

Améliorer la résolution des télescopes pour l'observation des exoplanètes

Baptiste PAUL

Thèse soutenue le 29 septembre 2014

Ecole doctorale : ED 352 (PSM)- Physique et Science de la Matière - AMU Marseille

Titre de la thèse

Mesure de front d'onde post-coronographique à haute précision pour l'imagerie à haut contraste : application sol et espace

Encadrement

Département Optique Théorique et Appliquée (DOTA)

Encadrant : Jean-François Sauvage - ONERA
Kjetil Dohlen - LAM

Directeurs de thèse : Marc Ferrari - Laboratoire d'Astrophysique de Marseille
Laurent Mugnier – ONERA



Devenir professionnel

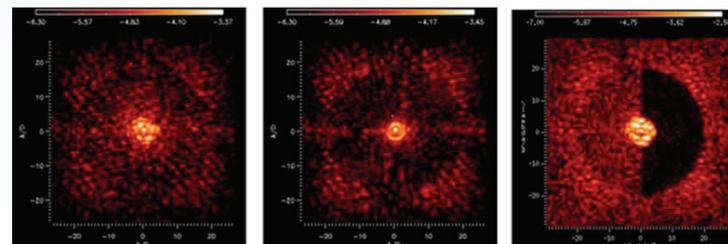
Baptiste Paul est ingénieur R&D chez Thales Alenia Space

Résumé

L'observation directe des exo planètes est rendue difficile par l'énorme contraste de luminosité entre la planète et l'étoile autour de laquelle elle gravite (10^6 à 10^{10}), ainsi que la faible séparation angulaire entre ces deux corps ($0,1''$ à $1''$). Un tel niveau de contraste peut être atteint en couplant l'imagerie à haute résolution angulaire, la coronagraphie et, dans le cas de l'observation depuis le sol, l'utilisation d'une boucle d'optique adaptative extrême afin de minimiser les défauts optiques, notamment la turbulence atmosphérique. Enfin, les performances ultimes d'un instrument d'imagerie à haut contraste sont limitées par ses aberrations quasi-statiques, dont la compensation permettrait d'améliorer les performances de détection. Une solution consiste à estimer ces aberrations quasi-statiques à partir de données acquises sur le détecteur scientifique.

Au cours de cette thèse, COFFEE, un Analyseur de Surface d'Onde plan focal dédié à la calibration des aberrations quasi-statiques dans les systèmes d'imagerie à haut contraste a été conçu. Il est fondé sur une extension de la diversité de phase à un système d'imagerie coronographique et permet d'estimer les aberrations en amont et en aval du coronographe à partir d'images coronographiques acquises en plan focal différant d'une phase de diversité connue introduite en amont du coronographe. COFFEE a été ensuite validé par simulations numériques et démontré expérimentalement sur banc. Il a enfin été adapté à l'estimation d'aberrations de hautes fréquences spatiales avec une précision nanométrique et étendu à l'estimation conjointe d'une erreur sur la phase de diversité utilisée ainsi qu'à l'estimation d'aberrations d'amplitudes.

Cette version de COFFEE a été utilisée avec succès sur l'instrument SPHERE au sein d'un processus de compensation dédié à la calibration des aberrations quasi-statiques de l'instrument. Cette compensation a ainsi permis d'optimiser le contraste mesuré sur le détecteur IRDIS. Enfin, une nouvelle méthode de compensation fondée sur une approche de type minimisation de l'énergie (Dark Hole) et destinée à être couplée avec COFFEE a été développée pour permettre d'atteindre de très hauts niveaux de contraste sur le détecteur scientifique



Compensation des aberrations de SPHERE avec COFFEE : images expérimentales acquises sur l'instrument IRDIS avant compensation (gauche) et après mesure par COFFEE puis compensation (centre). Image simulant une correction par Dark Hole non-linéaire (droite)

Autres prix

Prix de thèse de l'ED 352 (2014)

Prix de thèse d'Aix Marseille Université (2014)

Financement

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Fond Européen de Développement Régional (FEDER)

ONERA