

Bourse postdoctorale Analyse multi-échelle à haute résolution angulaire des Noyaux Actifs de Galaxies

Tous nos postes sont ouverts aux personnes en situation de handicap. Le recrutement est fondé sur les compétences, sans distinction d'origine, d'âge ni de genre.

Type de recrutement : CDD 2 ans (un an renouvelable)

Niveau : Doctorat

Salaire : Le salaire dépend du nombre d'années d'expérience. Le niveau d'expérience souhaité est compris entre thèse +2 et thèse +9, mais toutes les candidatures seront étudiées.

Domaine :

Astrophysique ; Traitement des données et ajustement de modèles ; Noyaux galactiques actifs ; Haute résolution angulaire, interférométrie optique.

Lieu de travail :

Principal : Laboratoire Joseph-Louis Lagrange, Parc Valrose, 06000 Nice, France.

Occasionnel : Observatoire de la Côte d'Azur, 96 Bd de L'Observatoire, 06300 Nice, France.

Des périodes d'observations à l'observatoire de l'ESO à Paranal au Chili sont probables.

Description de l'employeur et de l'environnement professionnel

Le Laboratoire Joseph-Louis Lagrange (<https://lagrange.oca.eu/fr/accueil-lagrange>) est une unité mixte de recherche de l'Université de la Côte d'Azur, de l'Observatoire de la Côte d'Azur et du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique). Il regroupe des équipes en Galaxies et Cosmologie (G&C), Astrophysique Instrumentale (MPO), Physique Stellaire et Solaire, traitement du signal et des images (Signal), Théorie et Observation en Planétologie (TOP) et Turbulence, Fluides et Plasma. Il est le berceau de l'interférométrie optique multi-télescopes et en demeure un leader mondial avec la direction des consortia instrumentaux du VLT AMBER et MATISSE, de fortes contributions à l'upgrade du VLT GRAVITY+ et à la suite d'instruments visiteurs ASGARD. Le/la titulaire de la bourse sera intégré(e) à l'équipe de recherche instrumentale MPO, en lien avec les groupes scientifiques internationaux sur les AGN de MATISSE et GRAVITY+ et avec des liens avec les équipes G&C et éventuellement Signal.

La bourse est financée par la subvention ANR-21-CE31-0011 de l'Agence nationale de la recherche (ANR-21-CE31-0011 : Étude multi-échelles et multi-longueurs d'onde des AGN) pour la première année. Une prolongation d'un an est prévue, sous réserve de l'accord des deux parties.

Objectif scientifique général :

Les noyaux galactiques actifs sont un élément clé de l'évolution galactique par rétroaction des AGN sur la galaxie. Ils sont un traceur de la coévolution des trous noirs supermassifs (SMBH) et des galaxies. Ils fournissent des mesures directes de distance géométrique qui devraient pouvoir contribuer au débat sur la tension de Hubble. La spectro-astrométrie avec GRAVITY et, à terme ASGARD, sur le VLT permet de résoudre angulairement la BLR des AGN de type 1, à des échelles inférieures au parsec, et fournit des mesures dynamiques de la masse des SMBH par ajustement de modèle. Combinées aux mesures de taille linéaire par cartographie de réverbération (RM pour Reverberation Mapping), les mesures angulaires par spectro

Astrométrie fournissent une mesure directe de distance géométrique, parfois appelée « parallaxe BLR ». MATISSE sur le VLTI et le LBTI fournissent des images du tore de poussière et du vent poussiéreux des AGN dans la gamme de 1 à 10 pc. Les instruments équipés d'optique adaptative avancée sur les télescopes unitaires, comme ERIS sur le VLT, fournissent des images du disque circumnucléaire (CND) et des chocs créés par les flux de matière entrants et sortants, dans la gamme de 10 à 100 pc.

Les estimations de distance de l'AGN et de la masse du trou noir super massif, ainsi que l'étude de la rétroaction des AGN sur la galaxie, nécessitent des modèles et des observations améliorés des AGN à toutes ces échelles, dans une large gamme de bandes et de résolutions spectrales. Les données d'observation de chacune de ces techniques instrumentales sont affectées par des structures qui ne peuvent être analysées avec précision qu'à différentes échelles par les autres instruments. Notre objectif scientifique général est d'étudier les interactions et les contraintes observationnelles mutuelles de la BLR, du tore et du vent de poussière, des flux entrants et sortants et du CND, observés par interférométrie différentielle dans les raies d'émission et par interférométrie dans le continu des bandes K, L, M et N, ainsi que les images à plus grande échelle du CND, des flux entrants et sortants et des chocs. Cela améliorera notre compréhension de la rétroaction des AGN, la précision de nos mesures de masse du SMBH et, par conséquent, nos contraintes sur la coévolution SMBH-galaxie. Cela devrait à terme rendre nos mesures de parallaxe par BLR suffisamment précises pour avoir un impact sur le problème de tension de Hubble. Le contexte instrumental est unique avec la percée en cours de GRAVITY+ sur la sensibilité du VLTI, et donc le nombre d'AGN observables par interférométrie optique, ainsi que la disponibilité de l'instrument ERIS (Enhanced Resolution Imager and Spectrograph) sur le télescope UT4 du VLT.

Tâches principales :

La candidate ou le candidat sélectionné(e) sera intégré(e) à l'équipe d'instrumentation de LAGRANGE et aux groupes scientifiques de MATISSE et de l'ANR AGN_MELBa. Elle ou Il s'appuiera sur les travaux d'autres membres de l'équipe ANR AGN_MELBa, tels que Pierre Vermot (Observatoire de Paris), James Leftley (actuellement à l'Université de Southampton) et des experts en traitement de données du consortium international MATISSE.

Sa première tâche prioritaire sera de combiner les codes de reconstruction d'images existants pour l'interférométrie avec des codes de déconvolution pour l'optique adaptative à ouverture unique, dans une reconstruction d'image globale ou un ajustement de modèle à toutes ces échelles. Plusieurs options sont possibles, mais la solution privilégiée, qui s'inscrit dans la continuité des travaux précédents, consisterait à utiliser l'apprentissage automatique sur une base de données simulée pour définir l'outil, puis à l'appliquer à des données réelles issues de GRAVITY/VLTI (bande K), MATISSE/VLTI (bandes L, M, N), LBTI et SPHERE/VLT ou ERIS/VLT. Cette approche a été couronnée de succès, tant pour les observations avec le VLTI que pour l'observation à ouverture unique, traitées séparément.

Les images et modèles reconstruits seront confrontés aux modèles polychromatiques de poussière et de transfert radiatif déjà développés dans le cadre du projet ANR AGN_MELBa. Cela pourrait nécessiter l'adaptation de ces modèles et leur exécution avec de nouveaux paramètres.

Ensuite, à une échelle spatiale différente, les outils multi-échelles seront utilisés pour combiner les observations d'interférométrie différentielle des raies d'émission des BLR avec des images et des modèles de poussière dans le continu. L'application de ces outils de reconstruction d'images et d'ajustement de modèles à des données réelles permettra une meilleure compréhension des interactions gaz-poussière et poussièrevent CND, l'utilisation de structures de poussière résolues pour contraindre la géométrie des BLR et, à terme, une meilleure modélisation des BLR pour les mesures conjointes, d'interférométrie différentielle et de cartographie par réverbération, des masses et des distances des SMBH.

Enfin, la reconstruction d'images et l'ajustement du modèle supposant des modèles de bruit d'observation corrects, une petite partie du temps pourrait être utilisée pour vérifier et mettre à jour les modèles de bruit GRAVITY et MATISSE. L'application aux données réelles impliquera le traitement des données VLTI et ERIS.

Compétences recherchées :

Par ordre de priorité décroissante, expérience en :

- Ajustement de modèles et/ou reconstruction d'images en astrophysique
- Noyaux galactiques actifs

- Apprentissage automatique
- Interférométrie optique à longue base et traitement de données
- Codes de transfert radiatif (de préférence SKIRT)

Nous n'attendons pas une expertise approfondie sur tous ces points, mais privilégions une bonne expérience sur un ou deux aspects prioritaires, ainsi que l'envie et la capacité d'apprendre dans les autres domaines.

La plupart des codes sont en Python. Le poste implique la collaboration avec des équipes internationales réparties dans plusieurs instituts, avec un noyau central à Nice. La maîtrise de l'anglais est indispensable.

Contact:

Romain Petrov, romain.petrov@univ-cotedazur.fr, +33 4 89 15 03 50 ; +33 6 86 53 04 07

Candidature :

Date limite 14 septembre 2025.

CV, lettre de motivation et deux lettres de recommandation (à adresser directement à romain.petrov@univ-cotedazur.fr), à fournir avant le **14 Septembre 2025**. Une première sélection sera faite avant le 19 septembre et les candidates et candidats sélectionnés seront auditionnés par visio-conférence entre le 26 et le 30 septembre. La prise de poste souhaitée est le 1^{er} novembre, mais cette date pourrait être retardée au 1^{er} décembre par les délais administratifs de mise en place du contrat.

Courte Bibliographie :

Gámez Rosas, Violeta search; Isbell, Jacob W.; Jaffe, Walter; Petrov, Romain G.; Leftley, James H.; et al, *Thermal imaging of dust hiding the black hole in NGC 1068*, Nature 602, 2022, arXiv:2112.13694

Sanchez-Bermudez, J.; Mérand, A.; Sallum, S.; Drevon, J. ; Kluska, J.; Millour, F.;

Vermot, P.; Young, J. *Optical interferometry imaging contest IX*, SPIE Proceedings 12183, 2022.

https://www.researchgate.net/publication/393787997_Optical_Interferometry_Imaging_Contest_IX

https://www.researchgate.net/publication/393788485_OPTICAL_INTERFEROMETRY_IMAGING_RECONSTRUCTION_WITH_NEURAL_NETWORKS

Vermot, P.; Barna, B. ; Ehlerová, S.; Morris, M. R. ; Palouš, J.; Wunsch, R., *Ionized regions in the central arcsecond of NGC 1068. YJHK spatially resolved spectroscopy*, A&A 678, 2023, arXiv:2309.05265.

Abuter, R. et al (GRAVITY+ Collaboration), *A dynamical measure of the black hole mass in a quasar 11 billion years ago*, Nature 627, 2024, arXiv:2401.14567

Leftley, J. H.; Petrov, R.; Moszczynski, N.; Vermot, P.; et al, *Chromatically modeling the parsec-scale dusty structure in the center of NGC 1068*, A&A 686, 2024, arXiv:2312.12125

Isbell, J. W.; et al, *Direct imaging of active galactic nucleus outflows and their origin with the 23 m Large Binocular Telescope*, Nature Astronomy 9, 2025, arXiv:2502.01840

Yan-Rong Li et al, *Spectroastrometry and Reverberation Mapping of Active Galactic Nuclei. II. Measuring Geometric Distances and Black Hole Masses of Four Nearby Quasars*, to appear in ApJ, 2025, arXiv:2502.18856

Petrov, R. G. and Leftley, J. H., *Solving the Hubble Tension with the VLTI*, in *Horizons for Optical long Baseline Interferometry*, Meudon, France, January 2025, <https://hal.science/hal-05133649v1>



OBSERVATOIRE
DE LA CÔTE D'AZUR
UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

