

Modéliser la neige de fer dans les intérieurs planétaires : sédimentation de nuages particulaires en milieux statique et tournant

Quentin Kriaa, Benjamin Favier & Michaël Le Bars

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, IRPHE, Marseille, 13013, France
quentin.kriaa@univ-amu.fr

De petites planètes telluriques comme Mercure ou Ganymède – un satellite naturel de Jupiter – génèrent leur propre champ magnétique, vraisemblablement par dynamo au sein d’un noyau riche en fer liquide. Les mouvements alimentant la dynamo proviendraient d’une neige de flocons de fer pur solide, chutant depuis la périphérie vers le centre du noyau liquide. Comprendre cette dynamo nécessite de modéliser la neige avant la fonte [1] et de déterminer si la dynamique collective des flocons peut produire un écoulement macroscopique alimentant la dynamo. Expérimentalement, nous modélisons la neige par des billes de verre sphériques lâchées depuis un état de repos dans une cuve d’eau douce, ce qui permet d’étudier la turbulence générée par la chute des billes, ainsi que la rétroaction de cette turbulence sur leurs trajectoires. L’acquisition simultanée par deux caméras permet de suivre les billes de façon lagrangienne, ainsi que l’écoulement turbulent par PIV ou avec rhodamine (fig. 1). Enfin les expériences sont menées sur table tournante pour inclure les effets de rotation planétaire sur la dynamique des particules.

Dans le cadre du modèle classique de Morton [2], la dynamique des nuages de particules est étudiée de façon systématique pour une même anomalie de densité initiale, en fonction de la taille des particules et du taux de rotation de la table tournante. En milieu statique, le couplage inertiel fluide-particules, ainsi que les effets collectifs dus aux interactions hydrodynamiques entre particules, augmentent notablement la capacité des nuages à croître par entraînement turbulent du fluide environnant. Par la suite, une transition s’opère dans la cinématique du nuage suite à un découplage inertiel entre fluide et particules (fig. 1). La rotation, quant à elle, inhibe le couplage inertiel, et une nouvelle transition s’opère par enroulement des nuages particulaires en colonnes tourbillonnaires. Ces diverses transitions séparent différents régimes de neige, parmi lesquels les flocons pourraient produire un écoulement turbulent de grande échelle.

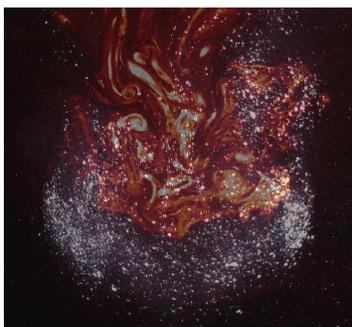


Figure 1. Découplage entre la turbulence (orange) et des billes de rayon moyen $\bar{r}_p = 64\mu m$ (en blanc) en statique.

Références

1. T. RUCKRIEMEN, D. BREUER, & T. SPOHN, The Fe snow regime in Ganymede’s core : A deep-seated dynamo below a stable snow zone, *J. Geophys. Res. Planets*, **120**(6), 1095–1118 (2015).
2. B. R. MORTON, G. I. TAYLOR & J. S. TURNER, Turbulent Gravitational Convection from Maintained and Instantaneous Sources, *Proc. R. Soc. Lond. A*, **234**, 1–23 (1956).