



Premières observations coronographiques à l'aide d'un Masque de Phase à 4 Quadrants sur le VLT



Date de mise en ligne : mercredi 1er octobre 2003

Une équipe de l'Observatoire de Paris vient d'obtenir les premières observations coronographiques avec masque de phase à 4 quadrants sur le VLT (Very Large Telescope) de l'ESO. Cet instrument a été construit notamment pour permettre de détecter des planètes extra-solaires directement, en évitant l'éblouissement d'Å » Å leurs étoiles centrales.

Malgré leur faible luminosité et la proximité de l'étoile centrale, on connaît actuellement une centaine de planètes extrasolaires. Depuis 1995, leur détection a été rendu possible grâce à des méthodes ingénieuses qui mettent en évidence la perturbation de la planète sur le mouvement de l'étoile centrale. L'imagerie directe est la prochaine étape dans l'étude des planètes extrasolaires. Elle permettra d'étudier plus en détail la diversité de ces objets et leurs caractéristiques physiques comme la masse, la taille et la composition chimique. Les méthodes indirectes ont déjà mis en évidence des objets atypiques (par rapport au Système Solaire) comme par exemple les Jupiters chauds (planète de la masse de Jupiter mais située 100 fois plus près de leur étoile que ne l'est Jupiter du Soleil). L'imagerie directe révélera très certainement d'autres classes de planètes. De nombreuses techniques sont donc mises en oeuvre pour atteindre cet objectif. La difficulté réside dans le contraste important entre une étoile et une planète (1 milliard en visible et proche IR et 1 million en IR moyen) et la faible séparation angulaire à l'étoile centrale qui est de l'ordre de 0.1" pour une planète de type Terre en orbite autour d'une étoile à 10pc (soit 10 fois moins que la taille d'une image après passage à travers l'atmosphère). La méthode que nous étudions au LESIA est la coronagraphie stellaire à grande dynamique et plus particulièrement un type de coronographe dénommé Masque de Phase à 4 Quadrants (FQPM en anglais). Un coronographe est un instrument capable d'atténuer considérablement la lumière de l'étoile (plusieurs ordres de grandeurs) sans pour autant modifier le flux reçu d'un objet hors-axe comme une planète. Les premiers coronographes ont été réalisés par Bernard Lyot pour observer la couronne solaire dans les années 30 et ont ensuite été adaptés à la coronagraphie stellaire. Le masque de phase à 4 quadrants a été inventé par Daniel Rouan, PASP 112, 1479) : il s'agit de diviser la tache d'Airy (image d'une source ponctuelle) au centre du champ en 4 domaines, et d'appliquer une différence de phase de π à deux d'entre eux, si bien que l'image est éliminée par interférence destructive. Des simulations montrent que ce concept de division en 4 quadrants est plus efficace et moins sensible aux perturbations de l'atmosphère que les précédents concepts de coronographe à modification de phase. Nous poursuivons donc l'étude de développement au LESIA. Plusieurs masques de phase ont été fabriqués comme ceux présentés sur la Figure 1 et furent testés en laboratoire pour évaluer leur qualité de réalisation et caractériser leur performance. Figure 1 : Masque de phase à 4 quadrants fabriqué par REOSC/SAGEM fonctionnant en visible (à gauche) et par l'université de Reading pour l'IR moyen (à droite) Un premier montage aux longueurs d'ondes visibles a permis d'atteindre en laboratoire une atténuation de l'étoile centrale d'un facteur 90000 permettant de détecter facilement un compagnon 10 magnitudes plus faible que l'étoile pour une séparation de 3 fois la résolution angulaire du télescope. Grâce à ces performances prometteuses nous avons pu prendre part à l'étude d'un coronographe pour MIRI l'instrument infrarouge (IR) du James Webb Space Telescope. Pour cela, nous avons mis au point un banc IR de caractérisation à basse température (MIRI sera maintenu à une température de -266°C). Des résultats préliminaires ont permis d'atteindre une atténuation de 400 environ (en bande large 10%) conforme aux prévisions pour ce télescope spatial. Parallèlement à cette étude, nous avons fait réaliser un masque de phase pour le proche IR fonctionnant à 2µm. En accord avec l'ESO ce coronographe a été installé sur un des 4 télescopes VLT au Chili dans l'instrument NACO. L'optique adaptative NAOS corrige les effets de turbulence atmosphérique et permet l'utilisation d'un tel coronographe depuis le sol. L'avantage du masque de phase par rapport au coronographe de Lyot classique déjà en place sur NACO, est de pouvoir s'approcher environ 4 fois plus près de l'étoile centrale. Cela représente une zone privilégiée pour la recherche de compagnons de faible masse, de disques circumstellaires, ou même de noyaux actifs de galaxies. Bien que le "commissioning" (mise en service officielle) de ce composant n'ait pas encore eu lieu, nous avons pu enregistrer, en Septembre 2003, quelques images sur une étoile nous permettant ainsi d'évaluer des performances prometteuses. La figure 2 montre les images obtenues avec et sans coronographe et le profil radial des images donnant le rapport de flux est tracé sur la figure 3. Une animation de l'image de l'étoile sans le coronographe puis avec le coronographe

Premières observations coronographiques à l'aide d'un Masque de Phase à 4 Quadrants sur le VLT

montre également l'évolution des images au cours du temps. Figure 2 : Image d'une étoile de magnitude $K=3.16$ obtenue sur le VLT avec un filtre bande étroite (à gauche) et la même étoile atténuée par le coronographe de phase (à droite). L'atténuation est de 3.5 magnitudes à une séparation de seulement 60 milli-arcsecondes. La forme annulaire de l'image coronographique est due à un résidu de mouvement de l'étoile causé par la turbulence atmosphérique. Figure 3 : Profil radial des images de la Figure 2 donnant le taux d'atténuation de l'étoile en fonction de la séparation angulaire. Le FQPM permettrait de détecter un hypothétique compagnon à seulement 1 fois la résolution angulaire du télescope avec une différence de 3.5 magnitudes alors que les coronographes de Lyot classiques sont "aveugles" jusqu'à environ 6 fois la résolution angulaire. Ce nouveau coronographe sera offert à la communauté à la fin 2004. Son application principale concernera la recherche de compagnon substellaire (étoiles de faible masse ou naines brunes) mais aussi l'étude des disques circumstellaires.

Ce résultat montre qu'à condition d'avoir une excellente correction des effets de la turbulence atmosphérique, ce type de dispositif apporte une amélioration très importante de l'effet d'éblouissement, une étape nécessaire, mais pas encore suffisante pour détecter des planètes extrasolaires.