

10ème Congrès Français d'Acoustique

Lyon, 12-16 Avril 2010

Ondes de gravité produites par le passage de l'éclipse du 1^{er} Août 2008

Julien Marty¹, Francis Dalaudier², Damien Ponceau¹, Elisabeth Blanc¹, Ulziiibat Munkhuu³

¹ CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon, France

² LATMOS - IPSL, BP3, 91371 Verrières-le-Buisson, France

³ RCAF, PO Box 152, Ulaanbaatar-51, Mongolia

Les ondes de gravité sont une composante essentielle de la dynamique de l'atmosphère petite échelle à cause de leur capacité à transporter de l'énergie et de la quantité de mouvement sur de très grandes distances. Elles produisent des variations de pression au niveau du sol qui peuvent être détectées par des microbarographes. Dans le but d'estimer les caractéristiques des signaux attendus au niveau du sol, un nouveau modèle linéaire spectral numérique de propagation d'ondes de gravité internes a été développé (Marty and Dalaudier, 2010). Les éclipses solaires sont connues pour agir comme une source temporaire d'ondes de gravité et produire des ondes en lame d'étrave de très grande échelle à la surface de la Terre. La réponse asymptotique à un forçage thermique se déplaçant à vitesse constante ainsi que la réponse transitoire à l'éclipse du 4 Décembre 2002 sont étudiées en utilisant notre modèle. Les résultats sont en bon accord avec les simulations numériques précédentes. Le modèle est ensuite appliqué au cas de l'éclipse du 1er Août 2008. Ces estimations sont comparées aux données des stations infrasons du Système de Surveillance International (SSI) et de stations temporaires spécialement installées pour cette occasion. La validité de la mesure obtenue avec les microbarographes pour l'observation d'ondes aussi basse fréquences est scrupuleusement étudiée. Les variations de pression produites par une éclipse solaire se situent dans une bande de fréquence fortement perturbée par les marées atmosphériques. Ces dernières sont donc caractérisées et ôtées du signal. Une onde basse fréquence commençant juste après le passage de l'éclipse est mise en évidence sur l'ensemble des stations. Sa fréquence et son amplitude sont proches de celle estimée avec notre modèle ce qui suggère fortement que cette onde a été produite par le passage de l'éclipse.

1 Modélisation de la propagation des ondes de gravité

Un modèle linéaire spectral numérique tri-dimensionnel (Marty and Dalaudier, 2010) est proposé pour simuler la propagation de fluctuations d'ondes de gravité internes dans une atmosphère stratifiée à l'équilibre. Le modèle est développé afin d'obtenir des estimations au premier ordre de fluctuations d'ondes de gravité produites par des sources identifiées. Il est basé sur les solutions des équations fondamentales de la dynamique des fluides linéarisées et utilise l'équation de dispersion totalement compressible des ondes d'inertie-gravité.

L'implémentation spectrale exclue les situations impliquant les variations spatiales de la fréquence de Brunt-Väisälä ou du vent moyen. Cependant la stratification de densité est prise en compte dans le calcul de l'amplitude des fluctuations. En plus de la propagation libre de paquets d'ondes de gravité, le modèle peut traiter à la fois les sources impulsives et continues. Il peut prendre en compte l'évolution spatiale et temporelle des sources permettant de couvrir un large domaine de situations physiques.

Le modèle est appliqué au cas du refroidissement de la couche d'ozone durant une éclipse totale de Soleil. La réponse asymptotique à un forçage thermique gaussien se déplaçant à une vitesse constante (Figure 1) ainsi que la réponse transitoire à l'éclipse du 4 Décembre 2002 (Figure 2) sont en bon accord avec les simulations précédentes (Fritts and Luo, 1993 ; Eckermann et al., 2007).

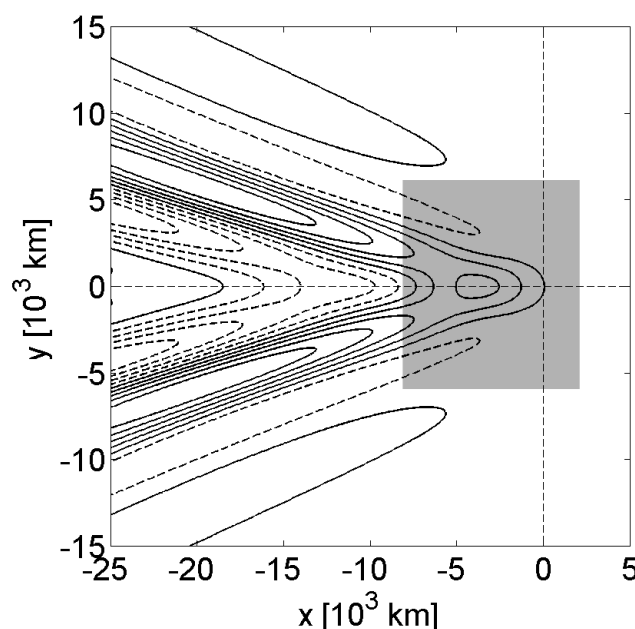


Figure 1 : Champ de fluctuation de vitesse verticale w' simulé à 80 km d'altitude. Les lignes de niveau sont d'intervalle $\Delta w' = 0,2 \text{ cm.s}^{-1}$. Les lignes de niveau nulle et positives sont solides, celles négatives en pointillés. La zone grisée représente le domaine spatial sur lequel Fritts et Luo (1993) ont présenté leurs solutions numériques.

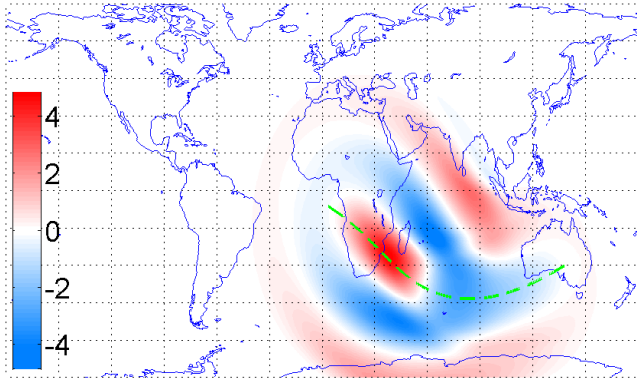


Figure 2 : Champ de fluctuation de vitesse verticale (en cm.s^{-1}) lié au passage de l'éclipse du 4 Décembre 2002 à 10H UTC à 80 km d'altitude. Les échelles et les unités sont données dans la barre de couleur. La courbe verte représente la trajectoire du centre de la bande de centralité de l'éclipse.

2 Variations de pression enregistrées au niveau du sol lors du passage de l'éclipse du 1^{er} Août 2008

2.1 Données

Les données de variations de pression au niveau du sol utilisées sont issues d'une campagne de mesure temporaire déployée par le CEA en Juillet-Août 2008 dans l'Ouest de la Mongolie et du Réseau Infrason du SSI.

2.2 Modélisation

Les variations de pression attendues au niveau du sol dans de l'Ouest de la Mongolie sont estimées avec notre modèle. Nous considérons deux sources : le refroidissement radiatif de la couche d'ozone (source stratosphérique) et celui de la vapeur d'eau (source troposphérique). Les deux sources sont étudiées indépendamment car le modèle est linéaire. Les variations de pression produites au niveau du sol par la source stratosphérique sont de faible amplitude (1 Pa) est de période d'environ 4 h au moment du pic d'amplitude. Les variations de pression produites au niveau du sol par la source troposphérique sont d'amplitude (10 Pa) et de période (10-14 h) supérieures.

2.3 Analyse

Les variations de pression simulées se situent dans une bande de fréquence fortement perturbée par les marées atmosphériques. Ces dernières sont donc caractérisées et ôtées du signal. Une onde basse fréquence commençant juste après le passage de l'éclipse est mise en évidence sur l'ensemble des stations. Sa fréquence et son amplitude sont proches de celle estimée avec notre modèle avec la source troposphérique ce qui suggère fortement que cette onde a été produite par le passage de l'éclipse (Figure 3).

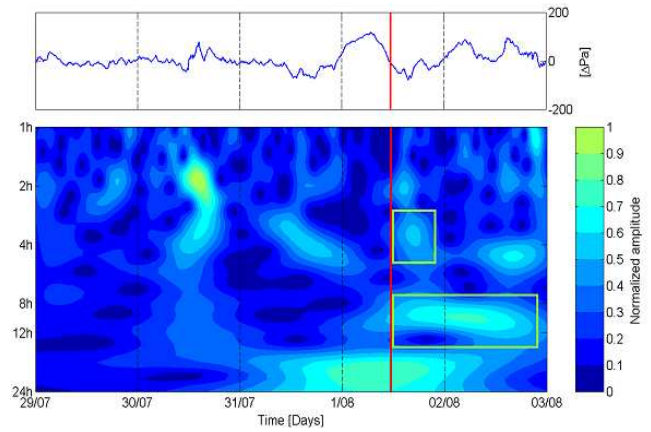


Figure 3 : Analyse en ondelettes du signal de variation de pression enregistré dans l'Ouest de la Mongolie lors du passage de l'éclipse du 1^{er} Août 2008.

Références

- [1] J. Marty and F. Dalaudier: Linear spectral numerical model for internal gravity wave propagation, *J. Atmos. Sci.*, 2010 (in press)
- [2] D. C. Fritts et Z. G. Luo : Gravity-wave forcing in the middle atmosphere due to reduced ozone heating during a solar eclipse. *J. Geophys. Res.*, 98:3011-3021, 1993.
- [3] S. D. Eckermann, D. Broutman, M. T. Stollberg, J. Ma, J. P. McCormack et T. F. Hogan : Atmospheric effects of the total solar eclipse of 4 december 2002 simulated with a high-altitude global model. *J. Geophys. Res.*, 112:D14105, 2007.