

Lentilles gravitationnelles: mesure de forme et calibration pour les données CFIS

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil

Candidature avant le 28/02/2018

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [PUJOL ARNAU](#)
+33 1 69 08 44 63
arnau.pujol@cea.fr

Résumé

La qualité des mesures de lentilles gravitationnelles dépend de la précision avec laquelle on estime l'ellipticité des galaxies et de sa calibration. Ce stage consistera à appliquer différentes techniques de calibration aux images du Canada-France Imaging Survey (CFIS). L'étudiant(e) utilisera différents estimateurs d'ellipticité et une calibration basée sur des techniques de "machine learning" aux images simulées de CFIS qui seront ensuite appliquées aux vraies données.

Sujet détaillé

Cosmologie, "galaxy surveys" et lentilles gravitationnelles

Les relevés de galaxies nous permettent d'étudier la nature de l'univers et son évolution à partir de statistiques sur la distribution des galaxies et de la matière. Une des principales techniques pour des analyses cosmologiques est l'étude des lentilles gravitationnelles, qui nous permettent de mesurer la distribution totale de matière (matière noire incluse) de l'univers à partir des images de galaxies (Kilbinger et al. 2015). La trajectoire de la lumière est en effet affectée par le potentiel gravitationnel qui vient des fluctuations de matière. En étudiant les distorsions dans les images de galaxies on peut déduire les fluctuations totales de matière dans l'univers. Les lentilles gravitationnelles ont été utilisées pour mesurer les paramètres cosmologiques comme la densité de matière, l'équation d'état de l'énergie noire, et a permis de poser des limites sur les modifications de la relativité générale.

Mesure de forme et calibration

La qualité des mesures de lentilles gravitationnelles dépend de la précision avec laquelle on estime les ellipticités dans les images de galaxies et de leur correcte calibration. De nombreuses systématiques rendent cette mesure difficile, comme les effets de l'atmosphère, la pixelisation, le bruit, le modèle utilisé pour estimer l'ellipticité de la galaxie, etc. (Bridle et al. 2009). Ces systématiques causent des biais dans la mesure finale du "shear", qui est le signal des lentilles gravitationnelles. Il est possible de corriger ces biais a) en utilisant un estimateur de formes avec une autocalibration de ses biais (Huff et al. 2017) ou b) en utilisant un estimateur biaisé et en calibrant son biais à partir de

simulations (Mandelbaum2017).

Ce stage consistera à appliquer différentes techniques de calibration aux images du Canada-France Imaging Survey (CFIS).

Avec 5,000 degrés carrés de couverture du ciel ce relevé sera un des plus larges effectués pour l'étude des lentilles gravitationnelles. Le stagiaire appliquera la technique "Metacalibration" aux données CFIS pour produire un catalogue de lentilles gravitationnelles qui est indépendant des simulations. Le stagiaire utilisera aussi une méthode de calibration du biais basée sur des techniques de "machine learning" aux images simulées de CFIS qui sera ensuite appliquée aux vraies données. Les performances relatives et la cohérence des différentes méthodes en terme de mesure de forme seront évaluées ainsi que leur impact sur différentes statistiques et analyses cosmologiques.

Méthodes

Pendant le stage, on travaillera sur des images astronomiques de galaxies faibles et on utilisera les estimateurs de formes Metacalibration et KSB (Viola et al. 2011) pour mesurer les ellipticités de ces galaxies. Le stagiaire utilisera aussi des simulations d'images de galaxies pour réaliser des tests des performances des différentes méthodes, évaluer leur biais et les conséquences dans différentes statistiques comme les cartes de matière ou les fonctions de corrélation à deux points.

Environnement scientifique

Le stage sera effectué au Laboratoire CosmoStat du Département d'Astrophysique (DAp) du CEA Saclay, sous la supervision d'Arnau Pujol et de Martin Kilbinger. Le laboratoire CosmoStat est une équipe de recherche multidisciplinaire intégrant statistiques, traitement de signal et cosmologie. Le groupe Cosmostat est très engagé dans la prochaine mission spatiale Euclid, incluant en particulier le traitement de données de lentilles gravitationnelles. Martin Kilbinger est le co-coordonateur du groupe scientifique de lentilles gravitationnelles. Arnau Pujol est le co-coordonateur du groupe de mesure de forme en lentilles gravitationnelles. Enfin, CosmoStat développe un pipeline de mesure de formes pour traiter les données de CFIS.

Mots clés

Cosmologie

Compétences

Mesures statistiques sur des données astronomiques, programmation de calculs statistiques, utilisation des codes Metacalibration, Shapellens, Athena et d'autres.

Logiciels

python, c++

Weak gravitational lensing: shear measurement and calibration in CFIS data

Summary

The quality of weak lensing measurements in observations depends on the accuracy of the ellipticity estimation of the galaxy images and its correct calibration. This internship will consist on applying different calibration approaches on the images coming from the Canada-France Imaging Survey (CFIS). The student will use different ellipticity estimators and a calibration based on machine learning techniques on CFIS image simulations that will be applied to the real data.

Full description

Cosmology, galaxy surveys and weak lensing

Galaxy surveys allow us to study the nature of the Universe and its evolution from the statistics of the galaxy and matter distributions. One of the most important techniques for cosmological analyses in modern surveys is weak gravitational lensing, which allows us to measure the total mass distribution (including dark matter) of the Universe from galaxy images (Kilbinger et al. 2015). The trajectory of light is affected by the gravitational potentials coming from mass fluctuations. Then, by studying the distortions on galaxy images we can infer the total mass fluctuations in the Universe. Weak cosmological lensing has been used to constrain cosmological parameters such as the matter density, the dark-energy equation of state, and has put limits on modifications of general relativity.

Shear measurement and calibration

The quality of weak lensing measurements in observations depends on the accuracy of the ellipticity estimation of the galaxy images and its correct calibration. There are many systematics that make this measurement challenging, such as atmospheric effects, pixelization, noise, model bias from the ellipticity estimators, etc. (Bridle et al. 2009) These systematics cause biases in the final shear estimation that can be addressed by a) using a shape estimator which self-calibrates its possible biases (Huff et al. 2017), or b) using a biased estimator and calibrate the bias produced based on simulation tests (Mandelbaum 2017).

The internship will consist on applying both approaches on the real images coming from the Canada-France Imaging Survey. With 5,000 square degrees sky coverage this will be one of the largest weak-lensing surveys ever conducted. On one side, the student will implement Metacalibration in CFIS data to produce a weak lensing catalogue which is independent on simulations. On the other side, the student will use a bias calibration based on machine learning techniques on CFIS image simulations that will be applied to the real data. We will compare the performance and consistencies of both methods and will also study the impact of this calibration on different statistics and cosmological analyses.

Methods

During the stage, the student will work on astronomical optical images of faint galaxies and use shape estimators Metacalibration and KSB (Viola et al. 2011) to measure the ellipticities of galaxies. The student will also use image simulations to test the performances of the different methods, their shear biases and their consequences on different statistics such as mass mapping and two-point correlation functions.

Scientific environment

The stage will be carried out in the CosmoStat laboratory at the Département d'Astrophysique (DAP) at CEA Saclay, under the supervision of Arnau Pujol and Martin Kilbinger. CosmoStat hosts a multidisciplinary team whose research includes statistics, signal processing and cosmology. The CosmoStat group is strongly involved in the upcoming ESO space-based mission Euclid (launch in 2020), and manages the weak-lensing data processing of Euclid data. Martin Kilbinger is co-leader of the weak-lensing science working group (WLSWG). Arnau Pujol is co-leader of the weak-lensing shear measurement work package. The CosmoStat group is also developing a pipeline to carry all the weak

lensing analysis on the CFIS imaging data.

Keywords

Cosmology

Skills

Statistical measurements on astronomical data, programming for statistical calculations, use of the codes Metacalibration, Shapelens, Athena and others.

Softwares

python, c++