Evolution de la porosité des grains : une solution aux problèmes de formation planétaire ?

Dans les disques protoplanétaires, les grains micrométriques croissent jusqu’à atteindre des tailles de planétésimaux avant de finalement former des planètes. Cependant, des études dynamiques ont montré qu’une fois que les grains atteignent une taille critique, ils dérivent rapidement vers l’étoile et y sont accrétés. Ce problème est connu comme la barrière de dérive radiale.

De plus, des expériences en laboratoire ont montré que les grains peuvent fragmenter ou rebondir et ainsi arrêter la croissance avant les tailles kilométriques.

Afin de passer outre ces barrières, plusieurs méthodes ont été proposés comme les pièges à particules (dans les vortex ou les sillons planétaires) qui demandent des évolutions dynamiques à grande échelle. Dans ce travail, nous choisissons d’étudier les propriétés intrinsèques de la poussière pendant leur croissance et plus particulièrement leur porosité.

Nous développons un modèle d’évolution de la porosité pendant la croissance en fonction de la masse des grains pour plusieurs régimes d’expansion/compression (Kataoka et al. 2013, Okuzumi et al. 2012) et l’implémentons dans notre code SPH bifluide (Barrière-Fouchet et al. 2005).

Nous trouvons que la croissance des grains poreux est accélérée et peuvent atteindre des tailles kilométriques en comparaison aux grains compacts. De surcroît, la dérive est légèrement ralentie pour les grains poreux qui peuvent croître jusqu’à de plus grandes tailles avant de commencer à dériver vers l’étoile. Nous constatons aussi que les grains des régions externes du disque grossissent plus que quand l’effet de la porosité est négligé. Ces deux mécanismes peuvent aider les grains à outrepasser la barrière de dérive radiale et ainsi former des planétésimaux.

Nous étudions aussi l’effet de la fragmentation et du rebond sur le comportement des grains. En considérant un seuil de fragmentation constant, nous observons que la porosité accélère la formation de pièges à particules auto-induits et par conséquent, permet de passer outre les problèmes dus à la fragmentation ou au rebond. Cependant, les grains très poreux sont plus fragiles et peuvent se fragmenter plus facilement entraînant une accrétion massive des poussières dans l’étoile.

Enfin, nous observons également que la taille des monomères et du paramètre de viscosité turbulente peut avoir une influence sur l’évolution de la porosité et donc de la poussière dans le disque.

Mots clé : disques protoplanétaires, formation planétaire, barrières, poussière, simulations numériques, SPH, porosité, croissance, fragmentation