

Entraînement magnétique des océans dans les lunes de Jupiter

Christophe Gissinger¹ & Ludovic Petitdemange²

¹ Laboratoire de Physique Statistique - Ecole Normale Supérieure. 24 rue Lhomond, 75005 Paris.

² Laboratoire de Radioastronomie - Ecole Normale Supérieure. 24 rue Lhomond, 75005 Paris.

`christophe.gissinger@lps.ens.fr`

Depuis quelques années, les observations issues des missions spatiales, notamment celles du satellite Galileo, suggèrent que la plupart des mondes océaniques du système solaire recèlent un océan d'eau salée situé sous la surface solide de ces planètes. Des preuves de l'existence de tels océans souterrains ont été trouvées notamment sur Encelade, Ganymède, Callisto et Europe. Plus récemment, le télescope Hubble a permis d'observer de la vapeur d'eau émergeant du pôle sud d'Europe, confirmant la présence d'un océan d'eau salée sous la surface gelée de cette lune jovienne.

L'hydrodynamique de ces océans souterrains étant quasiment inconnue, ces observations ont soulevé de nombreuses questions concernant, par exemple, le type de mouvements océaniques engendrés sous la glace, ou encore le mécanisme qui maintient l'eau à l'état liquide. A l'aide de simulations numériques directes de l'océan d'Europe et de comparaisons avec les données du satellite Galileo, nous montrons que certaines lunes de Jupiter se comportent en fait comme de gigantesques pompes électromagnétiques : la rotation de l'immense champ magnétique de la planète mère exerce une force électromagnétique considérable sur l'océan, ce qui induit un jet océanique d'une amplitude comparable à celle du Golf Stream sur Terre. Cette modélisation numérique fournit également une contrainte sur la salinité et l'épaisseur de l'océan considéré. Un modèle théorique simple nous permet de faire des prédictions similaires pour plusieurs lunes de Jupiter.

En outre, les courants électriques induits par ce champ tournant produisent un chauffage par effet Joule, suffisamment fort pour contribuer à maintenir l'eau souterraine à l'état liquide. Nous montrons ainsi que les mouvements océaniques sont principalement générés à l'équateur, tandis que le chauffage ohmique est significativement plus fort aux pôles. Cela fournit une explication simple à la présence a priori paradoxale de fractures géologiques à l'équateur, alors que les panaches de vapeur s'observent, eux, aux pôles.

Références

1. Gissinger C. and Petitdemange L., Magnetically-driven oceans in Jovian moons, *submitted* (2018)
2. Kivelson, M. G., Khurana, K. K., Russell C. T., Volwerk, M., Walker, R. J. and Zimmer, C. Galileo magnetometer measurements strengthen the case for a subsurface ocean at Europa, *Science* **289**, 1340-1343 (2000)
3. Roth, L. et al, Transient Water Vapor at Europa's South Pole, *Science* **343**, 171-174 (2014)
4. Spohn, T. and Schubert, G. Oceans in the icy Galilean satellites of Jupiter *Icarus* **161**, 456-467 (2003).
5. Soderlund, K. M., Schmidt, B. E., Wicht, J. and Blankenship, D. D. Ocean-driven heating of Europa's icy shell at low latitudes, *Nature Geoscience* **7**, 16-19 (2014)
6. Ross, M. and Schubert, G. Tidal heating in an internal ocean model of Europa. *Nature* **325**, (1986).
7. Schilling, N, Neubauer F.M., Saur, J. Time-varying interaction of Europa with the jovian magnetosphere : Constraints on the conductivity of Europa's subsurface ocean, *Icarus* **192** 41-55 (2007)