

Étude théorique d'ondes de Rossby thermiques non linéaires en géométrie sphérique : influence du mode de chauffage

Lebranchu Yannick¹, Plaut Emmanuel¹, Simatev Radostin², & Busse Friedrich³

¹ LEMTA, INPL-UHP-CNRS, 2, avenue de la forêt de Haye, 54 516 Vandœuvre-lès-Nancy cédex

² Department of Mathematics, University of Glasgow, Glasgow G12 8QW, Royaume Uni

³ Institute of Physics, University of Bayreuth, 95 440 Bayreuth, Allemagne

yannick.lebranchu@ensem.inpl-nancy.fr

Les ondes de Rossby thermiques constituent un exemple intéressant d'ondes apparaissant par instabilités thermoconvectives dans un noyau planétaire liquide, entre la graine centrale solide et chaude et le manteau externe solide et relativement froid. Des écoulements similaires à ceux engendrés par ces ondes ont des conséquences importantes, comme la génération du champ magnétique terrestre par effets magnétohydrodynamiques dans le cas du noyau terrestre. Des modes moyens de vitesse ou « écoulements zonaux » résultant d'effets non linéaires y introduisent une rotation différentielle qui jouerait un rôle important dans la dynamo par effet Ω . En l'absence d'effets magnétohydrodynamiques, malgré de nombreuses approximations, telles que l'usage de diffusivités turbulentes, les approximations de Boussinesq, etc..., les modèles 3D complets [1] ne permettent, du fait de leur lourdeur, qu'une exploration lente et partielle de l'espace des paramètres. La contrainte de Proudman-Taylor implique que l'écoulement près du seuil de convection doit être essentiellement 2D. [2] a ainsi proposé de développer des modèles quasi géostrophiques 2D reposant sur une intégration par rapport à la coordonnée axiale. Ils furent posés dans une géométrie si simplifiée que tous les modes de chauffage se confondaient. Une géométrie sphérique avec ses différents modes de chauffage fut considérée plus récemment [3,4,5]. Le chauffage interne résulte de la désintégration d'éléments radioactifs dans le noyau, et le chauffage externe de l'absence de tels éléments. Un modèle mixte serait pertinent pour le noyau terrestre [6]. [3] n'a considéré que le chauffage interne en incluant plus tard les effets de pompage d'Ekman, alors que [4] et [5] considèrent juste le mode de chauffage externe. Nous présenterons deux modèles quasi géostrophiques, en chauffage interne et externe, ainsi qu'une comparaison systématique à de nouveaux résultats 3D du code de thermoconvection de [1]. En régime non linéaire, les ondes créent des modes moyens de vitesse et de température qui jouent un rôle important pour la saturation/l'antisaturation des ondes. Un calcul faiblement non linéaire systématique nous donne les paramètres non linéaires de la bifurcation pour une large gamme de valeurs des paramètres de contrôle. La rétroaction de l'écoulement zonal rend la bifurcation sous-critique à bas Ekman en chauffage interne et à bas Ekman et Prandtl en chauffage externe. Ceci contredit l'interprétation suggérée par [5] liant la sous-criticité à l'existence d'un désaccord entre les Rayleigh critiques prédits par les théories asymptotiques locale et globale, car ce désaccord n'existe pas en chauffage externe. C'est une contribution thermique au coefficient de saturation qui élargit le domaine sous-critique en chauffage interne.

Références

1. R. SIMITEV & F. H. BUSSE, Patterns of convection in rotating spherical shells, *New J. Phys.*, **5**, 1 (2003).
2. F. H. BUSSE, Thermal instabilities in rapidly rotating systems, *J. Fluid Mech.*, **44**, 441 (1970).
3. V. MORIN & E. DORMY, Time dependent β -convection in rapidly rotating spherical shells, *Phys. Fluids*, **16**, 1603 (2004) ; Dissipation mechanisms for convection in rapidly rotating spheres and the formation of banded structures, *Phys. Fluids*, **18**, 68014 (2006).
4. J. AUBERT, N. GILLET & P. CARDIN, Quasi-geostrophic models of convection in rotating spherical shells, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **4**, (2003).
5. N. GILLET & C. A. JONES, The quasi-geostrophic model for rapidly rotating spherical convection outside the tangent cylinder, *J. Fluid Mech.*, **554**, 343 (2006).
6. K. M. LEE, G. STEINLE-NEUMANN & R. JEANLOZ, Ab-initio high-pressure alloying of iron and potassium : implications for the Earth's core, *Geophys. Res. Lett.*, **31**, 11603 (2004).