

# Rétroactions entre mouvements du jet et ondes baroclines dans une géométrie idéalisée

Réunion utilisateurs de LMDZ  
Jeudi 17 et vendredi 18 mars 2011

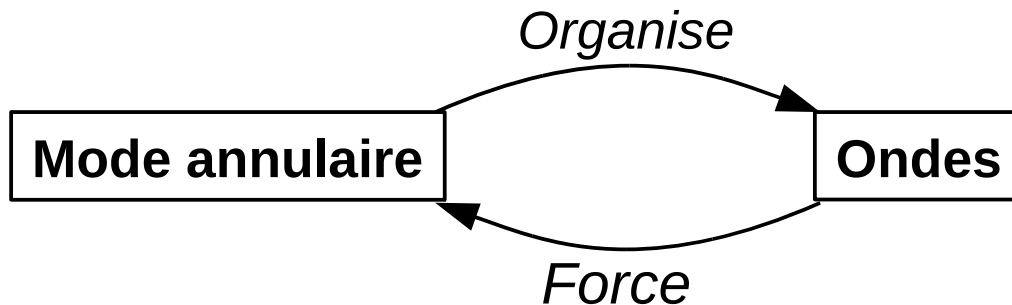
Arakelian Ara  
Francis Codron



# Cadre d'étude et problématique

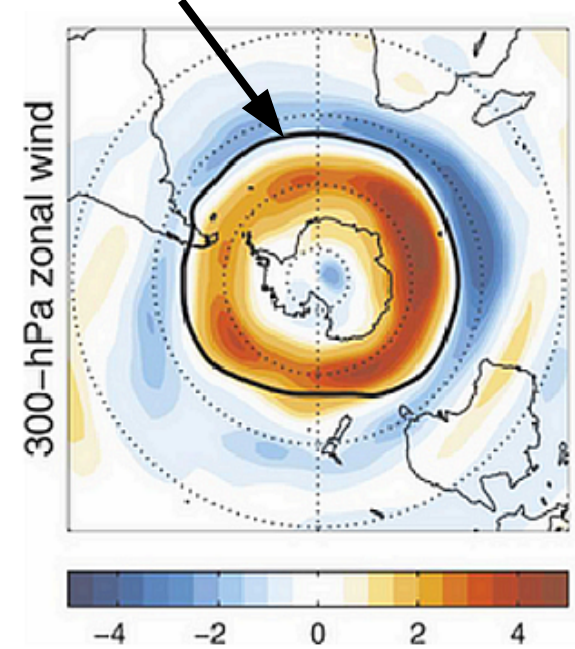
Mode annulaire :

- Mode dominant de la variabilité basse fréquence aux moyennes latitudes
- Structure étendue zonalement



**La rétroaction des ondes est elle positive ?**

maximum du vent zonal moyen



Régression du vent zonal à 300 hPa sur le SAM  
Codron 2006

Southern Annular Mode  
→ “Mode annulaire”

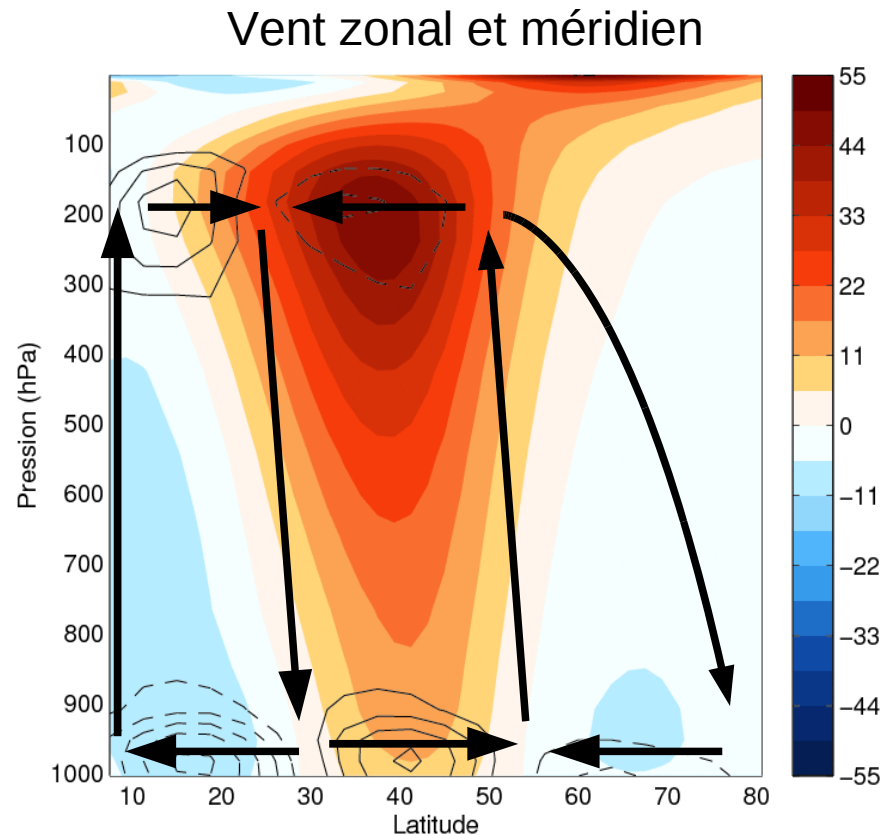
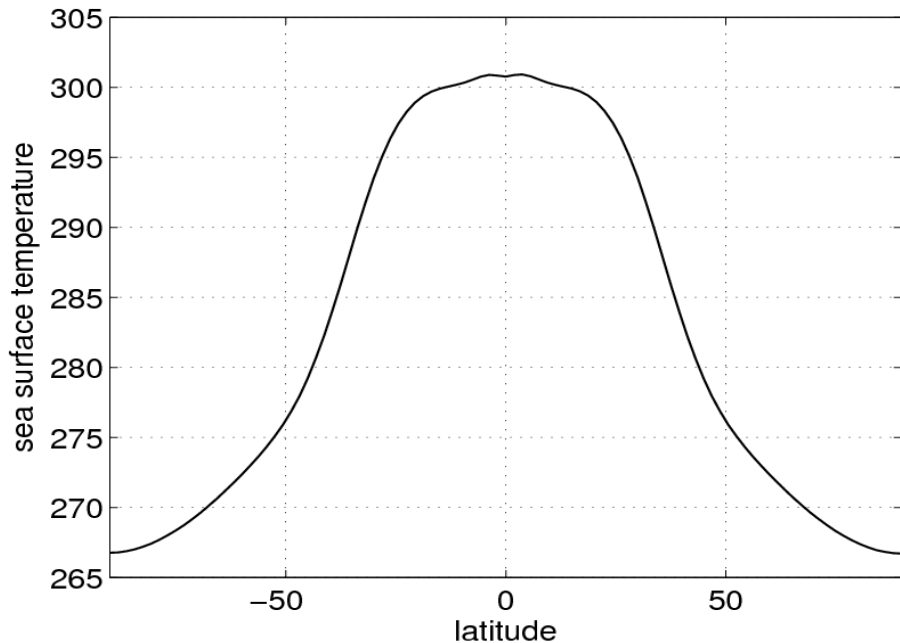
# I. Description du modèle

Configuration standard de LMDZ : grille  $96 \times 96 = 3,75^\circ \times 1,875^\circ$  & 19 niveaux

1. Simulation couplé avec l'océan :

- **Aqua-planète**
- Ensoleillement moyen constant
- Océan slab (diffusion horizontale & Ekman heat transport)
- Pas de glace

2. Simulation forcée par la SST de la simulation couplée



# I. Description du modèle

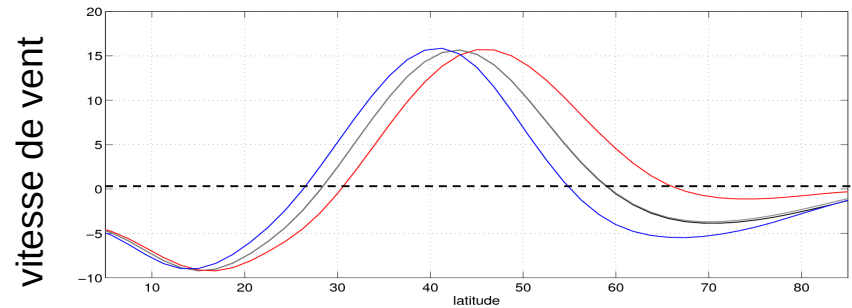
Mode annulaire



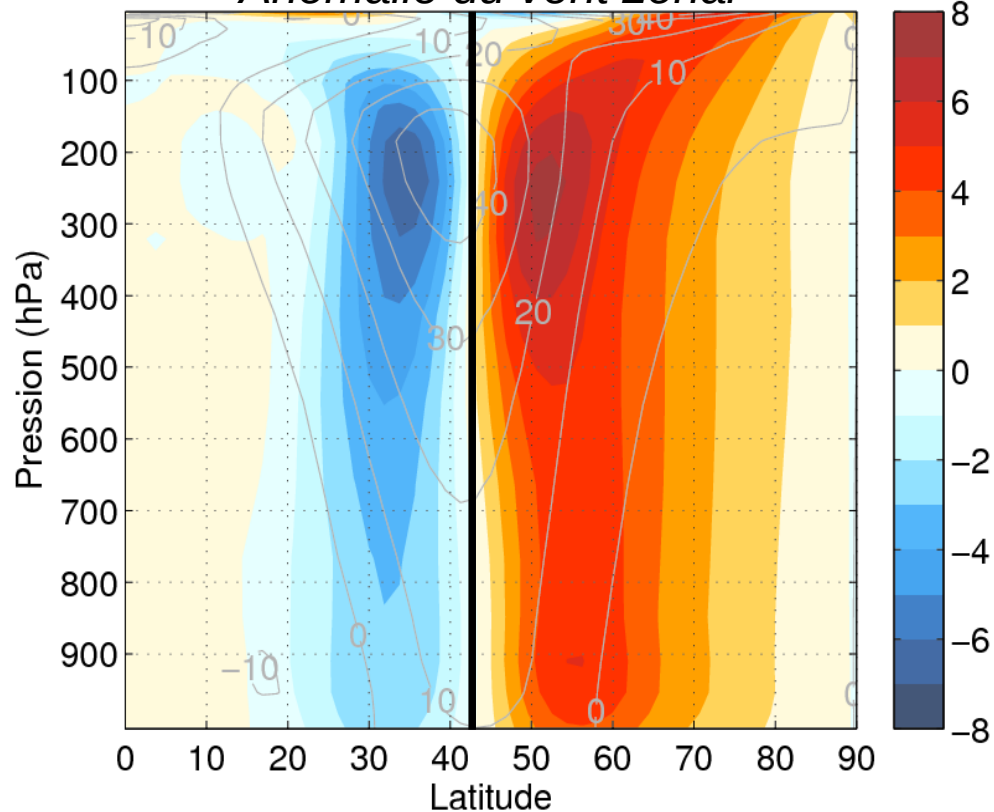
1er EOF de la pression au sol

- Variance expliquée : 48%
- Déplacement du jet
- Structure équivalente barotrope

Composite du vent zonal à 850 hPa



Anomalie du vent zonal

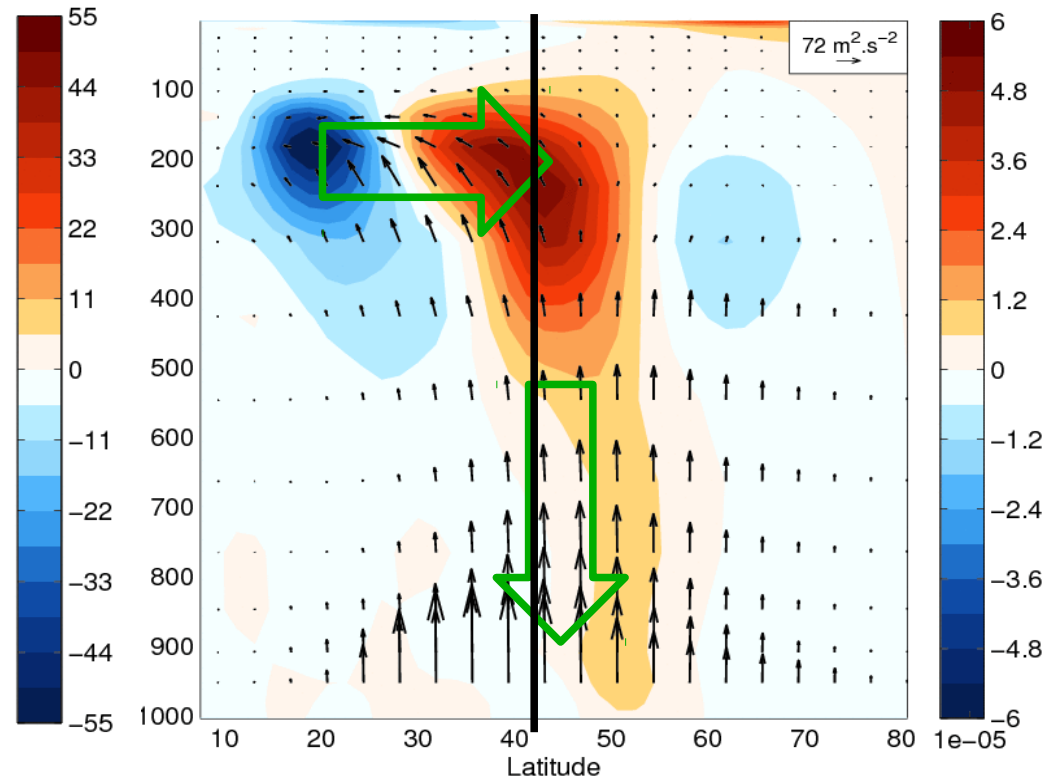
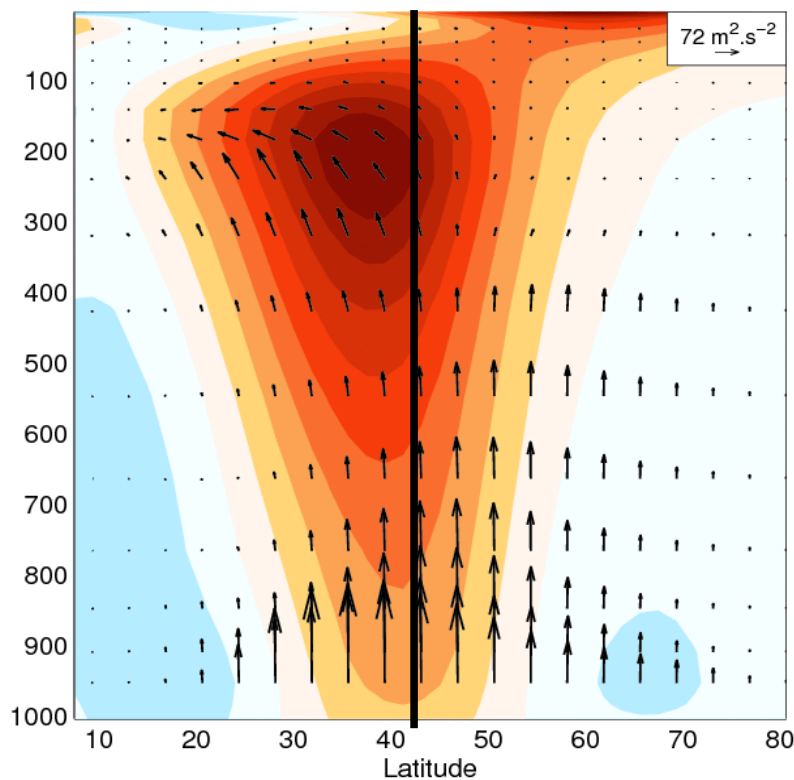


## II.a Ondes : sources et propagation

Flux d'Eliassen-Palm :

- Propagation des ondes
- Flux de chaleur & de moment

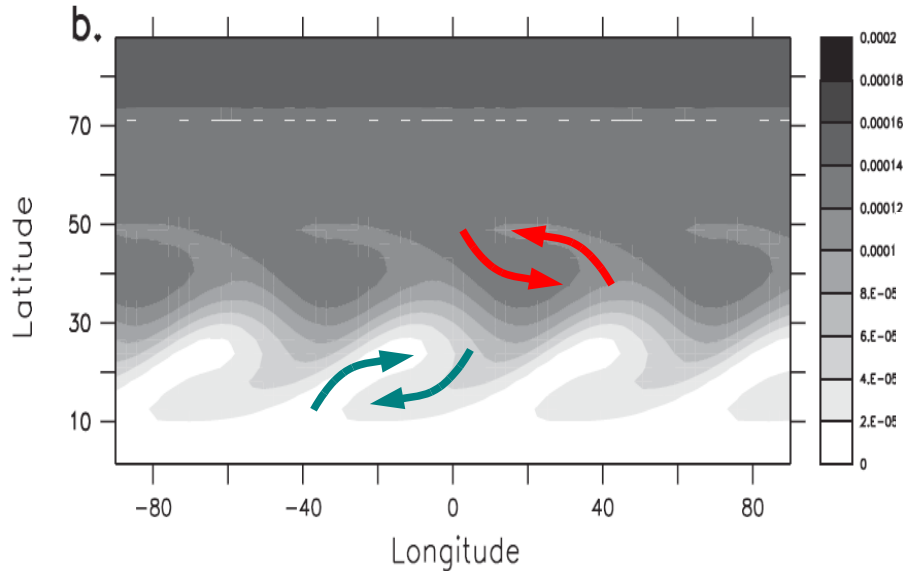
Accélération et *Flux de moment*



Changement : Zone barocline suit le jet

## II.b Ondes : Déferlements

### Vorticité absolue



**Déferlement cyclonique :**

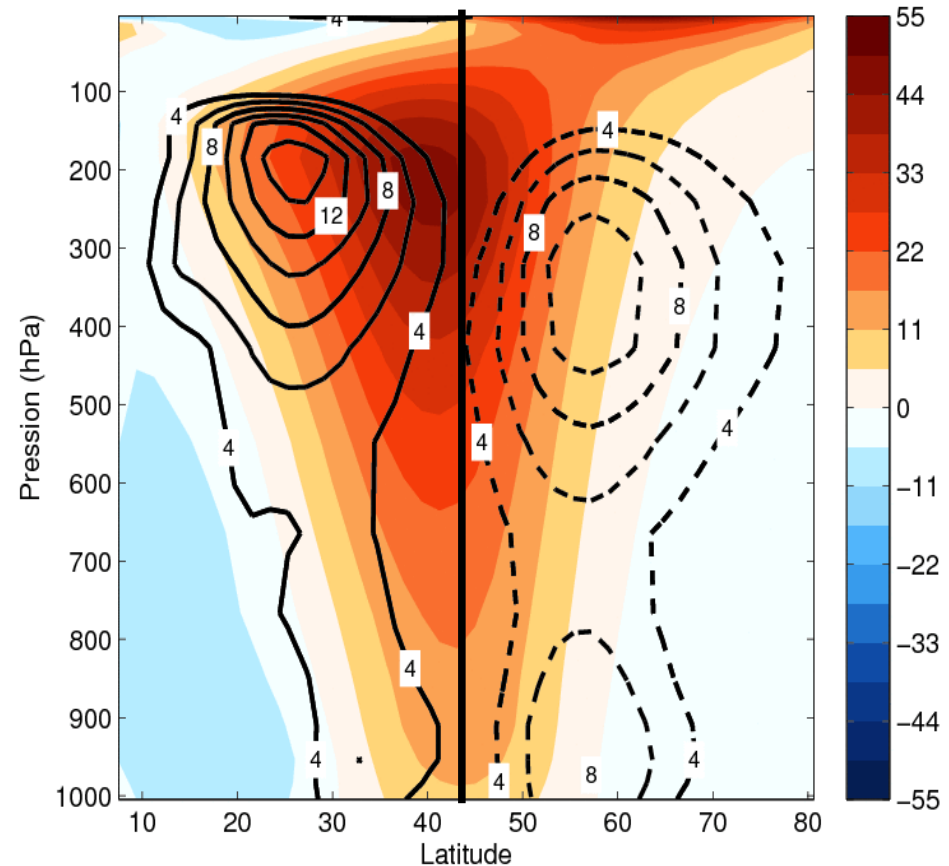
☉ flux de moment vers l'équateur

**Déferlement anticyclonique :**

☉ flux de moment vers le pôle

*Méthode de détection basée sur  
les contours de la vorticité  
(Gwendal Rivière)*

Fréquence de déferlement (%) :  
cyclonique - - - - -  
anticyclonique ———



### III. Simulations à écoulement moyen constant

**Guidage** : ajout d'un terme de relaxation dans l'équation du mouvement

$$\partial_t [u] = -\frac{1}{\tau} ([u] - U) \quad , \text{ avec } \tau = 2 \text{ h}$$

#### **Guidage de la moyenne zonale de $u$**

vers les phases positive/négative des composites  $U, V(y, P)$

⇒ sans contraindre les ondes

Permet :

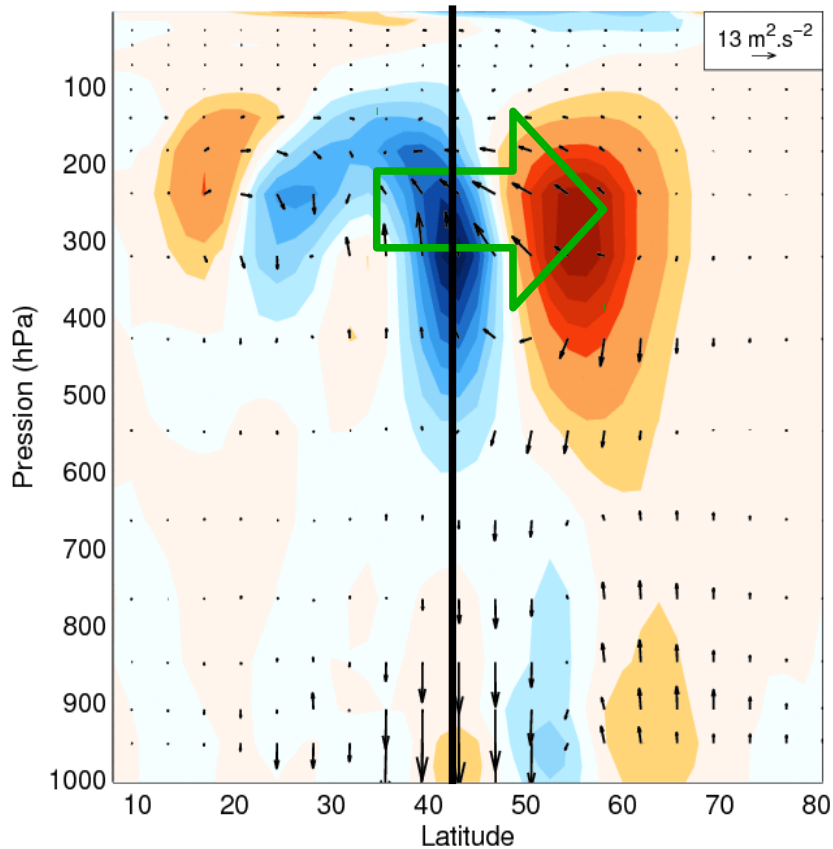
- d'isoler l'impact d'un changement du l'écoulement sur les ondes
- de discerner le mécanisme

Validation de la simulation de contrôle :

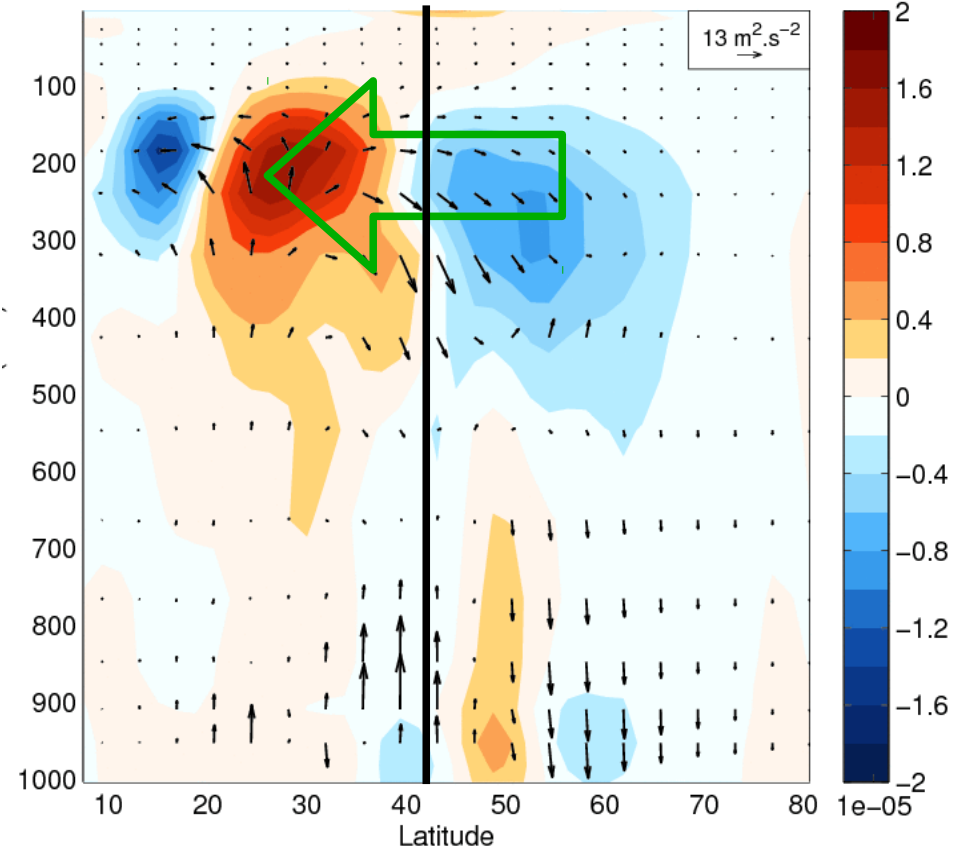
Faible changement de la température et du flux de moment  
pour une simulation guidée vers la climatologie ( $u, v$ )

# III.a EP : Simulations guidées - simulations de contrôle

## Flux d'EP et convergence de moment



Phase positive



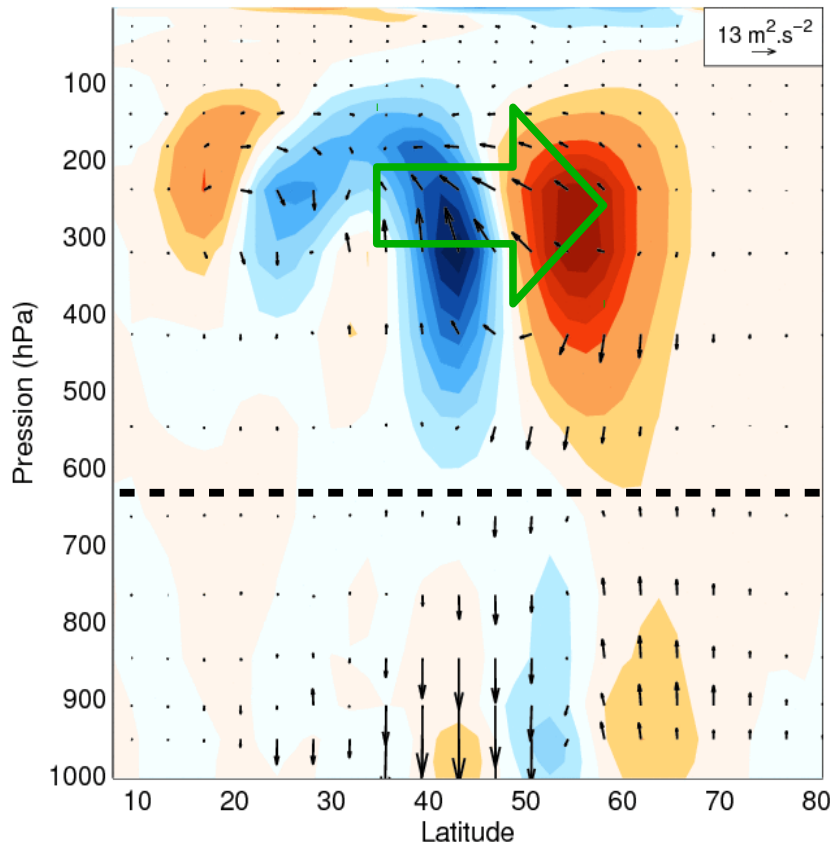
Phase négative

- Peu de changement du flux de chaleur
- Changement du flux de moment à travers le jet

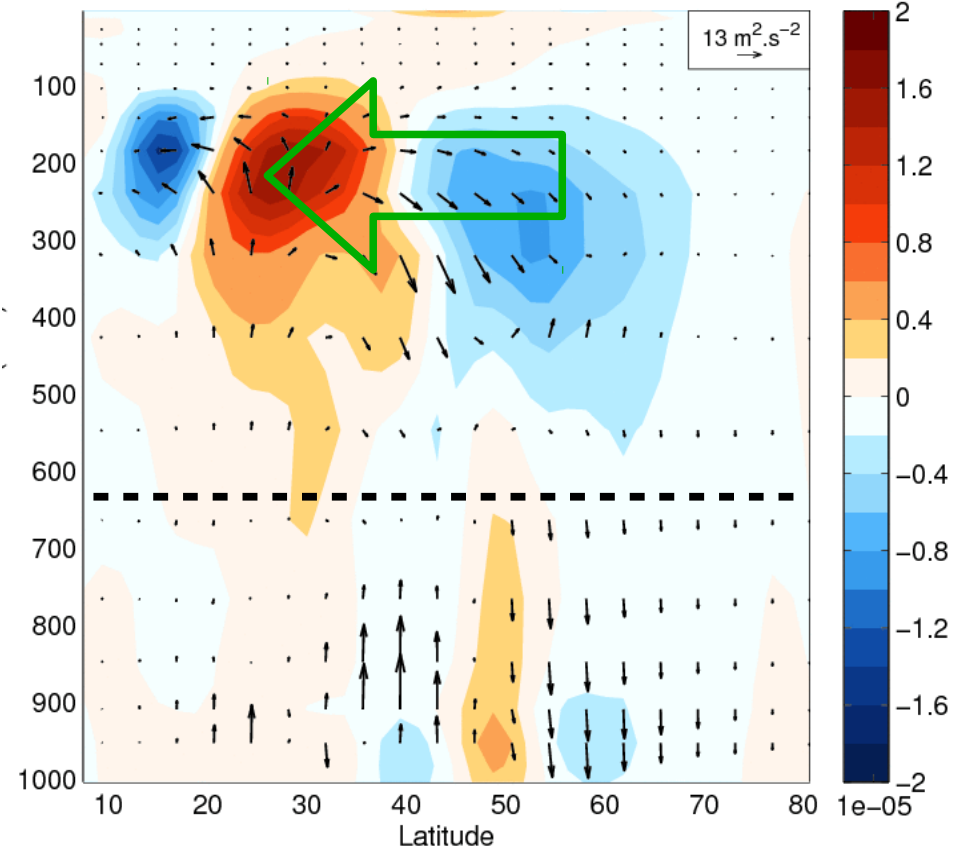


# III.a EP : Simulations guidées - simulations de contrôle

## Flux d'EP et convergence de moment



Phase positive



Phase négative

**Rétroaction positive des ondes**

# III.b Déferlements : Guidées - Contrôle

## Rétroaction positive des ondes

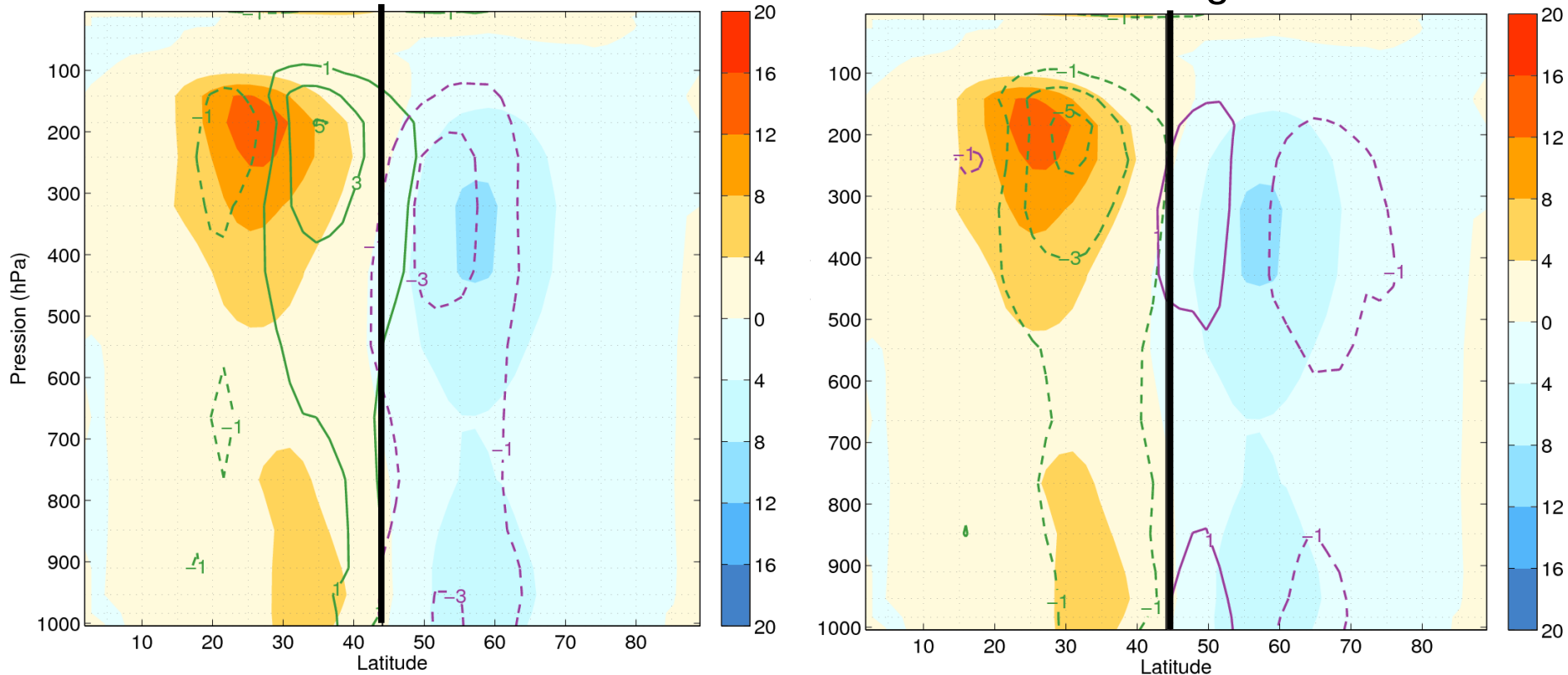
*Différences avec contrôle  
des fréquence de déferlement*

*Anticyclonique*

*Cyclonique*

Phase positive

Phase négative



## IV. Conclusion, discussion et perspective

### Conclusions :

- Méthode qui permet de contraindre l'écoulement sans modifier les ondes
- **Rétroaction positive** sur le mode annulaire
  - Modification de comportement des ondes (propagation/déferlement) aux moyennes latitudes
- Reproductible en guidant le vent zonal en altitude uniquement
- Rétroaction négative des ondes en guidant vers les vents associés à l'EOF2

### Discussion / Perspectives :

- Réponse de la sources des ondes ?
  - Friction
  - SST fixée pour imposer une baroclinicité
- Structure en longitude et propagation ? (simulations guidées & forcées)

Merci

# I. Description du modèle

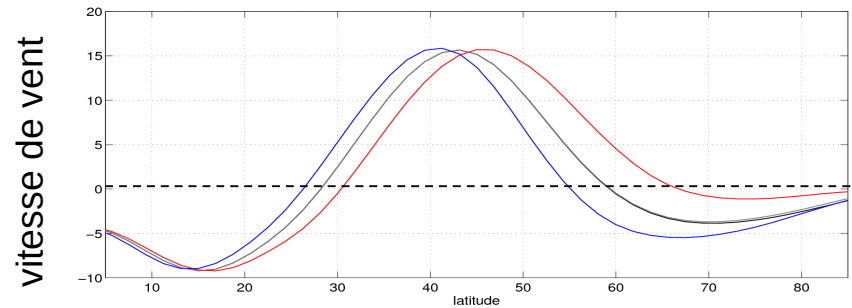
Mode annulaire



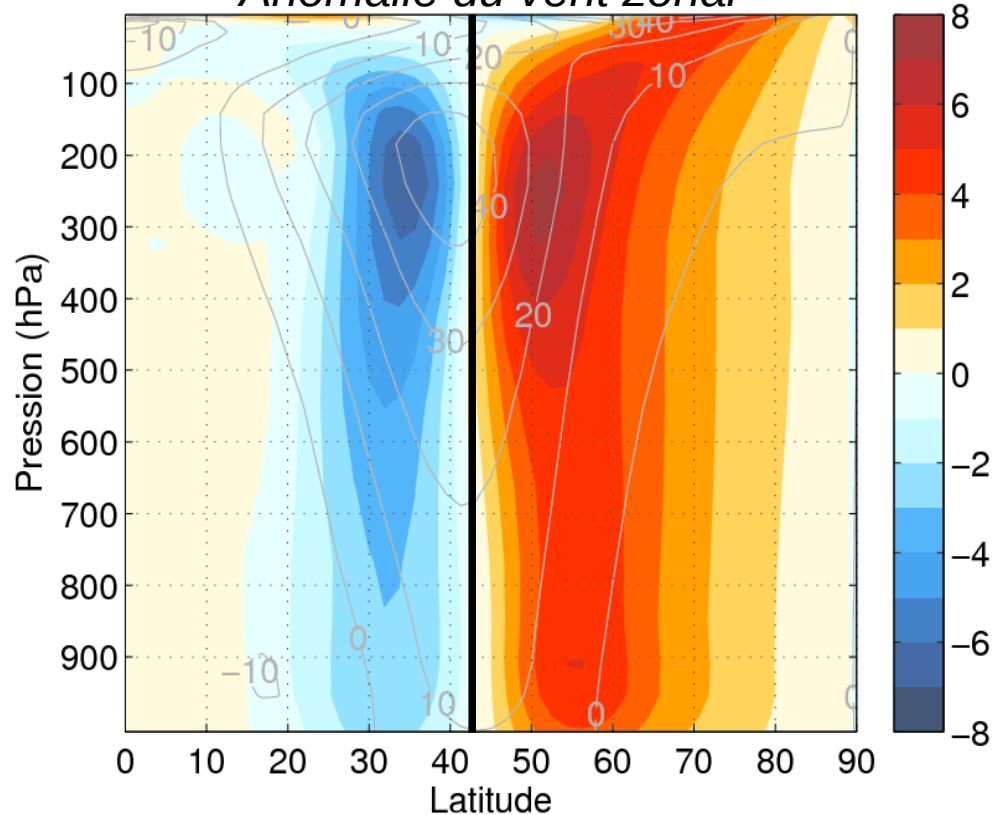
1er EOF de la pression au sol

- Variance expliquée : 48%
- Déplacement du jet
- Structure équivalente barotrope

Composite du vent zonal à 850 hPa



Anomalie du vent zonal



# I. Description du modèle

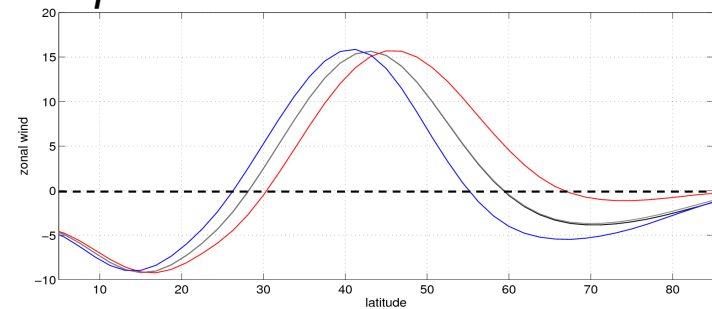
Mode annulaire



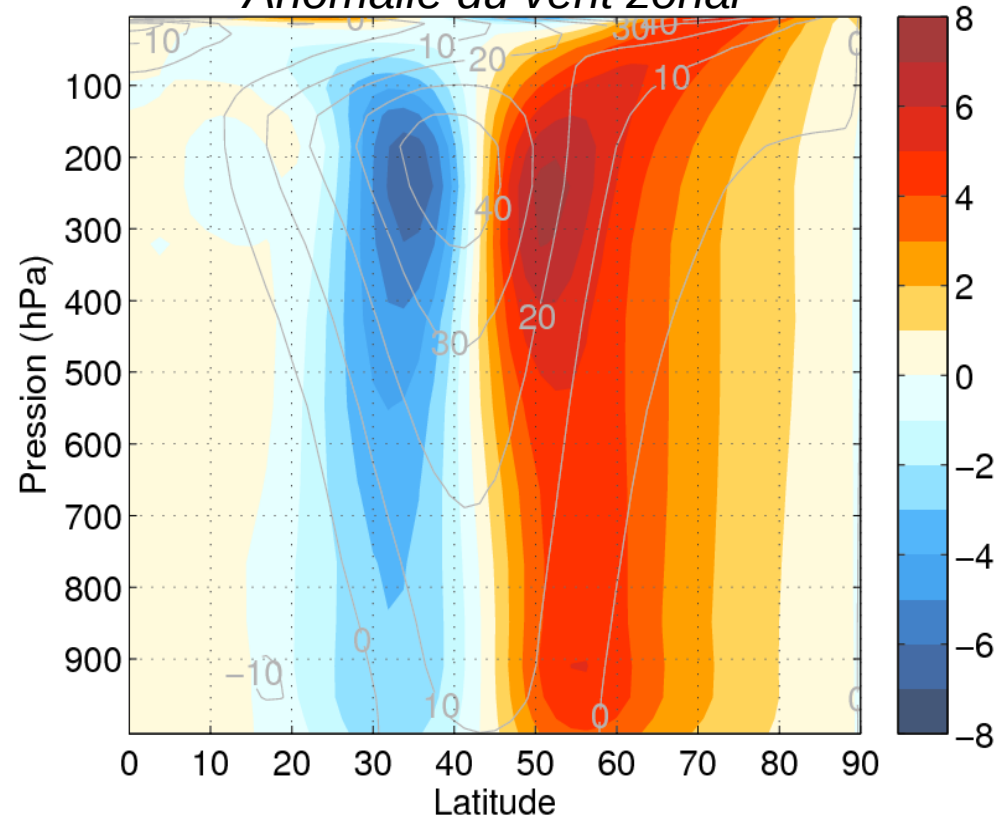
1er EOF de la pression au sol

- Variance expliquée : 48%
- Déplacement du jet
- Plus barotrope aux hautes latitudes

Composite du vent zonale à 850 hPa



Anomalie du vent zonal



## II. Rôle des ondes

---

Équation du mouvement en moyenne zonale

$$\partial_t [u] = - [u'v']_y + f[v] - \alpha[u]$$

Forçage par les ondes                      Coriolis                      Forçage résiduel

Intégration verticale, quasi-stationnaire et non divergence du vent

⇒ Forçage par les ondes ~ Friction à la surface

Corrélation spatiale de  $[u]$  et  $[u^*v^*]_y$  : pas de feedback

Mais il y a une corrélation dans le temps entre les ondes et l'écoulement

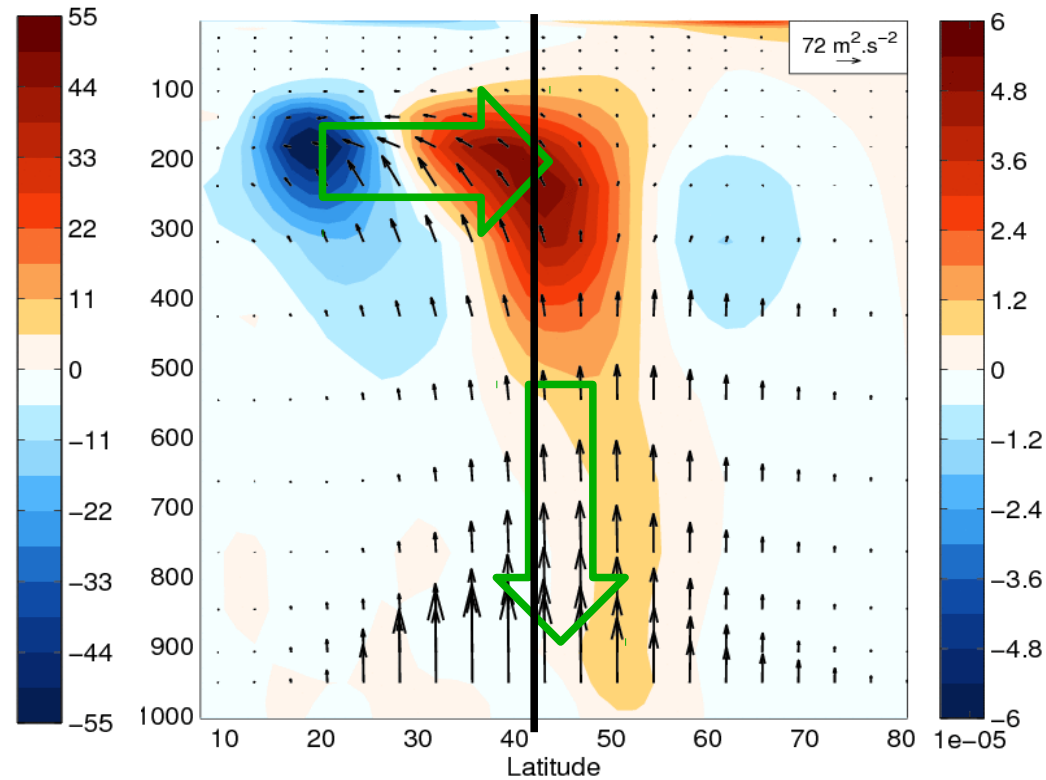
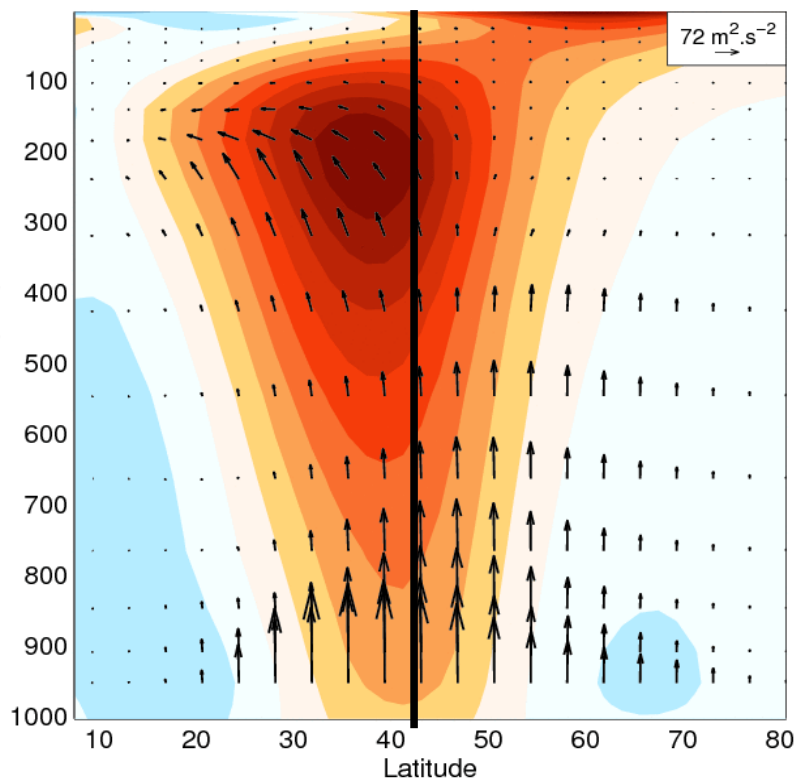
⇒ Feedback positif des ondes sur l'écoulement moyen

## II.a Ondes : sources et propagation

Flux d'Eliassen-Palm :

- Propagation des ondes
- Flux de chaleur & de moment

Accélération et *Flux de moment*

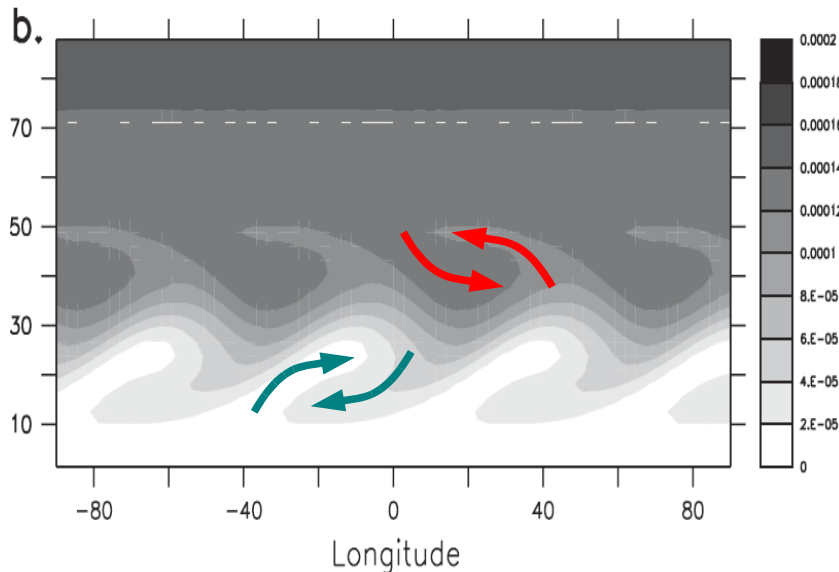


Changement : Zone barocline suit le jet



## II.b Ondes : Déferlements

*Vorticité absolue*



**Déferlement cyclonique :**

☉ flux de moment vers l'équateur

**Déferlement anticyclonique :**

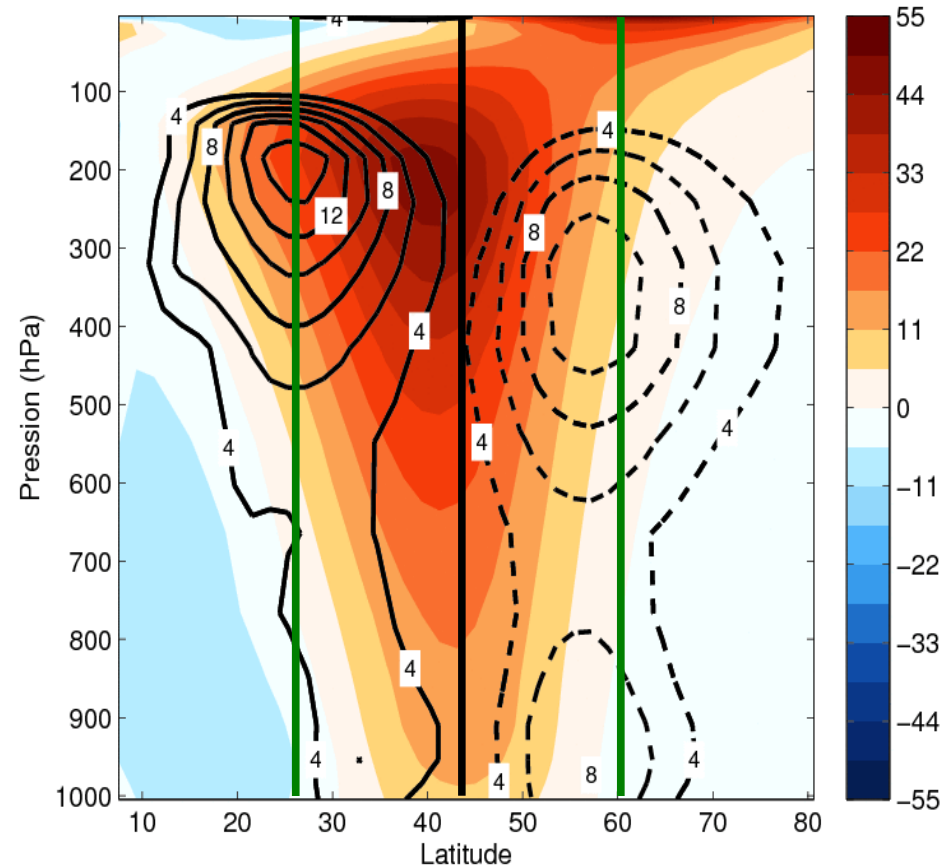
☉ flux de moment vers le pôle

*Méthode de détection basée sur  
les contours de la vorticité  
(Gwendal Rivière)*

Fréquence de déferlement (%) :

cyclonique - - - - -

anticyclonique ———



### III. Simulations à écoulement moyen constant

Permet :

- d'isoler l'impact d'un changement du l'écoulement sur les ondes
- de discerner le mécanisme

**Guidage** : ajout d'un terme de relaxation dans l'équation du mouvement

$$\partial_t [u] = -\frac{1}{\tau} ([u] - U) \quad , \text{ avec } \tau = 2 \text{ h}$$

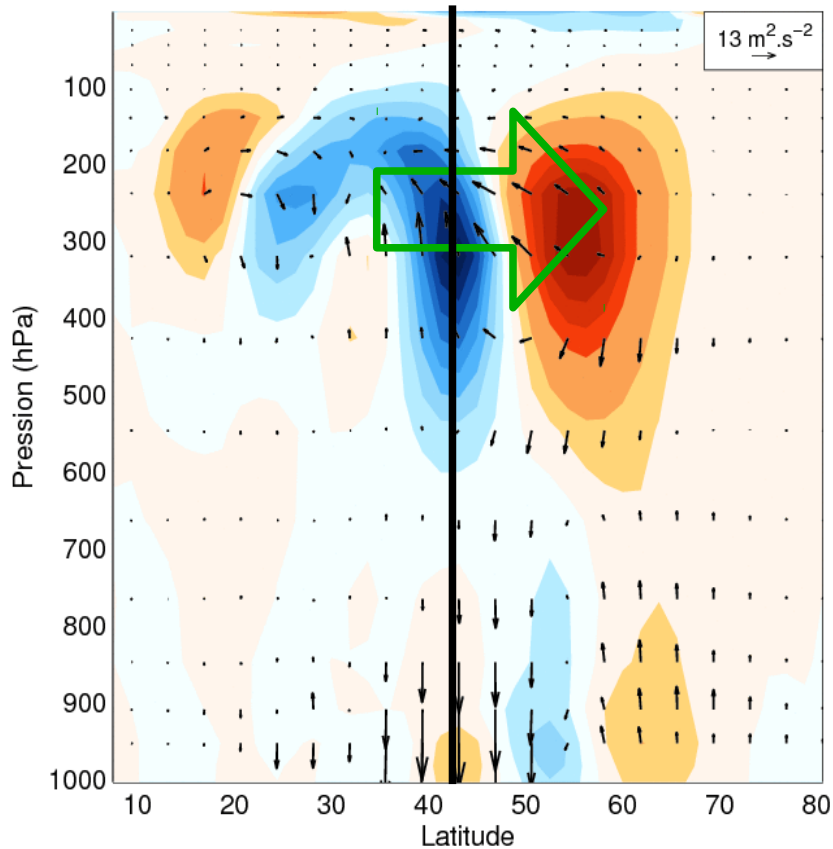
Guidées vers les phases positive/négative des composites  $U, V(y, P)$

Validation de la simulation de contrôle :

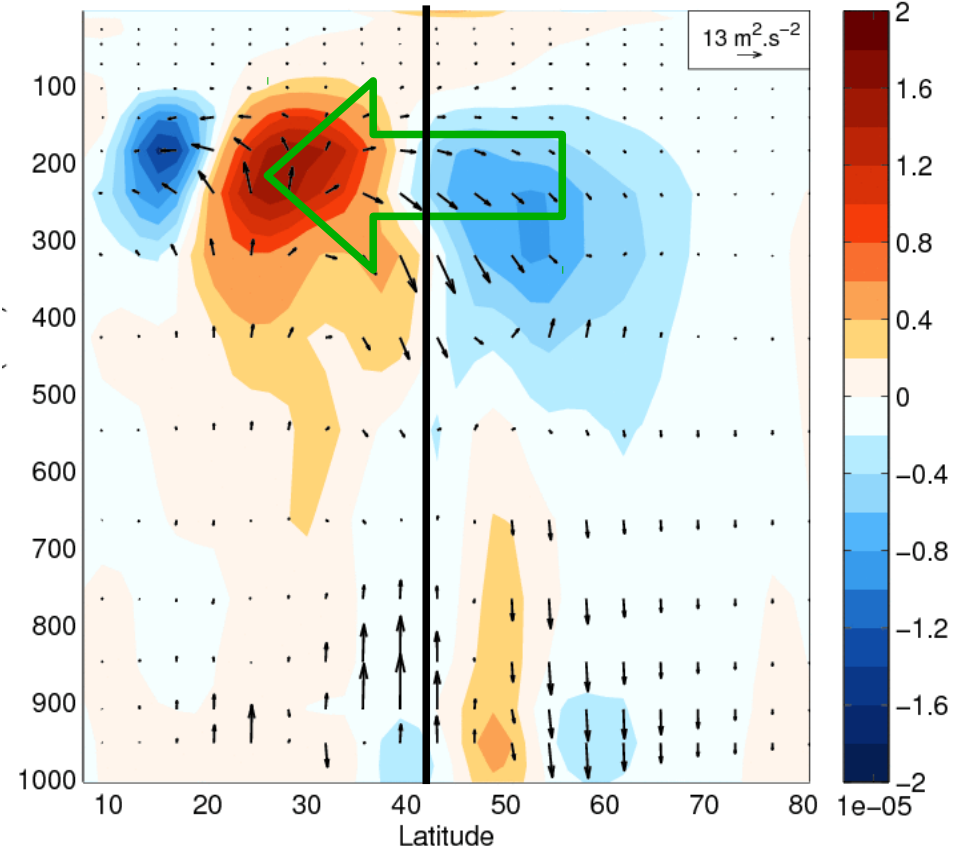
Faible changement de la température et du flux de moment  
pour une simulation guidée vers la climatologie (u,v)

# III.a EP : Simulations guidées - simulations de contrôle

## Flux d'EP et convergence de moment



Phase positive

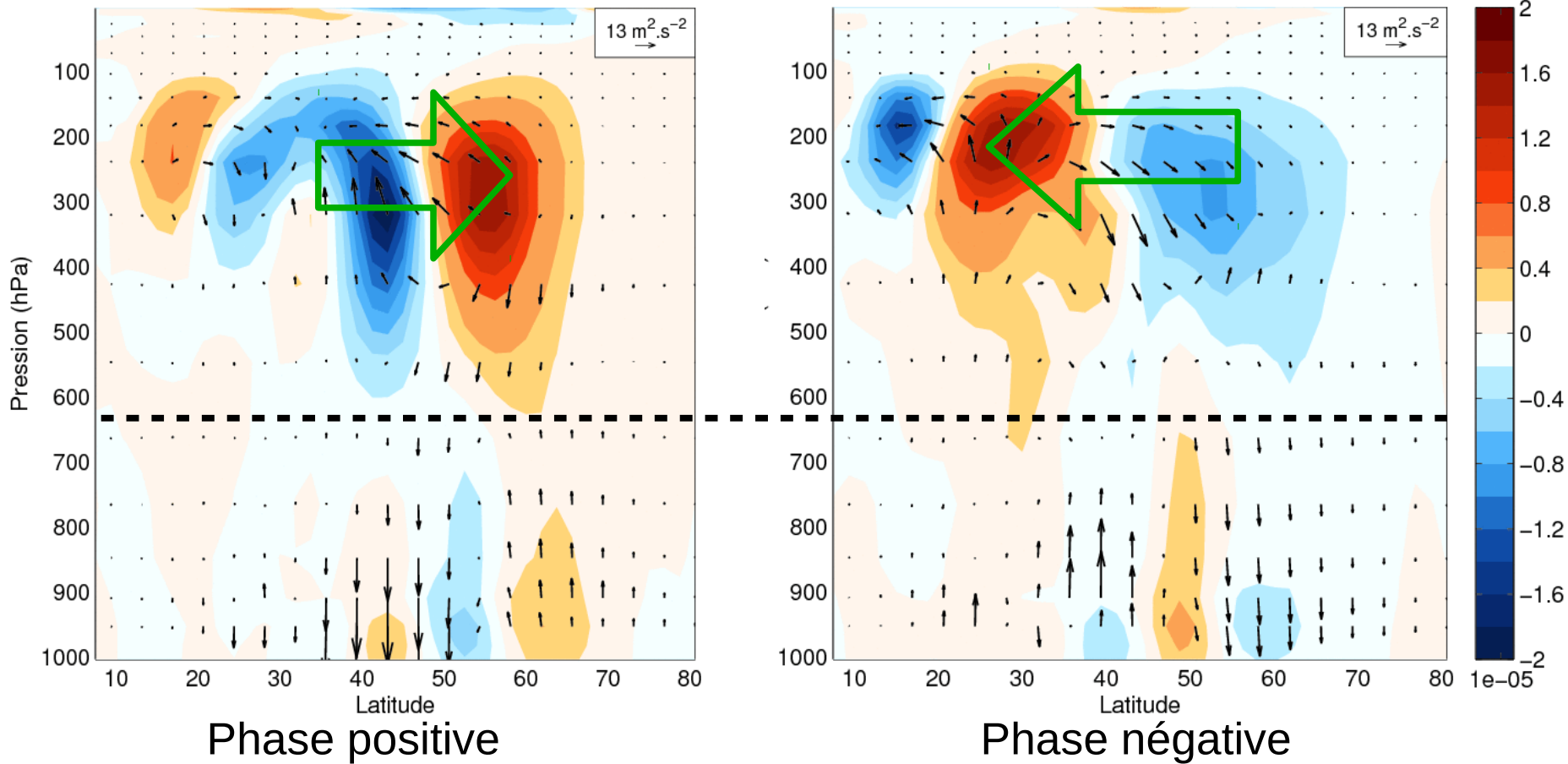


Phase négative

- Peu de changement du flux de chaleur
- Changement du flux de moment à travers le jet

# III.a EP : Simulations guidées - simulations de contrôle

## Flux d'EP et convergence de moment



**Rétroaction positive des ondes**

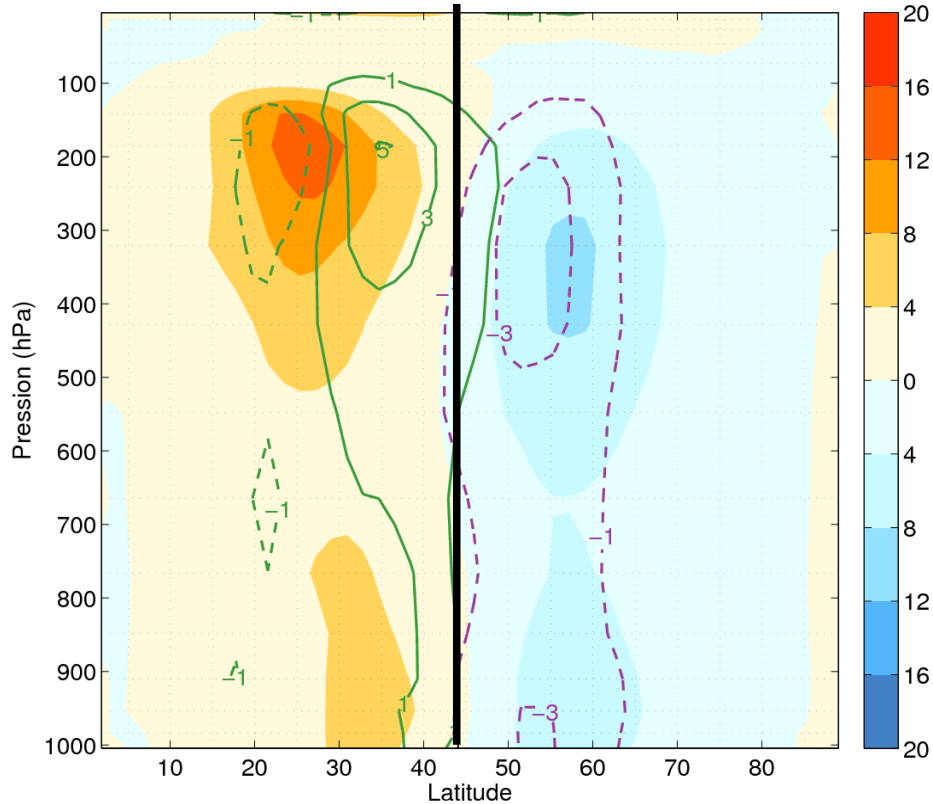
# III.b Déferlements : Guidées - Contrôle

*Différences avec contrôle  
des fréquence de déferlement*

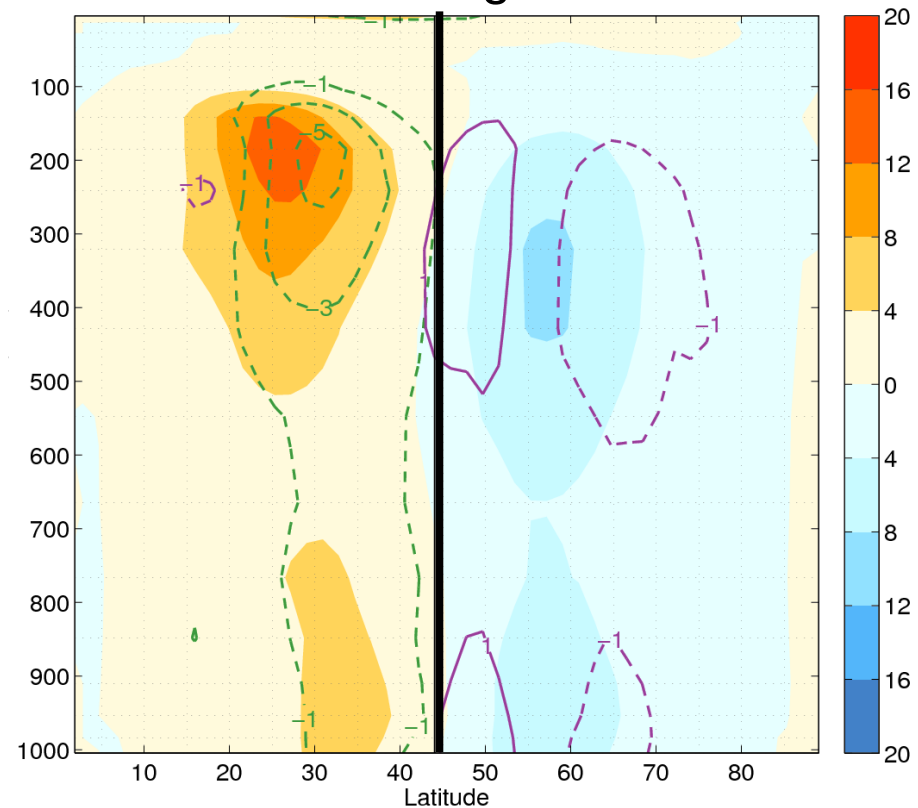
*Anticyclonique*

*Cyclonique*

Phase positive



Phase négative



## IV. Conclusion, discussion et perspective

### Conclusions :

- Méthode qui permet de contraindre l'écoulement sans modifier les ondes
- **Rétroaction positive** sur le mode annulaire :
  - Modification de comportement des ondes (propagation/déferlement) aux moyennes latitudes
  - Reproductible en guidant le vent en altitude uniquement

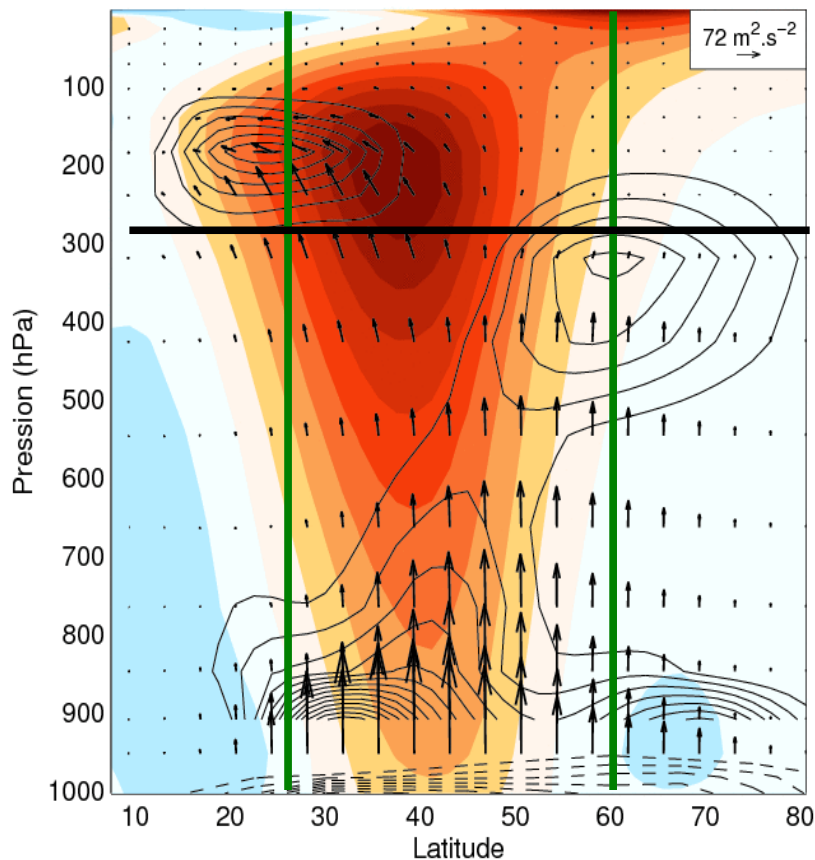
### Discussion / Perspectives :

- Pas de réponse de la sources des ondes ?
  - Friction faible: jet barotrope
  - SST fixée pour imposer une baroclinicité
- Structure en longitude et propagation ? (simulations guidées & forcées)

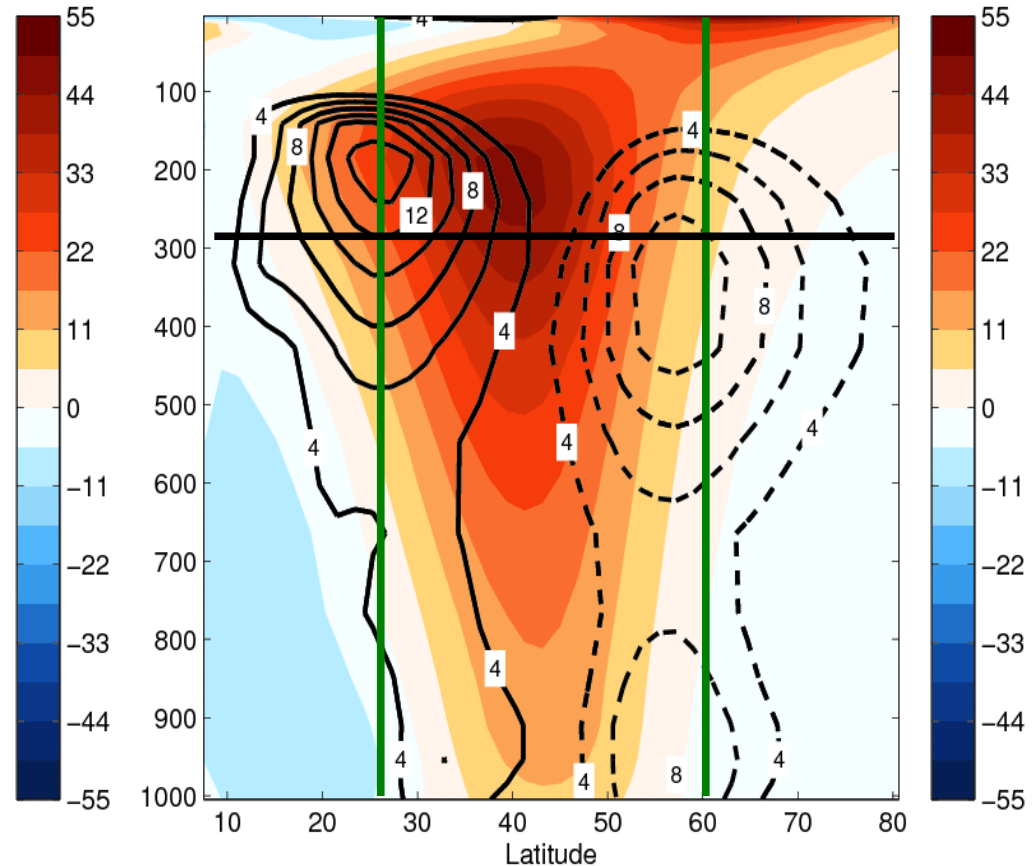
## II.b Ondes : Déferlements

Correspondance entre le flux de moment et le déferlement des ondes.

Flux d'EP : convergence ———  
divergence - - - - -



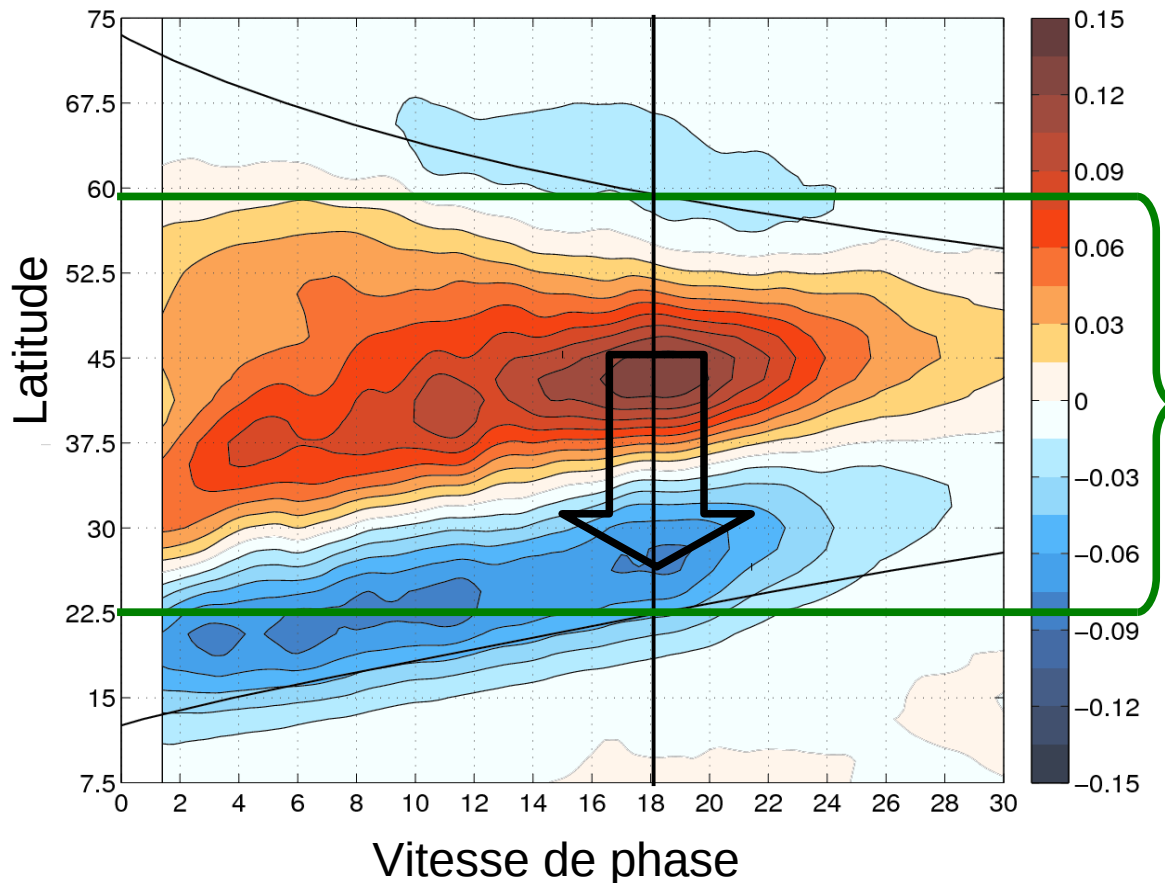
Fréquence de déferlement (%) :  
cyclonique - - - - -  
anticyclonique ———



## II.b Ondes : Spectre

Vitesse de phase et latitude critique :  $c = [u] - \frac{\beta}{k^2 + l^2}$

*Spectre du flux de moment à 240hPa*



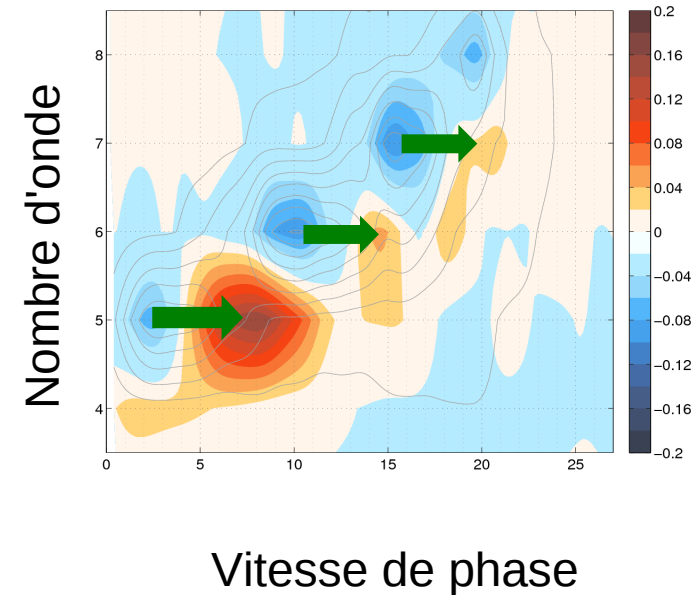
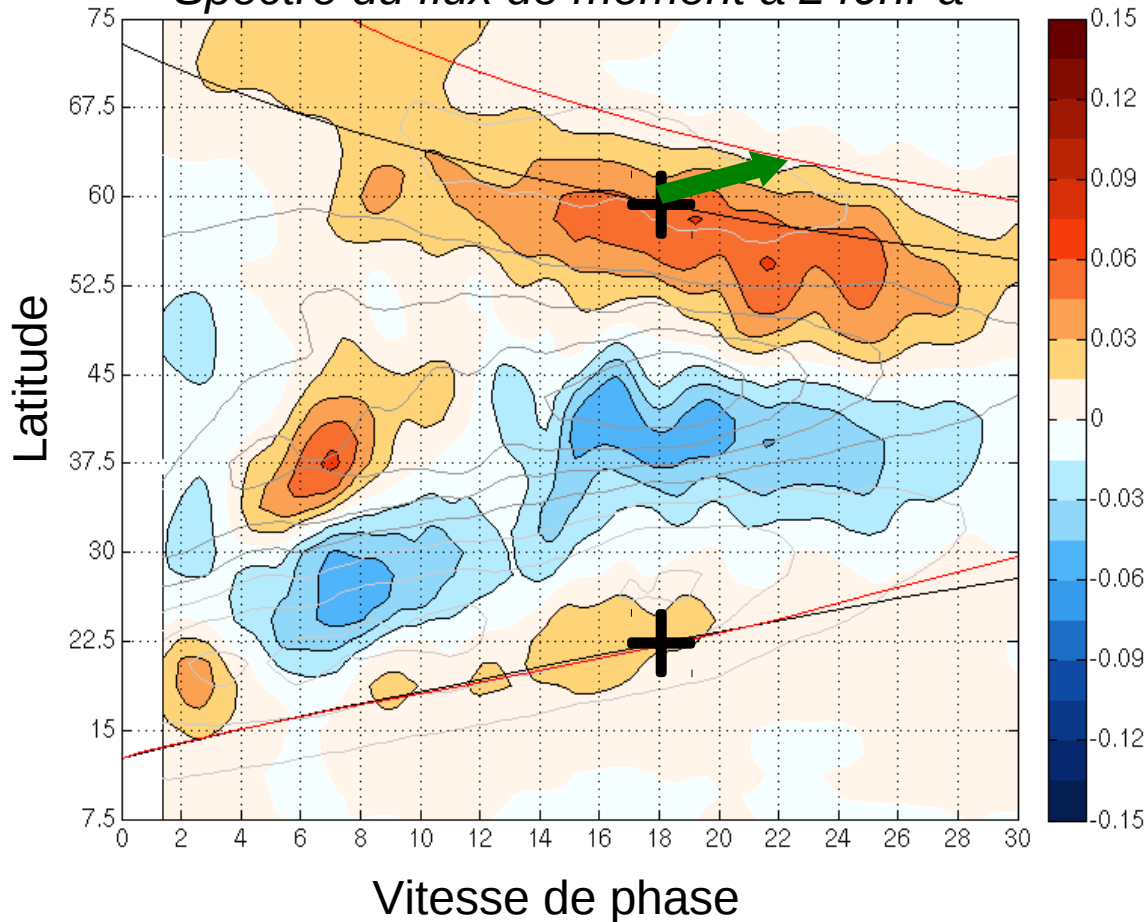
Latitude critique des ondes  
dont  $c = 18 \text{ m.s}^{-1}$  &  $k = 7$

(Script de Gang Chen)



## III.b Spectres : Guidées - Contrôle

*Phase positive – contrôle*  
*Spectre du flux de moment à 240hPa*



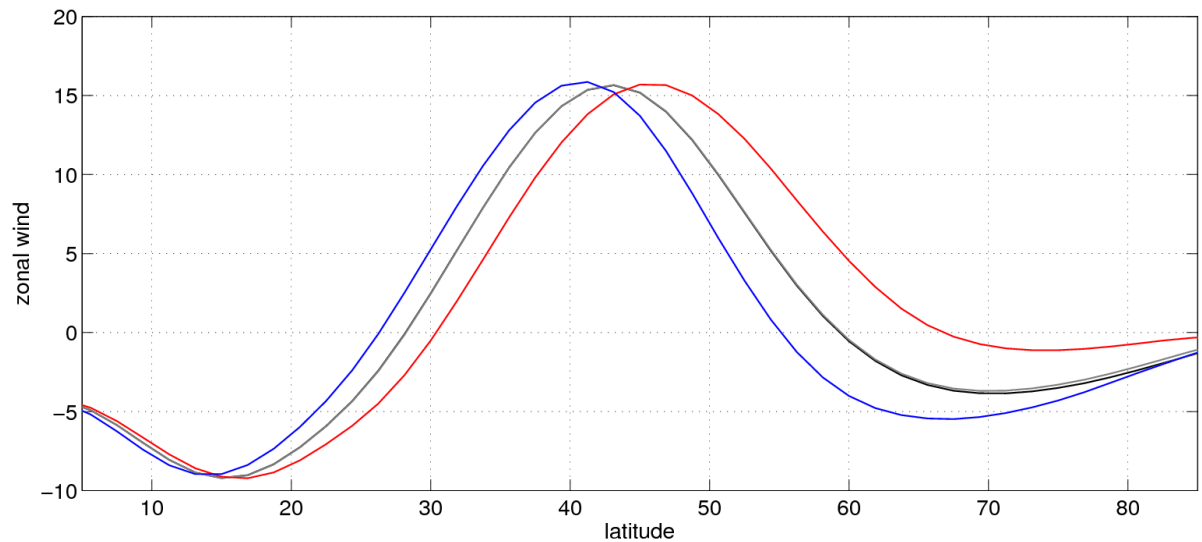
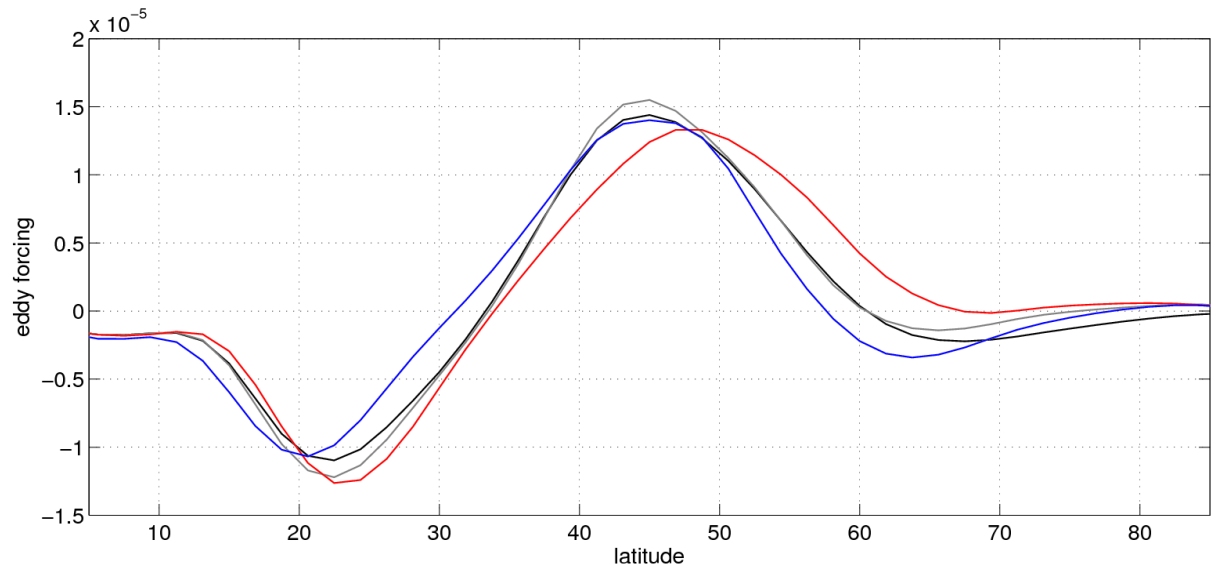
- Basculement vers des vitesse de phase plus élevées ~5 m.s
- Augmentation pour le nombre d'onde 5

Basses fréquences:  
période > 10 jours  
Oscillation latitude  
du jet  
Hautes fréquences:  
périodes < 6 jours  
Ondes baroclines

Interactions entre  
l'écoulement moyen  
et les ondes  
baroclines.

L'écoulement moyen  
influe sur la  
propagation et le  
développement des  
ondes.

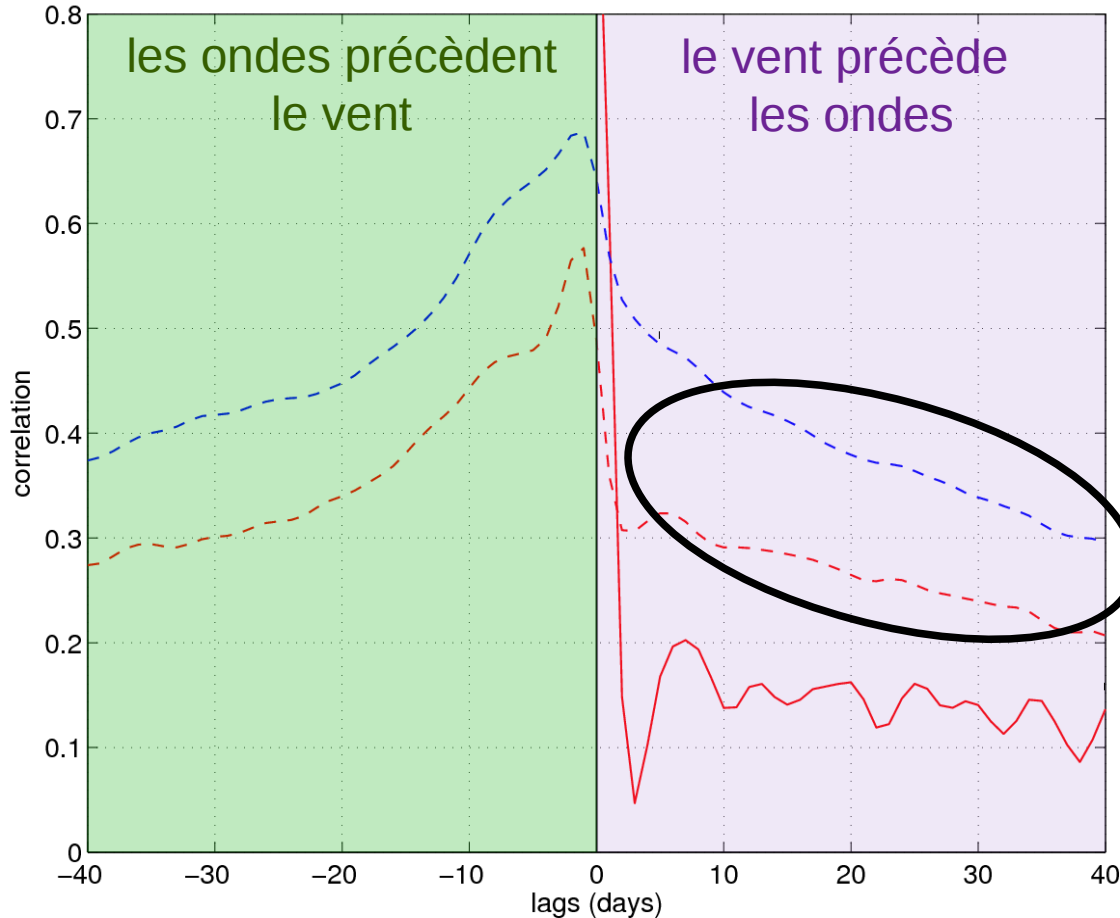
Le transport de  
moment par les  
ondes force  
l'écoulement moyen.



## II.a Corrélation et Feedback

Aqua-planète = Forte autocorrélation et feedback

*Corrélations laggées*



Ondes totales

Ondes d'échelle

synoptique

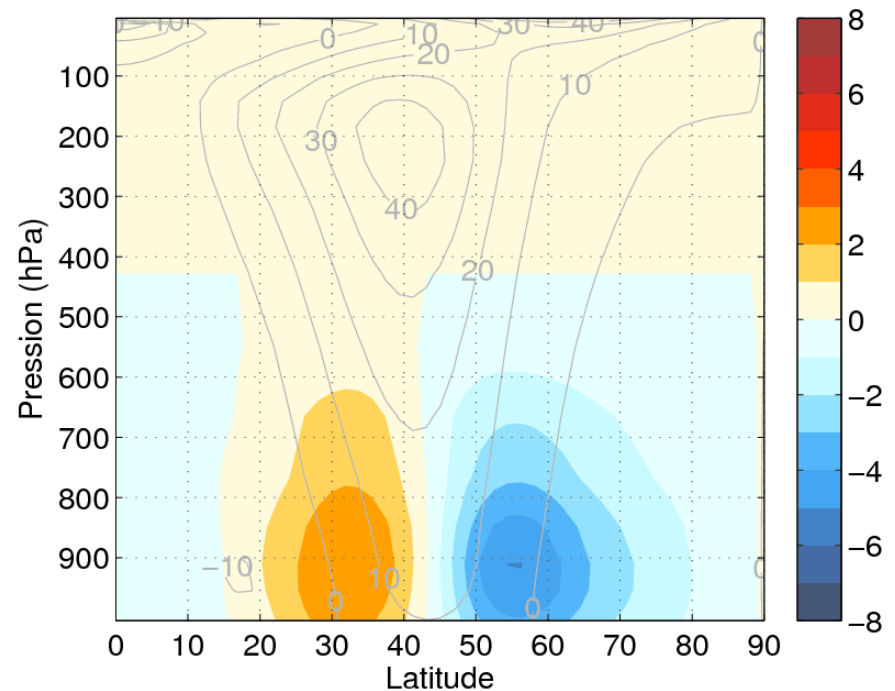
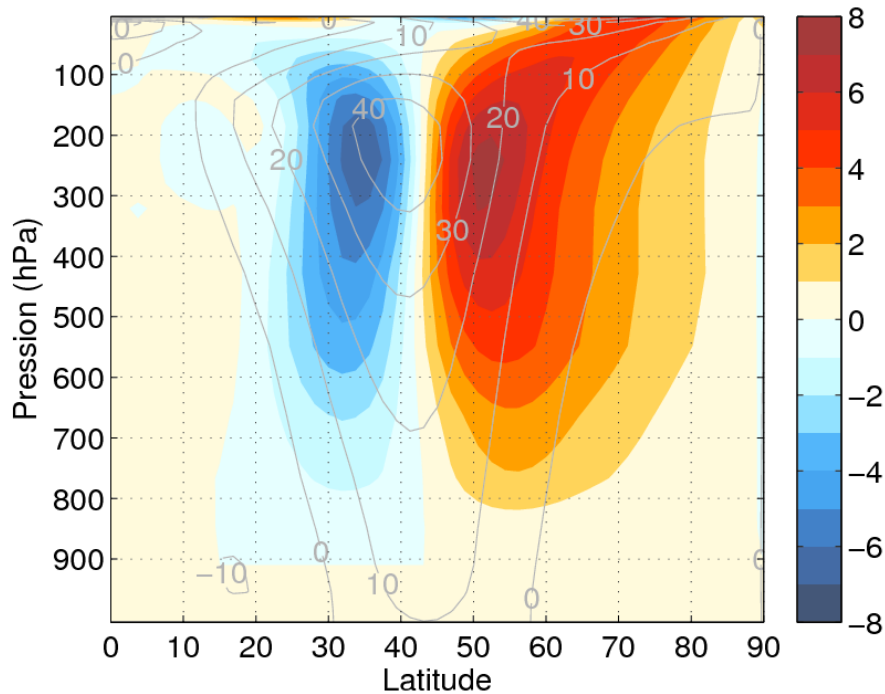
Le forçage par les ondes  
est positif



Rétroaction positive

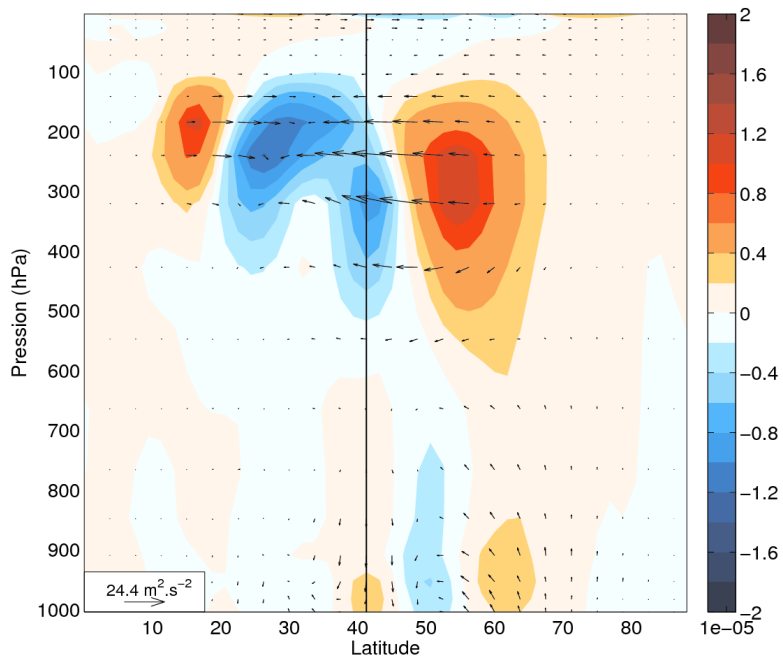
# IV. Simulations guidées - simulations de contrôle

Sensitivity experiments:  
Upper or Lower – level wind anomalies

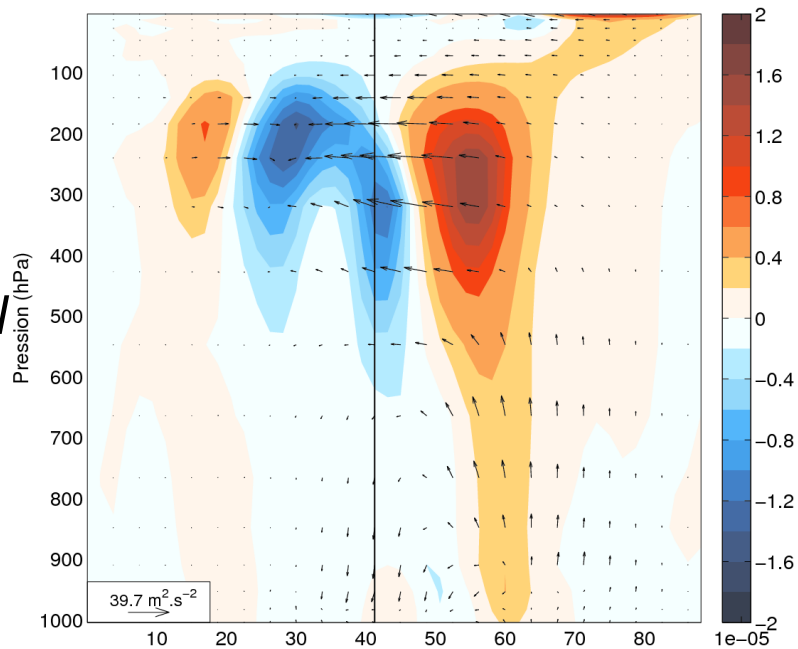


# Differences in EP flux and Momentum convergence

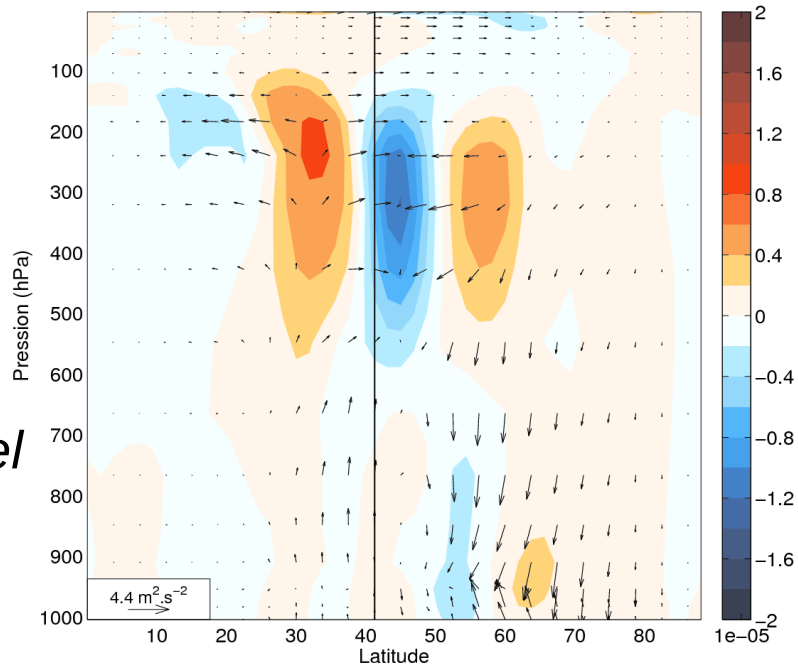
*Total anomalies*



*Upper-level*

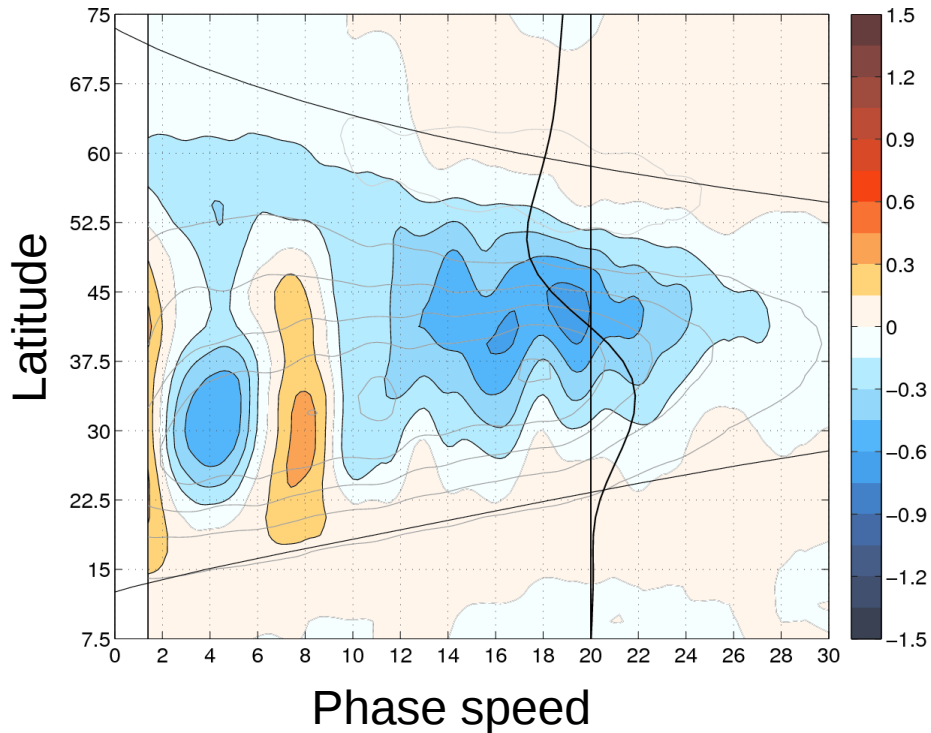


*Lower-level*

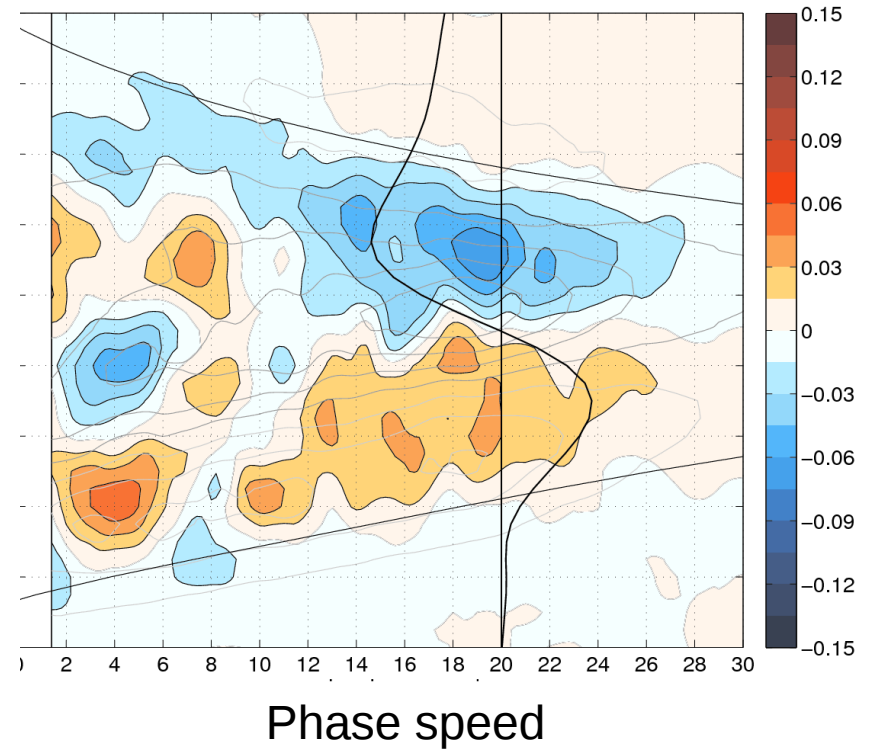


*Latitude - phase speed spectra  
negative phase - control*

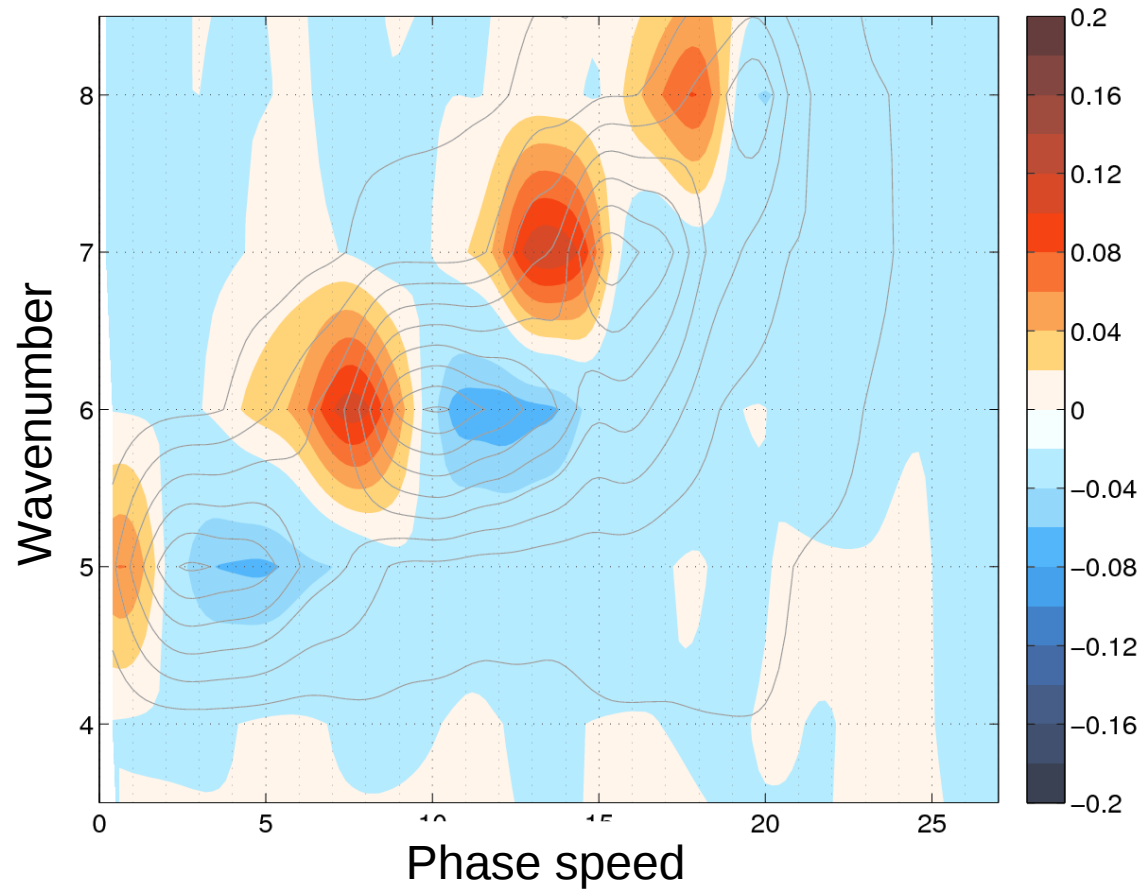
$[u^*v^*]$



$[u^*v^*]_y$



*Differences in low-level eddy heat flux  
Negative phase - control*



- Shift towards Lower phase speeds ( $\sim 6 \text{ m.s}^{-1}$ )
- Decrease in wavenumber 5