



English below

TITRE

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

Directeur : Jean-François Gonzalez

Direction de thèse (HDR ou équivalent) : Jean-François Gonzalez, équipe AstroENS

Co-direction :

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

Contexte et Description du projet :

Dans les disques protoplanétaires, les particules de poussière de la taille du μm s'agglomèrent pour former des planètes, objets 10^{13} à 10^{14} fois plus grands. Bien que le déroulement des dernières étapes de cette formation soit maintenant bien compris, de nombreuses incertitudes subsistent sur les premières phases avec l'identification de problèmes pour la formation planétaire : les « barrières » de migration radiale, de rebond, et de fragmentation.

Nous étudions les disques protoplanétaires au moyen du code hydrodynamique SPH Phantom, qui permet de modéliser l'évolution spatiale de grains de poussière en tenant compte de leur interaction avec le gaz sous l'effet de la friction dynamique. Nous y avons introduit le traitement des processus de croissance et fragmentation des grains et, depuis peu, de l'évolution de leur porosité lors des collisions. Ce code est le seul au monde prenant en compte tous ces effets simultanément dans des simulations tridimensionnelles globales de disques protoplanétaires.

Les lignes de gel séparent les régions externes du disque où une espèce volatile est condensée sous forme de glace à la surface des grains des régions internes où elle n'est présente que dans la phase gazeuse. De part et d'autre de ces lignes, les propriétés de collage des grains, en particulier la vitesse seuil de fragmentation, sont différentes. Nous avons étudié l'influence des lignes de gel de H_2O et CO , les volatils les plus abondants, sur la formation des pièges à poussière. Or de nouvelles données de laboratoires suggèrent des valeurs très différentes pour les vitesses seuil que celles couramment admises, qui de plus dépendent de la température et donc de la position dans le disque. Les conséquences de ces résultats récents sur les modèles de formation planétaire restent à explorer. Le travail proposé dans cette thèse pourrait s'articuler comme suit :

1. Simulations numériques de l'évolution de grains de poussière d'une composition donnée, compacts dans un premier temps, prenant en compte les dernières données de laboratoire. Nous considérerons en particulier des compositions jamais prises en compte dans des simulations numériques jusqu'à présent, comme des grains de silicates recouverts d'un manteau de matière organique, plus collante.
2. Prise en compte simultanée de grains de compositions différentes et étude de leurs interactions mutuelles et de leurs conséquences sur la formation des pièges à poussière. Confrontation aux observations les plus récentes de disques montrant des structurations radiales contrastées.
3. Si le temps le permet, exploration des effets de la porosité des grains.

Date de début de thèse : 1^{er} octobre 2025

Autres sources de financement envisagées que l'ED52 : aucune



Français ci-dessus

TITLE

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

Director: Jean-François Gonzalez

PhD supervisor (HDR or equivalent): Jean-François Gonzalez, AstroENS team

Co-supervisor:

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

Context and Project description:

In protoplanetary disks, μm -sized dust particles agglomerate to form planets, objects 10^{13} to 10^{14} times larger. Although the last stages of this formation are now well understood, many unknowns remain about the first stages with the identification of problems for planet formation: the radial drift, bouncing, and fragmentation “barriers”.

We study protoplanetary disks with the SPH hydrodynamics code Phantom, allowing to model the spatial evolution of dust grains taking into account their interaction with the gas via aerodynamic drag. We have implemented the treatment of grain growth and fragmentation processes and, more recently, of the evolution of their porosity during collisions. This code is the only one in the world able to take into account all these effects simultaneously in global three-dimensional simulations of protoplanetary disks.

Ice lines separate the disk outer regions where a volatile species is condensed into ice at the surface of grains from the inner regions where it is only present in the gas phase. On either side of these lines, the sticking properties of grains, in particular the threshold velocity for fragmentation, differ. We have studied the influence of the ice lines of H_2O and CO , the most abundant volatiles, on dust trap formation. However, new laboratory data suggest very different values of the threshold velocities than those commonly used, which additionally depend on temperature and thus on the position in the disk. The consequences of these recent findings on planet formation models are yet to be explored. The proposed work for this thesis would be organized as follows:

1. Numerical simulations of the evolution of grain growth of a given composition, compact as a first step, taking into account the latest laboratory data. We will consider in particular compositions never before included in numerical simulations, such as silicates coated with a layer of stickier organic matter.
2. Simultaneous inclusion of grains of different composition and study of their mutual interactions and their consequences on dust trap formation. Confrontation to the most recent observations of disk showing contrasted radial structures.
3. Time permitting, exploration of the effects of grain porosity.

Starting PhD date: 1st of October 2025

Other foreseen funding than ED52: none