

Proposition de thèse – 2022-2025

Thématique : Cosmologie Observationnelle

Sujet de thèse : Analyse des distorsions de redshift observés par le télescope spatial Euclid et implications pour la gravitation

Directeur de thèse : Daniel Guinet / Hélène Courtois

Téléphone : 04 72 43 10 62

Email : d.guinet@ipnl.in2p3.fr

Adresse : IP2I Lyon – Bureau 406
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Description du travail demandé :

Les champs de densité et de vitesse des galaxies constituent des outils puissants pour étudier la cosmologie car ils tracent l'histoire des processus de formation des structures dans l'Univers. En particulier, l'analyse des vides, des amas et des vitesses particulières des galaxies permet d'estimer le taux de croissance des structures - un paramètre cosmologique sensible au couplage entre l'énergie noire et la matière noire et donc à la dynamique de l'expansion de l'Univers.

En 2018, notre équipe à l'IP2I a réalisé une première mesure de ce paramètre dans le cadre du projet de cosmologie à champ proche Cosmic Flows, permettant l'analyse des champs de densité et de vitesse via la mesure directe des distances des galaxies. Cependant, les futurs grands relevés cosmologiques comme Euclid ne permettront pas de mesurer la distance de chaque galaxie détectée. D'autres procédures d'analyse devront être employées afin d'étudier le taux de croissance des structures et l'accélération de l'expansion de l'Univers.

Dans ce contexte, la déformation engendrée par les vitesses particulières des galaxies sur leur distribution dans l'espace des redshift nous procure une sonde cosmologique fortement complémentaire à l'analyse de l'effet de lentille gravitationnelle faible permettant également d'étudier la distribution de la matière noire sous-jacente. Ces distorsions espace-redshift (RSD), sont généralement traitées comme un contaminant dans l'analyse des oscillations acoustiques des baryons mais contiennent une information précieuse permettant de contraindre à la fois l'amplitude du spectre de puissance de la matière et le taux de croissance des structures. Par ailleurs, l'analyse jointe des RSD et des amas de galaxies permettrait de lever la dégénérescence entre ces deux paramètres cosmologiques.

Le satellite Euclid, dont le lancement est prévu en fin 2022, va permettre des avancées majeures en cosmologie, notamment en ce qui concerne la formation et la dynamique des structures dans l'Univers récent. Les groupes de

travail scientifique de la collaboration internationale Euclid visent à préparer les algorithmes d'analyses scientifiques des futures données du satellite. Le projet de reconstruction du champ de vitesse des galaxies à partir des RSD est actuellement absent dans le consortium Euclid. Il est cependant essentiel d'exploiter cette sonde cosmologique afin de contraindre au maximum le taux de croissance des structures. Cela renforce la nécessité du projet que nous proposons ici.

Les compétences nécessaires pour réaliser ce projet implique le développement de méthodes innovantes d'analyse des données Euclid, cela suppose un bon niveau de programmation dans un langage évolué comme python. De même, une bonne connaissance de la cosmologie sera nécessaire pour développer cette nouvelle activité au sein du groupe de travail scientifique Euclid sur le clustering des galaxies. Enfin la capacité de travailler en équipe est un prérequis pour mener à bien ce travail.

La bourse doctorale demandée vise donc à soutenir ces activités de développement d'outils de reconstruction du champ de vitesse et d'exploiter ce dernier en combinaison avec l'abondance des vides et des amas pour contraindre les paramètres cosmologiques. Ces travaux sont un retour scientifique essentiel à l'IP2i, au regard de son fort investissement lors des 10 dernières années de construction du télescope Euclid. Il s'agira de la première génération de thèse utilisant les données observationnelles d'Euclid. Cette thèse est donc parfaitement synchronisée avec les premiers résultats de l'expérience Euclid, qui a été conçue de manière à apporter des contraintes inégalées sur l'énergie noire et la matière noire dès sa première année d'observation.

Le.a doctorant.e sera amené à réaliser des missions pour visiter nos collaborateurs scientifiques dans le cadre de ces activités et pour participer à des conférences internationales afin d'accroître ses compétences et ainsi compléter les travaux d'analyse des données de la mission Euclid. Elle/il sera encadré.e et soutenu.e quotidiennement à l'IP2i par deux post doctorants, recrutés en 2021 et travaillant à 100% sur la partie Euclid Science, et par deux professeurs dont un bénéficiant d'un détachement à l'IUF pour se concentrer sur ses travaux de recherche Euclid.

Work description:

Analysis of redshift distortions observed by the Euclid Space Telescope and implications for gravitation.

The density and speed fields of galaxies are powerful tools for studying cosmology as they trace the history of structural formation processes in the Universe. In particular, the analysis of voids, clusters and peculiar velocity of galaxies makes possible to estimate the rate of growth of structures - a cosmological parameter sensitive to the coupling between dark energy and dark matter and therefore to the expansion dynamics of the Universe.

In 2018, our team at IP2i carried out a first measurement of this parameter as part of the Cosmic Flows near-field cosmology project, allowing the analysis of density and velocity fields via the direct measurement of the distances of galaxies. However, future large cosmological surveys like Euclid will not allow the distance of each detected galaxy to be measured. Other analytical procedures will need to be employed in order to study the rate of growth of structures and the acceleration of the expansion of the Universe.

In this context, the deformation generated by the peculiar velocity of galaxies on their distribution in redshift space provides us with a cosmological probe that is highly complementary to the analysis of the weak gravitational lens

effect, also making possible to study the distribution of the underlying dark matter. These space-redshift distortions (RSD), are generally treated as a contaminant in the analysis of the acoustic oscillations of baryons but contain valuable information making possible to constrain both the amplitude of the power spectrum of matter and the growth rate structures. Moreover, the joint analysis of RSDs and galaxy clusters would make possible to remove the degeneration between these two cosmological parameters.

The Euclid satellite, scheduled for launch at the end of 2022, will enable major advances in cosmology, particularly with regard to the formation and dynamics of structures in the recent Universe. The scientific working groups of the international Euclid collaboration aim to prepare the algorithms for scientific analyzes of future satellite data. The project to reconstruct the velocity field of galaxies from RSDs is currently absent in the Euclid consortium. However, it is essential to exploit this cosmological probe in order to limit the growth rate of the structures as much as possible. This reinforces the need for the project we are proposing here

The skills necessary to carry out this project involve the development of innovative methods for analyzing Euclid data, this supposes a good level of programming in an evolved language such as python. Likewise, a good knowledge of cosmology will be necessary to develop this new activity within the Euclid scientific working group on galaxy clustering. Finally, the ability to work in a team is a prerequisite to carry out this work.

The requested doctoral grant therefore aims to support these activities of developing tools for reconstructing the velocity field and exploiting the latter in combination with the abundance of voids and clusters to constrain cosmological parameters. This work is an essential scientific return to IP2I, given its strong investment during the last 10 years of construction of the Euclid telescope. This will be the first generation of thesis using Euclid's observational data. This thesis is therefore perfectly synchronized with the first results of the Euclid experiment, which was designed to bring unparalleled constraints on dark energy and dark matter from its first year of observation.

The doctoral student will be required to carry out missions to visit our scientific collaborators as part of these activities and to participate in international conferences in order to increase their skills and thus complete the data analysis work of the Euclid mission. She/he will be supervised and supported daily at IP2I by two post-doctoral students, recruited in 2021 and working 100% on the Euclid Science part, and by two professors, one benefit an IUF senior position to focus on his Euclid research.