

## **Proposition de stage de Master 2 Recherche** **Année académique 2024 – 2025**

**Responsable de stage : Jean-François GONZALEZ**

@ : jean-francois.gonzalez@ens-lyon.fr

☎ : 04 72 72 87 11

**Adresse/Lieu du Stage :** CRAL - site Jacques Monod : 46 allée d'Italie, Lyon

**Équipe de recherche d'accueil :** AstroENS

**Intitulé du stage :** Influence des propriétés de collage des grains de poussière de différentes compositions sur les modèles de formation planétaire

### **Résumé du travail demandé :**

Dans les disques protoplanétaires, les particules de poussière de la taille du  $\mu\text{m}$  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 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  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{CO}$ , 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 consiste en des simulations numériques de l'évolution de grains de poussière de 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. L'analyse de ces simulations permettra une première évaluation de leur influence sur la formation des pièges à poussière.

**Type de financement envisagé pour le stage :** LabEx LIO

**Indication éventuelle d'ouverture vers un sujet de thèse :** Oui

## **Master 2 Research internship offer** **Academic year 2024 – 2025**

**Internship supervisor: Jean-François GONZALEZ**

@ : jean-francois.gonzalez@ens-lyon.fr

☎ : 04 72 72 87 11

**Address/Workplace:** CRAL - site Jacques Monod : 46 allée d'Italie, Lyon

**Hosting research team:** AstroENS

**Internship title:** Influence of the sticking properties of dust grains of different composition on planet formation models

### **Summary of proposed work:**

In protoplanetary disks,  $\mu\text{m}$ -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 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  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}$ , 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 consists in numerical simulations of the evolution of dust grains of compositions never before included in numerical simulations, such as silicates coated with a layer of stickier organic matter. The analysis of these simulations will allow a first evaluation of their influence on dust trap formation.

**Nature of the financial support for the internship:** LabEx LIO

**Potential for a follow-up as a PhD thesis:** Yes