





## Sensibilité climatique et inertie thermique, analyse des modèles CMIP5

Olivier Geoffroy, David Saint-Martin,

Dirk Olivié, Aurore Voldoire, Sophie Tytéca



AMA 2012

## Plan

#### I)

Présentation du modèle simple. Solution analytique.

#### II)

- Ajustement des paramètres: méthodologie et application aux modèles CMIP5.

- Validation du modèle 2 boites.

#### III)

- Ajout d'un paramètre d'efficacité pour le flux de chaleur accumulé dans l'océan.

- Résultats.

#### Modèle de bilan énergétique (EBM), 1 boîte

#### Modèle de bilan énergétique (EBM), 1 boîte



### Modèle de bilan énergétique (EBM), 1 boîte



### Modèle de bilan énergétique (EBM) 2 boîtes (Held et al., 2010)



## Solution analytique pour T



5 paramètres: **F**,  $\lambda$ , C, C<sub>0</sub>,  $\gamma$ 

On utilise les simulations « abrupt 4xCO2 » **uniquement** 



**C**, **C**<sub>0</sub>, γ

**F**, λ

5 paramètres: **F**,  $\lambda$ , C, C<sub>0</sub>,  $\gamma$ 

On utilise les simulations « abrupt 4xCO2 » **uniquement** 

**F**,  $\lambda$   $N = F - \lambda T$ 

→ Méthode de Grégory et al (2004): régression linéaire N=f(T) —

**C**, **C**<sub>0</sub>, γ







### Résultats, flux net TOA N=f(T)



### Résultats, flux net TOA N=f(T)



### Résultats, température globale



Bonne représentation des évolutions de T« abrupt 4xCO2 » et « 1% CO2 » avec le modèle à 2-boîtes

Motivation: hypothèse de linéarité entre N et T pas toujours vérifiée (Gregory et al., 2004)  $\rightarrow$  sensibilité climatique effective peut varier au cours du temps  $\rightarrow$  peut s'expliquer par une efficacité de forçage pour l'OHU (Winton et al., 2010):  $T_{eq} - T = \varepsilon \frac{N}{\lambda}$  (i.e.  $F - \lambda T = \varepsilon N$ )













6 paramètres: F,  $\lambda$ ,  $\epsilon$ , C, C<sub>0</sub>,  $\gamma$ 

Méthode itérative en prenant pour valeurs initiales les valeurs précédentes ( $\varepsilon = 1$ ).

 $\rightarrow$  Itération 0.  $\epsilon$ =1.

F,  $\lambda$ , C, C<sub>0</sub>,  $\gamma \longrightarrow H \longrightarrow N = F - \lambda T - (\varepsilon - 1)H$ 

 $\rightarrow$  Itération 1.

\*\* **Régression multiple** de N=(T,H)  $\rightarrow$  **F**,  $\lambda$  et  $\varepsilon$ -1.

\*\* calcul de C,  $C_0$ ',  $\gamma$ ' par la **méthode précédente**.  $\rightarrow$  C,  $C_0$ ,  $\gamma$ 

 $\rightarrow$  Itération.



#### Résultats, flux net TOA N=f(T)

Bonne représentation de l'évolution du flux net TOA pour tous les modèles
→Amélioration de l'estimation de l'ECS (à valider avec des simulations longues...)

### Résultats, température globale



- Evolutions identiques

#### Résultats, flux net TOA N=f(T)



# Comparaison des paramètres ajustés EBM $\varepsilon = 1$ vs EBM $\varepsilon$ paramètre libre



Abscisse:
valeur du paramètre pour ε=1
Ordonnée:
valeur du paramètre pour ε paramètre libre



### Paramètres vs paramètres





- Pas de corrélation entre  $\lambda$  et  $\gamma$ . En accord avec Gregory and Foster (2002). En désaccord avec Raper et al. (2002) (qui trouvent une faible corrélation négative)

- Légère corrélation  $\varepsilon$  ECS.
- Autres paramètres non corrélés.

## Conclusion et perspectives

- Solution analytique de l'EBM à 2 boîtes. Permet de distinguer les contributions des réponses lentes et rapides, et permet une méthode simple pour ajuster les paramètres d'un AOGCM.

- EBM à 2 boîtes ajusté sur l'abrupt 4xCO2 représente correctement

l'évolution de la température globale 4xCO2 et 1% CO2 des 12 modèles CMIP5 disponibles

- Nouvelle méthode d'estimation de l'ECS.

- Ajout d'un paramètre d'efficacité pour l'OHU qui permet une **représentation correcte de l'évolution du flux net TOA** et une meilleure (?) estimation des paramètres, notamment, l'ECS, ou à l'inverse, une meilleure prédiction de la réponse si l'ECS est connue.

- Outil pour mieux comprendre la réponse transitoire des GCM.

- Outil pour étudier la variabilité interne basse fréquence ?

- Estimation de la contribution de chaque paramètre à la dispersion de la réponse climatique transitoire (« factorial méthod » (Montgomery, 2005) donne ECS responsable d'environ 55 % de la dispersion).

- Lien entre les différents paramètres et d'autres grandeurs caractéristiques de l'AOGCM ? (e.g. MLD).

- **Etude régionale des rétroactions radiatives** (méthode des "kernel") pour expliquer et valider les valeurs d'ε estimées.

### Paramètres vs paramètres







### Paramètres

ε=1														
	$F_{4CO2}$	λ	T <sub>4CO2</sub>	2	γ			O		C <sub>0</sub>	¥		T5	
BCC	6.7	1.21	5.6		0.6	7	7	.6		53	4.0		126	
CCCMA	7.6	1.03	7.4		0.5	9	7	.3		71	4.5		193	
CNRM	7.3	1.11	6.5		0.5	0	8	.4		99	5.2		289	
CSIRO	5.1	0.61	8.3		0.8	8	6	5.0		69	3.9		200	
GFDL	6.6	1.34	4.9		0.9	0	8	1.1		105	3.6		197	
INM	6.2	1.51	4.1		0.6	5	8	.6		317	4.0		698	
IPSL	6.4	0.79	8.1		0.5	9	7	.7		95	5.5		286	
MIROC	8.5	1.58	5.4		0.7	6	8	.3		145	3.5		285	
MPIM	8.2	1.14	7.3		0.7	2	7	3		71	3.9		164	
MRI	6.6	1.26	5.2		0.6	6	8	.5		64	4.3		150	
NCC	6.2	1.11	5.6		0.8	8	8	l.0		105	4.0		218	
MOHC	5.9	0.65	9.1		0.5	5	6	5.5		82	5.3		280	
Mean	6.8	1.11	6.5		0.7	0	7	1.7		106	4.3		257	
E libre														
	F <sub>4CO2</sub>	λ	$T_{4CO2}$		ε		γ	C		C <sub>0</sub>	Ţ	f	τs	
BCC	7.4	1.27	5.8	-	1.27	0.	59 8.4		+	55	4.	1	152	
CCCMA	8.2	1.05	7.8	-	1.28	0.	54	8.0	)	77	4.	5	239	
CNEM	71	1 1 2	6.4	(	1 9 2	0	51	02	2	95	5	2	266	$\neg$

	- +002		-4002	-	l í	-	-0		-3
BCC	7.4	1.27	5.8	1.27	0.59	8.4	55	4.1	152
CCCMA	8.2	1.05	7.8	1.28	0.54	8.0	77	4.5	239
CNRM	7.1	1.12	6.4	0.92	0.51	8.3	95	5.2	266
CSIRO	6.9	0.67	10.3	1.80	0.71	8.5	76	4.2	316
GFDL	7.1	1.38	5.1	1.21	0.84	8.8	112	3.6	233
INM	6.0	1.57	3.9	0.82	0.67	8.5	271	4.0	546
$\mathbb{P}SL$	6.7	0.79	8.5	1.15	0.57	8.1	100	5.5	327
MIROC	8.9	1.57	5.6	1.20	0.73	8.7	158	3.6	338
MPIM	9.4	1.20	7.8	1.42	0.62	8.5	78	4.0	220
MRI	7.1	1.31	5.4	1.25	0.59	9.3	68	4.4	181
NCC	7.4	1.15	6.5	1.57	0.76	9.7	121	4.1	328





Figure 1. Graphical illustration of an experimental setup containing three factors with two values each (a 2<sup>3</sup> experimental design). (a) The eight experiments are placed at the corners of a cube where each dimension represents a single main effect (A, B, C). (b) The shaded faces represent the high and low values of factor A. (c) The shaded faces represent the high and low levels of factor B. (d) The shaded faces represent the high and low levels of factor B. (d) The shaded faces represent the high and low levels of factor C.







