

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

**Baptiste PAUL**

L'observation directe des exoplanètes est rendue difficile par l'énorme différence de flux entre la planète et l'étoile autour de laquelle elle gravite, ainsi que la faible séparation angulaire entre ces deux corps. Une telle observation peut être réalisée en couplant l'imagerie à haute résolution angulaire, garantissant la séparation des deux objets observés, et la coronagraphie, qui atténue le flux en provenance de l'étoile. Dans le cas de l'observation depuis le sol, l'utilisation d'une boucle d'optique adaptative extrême est indispensable afin de minimiser les défauts optiques (notamment la turbulence atmosphérique) qui dégradent la qualité de l'extinction fournie par le coronographe. Une fois la turbulence atmosphérique corrigée par la boucle d'optique adaptative et l'essentiel de la lumière stellaire éliminée par le coronographe, les performances ultimes d'un instrument d'imagerie à haut contraste sont limitées par ses aberrations quasi-statiques, dont la mesure et compensation permettraient d'optimiser l'atténuation de la lumière en provenance de l'étoile afin d'améliorer les performances de détection. Une solution possible consiste à estimer ces aberrations quasi-statiques à partir de données acquises sur le détecteur scientifique lui-même afin de ne pas être limité par la présence d'aberrations différentielles.

Au cours de cette thèse j'ai conçu un Analyseur de Surface d'Onde (ASO) plan focal dédié à la calibration des aberrations quasi-statiques dans les systèmes d'imagerie à haut contraste. Cet ASO, baptisé COFFEE, 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 connue introduite en amont du coronographe. Au cours de cette thèse, j'ai conçu et testé COFFEE par simulations numériques puis l'ai validé expérimentalement sur banc. L'identification de plusieurs facteurs limitant la précision de l'estimation des aberrations m'a conduit à modifier le formalisme sur lequel repose COFFEE pour l'adapter à l'estimation d'aberrations de hauts ordres avec une précision nanométrique. Cette version hauts ordres de COFFEE a été utilisée avec succès sur l'instrument européen VLT/SPHERE au sein d'un processus de compensation dédié à l'étalonnage des aberrations quasi-statiques de l'instrument. La compensation des aberrations estimées par COFFEE a ainsi permis d'optimiser le contraste mesuré sur le détecteur IRDIS de SPHERE. Enfin, j'ai développé une nouvelle méthode de compensation fondée sur une approche de type minimisation de l'énergie et destinée à être couplée avec COFFEE pour permettre d'atteindre de très hauts niveaux de contraste sur le détecteur scientifique. Dans ce cadre, j'ai développé un banc optique dédié à la validation expérimentale de nouveaux concepts de contrôle de front d'onde pour l'imagerie à haut contraste.

**Lundi 29 septembre 2014 à 14h00**

**Amphithéâtre du Laboratoire d'Astrophysique de Marseille**

**Pôle de l'Étoile Site de Château-Gombert**

**38 rue Frédéric Joliot Curie**

**13388 Marseille**

### Composition du jury :

Magali Deleuil, LAM  
Jérôme Idier, IRCCyN  
Pierre Baudoz, LESIA  
Laurent Mugnier, ONERA

*Président*  
*Rapporteur*  
*Examineur*  
*co-Directeur de thèse*

Pascal Bordé, IAS  
David Mouillet, IPAG  
Jean-François Sauvage, ONERA  
Marc Ferrari

*Rapporteur*  
*Examineur*  
*Examineur*  
*Directeur de thèse*