



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **07 mars 2023**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur THE Samuel**

Titre de la thèse : « *Méthodes de démélange et de déconvolution d'objets dans des images – Applications en imagerie astronomique à haut-contraste* »



Résumé

L'imagerie à haut-contraste d'environnements circumstellaires joue un rôle clé dans notre compréhension de la formation et de l'évolution des exoplanètes. Des instruments tels que SPHERE sont dédiés à l'imagerie de tels environnements grâce à une optique adaptative extrême ainsi qu'une puissante coronagraphie. Cependant, des aberrations dans le chemin optique produisent de fortes perturbations dans les données. Combinées aux effets de flous et aux bruits venant de l'instrument, ces «fuites stellaires» limitent fortement l'étude de ces environnements. Durant ma thèse, j'ai développé différentes méthodes pour surmonter le problème consistant à retrouver les objets d'intérêts à partir de données perturbées. À l'aide de simulations réalistes et de données brutes de l'instrument SPHERE/IRDIS, je discute dans ce manuscrit de la modélisation de la composante des fuites stellaires dans l'imagerie à haut contraste. Tout au long des chapitres, je modélise les données en termes de statistiques et en termes des différentes composantes qui les forment. Grâce à ces modèles et en suivant le cadre des problèmes inverses, je développe des algorithmes qui démêlent les objets d'intérêt et les autres sources de nuisance présentes dans les données. En utilisant le maximum a posteriori, pour estimer les paramètres d'intérêt, j'ai concentré mon travail sur trois applications en imagerie astronomique. Abordant le flou inévitable des instruments optiques, j'ai d'abord travaillé sur le problème de la **déconvolution aveugle**. En posant le problème comme l'estimation à la fois de l'objet et des effets instrumentaux, caractérisés par sa fonction d'étalement de point, j'ai discuté de l'ambiguïté d'échelle du modèle bilinéaire formé par ces deux composantes. En effet, en mettant à l'échelle une composante par un facteur et l'autre par le facteur inverse, on obtient le même modèle. J'ai proposé une stratégie, appelé Amors, pour estimer les deux composantes en utilisant cette ambiguïté d'échelle. L'algorithme utilise la mise à l'échelle optimale au sens du maximum a posteriori pour réduire le nombre d'hyper-paramètres lors de l'estimation des

paramètres d'un modèle bilinéaire. Notant que des problèmes tels que la déconvolution aveugle dépendent fortement du point de départ, j'ai également considéré l'initialisation de l'algorithme. L'inclusion de la mise à l'échelle optimale dans le processus d'estimation améliore la vitesse de convergence quel que soit le facteur d'échelle de l'initialisation. J'ai également concentré mes travaux sur le mode de spectroscopie longue fente (LSS) de SPHERE/IRDIS. Pour **extraire le spectre d'un compagnon** des données LSS, j'ai développé l'algorithme Exospeco. Il utilise un modèle combiné de la contribution du compagnon et des fuites stellaires. En parallèle, j'ai développé une méthode de calibration flexible qui prend en compte les distorsions dues à l'optique de l'instrument (effets de cisaillement). J'ai démontré l'importance de cette étape en confrontant l'algorithme à des données réelles. Grâce à son estimation alternée des deux composantes, et en utilisant une seule image de données LSS, Exospeco réduit efficacement le biais d'auto-soustraction qui affecte les méthodes de l'état-de-l'art. Les résultats obtenus par la méthode sur des compagnons injectés dans des données réelles montrent une récupération fidèle de la SED avec une erreur relative entre la SED synthétique et extraite de moins de 20%, pour des compagnons 10^4 fois plus faibles que leur étoile hôte à des séparations angulaires jusqu'à $0,4''$. Dans la dernière partie de mon travail, j'ai discuté de l'impact du modèle statistique de ces fuites stellaires lors de l'imagerie d'objets étendus tels que les disques protoplanétaires autour de jeunes étoiles. Notant que les structures présentes dans les données d'imagerie différentielle angulaire (ADI) sont spatialement corrélées, je discute **plusieurs approximations de la matrice de covariance** de la composante bruit. Cette composante des données tient compte des fluctuations des fuites stellaires, du bruit de photons, ainsi que d'autres sources d'incertitudes. J'ai validé sur un jeu de données ADI réel l'approximation Asap qui construit une approximation parcimonieuse de l'inverse de la matrice de covariance. Enfin, j'ai développé une stratégie non supervisée qui sélectionne automatiquement le niveau de parcimonie de cette approximation.