La dynamique des poussières dans les régions internes des disques protoplanétaires

L'étude des disques protoplanétaires est cruciale, car elle pourrait permettre d'expliquer comment le gaz et la poussière qui les composent s'agrègent pour former des planètes. Des progrès considérables ont récemment été réalisés dans ce domaine, notamment grâce à de nombreuses observations dans les bandes radio et infrarouge (ALMA, SPHERE, GRAVITY...). Dans les années à venir, la zone « habitable » de ces disques sera explorée par SKA dans la bande radio et par l'ELT dans les bandes optique et infrarouge proche, avec une résolution sans précédent. Ces observations permettront de contraindre les modèles des premières étapes de la formation planétaire.

La richesse des phénomènes physiques observés dans les disques protoplanétaires a laissé de nombreuses questions importantes sans réponse, notamment dans leurs régions internes (0,03 à 5 unités astronomiques) où se produit l'accrétion de cœur. Pour bien comprendre l'accrétion et l'éjection dans cette zone, il est nécessaire de prendre en compte la présence de gaz et de poussière, ainsi que l'influence des effets magnétohydrodynamiques non idéaux (MHD). Ces derniers contribuent à façonner l'interface entre la région turbulente interne (zone active) et la région laminaire externe (zone morte). Cette interface, située à environ 1 unité astronomique, est un lieu propice à l'accumulation de poussières. Elle contrôle également l'éjection de jets et vents magnétisés.

Notre objectif est d'étudier l'interdépendance de ces deux processus afin de mieux comprendre la formation planétaire dans le disque interne. Nous utilisons le code GPU IDEFIX pour réaliser des simulations MHD 3D globales des régions internes de disques protoplanétaires. Dans ces régions, la poussière est ajoutée comme un fluide sans pression, soumis à la force de traînée du gaz. Nous montrerons la capacité de l'interface zone active/zone morte à piéger la poussière, ainsi que l'influence de la taille des poussières et de la présence de vents MHD sur l'efficacité du piégeage. Cela nous permettra d'estimer les caractéristiques du disque nécessaires pour que ce piégeage soit suffisamment long, permettant aux poussières de s'agréger et à l'accrétion de cœur de débiter.

Dust dynamics in the inner regions of protoplanetary disks

The study of protoplanetary disks is of particular interest, as it may explain how the gas and dust they are made of aggregate to eventually form planets. There has recently been tremendous progress in this field, spearheaded by many observations in the radio and infrared bands (ALMA, SPHERE, GRAVITY...). Later this decade, the 'habitable' zone of those disks will be explored by SKA in the radio band and the ELT in the optical and near-infrared bands, with unprecedented resolution. Such observations will constrain the models of planet formation, in particular its earliest steps.

The wealth of physics happening in protoplanetary disks left many important questions unanswered, especially in their inner regions (0.03 to 5 au) where core accretion occurs. To fully understand accretion and ejection in this zone, one needs to take into account the presence of both gas and dust, as well as the influence of non-ideal MagnetoHydroDynamic (MHD) effects. The latter help shape the transition between the inner turbulent region (active zone) and the outer laminar region (dead zone). This transition, thought to be around 1 au, controls the pile-up of dust as well as the ejection of magnetic winds and jets.

Our aim is to study the interdependence of these two processes to better understand planet formation in the inner disk. We use the GPU code IDEFIX to run 3D global MHD simulations of the protoplanetary disks inner regions. In those, dust is added as a pressure-less fluid, subject to gas drag. We will show the ability of the active/dead zone interface to trap dust, as well as the influence of dust grain size and the presence of MHD winds on the efficiency of the trapping. This will allow us to estimate the disk characteristics required for this trapping to be long enough to allow dust grains to aggregate and core accretion to start.