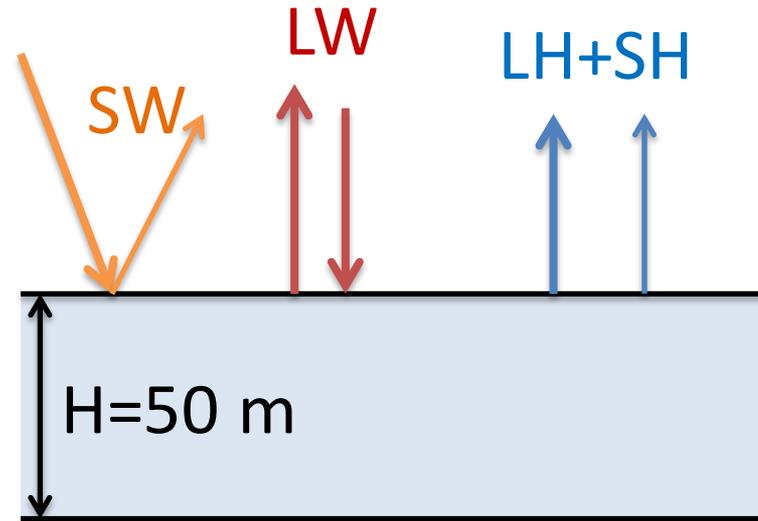


Océan « slab » pour LMDZ avec transport d'Ekman

Francis Codron

(Climate Dynamics 2012)

Introduction: Océan « slab »



Modèle simplifié d'océan:

-
- Conserve l'énergie
 - Ajustement rapide
 - Isole certains mécanismes de couplage

Introduction: transport de chaleur?

Représentation du transport de chaleur océanique nécessaire pour obtenir une SST correcte.

Techniques habituelles:

- Correction de flux (à partir d'une climatologie de SST)
- Diffusion horizontale: mauvaise dynamique.

Limites pour étude de changement climatique important.

- Paramétrisation du transport par les courants d'Ekman:
 - « universelle » (pas besoin d'état moyen connu)
 - Simple (comparable au modèle lui-même)
 - Conservation de l'énergie
 - Base physique

Flux de masse d'Ekman

Équation du mouvement dans couche mélangée:

$$\begin{cases} \varepsilon u - fv = -1/\rho \partial_x P + \partial_z(\overline{u'w'}) \\ \varepsilon v + fu = -1/\rho \partial_y P + \partial_z(\overline{v'w'}) \end{cases}$$

Intégration verticale (gradient de pression négligé)

$$\begin{cases} \varepsilon M_x - fM_y = \tau_x \\ \varepsilon M_y + fM_x = \tau_y \end{cases}$$

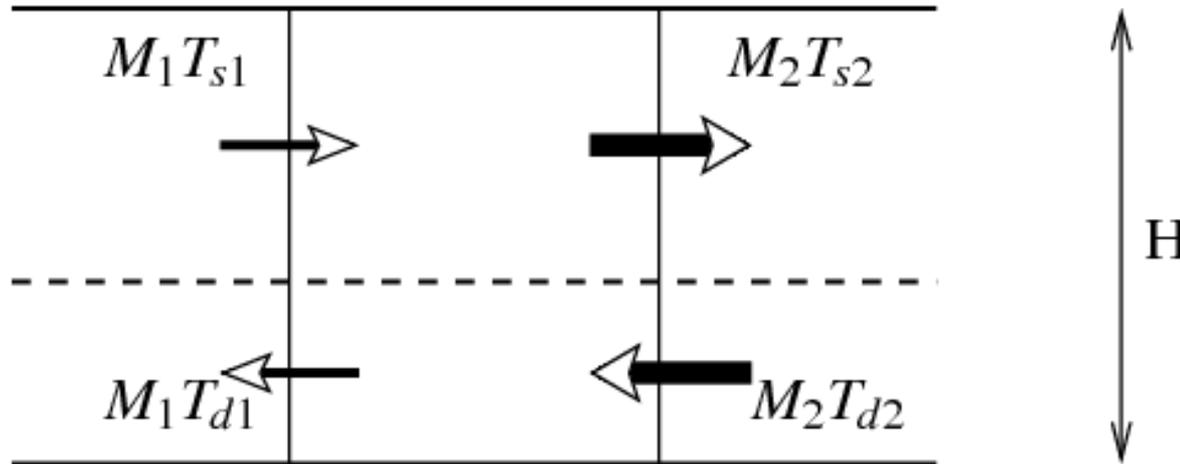
Flux de masse horizontaux:

$$\begin{cases} M_x = (\varepsilon \tau_x + f \tau_y) / (\varepsilon^2 + f^2) \\ M_y = (\varepsilon \tau_y - f \tau_x) / (\varepsilon^2 + f^2) \end{cases}$$

(Flux de retour opposé en profondeur)

Schéma 1.5 couches

Température du slab , circulation de retour à

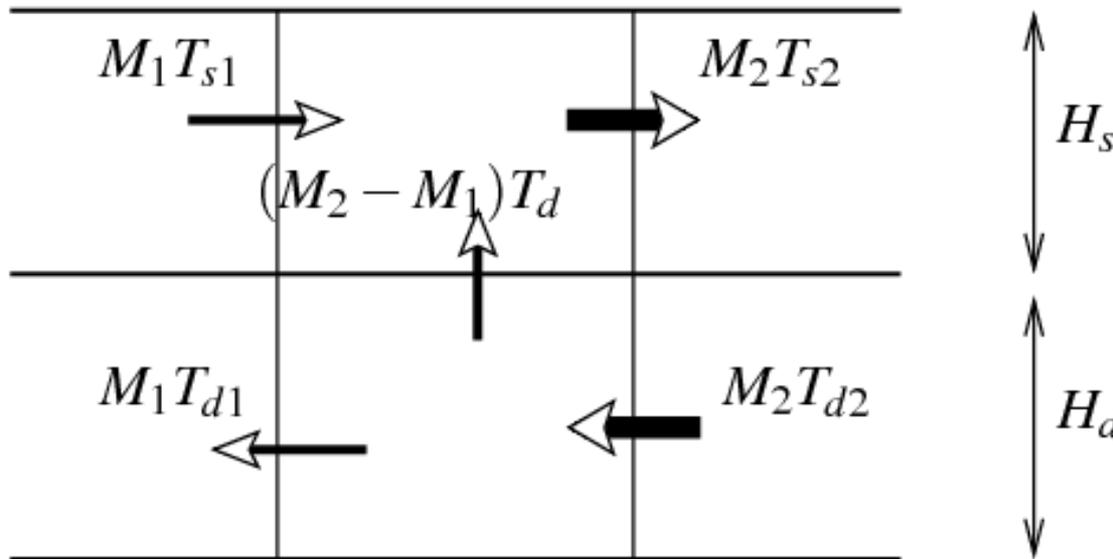


Température profonde: $T_d = \alpha T_s + (1 - \alpha) T_0$

$$\rho H S \frac{\partial T_s}{\partial t} = M_1 (T_{s1} - T_{d1}) - M_2 (T_{s2} - T_{d2})$$

Schéma 2 couches

2 couches « slab », températures prognostiques et



- Flux de chaleur en surface dans couche de surface
- Ajustement convectif si

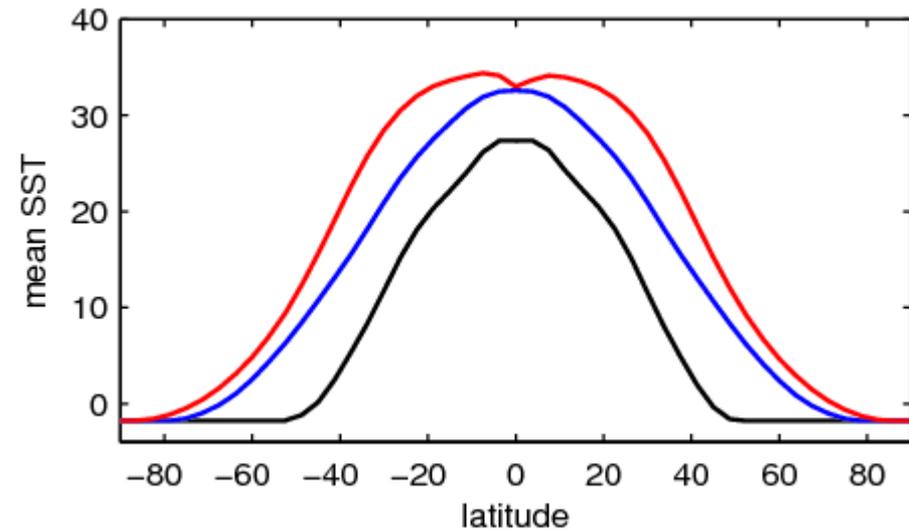
Implémentation

- LMDZ, 48x48 points de grille , 19 niveaux
- Géométrie planète-océan, cycle saisonnier
- Transport d'Ekman et diffusion horiz. (K constant)
- Pas de correction de flux
- Glace de mer simplifiée (thermodynamique)
- Paramètres $\alpha=2/3$, $\varepsilon=1 \text{ e-}5 \text{ s}^{-1}$

Résultats:

SST moyenne:

Inerte diffusif Ekman 1.5 couche



Flux de chaleur méridien

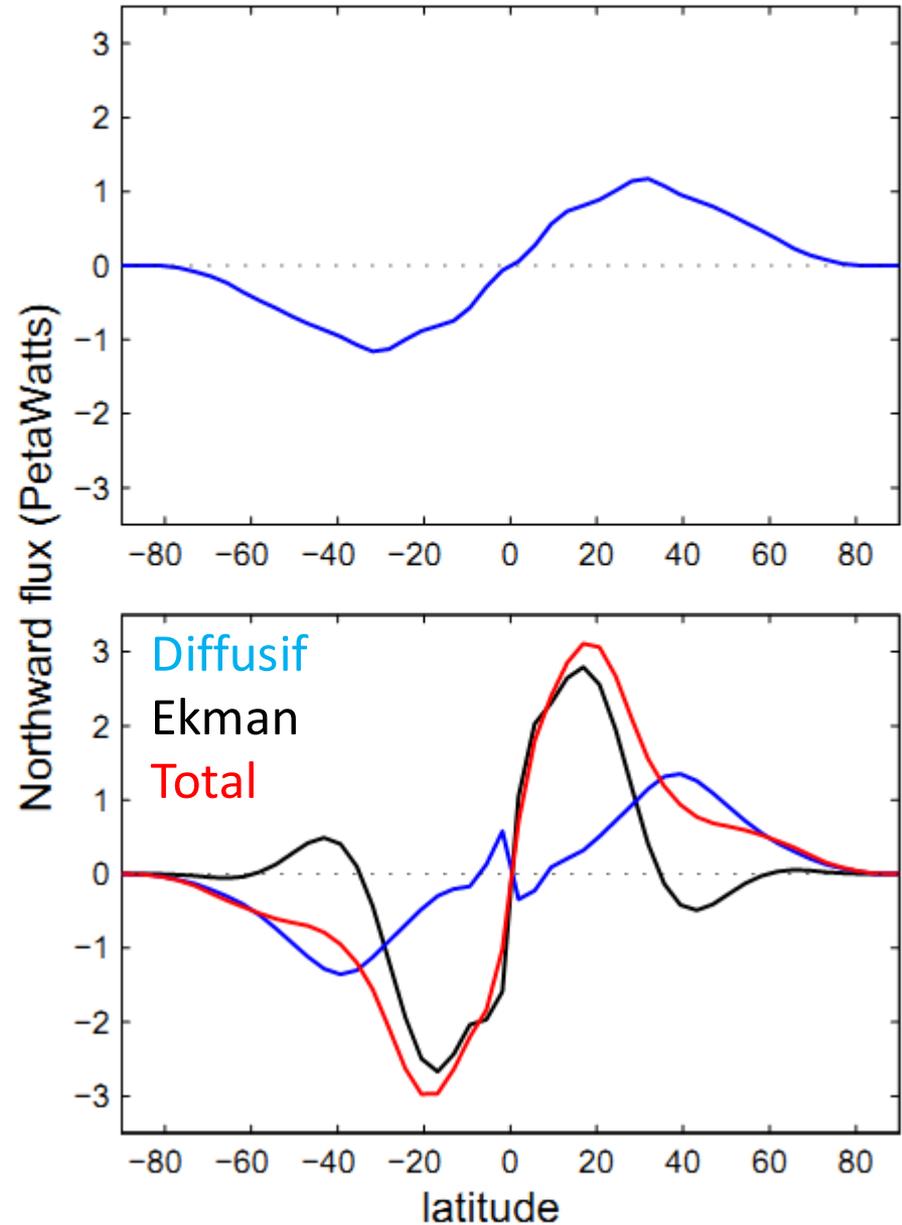
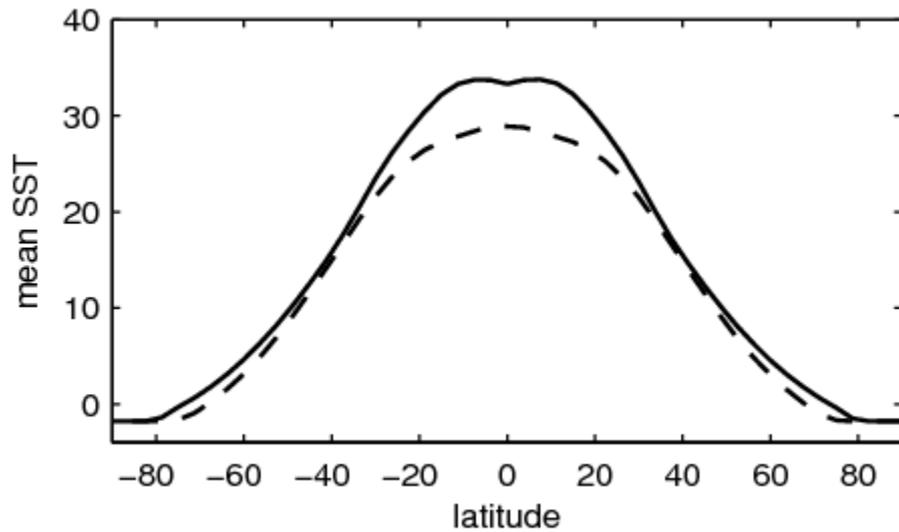
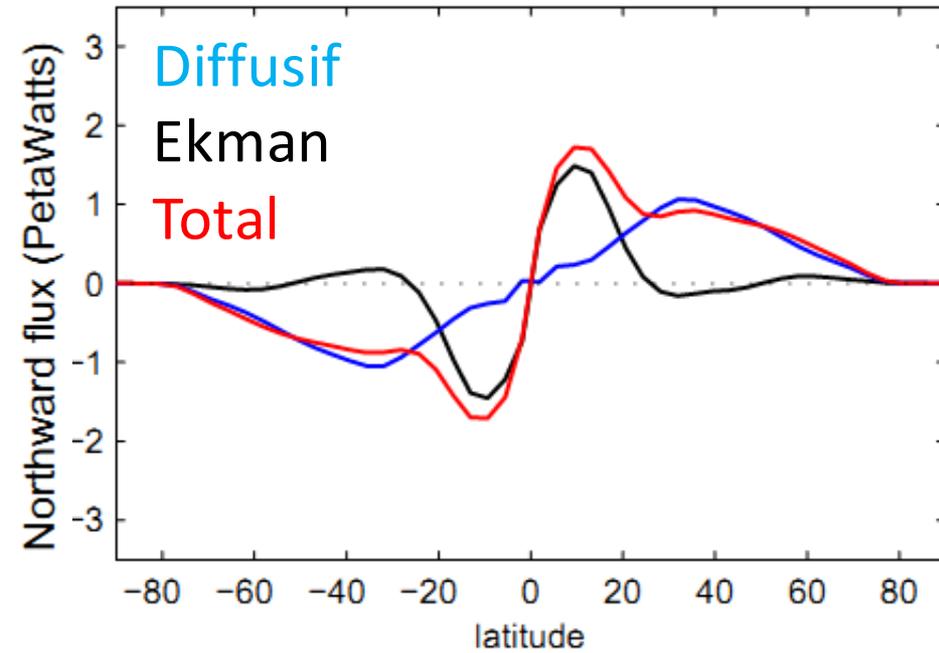


Schéma 2 couches + diffusion

Températures du slab

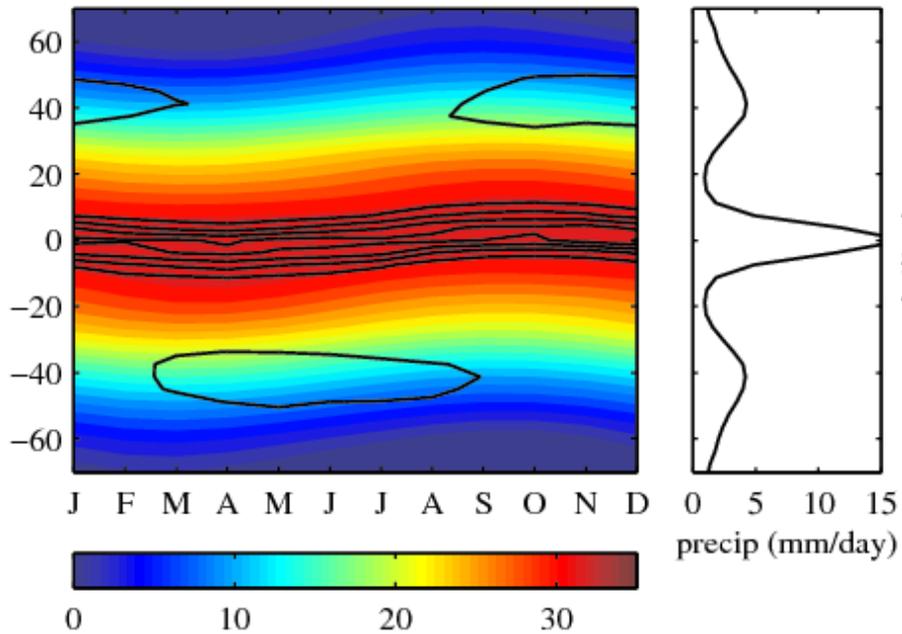


Flux de chaleur intégré

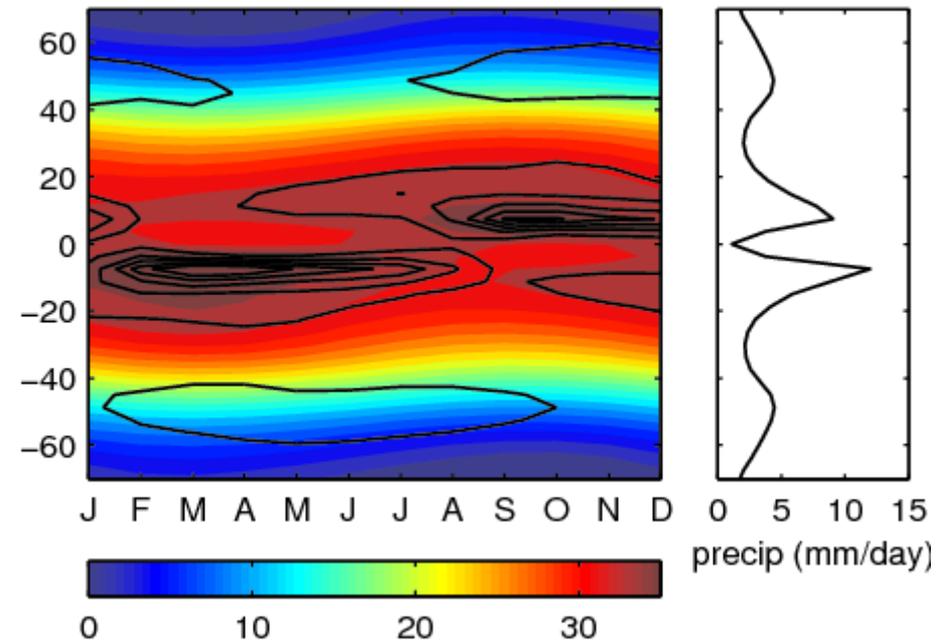


Cycle saisonnier

Océan diffusif



Shéma 1.5 couches



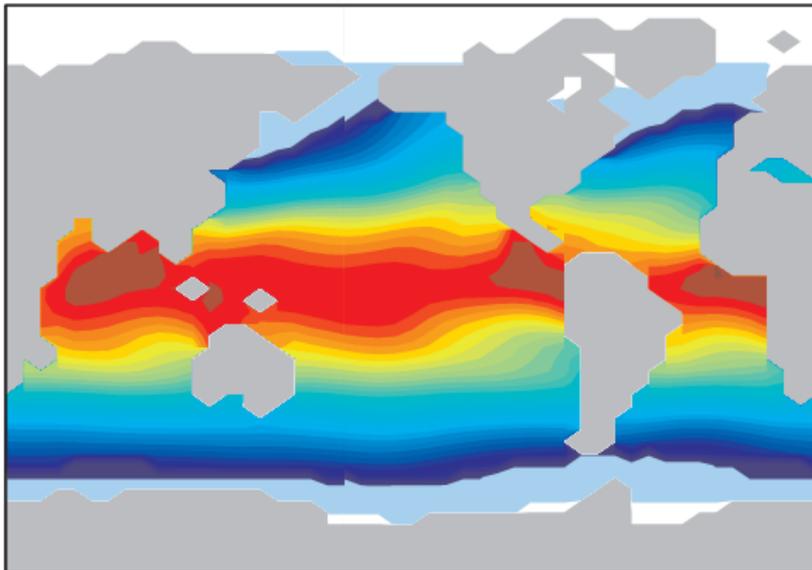
SST (couleur)

Précipitations (contours)

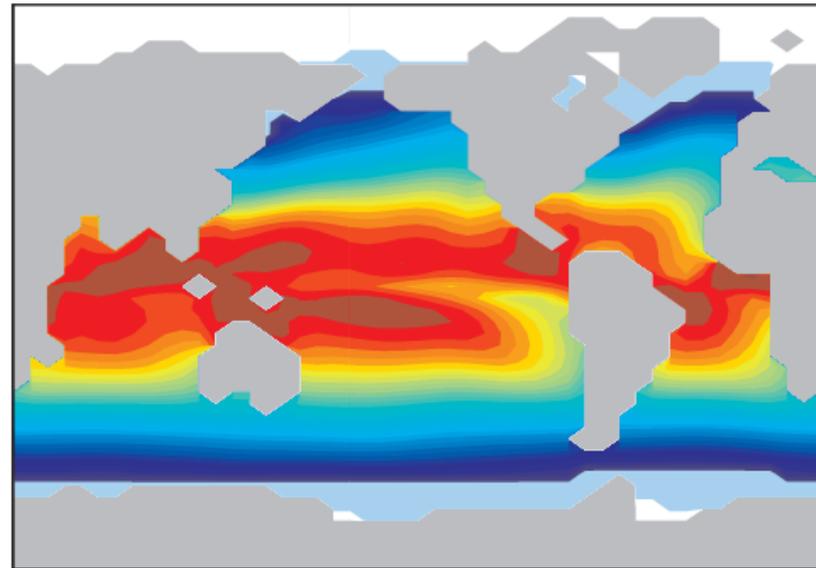
Terre actuelle

SST et glace de mer

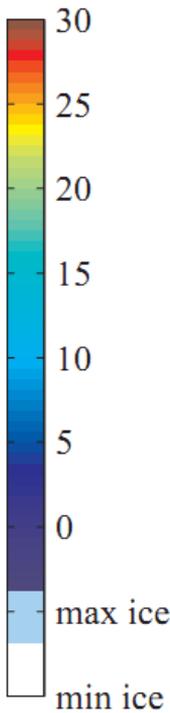
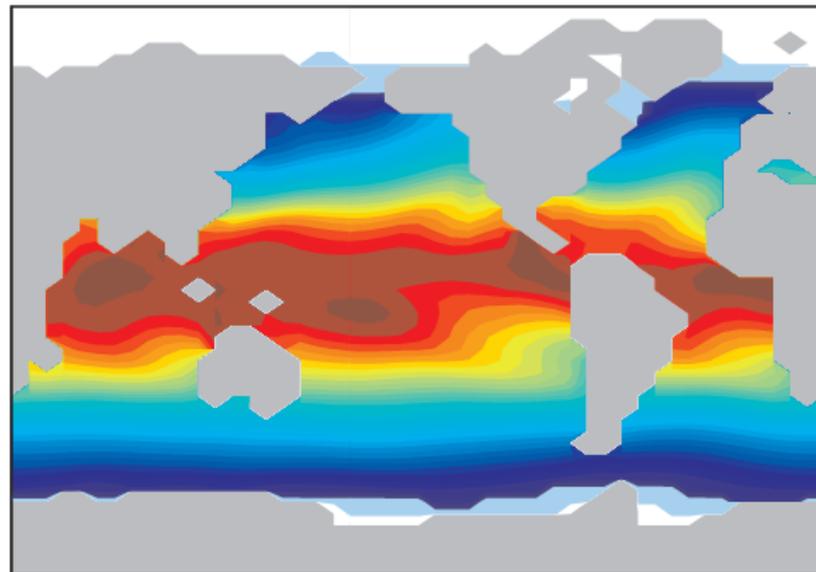
(a) diffusive ocean



(b) Ekman transport 1.5-layer

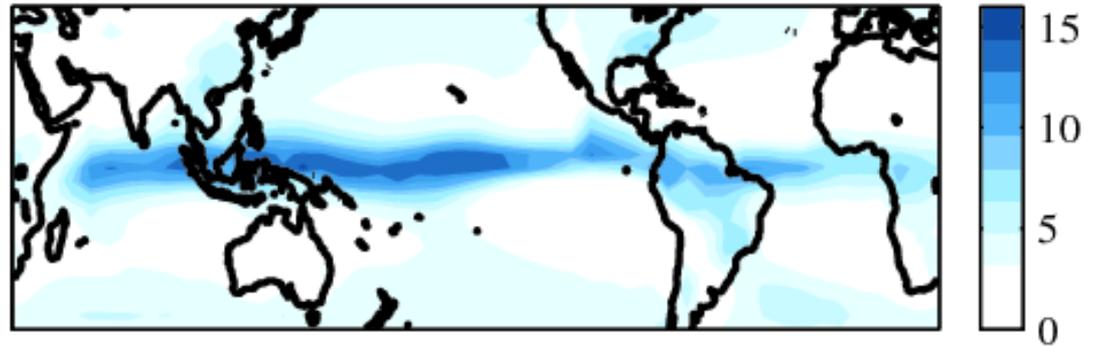


(c) Ekman transport 2-layer



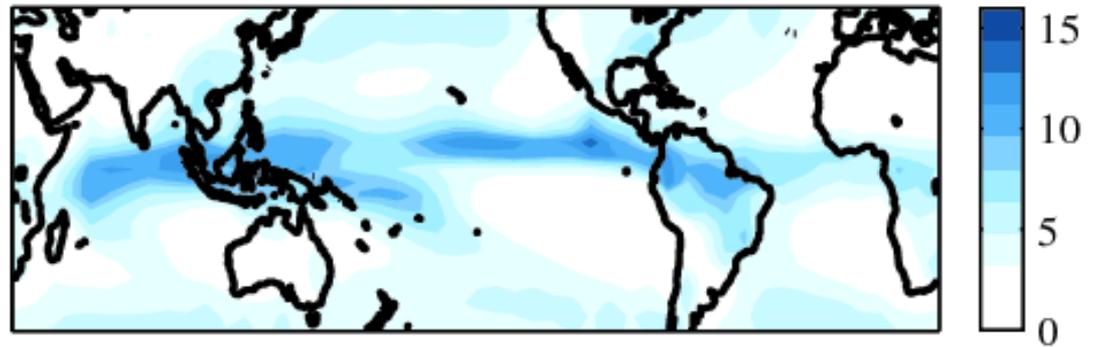
Terre actuelle

(a) diffusive ocean

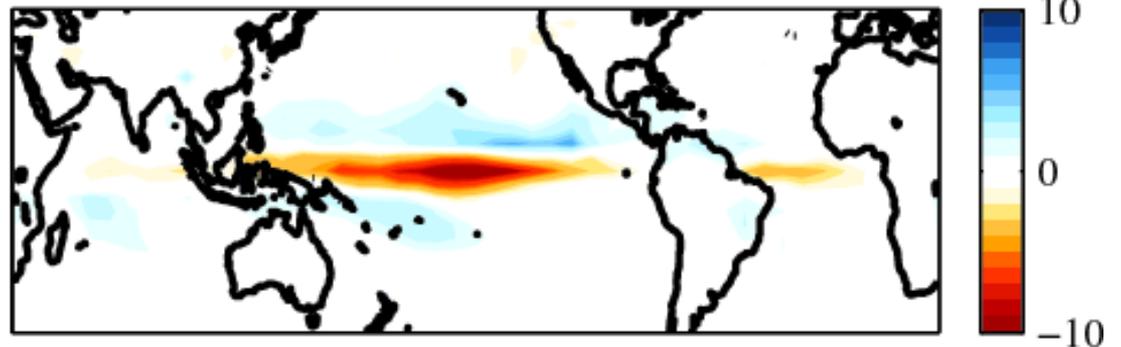


Précipitations
Moyenne annuelle

(b) Ekman transport 2-layer



(c) difference



Conclusions:

- 2 schémas simples, avec conservation de l'énergie.
 - Structure de SST améliorée (tropiques plates, minimum équateur)
 - Flux de chaleur méridiens comparables aux OGCMs (aquaplanète)
 - Simulations « réalistes » raisonnables
-
- Manque certains processus (thermohaline, gyres)
 - Flux de chaleur un peu faibles avec 2 couches

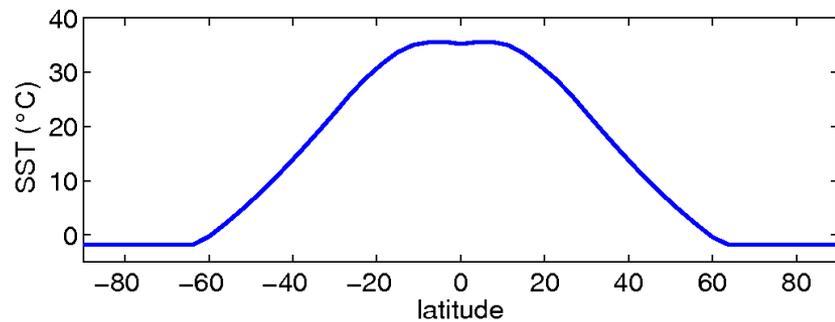
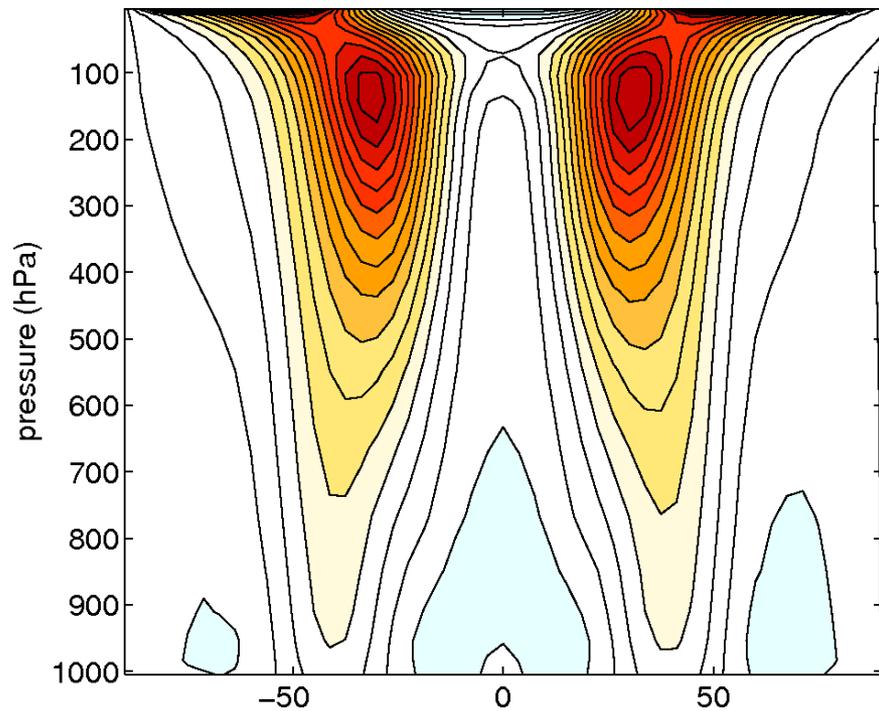
Utilisations:

- Réponse à augmentation de CO₂ : impact du transport
- Circulation générale sur d'autres planètes (vitesse rotation...)
- Zone d'habitabilité, Terre primitive.
- Courbes de lumière (F. Selsis, I. Gomezleal)
- ...

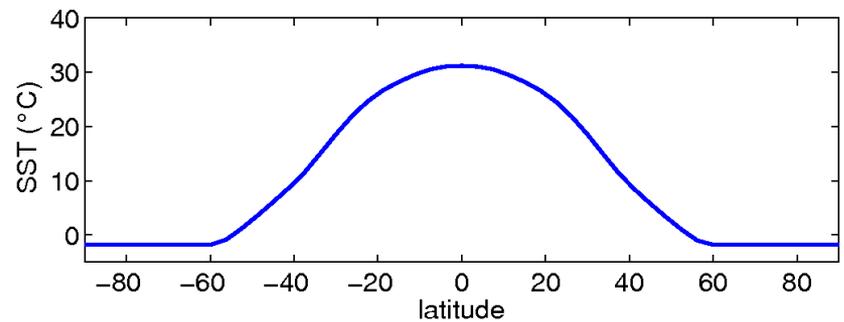
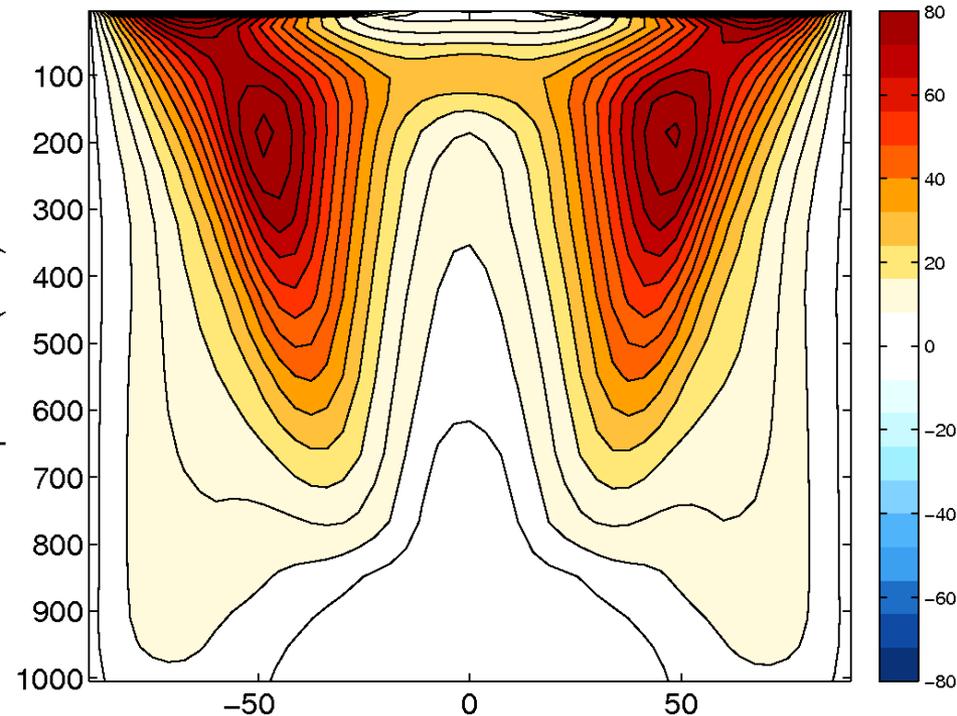
Mais... seul slab sans transport dans sources « officielles ».

Example 1: change in rotation rate

Rotation = 1 day



Rotation = 3 days



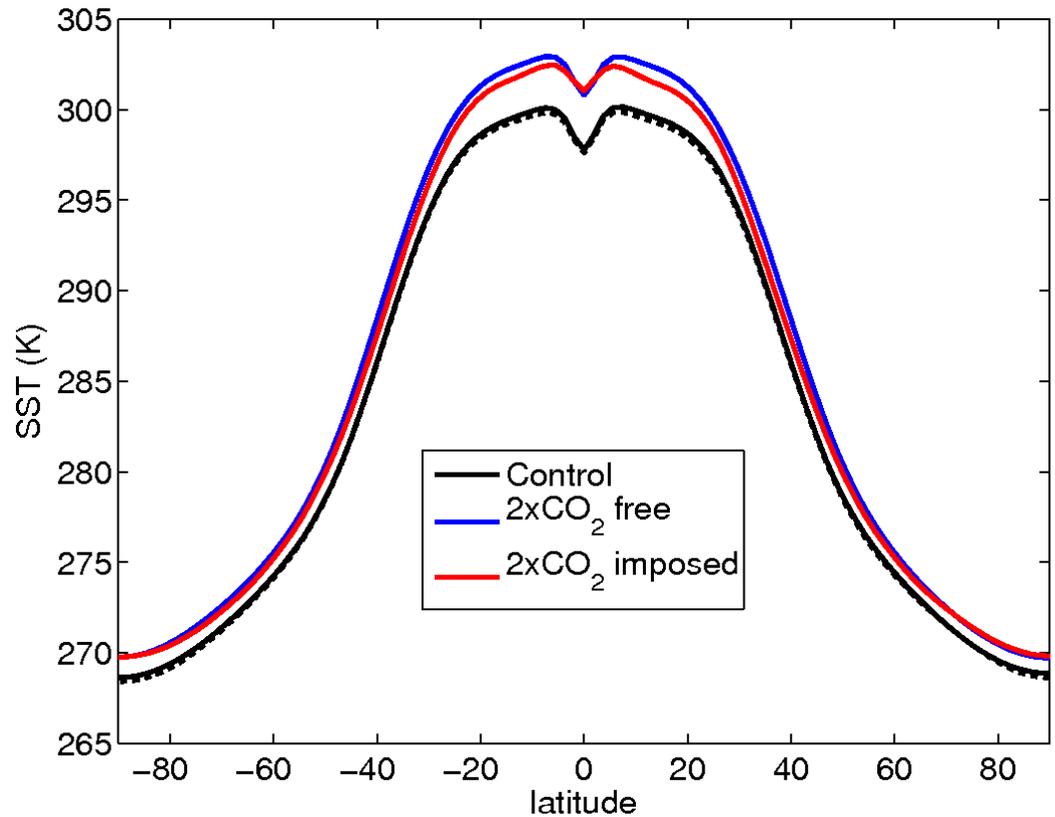
Example 2: sensitivity to CO₂ doubling

Ocean Planet.

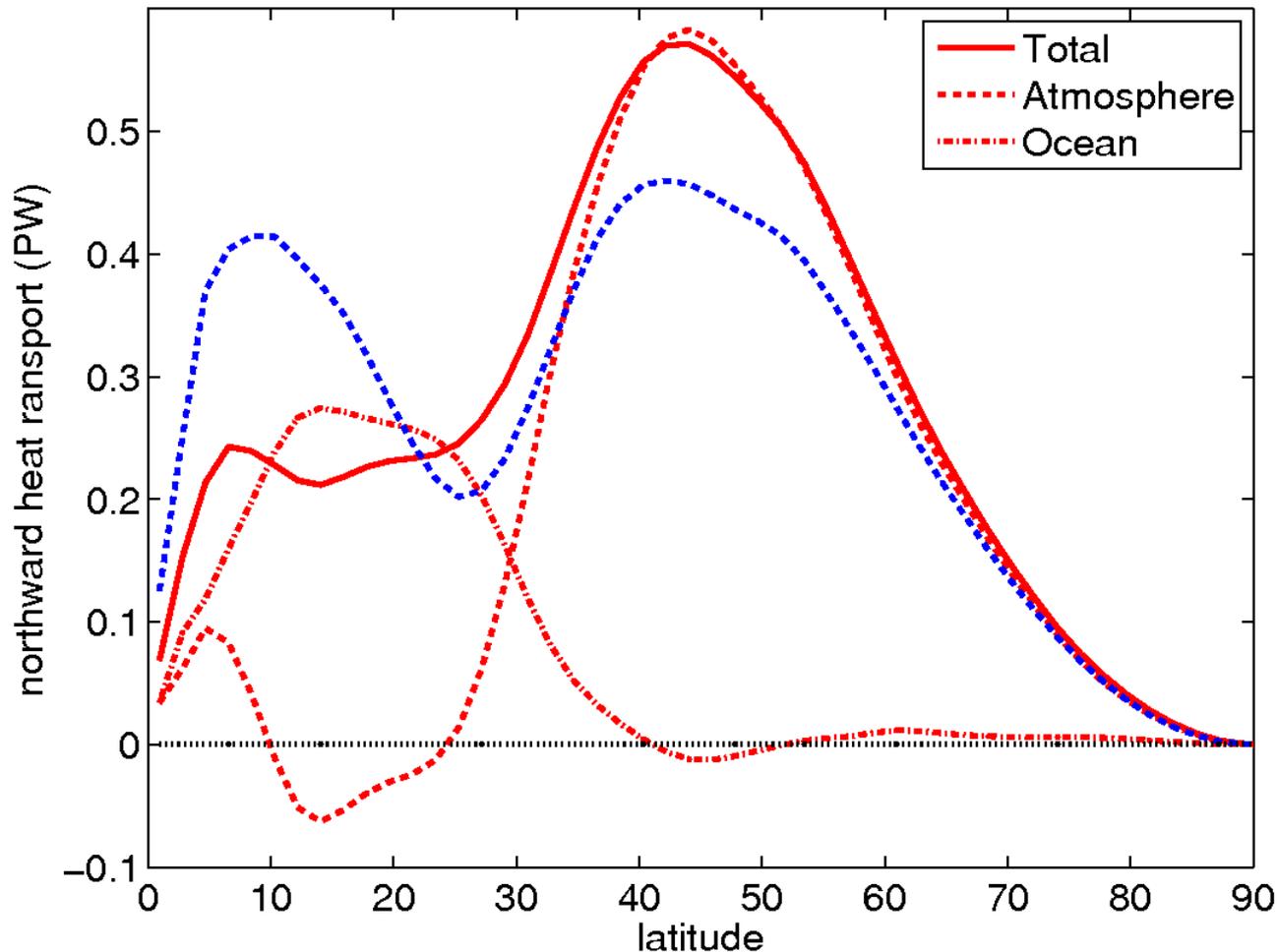
1.5-layer, no sea-ice, 96x96

CO₂ doubling,
heat transport

1. Climatological (control)
2. Interactive

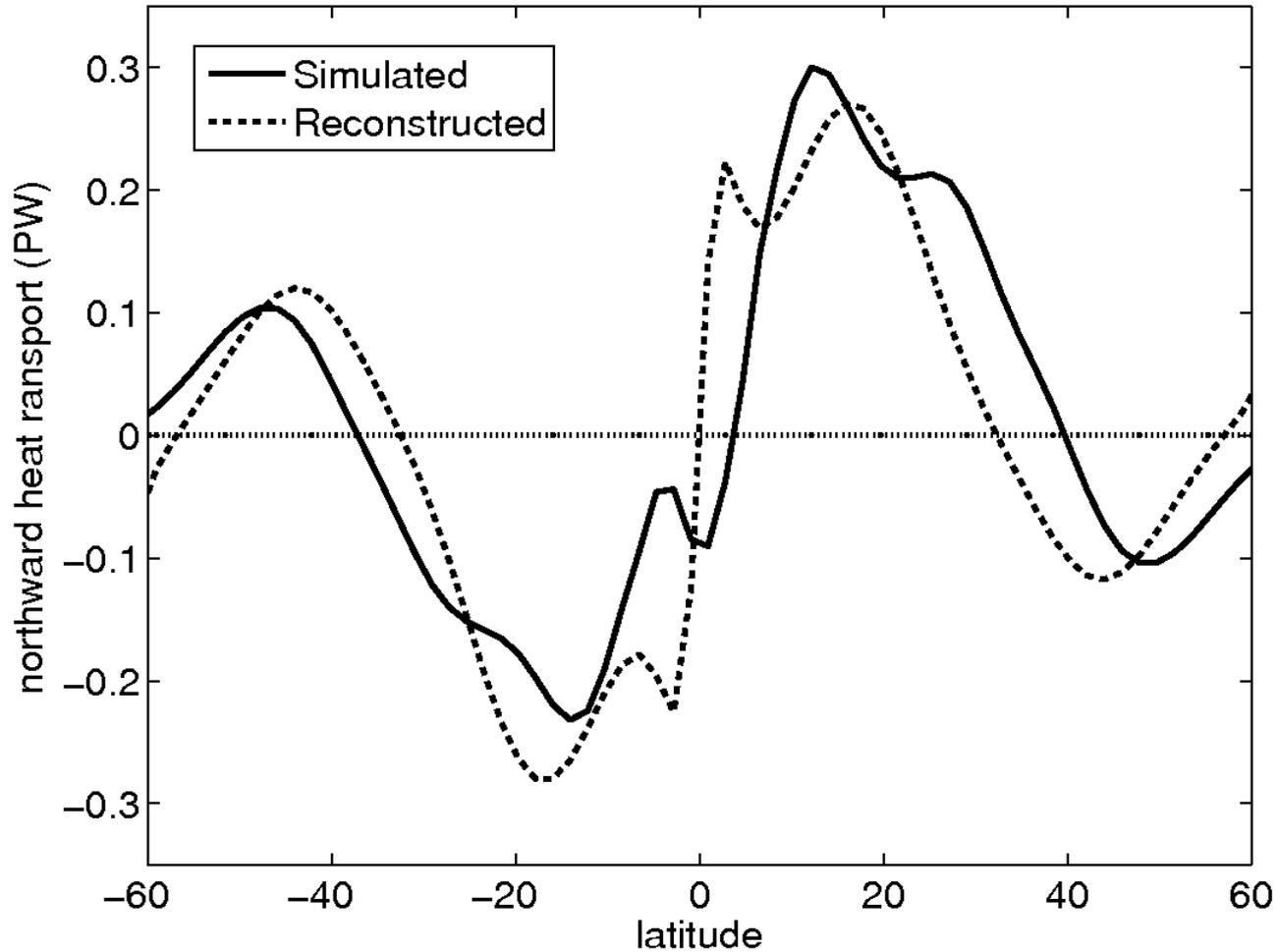


Poleward heat transport difference - 2xCO₂ - Control



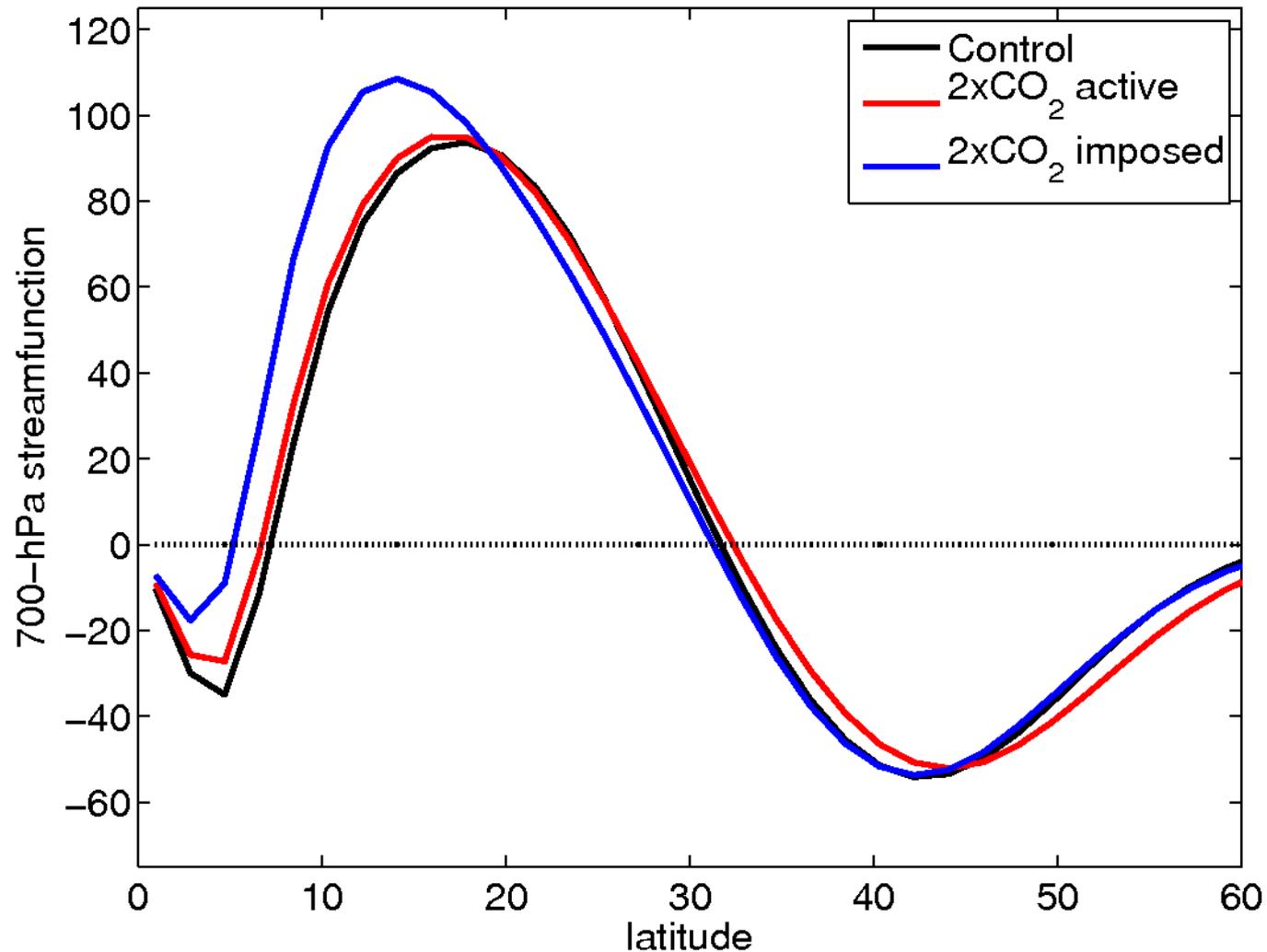
- Mid-latitudes: changes in the atmosphere only.
- Tropics: changes due to the ocean for **interactive transport**, to the atmosphere for **imposed ocean transport**.

Difference in ocean heat transport Mostly due to changes in stratification



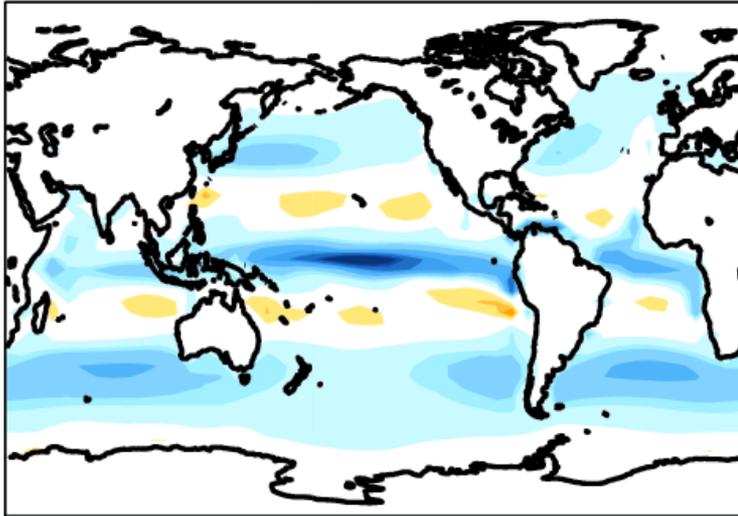
Reconstruction: control mass flux x temperature change

Hadley cell: intensifies with **imposed ocean** transport
shifts polewards with **interactive transport**
(small changes in moist static energy stratification)

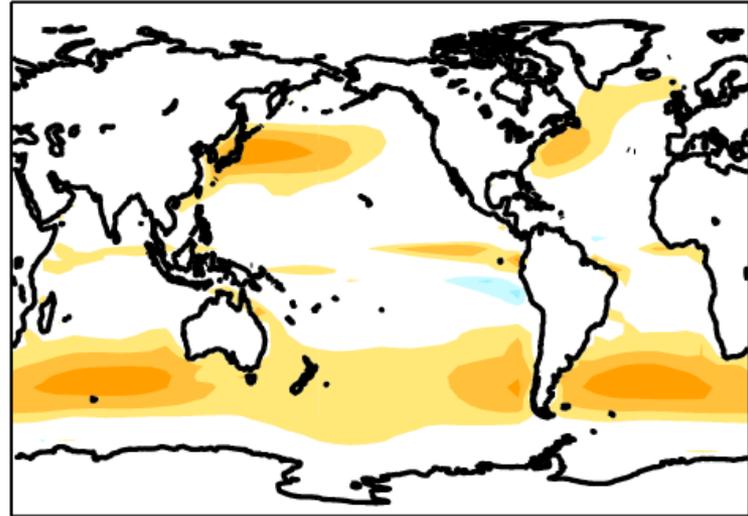


Heating by ocean heat transport

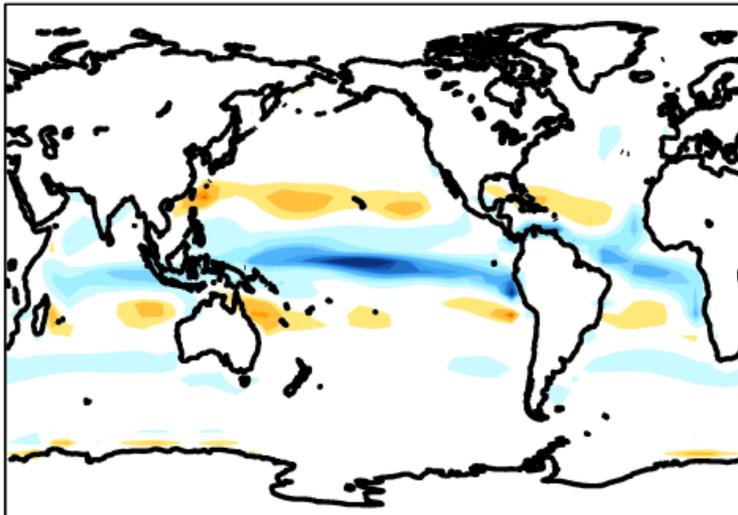
(a) Ekman surface layer



(b) Ekman deep layer



(c) Ekman total



(d) Ekman + diffusion

