

Oscillation quasi-biennale : expériences de laboratoire

Benoît Semin¹, Giulio Facchini¹, François Pétrélis¹, & Stephan Fauve¹

Laboratoire de Physique Statistique, Ecole Normale Supérieure, UPMC Univ Paris 06, Université Paris Diderot, CNRS, 24 rue Lhomond, 75005 Paris, France

`benoit.semin@lps.ens.fr`

L'oscillation quasi-biennale est une oscillation du vent dans la basse stratosphère (16-50 km) [?]. La vitesse associée à ce vent vaut 20 m.s^{-1} , sa direction est parallèle à l'équateur et elle décroît rapidement lorsque la distance à l'équateur augmente. La période moyenne vaut environ 28 mois, et n'est pas liée de manière directe au cycle annuel. Il est admis que ce vent moyen est créé par les ondes atmosphériques, et notamment les ondes internes de gravité, qui se propagent dans la stratosphère et sont susceptibles de transférer leur quantité de mouvement à un écoulement moyen. L'écoulement moyen modifie la propagation des ondes, et cette rétroaction induit le renversement périodique de celui-ci. Nous avons mis en place une expérience de laboratoire qui reproduit ce phénomène.

Le dispositif expérimental est inspiré de ceux de Plumb et McEwan [?] et d'Otobe et al.[?]. Dans notre dispositif, un fluide linéairement stratifié en densité (eau salée, fréquence de Brunt-Väisälä $N = 1,5 \text{ s}^{-1}$) est contenu entre deux cylindres transparents, de diamètres respectif 400 mm et 600 mm et de hauteur totale 500 mm. Une couronne divisée en 16 portions est placée en haut du fluide. À chaque portion de la couronne est attachée une membrane flexible en silicone. Chaque membrane peut être déplacée de manière indépendante par un moteur pas à pas, ce qui permet d'engendrer des ondes internes dans le fluide. Le forçage consiste en une oscillation sinusoïdale de la position de chaque membrane, qui oscille en opposition de phase avec ses 2 voisines. La période typique du forçage est 17 s (pulsation $\omega = 0,37 \text{ rad.s}^{-1}$) et l'amplitude typique vaut 30 mm pic à pic. Le fluide est ensemené de particules dont la distribution de densité couvre celle du fluide utilisé. Le mouvement du fluide est mesuré en filmant les particules éclairées par une nappe laser placée perpendiculairement aux rayons des cylindres. Le champ d'onde et l'écoulement moyen sont reconstruits par un algorithme de suivi de particules.

Nous avons observé que pour les faibles amplitudes de forçage, la trajectoire des particules est périodique. La structure du champ de vitesse correspond bien à celui attendu pour des ondes internes de gravité. Lorsque l'amplitude du forçage dépasse une valeur seuil, il apparaît spontanément une brisure de symétrie dans la trajectoire des particules de fluide. La vitesse d'une particule, moyennée sur une période, n'est pas nulle. Cet écoulement moyen n'est pas uniforme en hauteur, et son sens change entre le haut et le bas de la cuve. Le point où le sens de l'écoulement moyen s'annule et change de signe se déplace vers le haut au cours du temps, c'est-à-dire vers la zone où sont engendrées les ondes. Lorsque ce point atteint cette zone, un nouveau point de changement de signe apparaît dans le bas de la cuve. Cette structure est similaire à celle du vent de l'oscillation quasi-biennale atmosphérique. À une hauteur donnée, l'écoulement moyen change ainsi de signe périodiquement, avec une période très grande devant la période des ondes (5000 s). La fréquence de ces renversements augmente avec l'amplitude du forçage.

Références

1. M. Baldwin et al. *The quasi-biennial oscillation*. Rev. Geophys., **39** 179-229 (2001)
2. R. Plumb and A. McEwan *The instability of a forced standing wave in a viscous stratified fluid : a laboratory analogue of the quasi-biennial oscillation*. J. Atmos. Sci., **35** 1827-1839 (1978)
3. N. Otobe, S. Sakai, S. Yoden and M. Shiotani *Visualization and WKB analysis of the internal gravity wave in the QBO experiment*. Nagare : Japan Soc. Fluid Mech., **17** (1998)