
Chemically stratified layer in the ocean of Ganymede: formation and signatures in observations of the future JUICE mission

Mathis Pinceloup^{*1}, Mathieu Bouffard¹, Steven Vance², Mohit Melwani², and Marshall Styczinski²

¹Laboratoire de Planétologie et Géosciences [UMR6112] –
– Université d'Angers, Institut National des Sciences de l'Univers, Centre National de la Recherche Scientifique, Nantes
UMR6112, Institut National des Sciences de l'Univers :
UMR6112, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6112 – France

²Jet Propulsion Laboratory – États-Unis

Résumé

Les lunes glacées sont désormais la cible de missions d'exploration avancées (JUICE vers Ganymède, EuropaCLIPPER vers Europa, DragonFly vers Titan) pour répondre à la question de l'existence potentielle de la vie extraterrestre dans le Système Solaire. La présence de couches chimiquement stratifiées dans les océans de ces lunes pourrait avoir un impact majeur sur leur dynamique, leurs évolutions thermique et chimique et donc sur leur habitabilité. En effet, de telles couches - qui peuvent être formées par un apport d'eau salée plus dense à la base de l'océan provenant de la couche de glace haute pression - inhibent la convection océanique, ce qui limite le transport chimique et thermique. Il est donc crucial de comprendre comment ces couches se forment et quelles signatures spécifiques elles peuvent laisser dans les observations géophysiques des futures missions spatiales. Cette étude expose une méthodologie complète pour interpréter les futures observations de la mission JUICE à partir de simulations numériques et de contraintes a priori sur l'océan Ganymédien.

Avec le code PARODY, j'ai réalisé des simulations numériques 3-D de l'océan de Ganymède en rotation en imposant une convection de Rayleigh-Bénard et un flux constant de sels ou une composition fixe à la base de l'océan. Deux régimes ont été obtenus en variant les nombres de Rayleigh chimique et de Schmidt. Dans le premier, les sels sont entraînés et mélangés dans la région convective. Dans le second, l'entraînement est trop faible et une couche chimiquement stratifiée se développe, remplissant l'entièreté de l'océan.

L'extrapolation à Ganymède est limitée par le manque de données dans la littérature mais suggère l'existence actuelle d'une couche chimiquement stratifiée à la base de l'océan d'une épaisseur proche de 30 km. En considérant différentes stratifications dans l'océan de Ganymède dans les codes PlanetProfile et ForcedTides, je montre que des signatures de couches stratifiées pourraient potentiellement être détectées dans le champ de gravité, le champ magnétique induit et la déformation de marées. Le problème de l'unicité des observations individuelles incite à envisager une inversion conjointe des données collectées par la mission JUICE pour contraindre l'existence et les propriétés des couches stratifiées océaniques.

*Intervenant

Mots-Clés: convection océanique, couche chimiquement stratifiée, habitabilité, Ganymède, JUICE