

Mise en évidence expérimentale d'une hystérésis entre deux régimes de jets zonaux : une résonance d'ondes de Rossby

Daphné Lemasquerier, Benjamin Favier & Michael Le Bars

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, IRPHE, Marseille, 13013, France
lemasquerier.pro@protonmail.com

Les jets zonaux sont d'intenses courants est-ouest observés notamment sur Jupiter où ils sont responsables de la zonation des nuages. Le couplage de ces structures grande-échelle, de dynamique lente, avec la turbulence à petite échelle reste aujourd'hui mal compris, et nous proposons de l'étudier expérimentalement. Nous utilisons une cuve cylindrique d'un mètre de diamètre, remplie d'eau, en rotation rapide. Sous l'effet de la rotation, la surface libre devient paraboloidale. La variation de la hauteur d'eau avec le rayon est alors analogue à la variation latitudinale de la force de Coriolis due à la sphéricité de la planète (effet- β topographique). Nous ajoutons un fond sculpté à la base de la cuve pour que l'effet- β soit spatialement uniforme. Enfin, nous forçons un écoulement à petite échelle en établissant une circulation d'eau à travers 128 points d'injection et d'aspiration équidistants, distribués en alternance le long de six couronnes.

Nos mesures de vélocimétrie par image de particules montrent que l'écoulement s'organise spontanément en de multiples jets zonaux instantanés, progrades et rétrogrades. Nous identifions une bifurcation entre deux régimes de jets (figure 1). Dans le premier régime, obtenu à faible amplitude de forçage, les jets sont stationnaires, de faible intensité, et localement forcés par les tensions de Reynolds émanant de notre forçage. Dans le second régime, à haute amplitude de forçage, les jets sont beaucoup plus intenses et s'équilibrent à une échelle plus grande que celle du forçage. Pour une gamme de forçage intermédiaire, les deux régimes coexistent, ce qui démontre une bistabilité. Une modélisation théorique, basée sur l'approximation quasi-géostrophique, montre que cette transition et l'hystérésis associée résultent d'une résonance entre les ondes de Rossby forcées et l'écoulement zonal qu'elles génèrent [1]. Ces résultats soulignent l'importance du couplage non linéaire entre ondes et écoulement zonal dans la dynamique finale des jets.

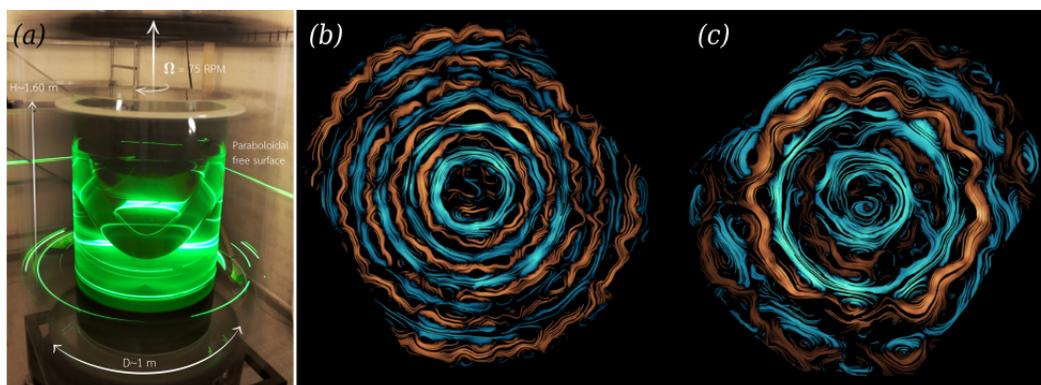


Figure 1. (a) Dispositif expérimental. (b) Régime I (faible amplitude de forçage). (c) Régime II (haute amplitude de forçage). Les lignes de courant sont tracées à partir des champs de vitesse mesurés expérimentalement, quand le système a atteint un état stationnaire. L'échelle de couleur représente la vitesse azimutale (rouge : prograde, bleu : rétrograde) et atteint ± 0.8 cm/s pour le régime I, et ± 4.0 cm/s pour le régime II.

Références

1. D. LEMASQUERIER, B. FAVIER & M. LE BARS, Zonal jets at the laboratory scale : hysteresis and Rossby waves resonance, *Journal of Fluid Mechanics*, **910**, A18 (2021).