

« Développement de méthodes de traitement d'image pour la détection d'exoplanètes en lumière réfléchie avec le NASA Roman Space Telescope »

Source et détails sur le financement : ERC Consolidator

Mots clés : exoplanètes, traitement d'image, imagerie

Compétences nécessaires : optique, instrumentation, traitement d'image, simulations numériques (python)

Sujet scientifique de la thèse : Déterminer la fréquence de la vie dans l'Univers est l'un des principaux défis des prochaines décennies. Cela nécessite de détecter et caractériser au minimum une dizaine d'exoplanètes rocheuses tempérées ("exoTerre") afin de déterminer la présence de biomarqueurs dans leur atmosphère. Seul un grand télescope spatial, équipé de spectro-imageurs de pointe et capable de séparer le faible signal d'une planète 10^{10} fois plus faible que son étoile et perdue dans son halo sur les images peut y parvenir. C'est le principal objectif scientifique du concept de mission de 6 m de diamètre récemment sélectionné par les Académies nationales américaines comme mission phare de 2040. Cet objectif scientifique représente un énorme défi technologique. Pour démontrer ces capacités, la prochaine mission de la NASA, le Roman Space Telescope (2,4 m de diamètre), qui sera lancé en 2027, comprendra pour la première fois dans l'espace un imageur coronographique équipé d'un contrôle actif du front d'onde. Cette technologie permettra l'imagerie des planètes joviennes, à des niveaux de contraste de 10^{-8} par rapport à leur étoile hôte, à l'échelle du système solaire (2-20 au). Dans ce projet de thèse, nous proposons de développer et d'optimiser des méthodes de traitement d'images afin d'améliorer les limites de détection d'exoplanètes du télescope spatial Roman. Ces méthodes de traitement consistent à modéliser la distribution de la lumière stellaire dans l'image (c.à.d. la réponse impulsionnelle du coronographe) à partir d'images de calibration (ex. observations d'une étoile de référence proche) avec des algorithmes avancés (méthode des moindres carrés, analyse en composantes principales, ...), puis à soustraire ce modèle de lumière stellaire des données scientifiques pour révéler le faible signal exoplanétaire sous-jacent. Par des simulations d'images réalistes du télescope et de son imageur coronographique, le·la doctorant·e appliquera d'abord des techniques de traitement d'image de pointe et caractérisera leurs performances pour la mission Roman. Pour cette première analyse, l'étudiant utilisera des données simulées existantes puis développera ses propres images simulées en utilisant les outils de simulation de données de l'instrument coronographique Roman. En s'appuyant sur cette étude, l'étudiant explorera ensuite de nouvelles méthodes qui utiliseront les composants actifs de contrôle de front d'onde spécifiques du télescope Roman pour améliorer ces méthodes. L'étudiant·e simulera des données de calibration introduisant une diversité de fronts d'onde dans l'instrument, représentatifs des erreurs quasi-statiques connues pour limiter les performances de l'instrument. Il·elle utilisera ensuite ces données complémentaires pour affiner le modèle de lumière des étoiles soustrait aux données scientifiques, développera et optimisera cette méthode pour le Roman Space Telescope, estimera ses performances, et les comparera aux méthodes classiques.

Informations complémentaires : Cette recherche se fera dans le cadre du projet ERC Consolidator ESCAPE de Dr. Elodie Choquet (2022-2027), visant à développer des méthodes avancées de traitement d'images pour la détection d'exoplanètes avec le télescope spatial Roman. L'étudiant·e évoluera dans une équipe de 7 personnes qui sera montée dans les prochaines années pour travailler sur ESCAPE. Le soutien financier nécessaire pour les ressources informatiques, les collaborations et les conférences est inclus pour toute la durée de la thèse. L'équipe d'imagerie à haut contraste du LAM est très expérimentée dans le développement de techniques de traitement d'images pour les instruments d'imagerie à haut contraste, ainsi que dans la caractérisation des systèmes extrasolaires à la fois avec le télescope spatial Hubble et avec l'instrument de pointe SPHERE sur le VLT. Le·la candidat·e retenu aura l'occasion de participer à des programmes d'observation avec les plus grands observatoires (VLT, HST, JWST) pour étudier les systèmes extrasolaires avec nous. Notre équipe a de fortes collaborations internationales sur ces projets (Caltech, JPL, STScI, Université d'Exeter, MPIA, et autres), dont l'étudiant·e retenu·e bénéficiera tout au long de son doctorat.