

# Contraindre les objets transneptuniens multiples avec MICADO

**Début de la thèse :** octobre 2024

## **Encadrants :**

- Benoît Noyelles (Maître de Conférences HDR) [benoit.noyelles@univ-fcomte.fr](mailto:benoit.noyelles@univ-fcomte.fr)
- Jean-Marc Petit (Directeur de Recherches CNRS) [jean-marc.petit@normalesup.org](mailto:jean-marc.petit@normalesup.org)

**Lieu :** Institut UTINAM (Université de Franche-Comté, Besançon)

## **Contexte scientifique général :**

Les objets transneptuniens sont les petits corps orbitant au-delà de l'orbite de Neptune. On en connaît actuellement environ 4000, certains étant des systèmes multiples. L'observation astrométrique couplée à l'étude dynamique de ces systèmes multiples permet de contraindre la masse et la densité de ces objets. Ainsi, des études de leur composition sont possibles. Les objets trans-neptuniens ayant peu évolué depuis leur formation, de tels résultats permettraient une meilleure connaissance du Système Solaire primordial.

Plusieurs scénarios ont été proposés par le passé pour expliquer la formation des petits corps et en particulier les systèmes multiples. À l'heure actuelle, le modèle favorisé est celui d'une instabilité gravitationnelle suite à une instabilité de cisaillement. Quelque soit le mécanisme prédominant, il imprime une marque dans la population des systèmes multiples. Une étude statistique fine de la séparation, la différence de masse, la forme et l'orientation des orbites relatives permettra de contraindre les modèles de formation.

MICADO[1], pour Multi-AO Imaging Camera for Deep Observations, équipera l'Extremely Large Telescope (ELT) dès 2027. Cet instrument de l'Observatoire européen austral (ESO), actuellement en cours de construction sur le Cerro Armazones (Chili), promet des performances inégalées, notamment en terme de résolution astrométrique dans le proche infrarouge. Il sera en effet équipé d'un système d'optique adaptative (MORFEO, précédemment appelé MAORY[2]), et d'un système anastigmatique de 3 miroirs, d'un diamètre total de 39 mètres. L'institut UTINAM et l'OSU THETA sont déjà impliqués dans la conception de MICADO, par le biais de la réalisation d'un système de commande pour l'optique adaptative. Notre participation au SNO (Service National d'Observation) MICADO nous donne accès à toutes les ressources de préparation telles que les simulateurs d'observations.

## **Description des objectifs de la thèse :**

L'objet de cette thèse sera de contribuer à la préparation des observations de TNOs multiples par MICADO, en simulant de telles observations, et notamment les performances attendues de MICADO. Pour cela, le doctorant s'aidera des outils de simulations (ScopeSim) mis à disposition par l'équipe MICADO. Dans un premier temps, il fournira au simulateur une population synthétique de systèmes multiples modélisés d'après les statistiques connues, en faisant varier les séparations, orientations, formes et rapports de masse des composants, et magnitudes apparentes des systèmes. Il déterminera les meilleures stratégies d'observation, en particulier le nombre d'images nécessaires pour obtenir une précision astrométrique suffisante et leur séquençage temporel, pour permettre de contraindre les orbites mutuelles de ces objets (forme, taille, orientation), puis leur masse et leur densité. Cette étude statistique permettra de déterminer a priori les biais observationnels. L'élaboration de ces stratégies d'observation prendra en compte la possibilité de compléter les observations MICADO par d'autres observations.

Suite à cette thèse, le lauréat et notre équipe seront en mesure de préparer au mieux les premiers appels d'offre de temps d'observation pour étudier les systèmes binaires détectés par les grands relevés tels que OSSOS, DECam, CLASSY et LSST[3], entre autres.

### **Compétences souhaitées :**

Le candidat doit avoir un Master d'astronomie / astrophysique, ou équivalent. Il doit avoir des connaissances solides en dynamique. De plus, de bonnes aptitudes en programmation Python et dans un langage compilé (C ou Fortran par exemple), une connaissance de base de système d'exploitation tels Linux ou autres Unix sont nécessaires, ainsi qu'un solide niveau d'anglais.

### **Bibliographie :**

[1] <https://elt.eso.org/instrument/MICADO/>

[2] Fiorentino et al., 2017, MAORY science cases white book, <https://arxiv.org/abs/1712.04222>

[3] Schwamb et al., 2018, Large Synoptic Survey Telescope Solar System Science Roadmap, <https://arxiv.org/abs/1802.01783>