

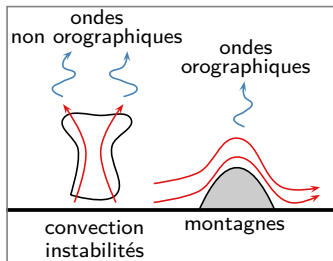
Paramétrisation stochastique des ondes de gravité non orographiques : influence sur la stratosphère équatoriale.

David Saint-Martin *et al.*

Météo-France [CNRM-GAME/GMGEC/CAIAC]

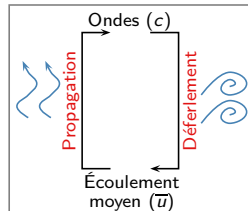
AMA - 22 janvier 2013

Les ondes de gravité : propriétés générales

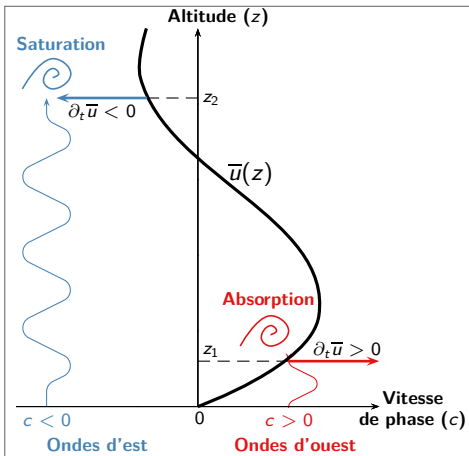


- Générées dans la troposphère par une variété de **sources**.
- Échelles spatio-temporelles **petites**.
 - ▷ horizontale : 10 - 500 km
 - ▷ verticale : 0.1 - 10 km

- Propagation **verticale** et interaction avec l'écoulement de grande échelle (théorie linéaire ; Lindzen, 1981).
- Transport de **quantité de mouvement** jusque dans la stratosphère et la mésosphère.



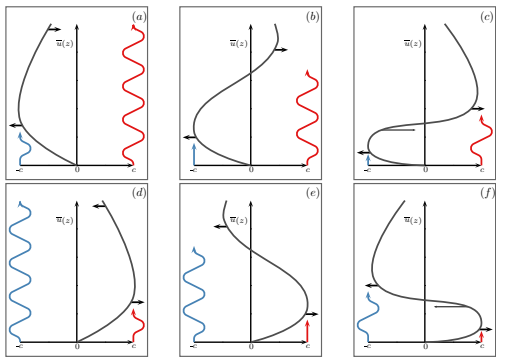
Propagation verticale : mécanismes de dissipation



- Propagation conservative.
- Déferlement dès que :
 - Absorption ($c = \bar{u}$) par niveaux critiques (\triangleright Oscillation quasi-biennale).
 - Saturation par instabilité convective (\triangleright Circulation mésosphérique).
- Se traduit par :
 - Dépôt de quantité de mouvement : modification de l'écoulement.
 - Mélange turbulent.

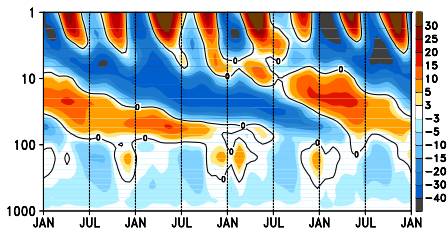
Rôle des ondes de gravité : l'oscillation quasi-biennale

- Théorie de la QBO (Holton et Lindzen, 1972 ; Plumb, 1977).



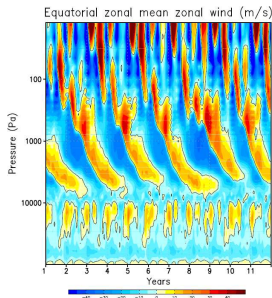
Rôle des ondes de gravité : l'oscillation quasi-biennale

Évol. temp. (sur 4 ans) du vent zonal équatorial (m/s)



Paramétrisation des ondes de gravité

- ▶ Tests des paramétrisations de [Hines \(1997\)](#) et [WMS \(Warner et McIntyre, 2001 ; Scinocca, 2003\)](#) dans le modèle ARPEGE-Climat.
 - Bons résultats aux extra-tropiques.
 - Pas de simulation de la QBO.
- ▶ Test de la paramétrisation **stochastique** ([Lott et al. 2012](#)).
 - Bons résultats dans LMDz.



Paramétrisation stochastique : formalisme.

Deux idées principales :

- 1 À chaque pas de temps de la physique (typiquement : $\delta t = 30$ min), superposition de M ondes de gravité monochromatiques indépendantes et **aléatoires** (Eckermann, 2011).

- $w' = \sum_{n=1}^M c_n w'_n$
- $w'_n = \hat{w}_n(z) e^{z/2H} e^{i(k_n x + l_n y - \omega_n t)}$
- k_n, l_n, ω_n : choisis aléatoirement.
- Propagation verticale : théorie WKB.

- 2 Effet redistribué sur une durée plus longue ($\Delta t \sim 1$ j).

Paramétrisation stochastique : formalisme.

Deux idées principales :

- 1 À chaque pas de temps de la physique (typiquement : $\delta t = 30$ min), superposition de M ondes de gravité monochromatiques indépendantes et aléatoires.
- 2 Effet **redistribué** sur une durée plus longue ($\Delta t \sim 1$ j).
 - Via processus de type AR1 sur la tendance due aux ondes de gravité :

$$(\partial_t u)_{gw}^{t+\delta t} = \frac{\Delta t - \delta t}{\Delta t} (\partial_t u)_{gw}^t + \frac{\delta t}{\Delta t} \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \frac{1}{\rho} \frac{\partial F_n}{\partial z}$$

- À chaque pas de temps, M **nouvelles ondes** sont promues et la **probabilité des autres** est réduite d'un facteur $\frac{\Delta t - \delta t}{\Delta t}$.
- Assure une **excellente résolution spectrale**.

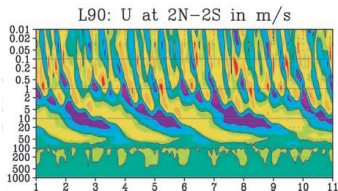
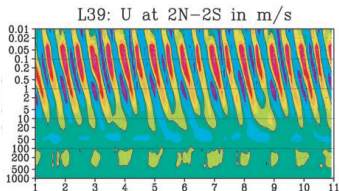
Paramétrisation stochastique : implémentation.

- Dans un cadre **unidimensionnel**,

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} = (\partial_t \bar{u})_{gw} + \nu \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial z^2}$$

- Dans différentes configurations du modèle **ARPEGE-Climat**,
 - sensibilité à la **résolution verticale**

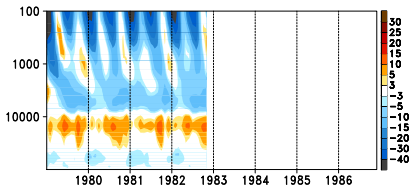
Modèle ECHAM avec même GW param. : 39 vs 90 niveaux vert.



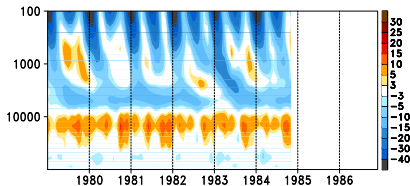
- sensibilité à la résolution horizontale

Résolution verticale

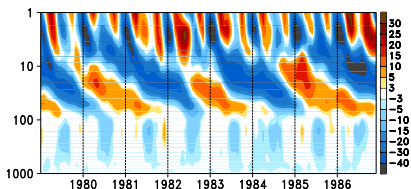
ARPEGE-Climat (T63 L60)



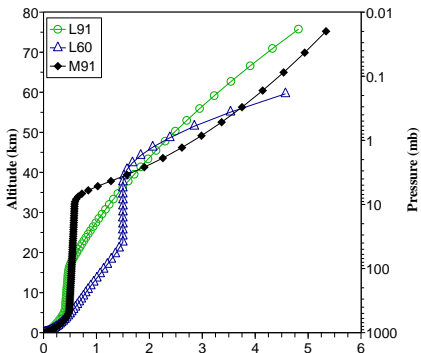
ARPEGE-Climat (T63 L91)



ERA-40



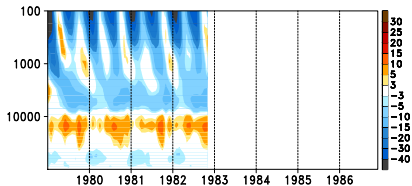
Répartition des niveaux verticaux



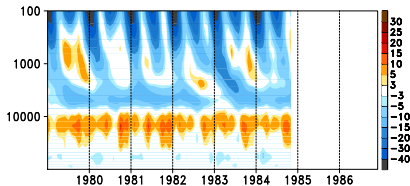
- 91 niveaux (L91) et 91 niveaux (M91)...

Résolution verticale

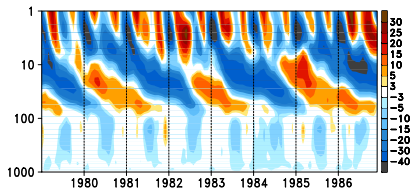
ARPEGE-Climat (T63 L60)



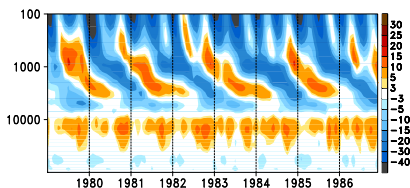
ARPEGE-Climat (T63 L91)



ERA-40



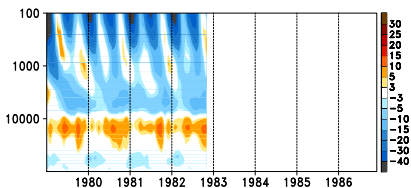
ARPEGE-Climat (T63 M91)



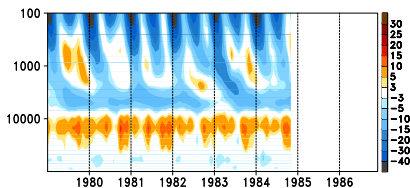
- ▶ Obtention d'un signal de type QBO dans la basse stratosphère.
- Rôle de la haute stratosphère ?

Résolution horizontale

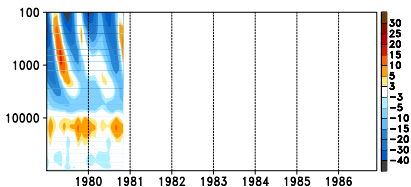
ARPEGE-Climat (T63 L60)



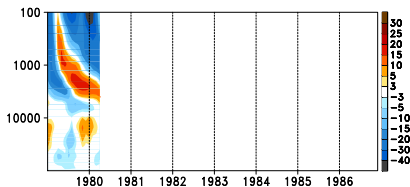
ARPEGE-Climat (T63 L91)



ARPEGE-Climat (T127 L60)



ARPEGE-Climat (T127 L91)



- Rôle des ondes équatoriales de grande échelle.

Conclusion et perspectives

- Paramétrisation stochastique : **très bons résultats** (enfin la QBO...).
 - Nombreux avantages : coût numérique faible, facile à lier aux sources convectives, ...
- ▶ Implémenter lien avec les sources convectives.
- ▶ Mieux comprendre les mécanismes de formation de la QBO (aller-retours 1D-3D)
- rôle de la répartition verticale des niveaux
 - diagnostic des ondes de grande échelle
 - rôle de la diffusion (verticale)

