



LES EFFETS RELATIVISTES COMME SONDE DE L'ÉNERGIE NOIRE: EFFETS DE LENTILLES GRAVITATIONNELLES ET DISTRIBUTION APPARENTE DES GALAXIES

RELATIVISTIC EFFECTS AS A PROBE OF DARK ENERGY: WEAK LENSING AND APPARENT DISTRIBUTION OF GALAXIES

Établissement **Université Paris 7 - Denis Diderot**

École doctorale **Astronomie et Astrophysique d'Ile-de-France**

Spécialité **Astronomie et Astrophysique**

Unité de recherche **LUTH - Laboratoire Univers et THéories**

Directeur de la thèse Yann RASERA

Financement du 01-10-2019 au 30-09-2022 origine **ED127 ou DIM ACAV+ Employeur Université**

Concours d'accès aux contrats doctoraux, Autre financement ou appel à projet

Une demande DIM ACAV+ sera soumise début 2018. Dans le cas où elle aboutit ce financement sera privilégié.

Dans le cas contraire il s'agira d'un financement via le Concours d'accès au contrats doctoraux de l'ED127.

Début de la thèse le **1 octobre 2019**

Date limite de candidature **26 avril 2019**

Mots clés - Keywords

Cosmologie, Formation des grandes structures, Energie noire, Matière noire, Effets de lentilles gravitationnelles, Méthodes: numériques et analytiques

Cosmology, Formation of large scale structures, Dark energy, Dark matter, Weak lensing, Methods: numerical and analytical

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Master en cosmologie, astrophysique, physique ou modélisation et simulation.

Maitrise d'un langage compilé : C, C++ ou Fortran

Master in cosmology, astrophysics, physics or modeling and simulation.

Good knowledge of a compiled language: C, C++ or Fortran

Description de la problématique de recherche Project description

Quelle est la nature de l'énergie noire, de la matière noire et de la gravité aux échelles cosmologiques? Les futurs grands sondages prévus dans un avenir proche (comme Euclid en 2021) peuvent potentiellement faire progresser profondément notre compréhension de ces questions fondamentales car ils prévoient d'observer la distribution et la forme de milliards de galaxies afin d'en déduire la distribution de matière dans l'univers. Pour atteindre cet objectif, il est cependant nécessaire d'une part de comprendre d'un point de vue théorique l'impact de différents modèles du secteur sombre (énergie noire/matière noire) sur la distribution et la forme apparente des galaxies. D'autre part, il faut déterminer quelle est la meilleure combinaison d'observables pour contraindre au mieux la nature du secteur sombre. Ces deux aspects font l'objet de cette thèse. Concrètement, il s'agira dans un premier temps d'implémenter de nouvelles physiques pour le secteur sombre au sein d'un code dynamique N-corps. Cela permettra de réaliser des simulations cosmologiques haute résolution de formation des grandes structures pour différents modèles cosmologiques alternatifs au modèle standard (matière noire tiède, énergie noire dynamique, gravité modifiée). Dans un second temps il faudra construire les observables (effets de lentilles gravitationnelles et distribution apparente des galaxies) au moyen des outils de lancer de rayons uniques que nous avons développés récemment (Breton et al, 2018). Ceux-ci intègrent directement les équations géodésiques de la relativité générale en champs faible au sein des simulations. Enfin dans un troisième temps, il faudra identifier les meilleures combinaisons d'observables à même de contraindre la nature du secteur sombre. La thèse se déroulera au sein de l'équipe COS du Laboratoire Univers et Théories (LUTH, Observatoire de Paris) bénéficiant ainsi de l'expérience unique de ses membres qui ont réalisé les plus grandes suites de simulations cosmologiques dédiées à ces problématiques (Dark Energy Universe Simulation Series, Full Universe Run, Parallel Universe Run, EDECS simulations, RayGalGroupSims, etc.).

What is the nature of dark energy, dark matter and gravity at cosmological scales? Near future surveys (such as Euclid in 2021) have the potential to deeply change our understanding of these fundamental questions as they will measure the distribution and shape of billion of galaxies so as to infer the distribution of matter in the universe. However observation doesn't mean comprehension as an important theoretical work is also needed. On one hand a better understanding of the impact of different models of the dark sector (dark matter/dark energy) on the distribution and apparent shape of galaxies is mandatory. On the other hand the determination of the best combination of observables capable of narrowing down the nature of the dark sector still needs to be found. These two challenges are

part of the proposed thesis subject. As a first step, the candidate will implement new physics of the dark sector within an existing N-body code. This will allow the realization of high-resolution cosmological simulations of structure formation for several alternative dark-sector models (warm dark matter, dynamical dark energy, modified gravity). In a second step, he will build observables (weak lensing and apparent distribution of galaxies) based on our unique newly-developed ray-tracer (Breton et al, 2018) which directly integrates geodesics equation of general relativity (in the weak-field approximation) within the volume of our simulation. The last step consists in identifying the best combination of observables to probe the nature of dark sector. The thesis will take place at the Laboratory Universe and THéories (LUTH, Paris Observatory) within the COS team. The candidate will take advantage of the experience of the members of the team who have performed the largest cosmological simulations dedicated to the dark sector (Dark Energy Universe Simulation Series, Full Universe Run, Parallel Universe Run, EDECS simulations, RayGalGroupSims, etc.).

Thématiques /Domaine /Contexte

Secteur sombre de l'univers (matière noire, énergie noire, gravité modifiée)
Formation des grandes structures (galaxies, groupes, amas)
Cosmologie numérique
Projet de simulations RayGalGroupSims (Raytracing Galaxy Group Simulations)
Lancer de rayons relativiste
Sondage de galaxies Euclid (et autres futures missions LSST, SKA, etc.)

Cosmologie

La thèse sera dirigée par Yann Rasera (expertise en cosmologie numérique, formation des grandes structure et secteur sombre de l'univers). Elle se déroulera dans le cadre du projet de simulation RayGalGroupSims en cours . Celui-ci vise à calculer les effets relativistes et de weak-lensing au sein des simulations cosmologiques de formation des structures à la fois pour la cosmologie standard (Lambda-CDM) mais aussi et surtout pour des modèles alternatifs. L'étudiant participera aussi au « Cosmological Simulation Working Group » de la mission spatiale Euclid.

Objectifs

L'équipe COS a développé les outils pour la réalisation de simulations haute performance pour différents modèles d'énergie noire et de matière noire. Elle a aussi développé les outils uniques de « lancer de rayons » pour le calcul des effets relativistes et du weak-lensing dans la cosmologie standard.

Le but est triple :

- extension du code dynamique N-corps RAMSES et de la librairie de lancer de rayons Magrathea à des modèles de gravité modifiée.
- réalisation de simulations haute performance et du lancer de rayons associé pour des modèles alternatifs de gravité modifiée, énergie noire et matière noire.
- identification des meilleures combinaisons d'observables croisant le weak-lensing et la distribution apparente des galaxies pour contraindre la nature de l'énergie noire.

Méthode

Développements numériques au sein du code N-corps RAMSES et de la librairie de lancer de rayons Magrathea
Réalisation de simulations haute performance et du lancer de rayon associé
Analyse statistique des cartes de weak-lensing et de la distribution apparente des galaxies
Développements analytiques pour déterminer les meilleures sondes pour l'énergie noire, la matière noire, et la gravité aux échelles cosmologiques.

Résultat attendu

L'étude de l'influence du secteur sombre sur les sondes proposées donnera lieu à plusieurs publications et permettra de mieux contraindre la nature du secteur sombre (énergie noire, matière noire, gravité modifiée)

Les développements numériques seront rendus publiques (via git).

Les données seront mises à disposition via une base de données RayGalGroupSims.

Précision sur l'encadrement

Encadrement à 100%. L'étudiant interagira régulièrement avec le directeur, les autres membres de l'équipe ainsi que l'équipe numérique du LUTH. Il participera aussi au journal club hebdomadaire, à des écoles de cosmologie, des conférences et des meetings Euclid.

Conditions scientifiques matérielles (conditions de sécurité spécifiques) et financières du projet de recherches

L'étudiant aura accès à un bureau partagé avec un ordinateur. De l'argent de l'équipe est prévu pour des missions. L'étudiant aura aussi accès à des millions d'heures de calcul sur les plus grand supercalculateurs français. Financements envisagés : Contrat Doctoral ou Allocation doctorale DIM-ACAV+ (en fonction du résultat de la demande, dans ce cas l'étudiant aura aussi des fonds propres) .

Articles dans des revues à comité de lecture
Codes publiques
Bases de données

Collaborations envisagées

Locales, nationales et internationales

Ouverture Internationale

Collaborations internationales
Conférences internationales
Euclid

Références bibliographiques

Relativistic ray-tracing:

Breton, M-A., Rasera, Y., Taruya, A., Lacombe, O., Shohei, S., Imprints of relativistic effects on the asymmetry of the halo cross-correlation function: from linear to non-linear scales, 2018, MNRAS, in press

Large N-body simulations:

Rasera, Y., Corasaniti, P-S., Alimi, J-M., Bouillot, V., Reverdy, V. & Balmès, I., Cosmic variance limited BAO from DEUS-FUR LCDM simulation, 2014, MNRAS, 440, 1420

Alimi, J.-M., Bouillot, V., Rasera, Y., et al. 2012, IEEEComputer Soc. Press, CA, USA, SC2012, Article No 73., DEUS Full Observable LCDM Universe Simulation: the numerical challenge, Supercomputing2012

Imprints of dark energy on cosmic structure formation:

Balmès, I., Rasera, Y., Corasaniti, P-S., Alimi, J.-M. Imprints of dark energy on cosmic structure formation - III. Sparsity of dark matter halo profiles 2013, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 2736

Courtin, J., Rasera, Y., Alimi, J.-M., Corasaniti, P-S., Boucher, V., Fuzfa, A., Imprints of dark energy on cosmic structure formation: II) Non-Universality of the halo mass function, 2011, MNRAS, 410, 1911

Alimi, J.-M., Fuzfa, A., Boucher, V., Rasera, Y., Courtin, J., Corasaniti, P-S., Imprints of dark energy on cosmic structure formation - I. Realistic quintessence models and the non-linear matter power spectrum, 2010, MNRAS, 401, 775

Rasera, Y., Alimi, J.-M., Courtin, J., Roy, F., Corasaniti, P-S., Fuzfa, A., Boucher, V., Introducing the Dark Energy Universe Simulation Series (DEUSS), 2010, AIPCS, 1241, 1134

Original version of the RAMSES code:

Teyssier, R. , Cosmological hydrodynamics with adaptive mesh refinement. A new high resolution code called RAMSES, 2002, A&A, 385, 337

Complément sur le sujet

<http://cosmo.obspm.fr> (<http://cosmo.obspm.fr>)

Dernière mise à jour le 13 décembre 2018