

**Centre de Recherche Astrophysique de Lyon
UMR 5574**

**Proposition de stage de Master 2 Recherche
Année académique 2022 – 2023**

Responsable de stage : Jean-François GONZALEZ

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

☎ : 04 78 86 85 70

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

Équipe de recherche d'accueil : AstroENS

Intitulé du stage : Étude de la sédimentation verticale de grains de poussière poreux dans les disques protoplanétaires

Résumé du travail demandé :

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 phases permettant la formation de planétésimaux kilométriques avec l'identification de problèmes pour la formation planétaire : les « barrières » de migration radiale, de rebond, et de fragmentation. Les solutions qui sont envisagées pour s'en affranchir et former rapidement des planétésimaux nécessitent une couche dense de « galets » centimétriques dans le plan médian des disques. Des observations récentes à très haute résolution de disques vus par la tranche ont révélé de telles accumulations de poussière dans des couches très minces, or les modèles de disques turbulents ne parviennent pas à les reproduire. Nous projetons de réconcilier modèles et observations en prenant en compte la porosité des grains.

Nous avons développé un modèle physique réaliste de croissance et fragmentation des grains de poussière, ainsi que de l'évolution de leur porosité lors des collisions, et l'avons inclus dans le code public PHANTOM. Ce code, utilisant le formalisme SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics), 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 dans des simulations 3D globales de disques protoplanétaires. L'objectif de ce stage est d'étudier la sédimentation verticale de grains poreux afin de comprendre finement l'évolution simultanée de la taille, porosité et altitude de tels grains de poussière.

Le travail proposé comprend deux parties. La première consiste à réaliser une grille de simulations de la sédimentation de grains poreux en variant la taille des monomères et la valeur de la vitesse seuil de fragmentation. La deuxième partie sera dédiée à l'analyse des résultats et l'extraction de l'épaisseur et la masse de la couche de la poussière afin de les comparer à celles déduites des observations. Le travail pourra être continué en thèse, afin de d'explorer plus avant l'influence des propriétés des grains de différentes compositions.

Type de financement envisagé pour le stage : Labex LIO ou budget équipe AstroENS

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



Centre de Recherche Astrophysique de Lyon UMR 5574

Master 2 Research internship offer **Academic year 2022 – 2023**

Internship supervisor: Jean-François GONZALEZ

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

☎ : 04 78 86 85 70

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

Hosting research team: AstroENS

Internship title: Study of the vertical settling of porous dust grains in protoplanetary disks

Summary of proposed work:

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 steps leading to the formation of km-sized planetesimals, with the identification of problems for planet formation: the "barriers" of radial migration, bouncing, and fragmentation. The solutions that are proposed to circumvent them and rapidly form planetesimals require a dense layer of cm-sized "pebbles" in the disk mid-plane. Recent very high-resolution observations of disks seen edge-on have revealed such dust accumulations in very thin layers, but models of turbulent disks fail to reproduce them. We plan to reconcile models and observations by taking grain porosity into account.

We have developed a realistic physical model of dust grain growth and fragmentation, as well as of the evolution of their porosity during collisions, and we have included it in the public code PHANTOM. This code, using the SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) formalism, allows to model the spatial evolution of dust grains taking into account their interaction with the gas via aerodynamic drag in global 3D simulations of protoplanetary disks. The goal of this internship is to study the vertical settling of porous grains in order to better understand the simultaneous evolution of the size, porosity and altitude of such grains.

The proposed work contains two parts. First, a grid of simulations of the settling of porous grains varying monomer size and fragmentation threshold velocity will be ran. The second part will be dedicated to the analysis of their results and the extraction of the thickness and mass of the dust layer to compare them to those inferred from observations. A follow-up to this work may be proposed as a PhD thesis in order to explore further the influence of the properties of grains of different compositions.

Nature of the financial support for the internship: Labex LIO or AstroENS team budget

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