

# Expériences françaises sur le Earth Simulator

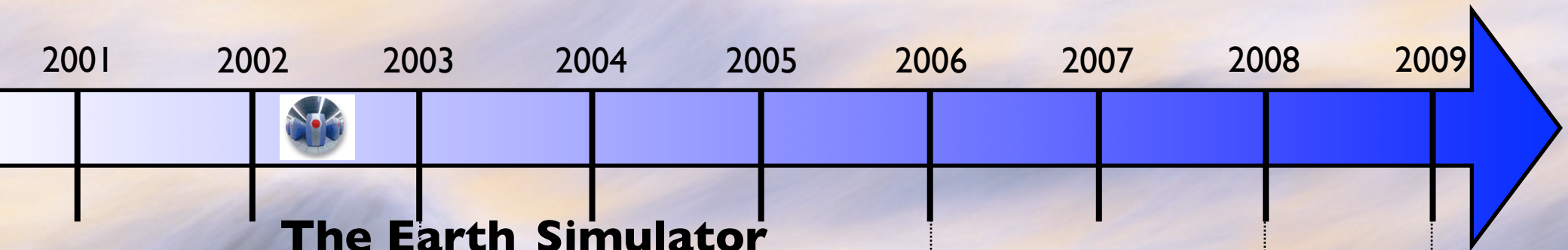
P. Klein, L. Hua, S. Le Gentil et C° (IFREMER)

R. Benshila, A. Caubel, M.-A. Foujols, A.-S. Kremer, M. Levy, G.

Madec, **S. Masson**, F. Pinsard, C. Talandier et C° (IPSL)

H. Sasaki, K. Takahashi (ESC)

# Une collaboration Franco-Japonaise active



**The Earth Simulator**

**JAMSTEC (Japon)-IPSL (France)-INGV (Italie)-MPI-Met (Allemagne)**

1 Post-doc Francais au Japon

2 Post-doc

➔ 12 publications en collaboration

**MoU ESC - CNRS/IFREMER**

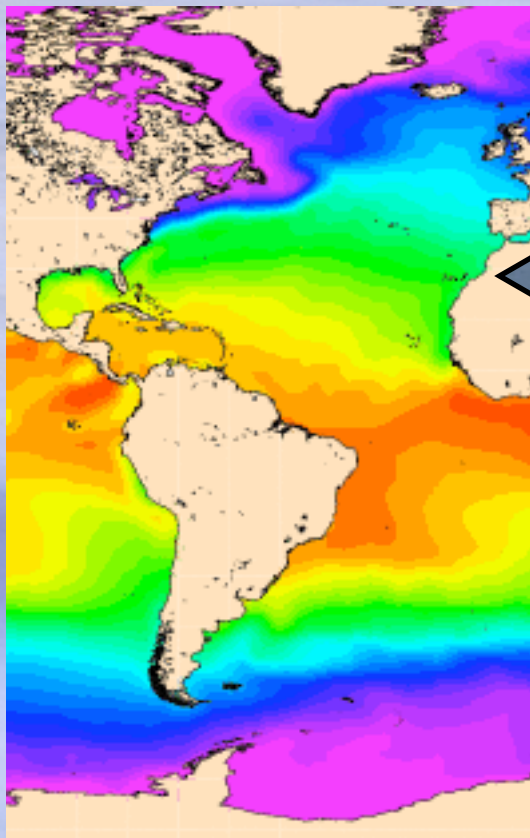
Ministère

**ANR**

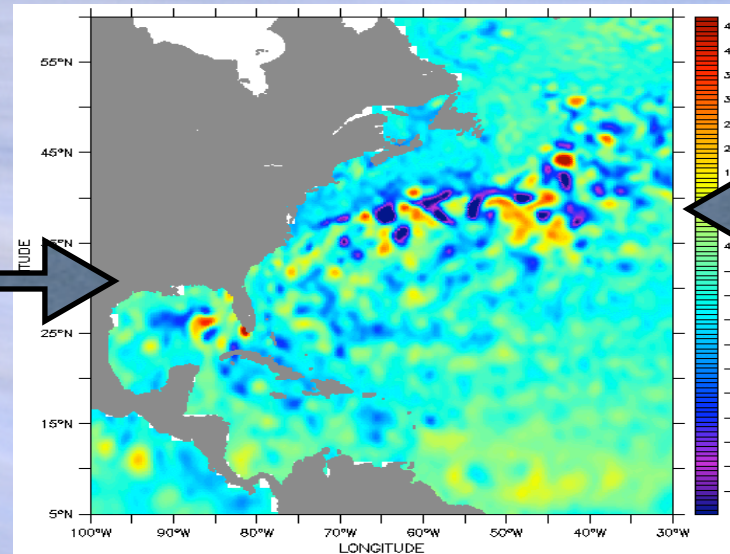
**CNRS**

# MoU ESC-CNRS/IFREMER: 4 projets Franco-Japonais sur le **ES**

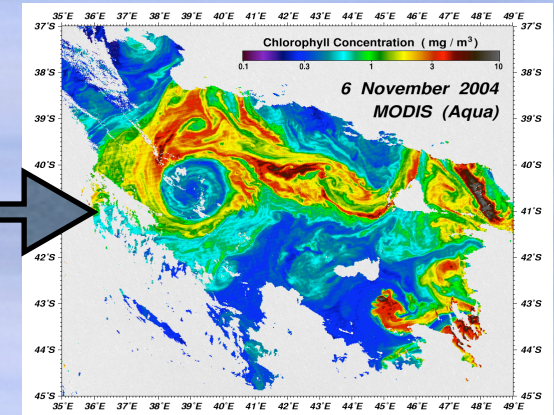
## Repousser les limites de l'approche multi-échelles



$O(1000\text{km})$



$O(100\text{km})$

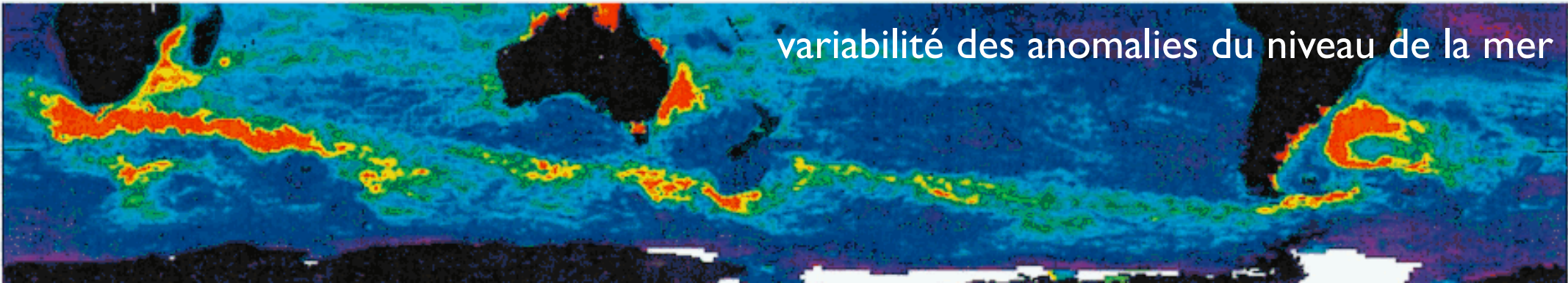


$O(1-10\text{km})$

- **Défi technique:** dimensionnement multiplié par 100 à 1500 en comparaison avec les travaux existants
- **Défi scientifique:** mécanisme nouveaux de petite échelle aux fortes répercussions sur la grande échelle et le climat, définitions de nouvelles paramétrisations

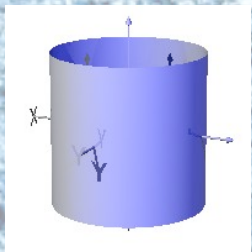
# (I) "Pompe verticale" générée par les tourbillons

P. Klein, H. Sasaki



## Courant Circumpolaire Antarctique:

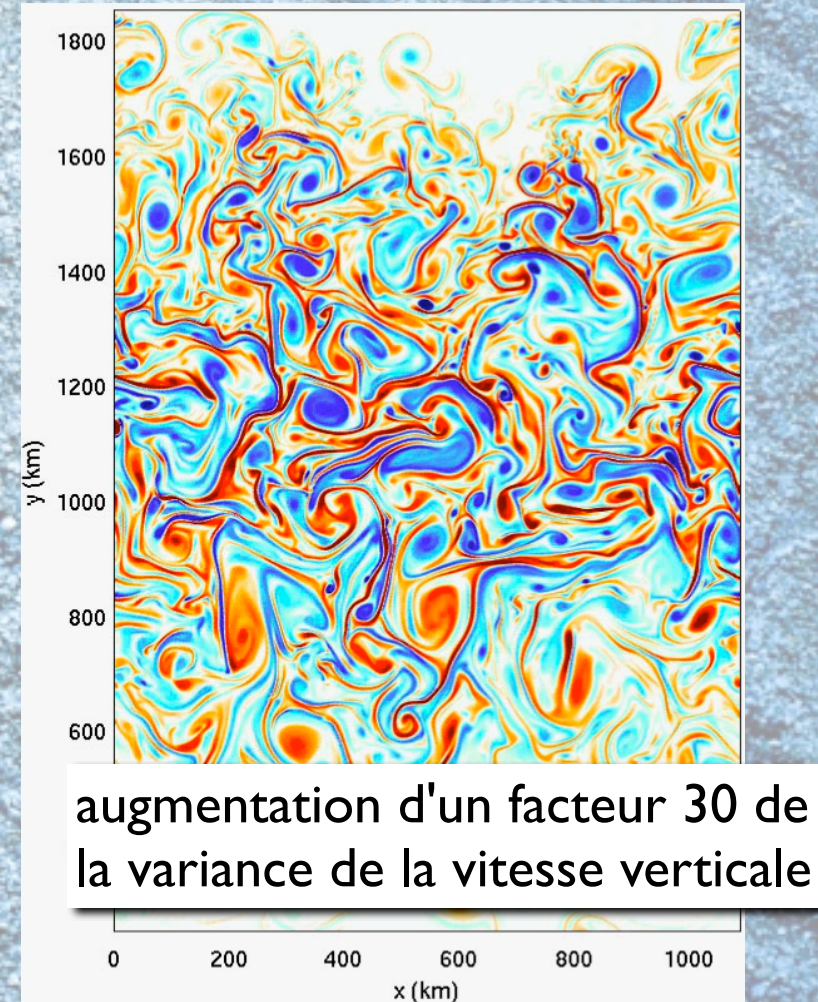
- une très forte activité tourbillonnaire
- déterminant pour la circulation générale



- canal périodique à 45°S
- résolution max: 1 km
- ~ 20 expériences
- 3000×2000×300

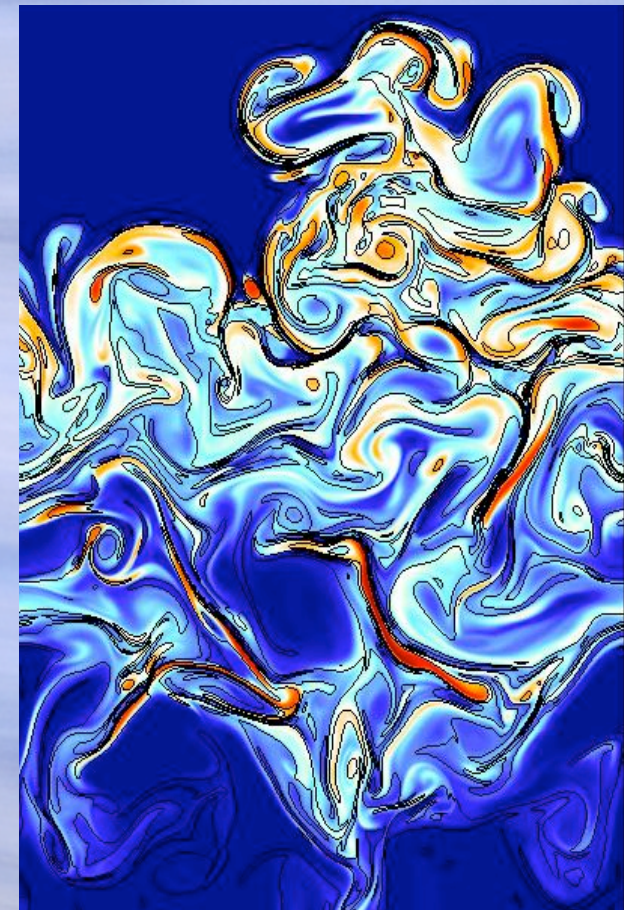
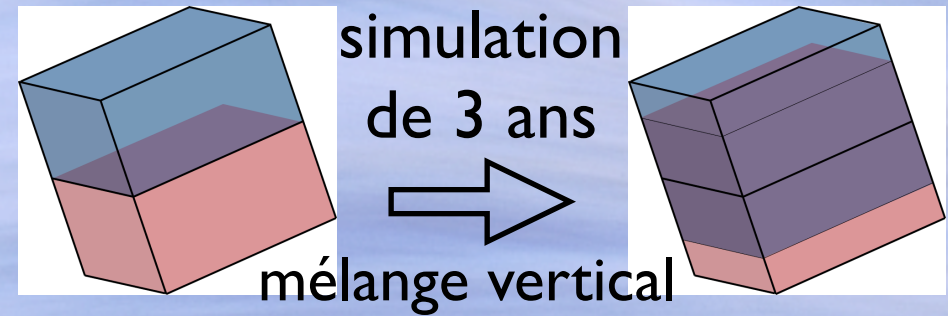
explosion  
du nombre de  
tourbillons

IDRIS : 6km, L50 (1/216 du ES)  
MPI-Met : 3km, L100 (1/27 du ES)



Double l'injection  
de traceurs depuis  
l'océan profond

➔ Réchauffement  
des premiers 200m  
de près de 1 degré



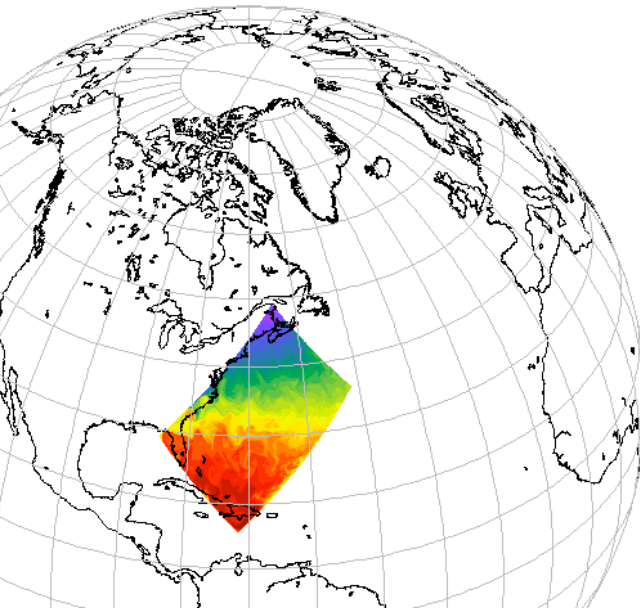
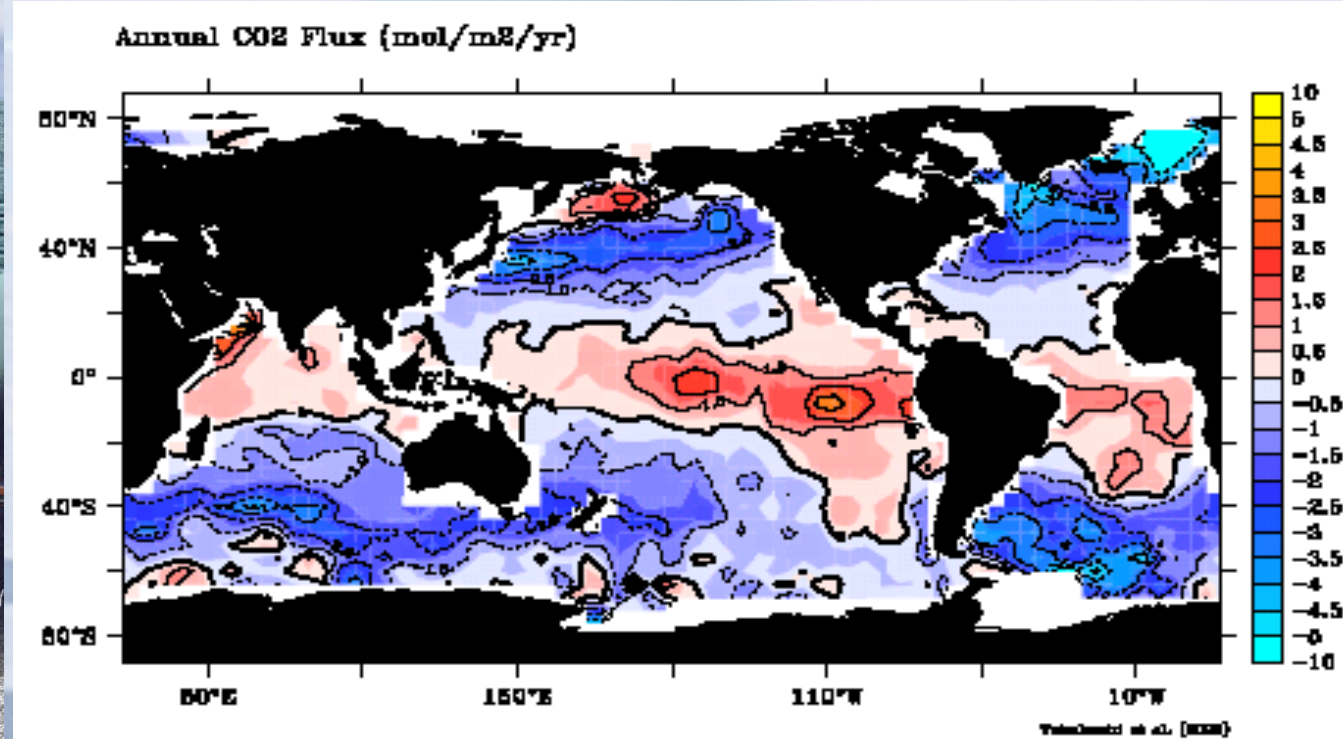
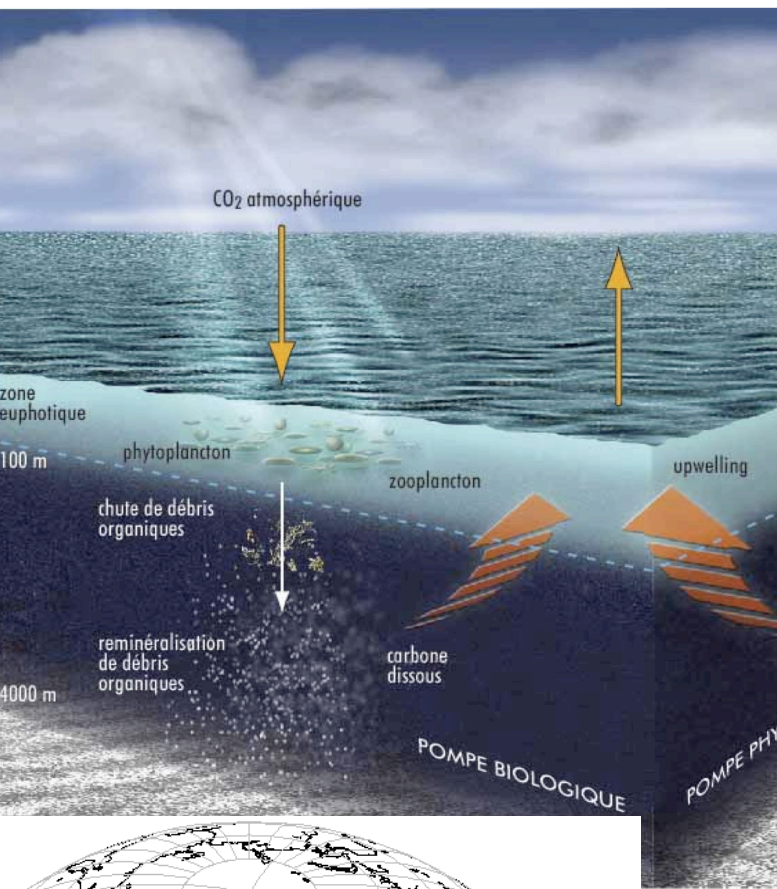
➔ 1 article soumis

- **512** cpu, 10% du ES (1024 en préparation)
- **1.6 Tflops**
- **40%** perf. crête (scalaire: 5%, machine de 320 Tflops)
- vectorisation: **98.7%**
- efficacité de parallélisation: **51.6%**
- total cpu: **0.53 uqbar-an\***

\*1 uqbar an = 40(cpu) × 365(j) × 24(h) = 350 400 heures de calcul

# (2) Pompage de CO<sub>2</sub> par l'océan et tourbillons

M.Levy, K.Takahashi



L'efficacité du pompage de CO<sub>2</sub> par l'océan est fortement dépendante de la dynamique océanique, et en particulier des petites échelles.  
➔ quantifier l'impact à grande échelle de la dynamique de petite échelle sur les flux biogéochimiques.

équilibrage  
de 100 ans

423 cpu, 8.2% du ES

875 Gflops

25% perf. crête

vectorisation: 99.2%

efficacité de // : 50%

total cpu: 0.8 uqbar-an

1°×1°

(110 km)

32 × 22 × 31

1/3°×1/3°

(37 km)

92 × 62 × 31

1/9°×1/9°

(12 km)

272 × 182 × 31

1/27°×1/27°

(4 km)

812 × 542 × 31(101)

1/54°×1/54°

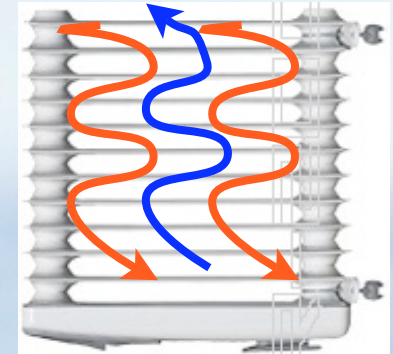
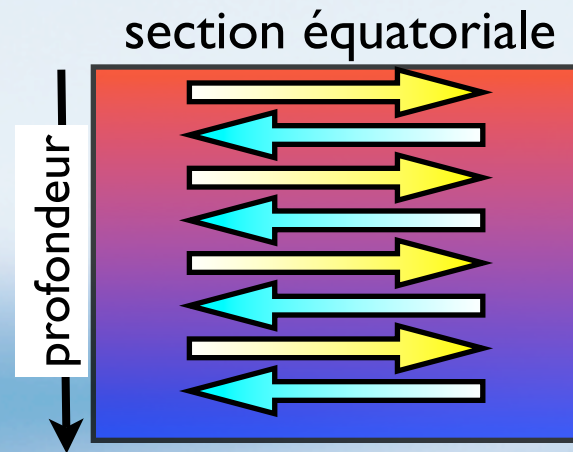
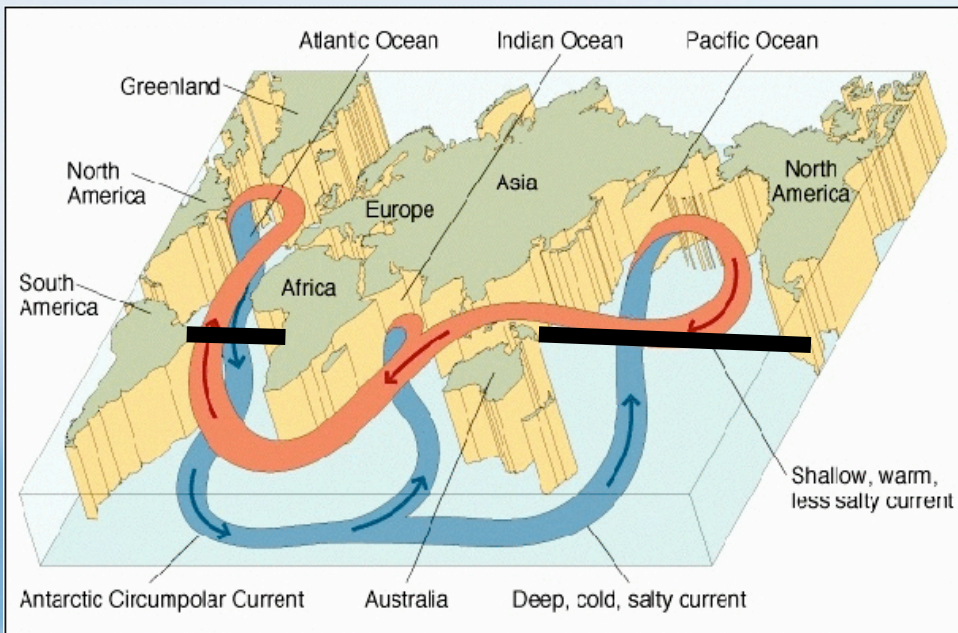
(2 km)

1622 × 1082 × 31(101)

vitesse verticale à 100 m

# (3) Circulation équatoriale profonde et climat

L. Hua, H Sasaki



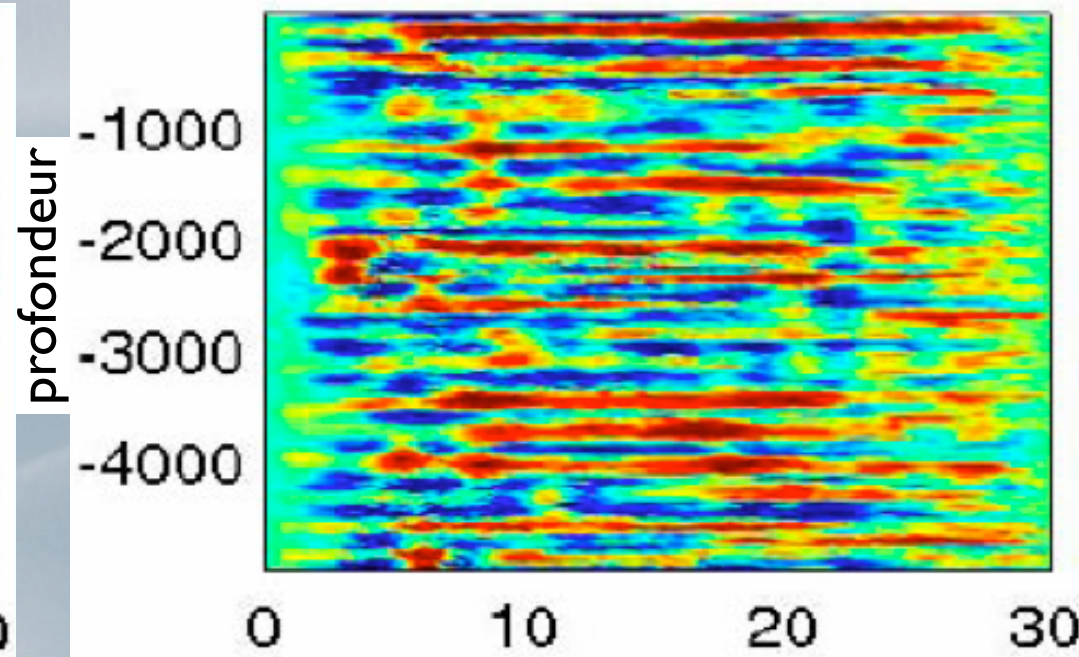
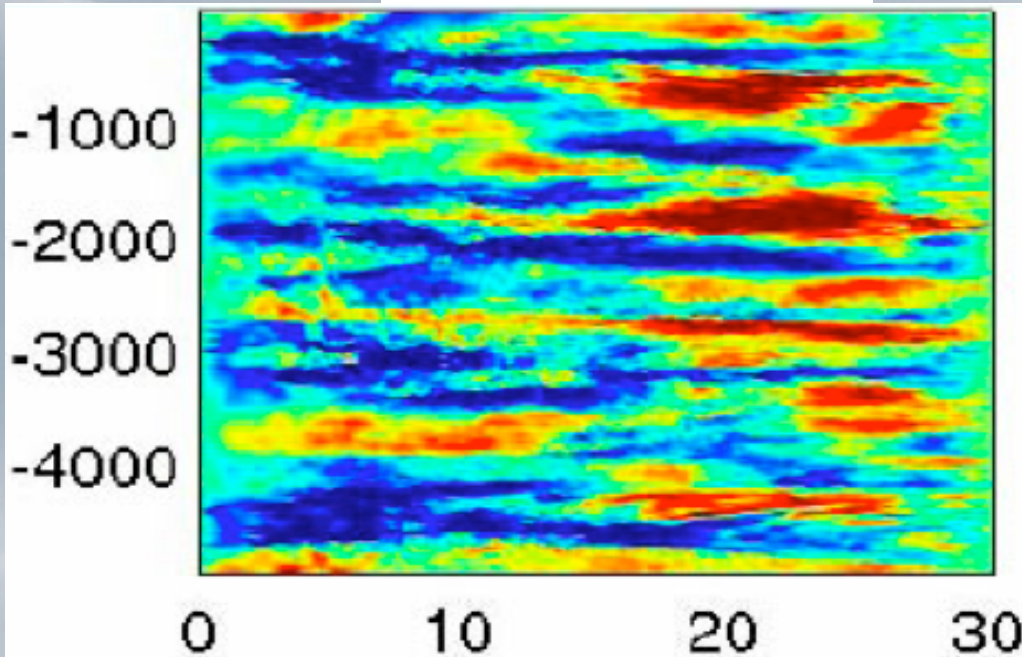
- Pourquoi ces jets zonaux alternés?
- Rôle dans la circulation générale océanique et le transport cross-équatorial?
- Participation à la remontée des eaux profondes de l'océan mondial?



10 à 30 ans

section équatoriale

section équatoriale



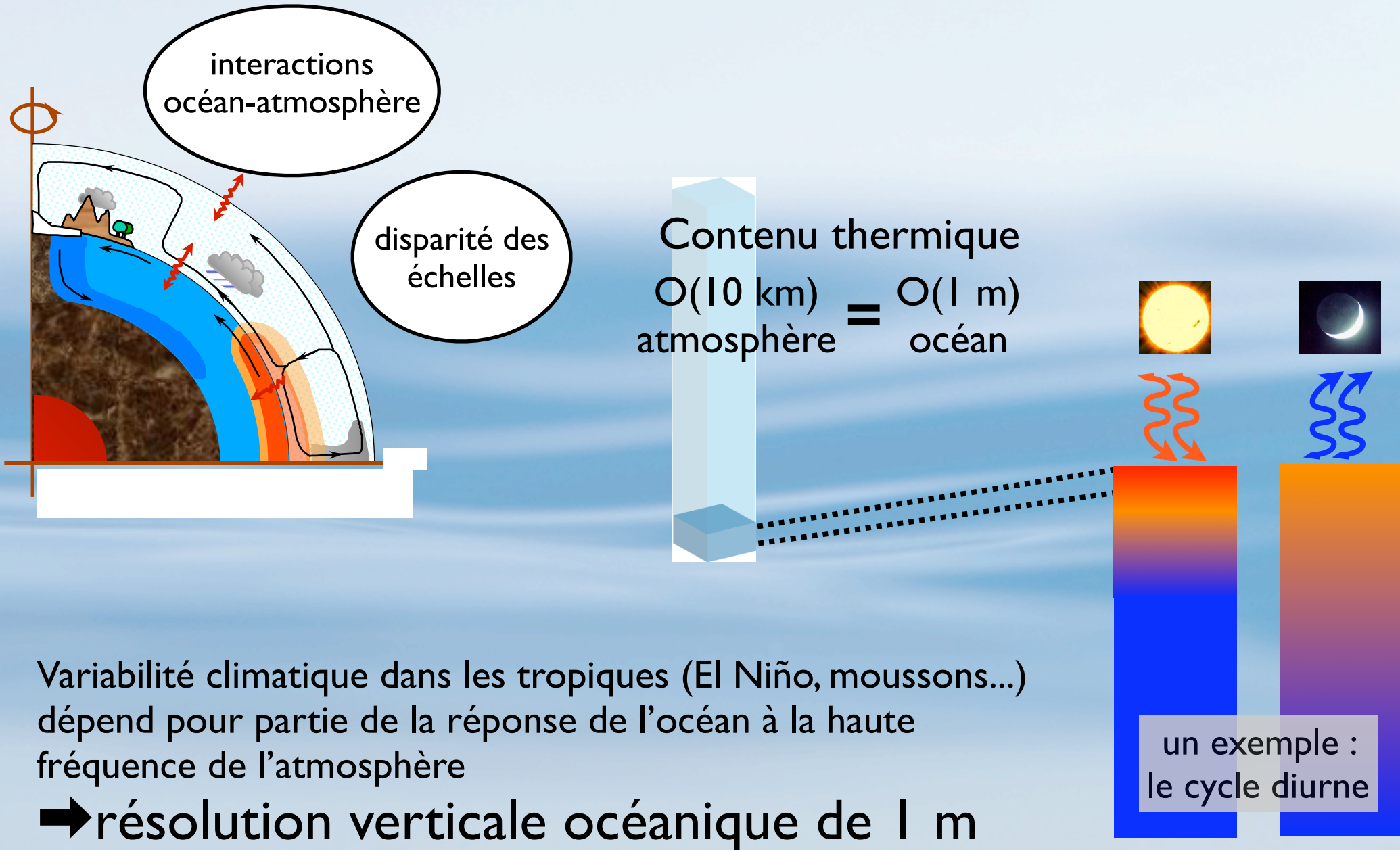
- résolution: **~ 10km, L300**
- ~ 50 expériences
- total cpu: **0.2 uqbar-an**
- dimensionnement: **×300** par rapport à l'IDRIS

Résolution tridimensionnelle  
cruciale pour représenter les  
jets

➔ 2 articles soumis

# (4) premiers mètres de l'océan et climat

G. Madec, S Masson, K. Takahashi

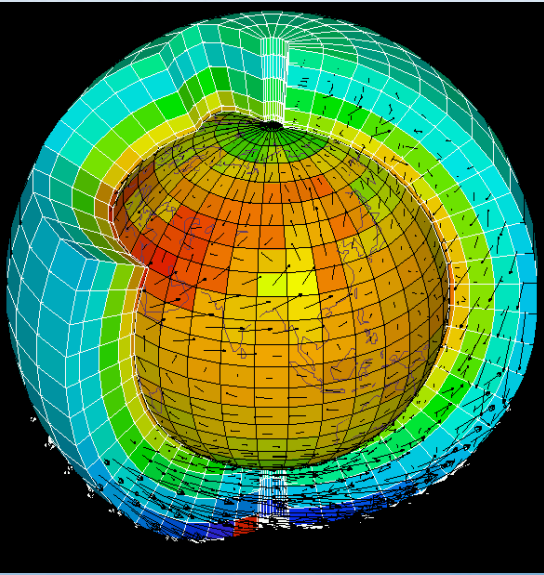


Variabilité climatique dans les tropiques (El Niño, moussons...) dépend pour partie de la réponse de l'océan à la haute fréquence de l'atmosphère

➔ résolution verticale océanique de 1 m

# mise en place d'un modèle couplé océan-atmosphère à très haute résolution

Fairhead (LMD)



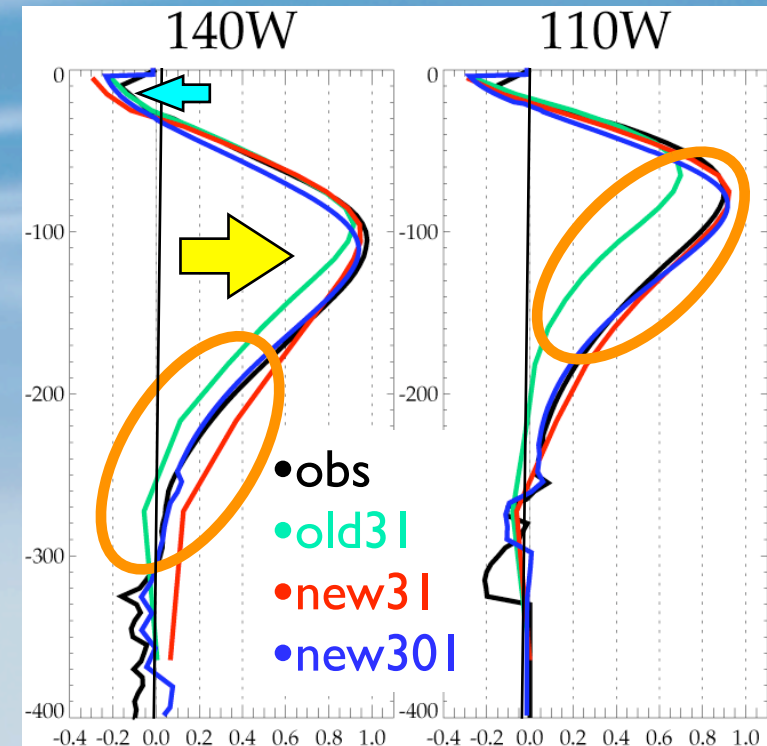
océan:  
 $722 \times 511 \times 301$

atmosphère:  
 $320 \times 160 \times 31$

MPI-Met :  $182 \times 149 \times 301$   
(5 cpus) +  $96 \times 73 \times 30$  (2  
cpus) : 7% du ES

- **255** cpu, 5% du ES
- **650 Gflops**
- **33%** perf. crête (scalaire: 5%)
- vectorisation: **99.5%**
- efficacité de //: **51.4%**
- total cpu: **0.33 uqbar-an**

une configuration mise en place  
depuis presque 10 ans !  
mais qui n'avait jamais pu être  
finalisée faute de moyens de calcul  
adaptés...



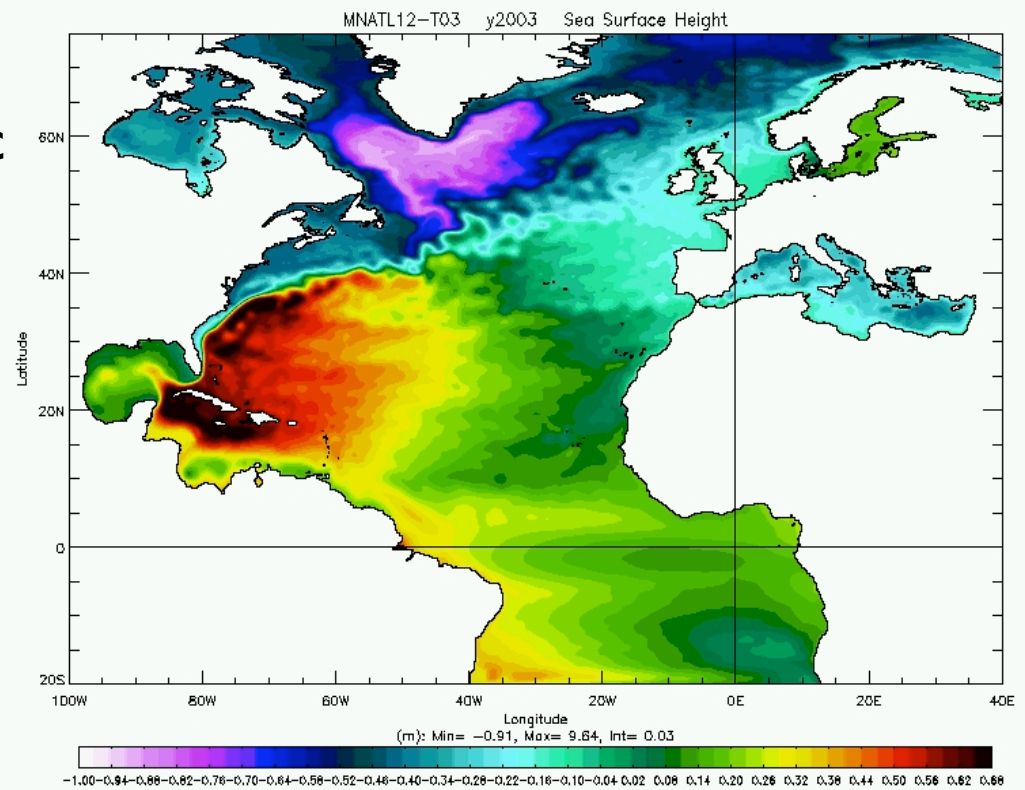
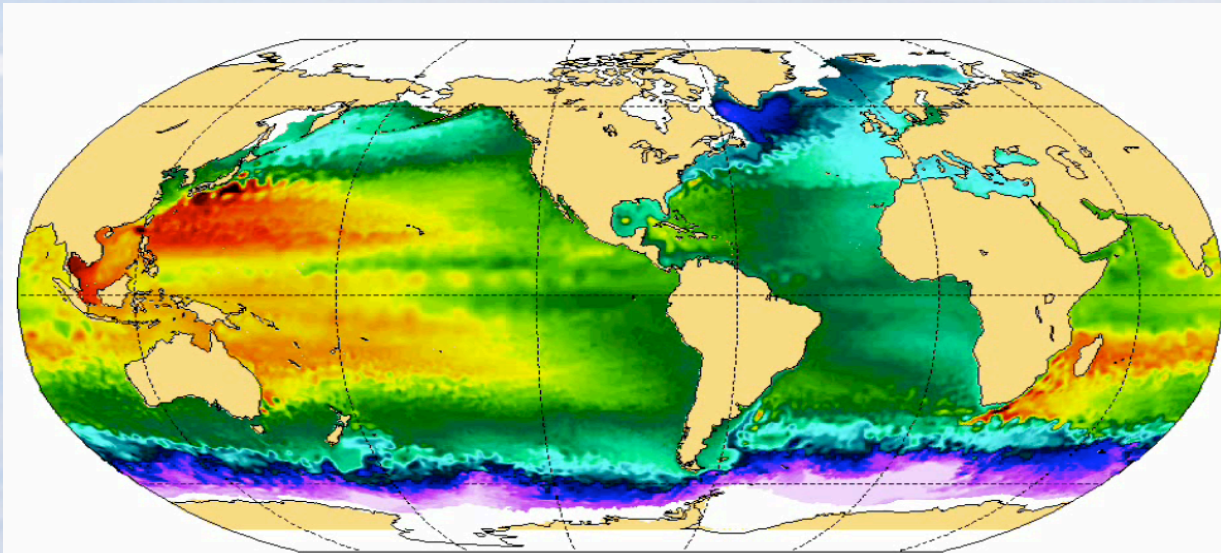
# Actuellement en France...

Dimensionnement  
des problèmes dictés  
par les machines et  
non par la science

- *Océan global*:  
Version au  $1/12^\circ$  ( $4322 \times 3059$ ) existe  
mais on utilise une version  $0.25^\circ$   
( $442 \times 1021 \times 46$ ): 1 expérience/mois avec  
186 cpu de l'IBM (2 jours sur le ES)

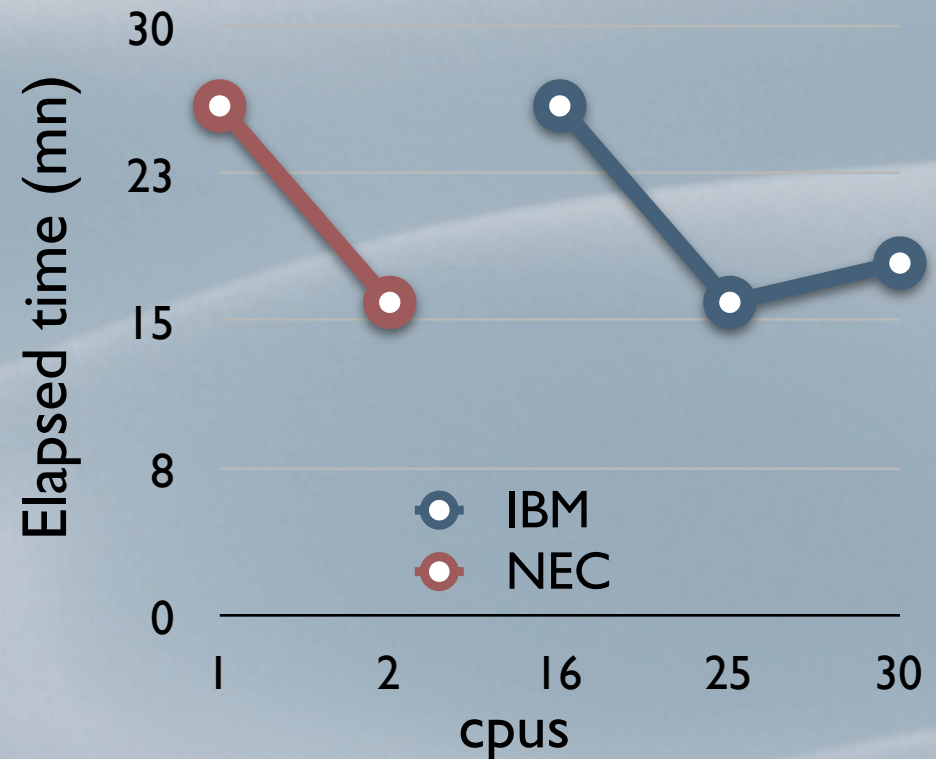
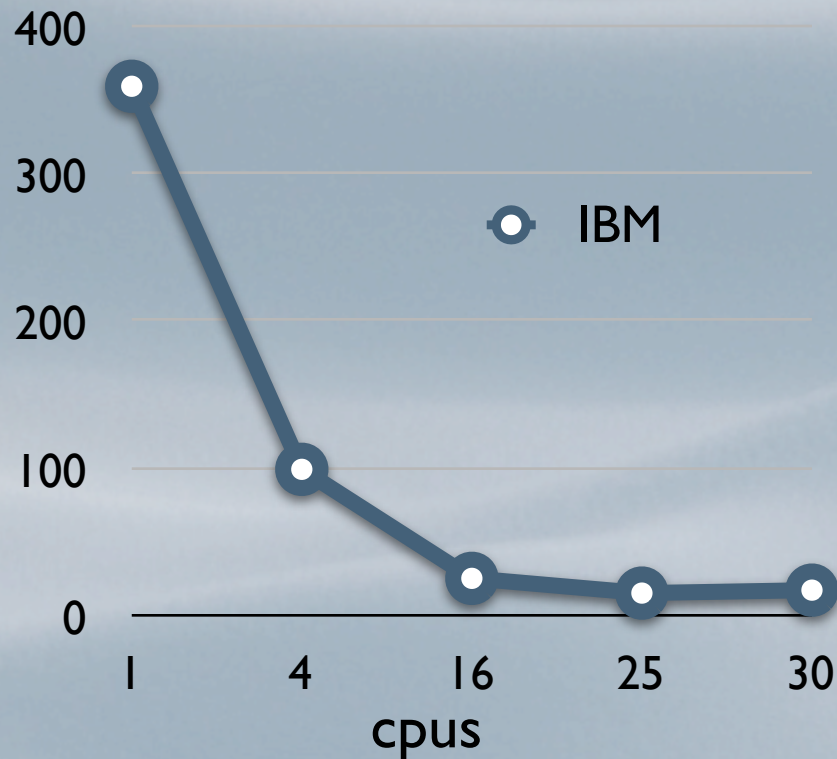
- *Changement climatique*:  
Les runs IPCC français parmi les plus  
basses résolutions

➡ Prise de retard de plusieurs  
années par rapport aux équipes  
étrangères



# Que peut-on attendre des machines scalaires ?

tests de parallélisation: océan  
basse résolution:  $182 \times 149 \times 31$



- ▶ Les équipes qui ont a disposition des gros calculateurs scalaires sont venues sur le ES: F. Bryan (NCAR, Los Alamos) modèle global au  $0.1^\circ$ , 1600 cpus sur le ES, 200 ans de simulations (21 exp), en 15 mois...
- ▶ Top 500: 30% des centres de calcul “météo-climat” utilisent du vectoriel

# Conclusions

- Une machine qui reste exceptionnelle et irremplaçable
- une opportunité unique pour les équipes françaises de rester dans la course
- temps de calcul total:  $\sim 2$  uqbar-an
- des défis scientifiques et techniques relevés
- des avancées majeures avec des retombées sur la modélisation du climat à grande échelle