



Institut de physique

Actualités scientifiques

Reproduire un phénomène de la stratosphère en laboratoire

Décembre 2018

Des physiciens ont créé un dispositif expérimental capable de reproduire à petite échelle l'oscillation quasi-biennale de la stratosphère équatoriale. Il s'agit d'un exemple rare d'étude expérimentale d'un phénomène climatique, domaine où l'on dispose surtout de simulations numériques.

La plupart des phénomènes périodiques climatiques ont une période liée à un forçage astrophysique. Par exemple, le cycle des saisons dure un an parce que cela correspond à la durée d'une révolution terrestre autour du soleil. Toutefois, un phénomène est célèbre pour ne pas s'y plier : l'oscillation quasi-biennale (QBO). Il s'agit d'un renversement du sens du vent dominant est-ouest dans la stratosphère équatoriale, qui oscille avec une période d'environ 28 mois. L'oscillation quasi-biennale a une influence sur les ouragans en Amérique du Nord et sur le climat hivernal en Europe. Elle tire son énergie d'ondes dans la stratosphère, en particulier des ondes internes de gravité (analogues aux vagues dans l'océan), qui engendrent un écoulement moyen correspondant au vent observé.

Ce phénomène atmosphérique atypique demande des conditions particulières qu'il est difficile de recréer en laboratoire. Deux expériences (1978 et 1998) ont réussi à reproduire qualitativement le phénomène, mais il manquait une étude quantitative du mécanisme sous-jacent. Alors qu'une anomalie a récemment été détectée dans l'oscillation (en 2015-2016), il est d'autant plus précieux d'adjoindre aux modèles de simulation

du climat les rares études expérimentales des phénomènes climatiques.

L'équipe de physique non-linéaire du Laboratoire de physique statistique de l'ENS (LPS, CNRS/ENS Paris/Univ. Paris Diderot/Sorbonne Université) a construit une expérience consistant à placer un fluide stratifié en densité entre deux cylindres concentriques (diamètre et hauteur de l'ordre de 0,5 m). Le fluide, de l'eau salée, a ainsi une masse volumique plus faible en haut qu'en bas, situation analogue à celle observée dans la stratosphère. Des ondes internes sont forcées dans le liquide, grâce à un système de 16 membranes oscillantes au contact de la surface de l'eau.

Grâce à cette expérience, les chercheurs ont montré que si l'amplitude du mouvement des membranes (et donc celle des ondes émises) est suffisante, ces ondes de période courte (15 s) engendrent un écoulement moyen qui se renverse avec une période beaucoup plus longue (de l'ordre de 3 000 s).

L'étude publiée dans *Physical Review Letters* est la première à détailler la nature de la bifurcation, c'est-à-dire la manière suivant laquelle on passe d'un état sans écoulement moyen (à faible amplitude de forçage) à un état où l'écoulement moyen est non nul (à forte amplitude de forçage). Suivant le mécanisme dominant de dissipation des ondes, le scénario est différent : la transition d'un état avec un fort écoulement moyen à un état sans écoulement peut se faire de manière brutale ou continue.

Cette étude sur un système modèle montre que différents scénarios d'évolution de l'oscillation quasi-biennale sont possibles ; scénarios qui pourraient permettre une meilleure compréhension des phénomènes climatiques. Cette approche s'appliquerait également à l'étude d'oscillations comparables au QBO se produisant dans l'atmosphère des planètes géantes comme Saturne ou Jupiter, ou encore à l'intérieur des étoiles.

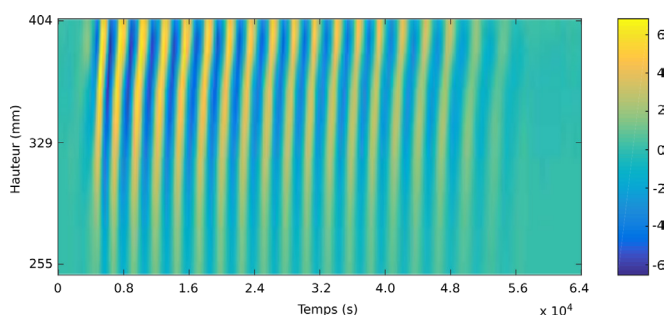


Diagramme spatio-temporel montrant l'écoulement moyen d'un liquide pris entre les deux cylindres du dispositif expérimental (hauteur 404 mm), soumis à des ondes de forçage. La couleur correspond à la vitesse de l'écoulement moyen (en mm/s). On observe qu'il s'inverse toutes les 3000 secondes, une période bien supérieure à celle des ondes de forçage (15 s). © 2018 American Physical Society

En savoir plus

Nonlinear saturation of the large scale flow in a laboratory model of the quasi-biennial oscillation

B. Semin, N. Garroum, F. Pétrélis et S. Fauve
Physical Review Letters, 121, 134502 (2018)

Contact chercheur

Benoit Semin, chargé de recherche au CNRS

Informations complémentaires

Laboratoire de physique statistique de l'ENS (LPS, CNRS/ENS Paris/Univ. Paris Diderot/Sorbonne Université)

cnrs

www.cnrs.fr

Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie
3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16
T 01 44 96 42 53
inp.com@cnrs.fr
www.cnrs.fr/inp

Illustration du bandeau : © Cyril FRESILLON / Daumet / CNRS Photothèque