
Spatio-Temporal Variability in a Mid-Latitude Ocean Basin Subject to Periodic Wind Forcing

L. Sushama^{1, 2, *}, M. Ghil^{3, 4} and K. Ide³

¹*Ouranos Consortium*

550 Sherbrooke West, 19th Floor, West Tower Montréal QC H3A 1B9

²*Department of Earth and Atmospheric Sciences*

University of Québec at Montréal, Montréal

³*Department of Atmospheric and Oceanic Sciences and Institute of Geophysics and Planetary Physics*

University of California, Los Angeles, USA

⁴*Département Terre-Atmosphère-Océan and Laboratoire de Météorologie Dynamique (CNRS and IPSL)*

Ecole Normale Supérieure, Paris, France

[Original manuscript received 23 January 2006; accepted 21 August 2007]

ABSTRACT *The mid-latitude ocean's response to time-dependent zonal wind-stress forcing is studied using a reduced-gravity, 1.5-layer, shallow-water model in two rectangular ocean basins of different sizes. The small basin is 1000 km × 2000 km and the larger one is 3000 km × 2010 km; the aspect ratio of the larger basin is quite similar to that of the North Atlantic between 20°N and 60°N. The parameter dependence of the model solutions and their spatio-temporal variability subject to time-independent wind stress forcing serve as the reference against which the results for time-dependent forcing are compared.*

For the time-dependent forcing case, three zonal-wind profiles that mimic the seasonal cycle are considered in this study: (1) a fixed-profile wind-stress forcing with periodically varying intensity; (2) a wind-stress profile with fixed intensity, but north–south migration of the mid-latitude westerly wind maximum; and (3) a north–south migrating profile with periodically varying intensity. Results of the small-basin simulations show the intrinsic variability found for time-independent forcing to persist when the intensity of the wind forcing varies periodically. It thus appears that the physics behind the upper ocean's variability is mainly controlled by internal dynamics, although the solutions' spatial patterns are now more complex, due to the interaction between the external and internal modes of variability. The north–south migration of wind forcing, however, does inhibit the inertial recirculation; its suppression increases with the amplitude of north–south migration in the wind-stress forcing.

Model solutions in the larger rectangular basin and at smaller viscosity exhibit more realistic recirculation gyres, with a small meridional-to-zonal aspect ratio, and an elongated eastward jet; the low-frequency variability of these solutions is dominated by periodicities of 14 and 6–7 years. Simulations performed in this setting with a wind-stress profile that involves seasonal variations of realistic amplitude in both the intensity and the position of the atmospheric jet show the seven-year periodicity in the oceanic circulation to be robust. The intrinsic variability is reinforced by the periodic variations in the jet's intensity and weakened by periodic variations in the meridional position; the two effects cancel, roughly speaking, thus preserving the overall characteristics of the seven-year mode.

RÉSUMÉ [Traduit par la rédaction] *Nous étudions la réaction de l'océan dans les latitudes moyennes au forçage variable dans le temps de la tension du vent zonal au moyen d'un modèle d'eau peu profonde à gravité réduite, à 1,5 couche, dans deux bassins océaniques de taille différente. Le petit bassin mesure 1000 km × 2000 km et le plus grand mesure 3000 km × 2010 km; le rapport de forme du plus grand bassin est assez semblable à celui de l'Atlantique Nord entre 20°N et 60°N. La dépendance des solutions du modèle à l'égard des paramètres et leur variabilité spatio-temporelle sous un forçage par une tension du vent indépendante du temps servent de référence pour la comparaison des résultats obtenus avec un forçage variable dans le temps.*

Dans le cas du forçage variable dans le temps, nous avons utilisé pour cette étude trois profils de vents zonaux qui émulent le cycle saisonnier : (1) un forçage par la tension du vent à profil fixe avec une intensité variant périodiquement; (2) un profil de tension du vent ayant une intensité fixe mais avec une migration nord–sud du maximum de vents d'ouest des latitudes moyennes; (3) un profil avec une migration nord–sud dans lequel l'intensité varie périodiquement. Les résultats des simulations avec le petit bassin montrent que la variabilité intrinsèque constatée pour le forçage indépendant du temps persiste quand l'intensité du forçage par le vent varie périodiquement. Il apparaît donc que la physique régissant la variabilité de la partie supérieure de l'océan libre est principalement contrôlée par la dynamique interne, bien que les configurations spatiales des solutions soient maintenant plus complexes, à cause de l'interaction entre les modes externe et interne de variabilité. La migration nord–sud du forçage du vent, cependant, empêche la recirculation inertielle; la suppression de

*Corresponding author's e-mail: sushama@sca.uqam.ca

cette dernière augmente à mesure qu'augmente l'amplitude de la migration nord-sud dans le forçage de la tension du vent.

Les solutions du modèle dans le plus grand bassin rectangulaire et à plus faible viscosité montrent des tourbillons de recirculation plus réalistes, avec un petit rapport de forme méridional à zonal et un courant-jet allongé vers l'est; la variabilité de basse fréquence de ces solutions est dominée par des périodicités de 14 et de 6–7 ans. Les simulations effectuées dans ce contexte avec un profil de tension du vent produisant des variations saisonnières d'amplitude réaliste à la fois dans l'intensité et dans la position du courant-jet atmosphérique montrent que la périodicité de 7 ans de la circulation océanique est robuste. La variabilité intrinsèque est renforcée par les variations périodiques de l'intensité du courant-jet et affaiblie par les variations périodiques de la position méridienne : les deux effets s'annulent, de manière générale, ce qui préserve les caractéristiques du mode de sept ans.

NOTE TO USER

For the full text of this article, [click here](#).

AVIS À L'USAGER

Pour le texte intégral de cet article, [cliquez ici](#).