

Dynamo de marées

Cebbron D., Le Bars M., Le Gal P., & Maubert P.

IRPHE - UMR 6594 Technopôle de Château-Gombert 49, rue Joliot Curie - B.P. 146
13384 Marseille Cedex 13, France
cebron@irphe.univ-mrs.fr

De nombreux objets astrophysiques (planètes, étoiles, galaxies...) possèdent un champ magnétique. Dès 1919, Larmor propose que ces champs magnétiques apparaissent spontanément par effet dynamo ayant pour source les mouvements d'un fluide conducteur. Un certain nombre d'écoulements modèles montrent la réalité de l'effet dynamo mais seuls deux types de forçage ont effectivement été identifiés comme capables de générer une dynamo dans les corps célestes : (i) la convection thermo-solutale, probablement responsable du champ terrestre actuel, et (ii) l'instabilité de précession. Depuis les années 70, deux autres candidats ont été proposés, sans confirmation jusqu'à présent : il s'agit de (iii) l'écoulement issu des libérations des corps célestes et (iv) l'écoulement généré par l'instabilité elliptique. C'est ce dernier cas qui nous intéresse ici.

L'instabilité elliptique (ou instabilité de marées) correspond à la déstabilisation tridimensionnelle d'écoulements tournants bidimensionnels dont les lignes de courant sont elliptiques (cf. [3]). C'est une instabilité générique qui intervient dans de nombreux systèmes naturels ou industriels. Sa présence est ainsi suggérée dans les noyaux liquides des planètes ([4],[1],[2]) et les étoiles doubles ([5]) déformés elliptiquement par les marées gravitationnelles.

Jusqu'à présent, les calculs de dynamos stellaires ou planétaires, très exigeants du point de vue numérique, sont menés en supposant une symétrie sphérique ou sphéroïdale des corps considérés, ce qui élimine de fait l'éventualité d'une instabilité elliptique. Cette approximation peut paraître justifiée en raison de la faible amplitude des déformations de marées. Toutefois, l'instabilité elliptique provenant d'un mécanisme de résonance paramétrique, même une infime déformation peut modifier complètement l'écoulement. Nous avons donc cherché à quantifier son influence en développant notamment les premiers calculs numériques de magnétohydrodynamique dans un ellipsoïde triaxial. Dans un premier temps, l'interaction de l'instabilité elliptique et d'un champ magnétique imposé a été étudiée par notre équipe d'un point de vue théorique, expérimental et numérique. En prenant comme exemple la lune Io, nous avons ainsi démontré l'induction d'un champ magnétique par instabilité elliptique à partir du champ de Jupiter. Puis, dans un second temps, notre approche numérique a confirmé la possibilité d'une dynamo de marées, validant ainsi ce mécanisme comme source possible de champ magnétique dans les étoiles et les planètes.

Références

1. Arkani-Hamed, J., 2009. Did tidal deformation power the core dynamo of Mars? *Icarus*, 201, 1, pp. 31-43.
2. Cebbron, D., Le Bars, M., Leontini, J., Maubert, P., Le Gal, P., 2010. A systematic numerical study of the tidal instability in a rotating ellipsoid. Submitted.
3. Kerswell, R. R., 2002. Elliptical instability. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 34, 83-113.
4. Kerswell, R. R., Malkus, W. V. R., 1998. Tidal instability as the source for Io's magnetic signature. *Geophys. Res. Lett.* 25, 603-6.
5. Le Bars, M., Lacaze, M., Le Dizès, S., Le Gal, P., Rieutord, M., 2010. Tidal instability in stellar and planetary binary system. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 178, 48-55.