

Résumé

La formation planétaire débute par l'agglomération de poussières circumstellaires pour former des corps plus gros. Cependant, cette croissance n'est pas entièrement comprise et le modèle standard du scénario d'accrétion fait face à différentes barrières. Plusieurs scénarios ont été proposés pour surmonter ces barrières avec, par exemple, des poussières irrégulières comme des agrégats fractals de grains, au lieu des poussières sphériques compactes qui avaient été étudiés les premières vu la simplicité des modèles. Les télescopes actuels permettent d'observer les disques protoplanétaires en lumière diffusée et d'obtenir ainsi des informations indirectes, mais comment interpréter ces informations pour remonter à la morphologie de ces poussières et comment ces barrières peuvent-elles être dépassées ? Comment faire sans informations directes sur la poussière ? Pour faire avancer ces connaissances, nous proposons des mesures en laboratoire, donc dans des conditions expérimentales contrôlées, afin de réaliser des interprétations à partir des caractéristiques de diffusion d'objets connus.

Au travers de cette thèse, on cherche à fournir des outils réalistes pour interpréter les observations de disques protoplanétaires en mettant à profit des expériences de diffusion en micro-ondes. Des analogues de poussière contrôlés géométriquement et utilisant un indice de réfraction similaire au silicate astronomique, grâce à la fabrication additive, ont été mis à profit. Les dimensions de ces analogues ont été choisies pour conserver le rapport dimension sur longueur d'onde, ce qui permet de reproduire des phénomènes de diffusion similaires aux observations, grâce à l'invariance par changement d'échelle des équations de Maxwell.

Au cours de ma thèse, j'ai étudié différents paramètres caractéristiques tels que la fonction de phase, le degré de polarisation linéaire et d'autres éléments de la matrice de Mueller avec trois morphologies de poussières : des agrégats fractals, et deux familles de grains ayant différents types de rugosité. L'objectif était de comprendre ces différents paramètres et de donner des idées ou des outils qui permettent de mieux appréhender les informations indirectes contenues dans les signaux diffusés.

Les mesures des analogues de poussières ont été effectuées dans la chambre anéchoïque du CCRM et validées avec des simulations numériques. Grâce aux orientations et aux longueurs d'ondes multiples que notre installation permet, deux types d'analyses ont été réalisées avec les trois morphologies : premièrement, celle des paramètres de diffusion moyennés sur plusieurs orientations d'analogues à différentes longueurs d'onde, et deuxièmement, celle des paramètres de diffusion incluant une distribution de taille, de type loi de puissance. Sur la base de ces deux analyses, j'ai pu identifier les propriétés de diffusion caractéristiques de chaque morphologie à l'aide de leurs paramètres de diffusion. J'ai identifié les changements des paramètres de dif-

fusion entre différents objets d'une morphologie donnée et aussi entre les différentes morphologies. Je les ai aussi comparées aux paramètres de diffusion de morphologies similaires trouvés dans la littérature, vérifiant ainsi la cohérence de nos résultats.

Nos résultats ont prouvé que le contrôle de la géométrie, de l'indice de réfraction et de l'orientation de nos analogues est essentiel pour interpréter leurs propriétés de diffusion, fournissant des mesures de diffusion uniques grâce à notre expérience micro-ondes au CCRM et à la fabrication additive. De plus, ces résultats suggèrent que les porosités de nos agrégats et la rugosité de nos grains compacts affectent clairement et de manière spécifique leurs propriétés de diffusion. Par ailleurs, j'ai montré l'intérêt de poursuivre le développement instrumental des télescopes pour obtenir plus que l'intensité totale diffusée (fonction de phase) et le degré de polarisation linéaire. En effet, les autres paramètres de diffusion peuvent donner plus d'indices sur la morphologie des poussières des disques protoplanétaires. Enfin, je propose d'augmenter la taille des analogues et de tester d'autres indices de réfraction qui existent dans les disques, afin d'obtenir des paramètres de diffusion plus proches des observations. Il serait également intéressant d'effectuer des mesures plus proches de la rétrodiffusion.

Mots clés: Poussière protoplanétaire, diffusion, analogie micro-onde, analogues, agrégats fractals, grains, chondres, inclusion réfractaire, fonction de phase, degré de polarisation linéaire, éléments de la matrice de Mueller.