



English below

ÉVOLUTION DE DISQUES CIRCUMBINAIRES AU SEIN DE SYSTÈMES STELLAIRES MULTIPLES

Laboratoire : Centre de Recherche Astrophysique de Lyon – UMR 5574 (<https://cral.osu-lyon.fr/>)

Directeur : Jean-François Gonzalez

Direction de thèse : Jean-François Gonzalez, équipe AstroENS

Co-direction : Nicolás Cuello, IPAG

Adresse électronique et téléphone : jean-francois.gonzalez@ens-lyon.fr, 04 72 72 87 11

Contexte et Description du projet :

Les étoiles jeunes se forment majoritairement au sein de systèmes stellaires multiples. Dans ces systèmes à plusieurs étoiles, une fraction significative des binaires serrées sont entourées de disques circumbinaires. Dans ces environnements dynamiques et fortement perturbés, la formation planétaire diffère sensiblement du scénario classique des disques autour d'étoiles simples. La présence de deux étoiles centrales induit des structures complexes dans le disque, telles que des cavités internes, des bras spiraux et des asymétries de densité. De plus, les perturbations de compagnons stellaires externes affectent la structure et l'inclinaison relative des disques. Ceci modifie profondément la dynamique du gaz et de la poussière de ces disques et donc le processus de formation planétaire.

L'objectif de cette thèse est d'étudier en détail la dynamique et l'évolution des disques circumbinaires dans des systèmes stellaires multiples. Une attention particulière sera portée aux mécanismes d'alignement et de transport de moment cinétique, ainsi qu'à l'évolution des poussières dans ces environnements perturbés. La question centrale est de comprendre comment l'arrangement orbital du système stellaire multiple modifie le processus de formation planétaire et comprendre les architectures planétaires attendues dans ces systèmes.

Dans un premier temps, la dynamique des disques circumbinaires sera modélisée à l'aide du code hydrodynamique 3D PHANTOM. Ces simulations permettront de caractériser l'évolution des structures du disque sous l'effet des interactions gravitationnelles de toutes les étoiles. Les résultats seront couplés au code de transfert radiatif MCFOST afin de produire des observations synthétiques multi-longueurs d'onde. Cette approche permettra de relier directement les propriétés physiques simulées du disque à des observables accessibles. En parallèle, des observations à haute résolution angulaire de disques circumbinaires seront analysées, en particulier à l'aide de l'interféromètre millimétrique ALMA. Ces données permettront de contraindre la distribution spatiale de la poussière, d'identifier les sous-structures (anneaux, cavités, asymétries) et d'estimer les tailles de grains. La confrontation entre simulations et observations offrira un cadre robuste pour tester les modèles proposés.

Ce projet vise ainsi à fournir une compréhension globale et cohérente de la formation planétaire dans les disques circumbinaires, en combinant simulations numériques avancées et observations de pointe. Il contribuera à éclairer la diversité des architectures planétaires observées et à mieux contraindre les conditions nécessaires pour former des planètes dans des systèmes multiples.

Date de début de thèse : 1^{er} octobre 2026

Autres sources de financement envisagées que l'ED52 : aucune



Français ci-dessus

CIRCUMBINARY DISC EVOLUTION IN MULTIPLE STELLAR SYSTEMS

Institute: Centre de Recherche Astrophysique de Lyon – UMR 5574 (<https://cral.osu-lyon.fr/>)

Director: Jean-François Gonzalez

PhD supervisor: Jean-François Gonzalez, AstroENS team

Co-supervisor: Nicolás Cuello, IPAG

Email address and phone number: jean-francois.gonzalez@ens-lyon.fr, 04 72 72 87 11

Context and Project description:

Young stars predominantly form within multiple stellar systems. In these multi-star systems, a significant fraction of close binaries are surrounded by circumbinary disks. In such dynamic and highly perturbed environments, planet formation differs substantially from the classical scenario of discs around single stars. The presence of two central stars induces complex structures in the disc, such as inner cavities, spiral arms, and density asymmetries. Moreover, perturbations from external stellar companions affect the structure and relative inclination of the discs. This profoundly modifies the dynamics of gas and dust within these discs, and therefore the process of planet formation.

The objective of this thesis is to study in detail the dynamics and evolution of circumbinary discs in multiple stellar systems. Particular attention will be given to alignment mechanisms and angular momentum transport, as well as to the evolution of dust in these perturbed environments. The central question is to understand how the orbital configuration of a multiple stellar system modifies the planet formation process and to determine the planetary architectures expected in such systems.

Initially, the dynamics of circumbinary discs will be modeled using the 3D hydrodynamical code PHANTOM. These simulations will allow us to characterize the evolution of disk structures under the influence of the gravitational interactions of all the stars. The results will be coupled with the radiative transfer code MCFOST in order to produce synthetic multi-wavelength observations. This approach will allow a direct link between the simulated physical properties of the disc and the resulting observables. In parallel, high-angular resolution observations of circumbinary disks will be analyzed, in particular using the millimeter interferometer ALMA. These data will constrain the spatial distribution of dust, identify substructures (rings, cavities, asymmetries), and estimate grain sizes. The comparison between simulations and observations will provide a robust framework for testing the proposed models.

This project thus aims to provide a comprehensive and coherent understanding of planet formation in circumbinary disks by combining advanced numerical simulations and state-of-the-art observations. It will contribute to shedding light on the diversity of observed planetary architectures and to better constraining the conditions required for planet formation in multiple systems.

Starting PhD date: 1st of October 2026

Other foreseen funding than ED52: none