

Correction active des aberrations de bas ordre pour l'imagerie d'exoteries avec les futurs grands télescopes spatiaux

Contexte

La détection de planètes analogues à la Terre représente un des enjeux majeurs de l'astrophysique contemporaine. Imager et analyser spectralement des planètes jumelles à notre Terre nous donnera accès à leurs paramètres physiques et à la composition chimique de leur atmosphère, fournissant de précieux indices sur la présence de vie en dehors de notre système solaire. La formation d'images de ces exoteries à l'horizon 2035 constitue un véritable défi instrumental en raison du rapport de flux (ou contraste) de 10 milliards entre ces compagnons telluriques et leur soleil à des séparations angulaires de quelques centièmes de seconde d'arc, en bande visible et proche infrarouge.

Afin d'obtenir la résolution et la sensibilité requises pour ce type d'observation, une des approches consiste à utiliser des télescopes spatiaux avec un miroir primaire de 10 à 15 m composé de plusieurs petits miroirs de 1 m. Cette démarche est actuellement à l'étude aux Etats-Unis avec les concepts de missions spatiales LUVOIR et HabEx. Ces télescopes à ouverture dite segmentée généreront des effets de diffraction sur l'image d'une étoile observée, rendant ardue l'observation de planètes aux alentours. Ces dernières années ont vu l'émergence de coronographes, des dispositifs optiques capables d'atténuer le signal stellaire à des contrastes de 10^{10} pour l'observation d'exoplanètes terrestres avec ces télescopes.

Néanmoins, le télescope et son instrument coronographique seront soumis à des faibles dérives mécaniques ou petites variations thermiques, entraînant des aberrations optiques du système. Ces erreurs de front d'onde produiront des fuites de lumière dans l'image d'une étoile observée, rendant difficile l'extraction des photons issues des planètes à proximité. Les erreurs de pointage, de mise au point et autres aberrations de bas ordre (astigmatisme, coma, trèfle, aberration sphériques) déformeront notamment l'image de l'étoile et réduire la capacité d'extinction du coronographe. Un contrôle et une stabilité du front d'onde à des niveaux picométriques sont requis sur des périodes, s'étalant de quelques heures à plusieurs jours, pour étudier des terres jumelles autour d'étoiles similaires au Soleil.

Ces dernières années, plusieurs stratégies ont émergé pour l'ultra stabilité du signal stellaire et l'une des plus prometteuses porte sur le contraste de phase de Zernike. Basée sur des principes d'interférométrie, cette méthode utilise un dispositif optique appelé senseur de Zernike qui utilise sur une pastille déphasante afin de coder les aberrations de phase du système en variations d'intensité. Dans le cas des futures missions spatiales pour l'observation d'exoteries, une option consiste à utiliser le signal stellaire filtré par le coronographe avec cet analyseur afin de corriger ces aberrations à l'aide de miroirs déformables.

Travail proposé

L'étudiant-e développera des chemins novateurs d'analyse de front d'onde basée sur le senseur de Zernike afin de mesurer les aberrations de bas ordre pour l'observation d'exoteries avec les futures missions spatiales. Il/Elle effectuera un premier travail bibliographique pour se familiariser avec l'état de l'art des méthodes existantes. Par la suite, le/la doctorant-e développera le formalisme de senseurs de Zernike pour des signaux filtrés par différents types de coronographes. A l'aide de simulations numériques, il/elle étudiera l'impact des effets chromatiques, de nature du coronographe, des erreurs de co-phasing des segments du miroir primaire et mettra en oeuvre des algorithmes de contrôle pour compenser les erreurs de bas-ordre du système.

En parallèle, l'étudiant-e explorera de nouvelles pistes de concept hybrides coronographie et de senseur de Zernike afin de simplifier le design des futures imageurs d'exoplanètes. Ses travaux déboucheront sur de premières démonstrations à Nice, sur le banc SPEED dédié à l'imagerie de planètes rocheuses avec l'ELT, en lien avec l'équipe menée par Patrice Martinez ou à Calern, sur la plate-forme CIAO consacrée à l'optique adaptative pour l'astrophysique, gérée par Lyu Abe. Cette calibration innovante en temps réel sera ensuite validée en laboratoire par l'étudiant-e à Baltimore en collaboration avec le groupe de Rémi Soummer autour du banc HiCAT, le banc de test haut contraste pour l'observation d'exotéres avec les grandes missions spatiales au Space Telescope Science Institute à Baltimore. Cette organisation fondée par la NASA gère et dirige la recherche faite avec le télescope Hubble et le futur JWST.

Profil du/de la candidat-e

Le/la postulant-e aura un niveau de Master 2 (Ecole d'ingénieur ou master de recherche) en physique, optique et/ou programmation scientifique ou d'autres disciplines en lien. Des compétences en optique géométrique et ondulatoire (optique de Fourier), en travail de laboratoire (manipulation de lasers, composants opto-mécaniques et détecteurs, alignement optique), ou en traitement de signal et de l'image seront appréciés pour ce travail de recherche.

Le/la candidat-e sera enthousiaste, dynamique, autonome tout en ayant un esprit d'équipe. Un fort intérêt pour l'astronomie et le travail interdisciplinaire sera un plus.

Lieu et financement de la thèse

La thèse se déroulera au [Laboratoire Lagrange](#) de l'[Observatoire de la Côte d'Azur](#), dans le magnifique campus de Valrose, en plein cœur de Nice. Cette recherche s'effectuera en partenariat avec [Thales Alenia Space](#) et en collaboration avec le [Space Telescope Science Institute](#) à Baltimore, Etats-Unis.

Des demandes de financement sont en cours d'évaluation (région SUD PACA, UCA, Thales Alenia Space).

Encadrement

Mamadou N'Diaye, Chargé de recherches CNRS - mamadou.ndiaye@oca.eu

Marcel Carbillet, Maître de Conférences à l'UNS (HDR) - marcel.carbillet@oca.eu

Candidature

Veillez adresser toute candidature en incluant CV et lettre de motivation à Mamadou N'Diaye (mamadou.ndiaye@oca.eu).