Bonne connaissance de la cosmologie physique.

Expérience de base en calcul numérique (python/IDL, fortran or C/C++).

Précisions sur l'encadrement:

The PhD student will be supervised by Dr. Silvia Galli and Dr. Karim Benabed, in close collaboration with the whole Planck group at IAP (Dr. François Bouchet, Dr. Eric Hivon, Dr. Jean-François Cardoso). The group has recently joined the South Pole telescope collaboration, and have lead some of the key analysis of the Planck collaboration, including the development of the likelihood code, the estimation of cosmological parameters, the measurement of CMB lensing and primordial non-gaussianities. The student will work in close collaboration also with the South Pole Telescope group in Chicago. During the first year of thesis, the PhD candidate will familiarize himself/herself with the tools required for the analysis, i.e. software to create and manage maps, spectra, covariance matrices, inference of cosmological parameters. All these tools are available within the Planck group. During the second and third year, the Phd student is expected to use these tools to co-analyse the Planck and the SPT data.

Références bibliographiques:

1. Planck Collaboration, et al. 2018, arXiv:1807.06209 (Parameters paper 2018, SG corresponding author)
2. Addison, G.~E., et al. 2018, *apj*, 853, 119
3. Reid, M.~J. et al. 2019, arXiv: 1908.05625
4. Birrer, S. et al. 2018, arXiv:1809.01274
5. Story, K.~T. et al. 2013, *apj*, 779, 86
6. Henning, J.~W. et al. 2018, *apj*, 852, 97 7. Aylor, K. et al. 2017, *apj*, 850, 101