

Sujet de stage thèse

Proposants, laboratoires et école doctorale

Cuby Jean-Gabriel, jean-gabriel.cuby@lam.fr

La thèse sera co-encadrée par une personne du Centre de données Astrophysique de Marseille – CeSAM

Laboratoire d'Astrophysique de Marseille. CNRS, CNES & Université Aix-Marseille (AMU)
Ecole Doctorale « Physique et Sciences de la Matière » (ED 352)

Descriptif du sujet

Sujet. Sondages de l'Univers à grand décalage spectral avec la mission Euclid de l'Agence Spatiale Européenne.

Contexte. Les galaxies et quasars à très grand décalage spectral (*redshift*, $z > 7$) sont des sondes de l'Univers primordial qui nous éclairent sur les processus de formation et d'évolution des galaxies et sur les processus en jeu dans la ré-ionisation de l'Univers qui s'est produite à $z = 7.7 \pm 0.7$ (point médian, Planck collaboration VI, 2018). L'observation de l'Univers à très grand décalage spectral est au centre de beaucoup des grands projets de l'astrophysique des décennies à venir. Avant WFIRST, SKA, ATHENA et LISA, les missions susceptibles de découvrir le plus grand nombre d'objets à très grands z sont Euclid et JWST. JWST détectera les galaxies dans la partie faible de leur fonction de luminosité tandis qu'Euclid détectera les plus brillantes d'entre elles dans le relevé profond (*DEEP*). Qui plus est, Euclid détectera des quasars aux mêmes *redshifts* dans le relevé large (*WIDE*). Ces échantillons brillants de galaxies et de quasars à grand z pourront être observés en spectroscopie par JWST et les grands télescopes sol (VLT, ELT, etc.), et ils permettront des avancées décisives dans le domaine de la ré-ionisation et de la formation des premiers objets : nature des sources responsables de la ré-ionisation, topologie de celle-ci, populations stellaires et dynamique des galaxies à très grand z , formation et assemblage des trous noirs super-massifs, etc. De par les échantillons de plusieurs centaines et milliers d'objets à l'époque de la ré-ionisation qu'elle découvrira, l'impact de la mission Euclid sera considérable et permettra de mener les premières études de cross-corrélation avec les données 21-cm.

Méthodologie et Programme de travail. Euclid permettra l'identification de plusieurs centaines (resp. dizaines) de quasars à $z > 7$ (resp. > 8), ainsi que de plusieurs milliers de galaxies à $z > 7$. Toutefois, la contamination par les galaxies de type précoce à *redshift* intermédiaire et les naines brunes de type L et T dont les couleurs sont semblables à celles de galaxies ou quasars à $7 < z < 8$ rendra la sélection de ces derniers extrêmement délicate. Des outils statistiques doivent être utilisés afin d'affiner la sélection. Depuis plusieurs années, des modèles Bayésiens ont été développés (voir par exemple Pipien et al., 2018) qui permettent une bonne modélisation des populations d'objets à grands *redshifts* et des contaminants. La précision et la limite de validité de ces modèles seront toutefois challengées par la sensibilité d'Euclid. Les méthodes de *machine learning* et/ou de *deep learning* voient leur apparition en astrophysique (voir par exemple arXiv:1806.06607) et permettent d'accéder à des domaines de l'espace des paramètres où les modèles sont peu contraints.

Le travail consistera dans un premier temps à consolider un modèle détaillé de toutes les populations de contaminants et d'objets à grand *redshift*, puis à utiliser ce modèle pour tester des méthodes d'analyse bayésienne et d'apprentissage machine et profond. Le modèle devra s'intéresser i) aux fonctions de luminosité des objets à grand z ainsi ii) qu'à celles des galaxies très rouges de type précoce à z intermédiaire et iii) à la distribution des naines M, L et T, incluant les binaires, dans la Voie Lactée. L'ensemble des données spectrales et morphologiques existantes pour ces populations d'objets seront intégrées au modèle. Le modèle sera utilisé pour compléter les images d'Euclid simulées par le consortium et qui ne prennent pas en compte ces populations d'objets. Les images ainsi générées, ainsi que toutes les données ancillaires disponibles (p.e. PanStarrs, CFIS, MzLS, etc.), seront utilisées pour tester les outils d'analyse statistique bayésiens et d'apprentissage machine et profond. Ces outils seront préalablement développés et testés sur l'ensemble des données existantes dont sont issus tous les objets, galaxies et quasars découverts jusqu'à présent au-delà de $z = 7$ (HST, UKIDSS, VISTA, CFHQSIR, WISE, etc.). Des simulations seront effectuées permettant de quantifier les performances des outils ainsi développés, les taux de contamination et de complétude des objets à grand z en fonction des paramètres observationnels (magnitudes et erreurs photométriques, données ancillaires disponibles, morphologie, position dans le ciel, etc.).

L'ensemble de ce travail sera réalisé en lien direct avec le groupe de travail scientifique *Primeval Universe* d'Euclid et avec les équipes en charge du développement du segment sol de la mission, et avec le soutien du Centre National

d'Etudes Spatiales (CNES). Les outils seront développés afin d'être opérationnels avec l'infrastructure du segment sol de la mission. Ce travail donnera lieu à publications et permettra au doctorant ou à la doctorante de se projeter facilement à l'issue de la thèse dans l'exploitation scientifique de la mission Euclid ou d'autres grands projets de la discipline.

Profil du candidat ou de la candidate

Le candidat ou la candidate aura suivi une solide formation en physique ou en science des données (*data sciences*). Une spécialité en astronomie astrophysique est souhaitable mais pas indispensable.

Bibliographie

- [An 800-million-solar-mass black hole in a significantly neutral Universe at a redshift of 7.5](#), Bañados et al., 2018, Nature, Volume 553, Issue 7689
- [High-redshift quasar selection from the CFHQSIR survey](#), Pipien et al., 2018, A&A, 617, id.A127
- [On the nature of the luminous Ly \$\alpha\$ emitter CR7 and its restframe UV components](#), Sobral et al., arXiv:1710.08422
- [A Remarkably Luminous Galaxy at \$z=11.1\$ Measured with Hubble Space Telescope Grism Spectroscopy](#), Oesch et al., The Astrophysical Journal, Volume 819, Issue 2, article id. 129, 11 pp. (2016)
- [Probabilistic selection of high-redshift quasars](#), Mortlock et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 419, Issue 1, pp. 390-410 (2012)
- [A luminous quasar at a redshift of \$z = 7.085\$](#) , Mortlock et al., Nature, Volume 474, Issue 7353, pp. 616-619 (2011)
- [Euclid Definition Study Report \(Red book\). arXiv:1110.3193](#) (pages 29-30)