

Titre du projet : Etude des environnements des systèmes stellaires, des étoiles jeunes aux binaires X, avec l'instrument interférométrique infrarouge GRAVITY du VLTI de l'ESO.

Volet : Recherche

Porteur du projet : Karine PERRAUT

Laboratoires impliqués : IPAG (Grenoble), LESIA (Paris), MPE (Garching/Allemagne), MPIA (Heidelberg/Allemagne – Dublin/Irlande), Université de Cologne, Université de Lisbonne-Porto, ESO

Bilan du projet pour l'année/la période

Bilan d'activité (1 page max)

L'instrument GRAVITY permettant des observations à haute résolution angulaire dans l'infrarouge proche a été mis en service fin 2015 sur le site de Paranal (Chili) de l'Observatoire Européen Austral (ESO), constituant ainsi une opportunité unique pour l'IPAG, institut fortement impliqué dans la réalisation de l'instrument, de démarrer ou de poursuivre des programmes scientifiques majeurs. En particulier, la sensibilité accrue, la résolution spectrale et la possibilité de faire de la spectro-astrométrie de précision de GRAVITY sont des atouts indéniables pour étudier les phénomènes d'accrétion et d'éjection se déroulant dans les environnements complexes d'objets stellaires, comme les étoiles jeunes (thématique-phare de l'équipe Odyssey de l'IPAG) et les binaires X (thème de recherche de l'équipe Sherpas). Résoudre ces environnements est essentielle pour mieux comprendre les conditions de formation et d'évolution stellaire.

Ainsi, en Juillet 2016 nous avons observé le micro-quasar SS 433 avec GRAVITY et les 4 télescopes unitaires (UTs) du réseau VLTI. Cette binaire X à éclipse, dont la composante primaire est probablement un trou noir, est connue pour présenter des jets relativistes. Ces jets ont été étudiés de manière intensive en radio (**Fig. 1 – gauche et milieu**) mais présentent aussi des raies d'émission dans le domaine optique. La modélisation des observations GRAVITY dans ces raies a permis de mettre en évidence une émission des jets très proches du système binaire et présentant un profil d'intensité en accord avec une décroissance exponentielle (**Fig. 1 – droite**) plutôt qu'avec un ensemble de « blobs » (tels que ceux observés dans le domaine radio sur l'image centrale). Ce premier résultat, issu d'une collaboration entre l'IPAG (PI : P.O. Petrucci) et le MPE (PI : I. Waisberg), a donné lieu à une publication (voir ci-dessous) et à plusieurs communications. Une étude de la

variabilité temporelle des jets est en cours avec plusieurs demandes de temps d'observation soumises sur différents instruments dont GRAVITY.

En parallèle, l'IPAG (PI : K. Perraut) coordonne avec le MPIA (PI : W. Brandner) les activités de recherche concernant l'étude des étoiles jeunes avec GRAVITY. Nous avons initié un programme de relevé sur une centaine d'étoiles jeunes pour mener une étude statistique de la répartition du gaz (Hydrogène et CO) dans les régions les plus internes. En particulier, durant l'été 2016, nous avons observé le système binaire jeune S Coronae Australis constitué de deux étoiles T Tauri avec GRAVITY et les 4 UTs. Nous avons pu montrer que chaque composante est entourée d'un disque de rayon, d'inclinaison et d'angle de position similaires, suggérant que les deux composantes proviennent de la fragmentation d'un disque commun. Les observations GRAVITY dans la raie d'émission de l'hydrogène H I ($B\gamma$) de la composante Nord sont cohérentes avec une région émettrice de l'hydrogène plus compacte que la région émettant le rayonnement continu et suggèrent la présence simultanée d'un vent et d'une accréation magnétosphérique. Ce travail a été accepté pour publication dans A&A (voir ci-dessous).

Sur ces deux thématiques, les collaborations sont bien établies avec d'autres membres du consortium et vont se poursuivre pour l'exploitation optimale de GRAVITY (demandes de temps d'observation sur GRAVITY et d'autres instruments complémentaires, réunions régulières d'avancement par visioconférence et physiques, publications communes).

Illustrations - avec légende et crédit (à envoyer également séparément)

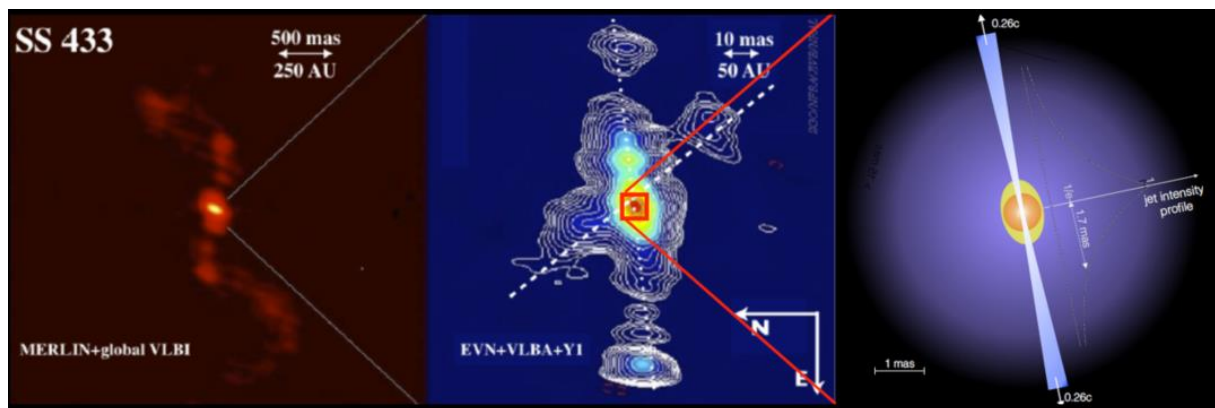


Fig. 1. GRAVITY a permis pour la première fois de zoomer sur la partie la plus interne du microquasar SS 433 (noter l'échelle spatiale 500 fois plus petite à droite qu'à gauche) et de résoudre l'émission optique provenant du vent et des jets : images obtenues en imagerie radio à grande échelle (gauche) et de la zone centrale (milieu) ; schéma de la région la plus interne telle que modélisée à partir des observations GRAVITY (droite). L'image centrale fait apparaître un ensemble de « blobs » le long des jets.

Crédits – Images de gauche et du milieu : Paragi et al. 2001, ApSSS, 276, 131. Image de droite : GRAVITY Collaboration – Petrucci et al. 2017, A&A, 602, L11.

Production scientifique (articles scientifiques, actes de congrès...)

Les premières observations GRAVITY ont donné lieu à plusieurs articles dans des revues à comité de lecture. Trois d'entre elles, pour lesquelles la contribution des membres de l'IPAG (noms soulignés ci-dessous) est conséquente, remercient le soutien du Labex OSUG@2020 :

- GRAVITY Collaboration, Abuter et al. 2017, ***First light for GRAVITY: Phase referencing optical interferometry for the Very Large Telescope Interferometer***, A&A 602, A94.
- GRAVITY Collaboration, Petrucci, Waisberg, Le Bouquin, Dexter, Dubus, Perraut et al., ***Accretion-ejection morphology of the micro-quasar SS 433 resolved at sub-au scale***, A&A 602, L11.
- GRAVITY Collaboration, Garcia-Lopez, Perraut, Caratti o Garatti, Lazareff, Sanchez-Bermudez, Benisty, Dougados et al., ***The wind and the magnetospheric accretion onto the T Tauri star S Coronae Australis at sub-au resolution***, A&A, in press: <http://arxiv.org/abs/1709.01348>

Bilan financier succinct (avec suivant les cas : co-financements éventuels, équipements achetés, missions, recrutements divers, fonctionnements divers...)

Le Labex OSUG@2020 a attribué 7 k€ à ce projet de recherche. Cette somme a été versée mi-Mai 2016. De ce fait, plusieurs dépenses prévues dans la demande déposée ont été décalées dans le temps (lors des missions au Chili, les réservations de billet se font 2 ou 3 mois à l'avance pour réduire les coûts) ou cofinancées par les équipes d'accueil ou les partenaires (en italique dans le tableau ci-dessous).

Collaboration scientifique	Date	Lieu	Dépenses	Coût (€)
Atelier Objets jeunes	25-26 Janvier 2016	Grenoble	Buffets et pause-café (15 personnes)	800
Accueil de I. Waisberg	15-17 Octobre 2016	Grenoble	Voyage + séjour	450
Accueil de R. Garcia-Lopez, A. Caratti o Garatti, M. Koutoulaki	13-17 Décembre 2016	Grenoble	Voyage + séjour	2250
Atelier Objets jeunes (K. Perraut, J.P. Berger, C. Dougados)	12-16 Novembre 2017	Dublin	Voyage (200€/pers.) + séjour (550 €)	2250
Observations				
Observations Temps Garanti (C. Dougados)	Décembre 2017	Paranal	Voyage	1200
Observations de validation (G. Duvert)	Décembre 2017	Paranal	Voyage	1200
Gratifications de stage				
Stage de Master 2 Recherche (*)	4 mois : 2017-2018	Grenoble	Gratifications	2200
TOTAL				6850

(*) L'étudiant de l'Ecole d'Aéronautique qui devait faire son stage avec nous l'an passé a eu des difficultés administratives liées à l'obtention de son titre de séjour et n'a finalement pas pu venir à l'IPAG.

Annexes si besoin ou lien sur des sites existants et pérennes jusqu'à la fin du Labex (2020)