

## 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]. Ce vent est dirigé parallèlement à l'équateur, il décroît rapidement lorsque la distance à l'équateur augmente, et sa vitesse vaut environ  $20 \text{ m.s}^{-1}$ . La période moyenne vaut environ 28 mois, et n'est pas liée de manière directe au cycle annuel. Deux ingrédients sont nécessaires pour expliquer cette oscillation : la génération d'un écoulement moyen par les ondes internes de gravité qui se propagent dans la stratosphère, et la rétroaction de cet écoulement moyen sur les ondes.

Nous avons mis en place une expérience de laboratoire qui reproduit ce phénomène, 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. Le fluide est ensemené de particules, et le champ de vitesse est mesuré par vélocimétrie par images de particules.

En haut du fluide se trouve une couronne divisée en 16 portions. Une membrane flexible est attachée à chaque portion, et oscille verticalement de manière sinusoïdale de manière à engendrer des ondes internes, avec une amplitude  $M \in [1; 15]$  mm et une période  $T \in [15; 40]$  s. Deux types de forçages sont utilisés : un forçage où deux membranes successives sont déphasées de  $\varphi = \pi/2$ , ce qui permet d'engendrer une onde interne progressive dans la direction azimutale, et un forçage où deux membranes successives sont en opposition de phase, ce qui permet d'engendrer une onde interne stationnaire dans la direction azimutale. Le premier cas est le forçage le plus simple, et le second est le plus simple qui reproduit l'oscillation quasi-biennale.

Dans le premier cas ( $\varphi = \pi/2$ ), l'écoulement moyen, c'est-à-dire l'écoulement moyenné sur une période  $T$ , est toujours non nul et tend vers une valeur stationnaire. Pour les faibles amplitudes du forçage, l'amplitude de l'onde est proportionnelle à  $M$  et l'écoulement moyen est proportionnel à  $M^2$ . Ensuite, ces quantités augmentent nettement moins fortement avec  $M$ , à cause de la rétroaction de l'écoulement moyen sur l'onde. Comme l'établissement de l'écoulement moyen est lent comparé à la période de l'onde, il est aussi possible de mettre en évidence cette rétroaction en mesurant la diminution de l'amplitude de l'onde lorsque l'écoulement moyen s'établit.

Dans le second cas ( $\varphi = \pi$ ), l'écoulement moyen n'apparaît qu'au-dessus d'une valeur seuil de l'amplitude du forçage ( $M \sim 11$  mm). Dès que l'amplitude est supérieure de 1 mm à l'amplitude seuil, la vitesse moyenne est de l'ordre de 50% de la vitesse maximale des ondes, et la rétroaction de l'écoulement moyen sur l'onde est forte. L'écoulement moyen à une hauteur donnée est toujours oscillant, avec une période  $T_{\text{em}}$  très grande devant la période  $T$  de forçage (typiquement  $T_{\text{em}} \sim 7000$  s pour  $T = 15$  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. 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)