

## Une expérience modèle de l'oscillation quasi-biennale

Benoît Semin<sup>1</sup>, Giulio Facchini<sup>1</sup>, François Pétrélis<sup>1</sup> & Stephan Fauve<sup>1</sup>

Laboratoire de Physique Statistique, École 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) [1]. La vitesse associée à ce vent vaut  $20 \text{ m.s}^{-1}$ , 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, qui est inspirée de celles de Plumb et McEwan [2] et d'Otobe et al.[3]. 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 400 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, qui peut être déplacée verticalement de manière à engendrer des ondes internes dans le fluide. Le forçage consiste en une oscillation sinusoïdale de la hauteur de chaque membrane, qui oscille en opposition de phase avec ses 2 voisines : les ondes internes ainsi engendrées sont stationnaires dans la direction azimutale. La période typique du forçage est  $T = 15 \text{ s}$  (pulsation  $\omega = 0,42 \text{ rad.s}^{-1}$ ) et l'amplitude typique vaut  $M = 12 \text{ mm}$ . Le fluide estensemé de particules, et le champ de vitesse est mesuré par suivi de particules.

Pour de faibles amplitude du forçage  $M$ , la vitesse en un point oscille à la période  $T$  avec une vitesse moyenne nulle. Au-dessus d'une valeur seuil de l'amplitude du forçage ( $M \sim 11 \text{ mm}$ ), la vitesse en un point donné oscille toujours avec une période  $T$  mais la valeur moyenne de la vitesse est non-nulle : l'écoulement ne possède plus la symétrie du forçage. Il apparaît un écoulement moyen azimutal, qui est le même pour tous les points situés à la même hauteur. La vitesse moyenne typique est de l'ordre de 50% de la vitesse maximale des ondes. À une hauteur donnée, l'écoulement moyen est lui aussi oscillant, avec une période  $T_{\text{em}}$  très grande devant la période  $T$  de forçage (typiquement  $T_{\text{mf}} \sim 7000 \text{ s}$  pour  $T = 15 \text{ s}$ ). La structure spatio-temporelle de l'oscillation est semblable à celle de l'oscillation quasi-biennale atmosphérique : le signe de l'écoulement moyen n'est pas le même en haut et en bas de la cuve, et le point où l'écoulement moyen s'annule se déplace vers la zone de forçage.

La période de l'oscillation de l'écoulement moyen  $T_{\text{em}}$  diminue légèrement lorsque l'amplitude du forçage augmente. Cette période  $T_{\text{em}}$  est très sensible à la période du forçage : quand  $T$  vaut 17 s au lieu de 15s,  $T_{\text{mf}}$  décroît à 3 500 s. Cela contraste avec l'oscillation quasi-biennale atmosphérique, dont la période est plutôt bien définie. Une prochaine étape sera d'étudier le cas d'un forçage bruité, plus proche du cas de l'atmosphère.

## 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)