

# Présentation IFREMER 11/12/09

## Modélisation aux équations primitives de l'océan Indien Nord-Ouest

Nicolas Filatoff, Xavier Carton

Laboratoire de Physique des Océans  
UMR 6523 IFREMER/CNRS/UBO/IRD

# ETUDE

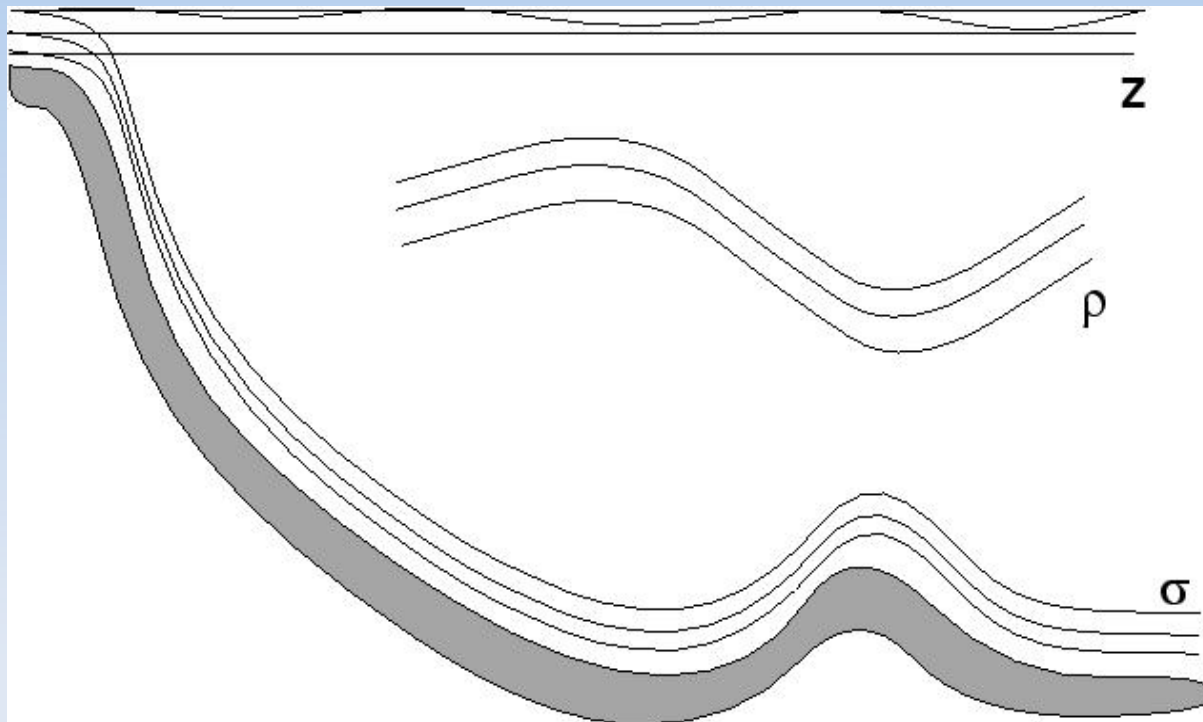
## DE

### L'OCEAN INDIEN NORD OUEST

- 1) Le but de cette étude est de bien représenté l'importance des mers marginales pour la circulation oceanique: la Méditerranée et son outflow ayant déjà été étudiés en détail, il est naturel de passer à d'autres outflow comme ceux de l'océan Indien, sujet d'un intérêt accru au LPO.
- 2) les données recueillies pendant la campagne GOGP ainsi qu'une première modélisation effectuée pendant la thèse de Stephane Pous (soutenue en 2007) montrent bien qu'il est impossible de séparer effet du golfe Persique et effet de la mer Rouge. Les deux mers marginales salent l'océan Indien NW à différentes profondeurs.
- 3) Il y a aussi un gisement très riche de données dans CORIOLIS et dans les mesures satellitaires, pour étudier la variabilité de cette région.
- 4) Le choix de HYCOM est motivé par la volonté d'étudier la meso échelle en utilisant un code le moins diffusif possible, avec des masses d'eau intermédiaires très caractérisées; d'où le choix de HYCOM. Des études préliminaires ont déjà été engagées en 2006-2007 sur ce sujet - avec ce code - et l'étude actuelle reste naturellement dans le même cadre. De plus, cette étude bénéficie d'une collaboration scientifique avec le SHOM/HMO (Rémy Baraille).
- 5) L' objectif est de bien représenter les masses d'eau de cette région et leur variabilité et de caractériser les processus de meso échelle comme les tourbillons d'eau de la mer Rouge, et éventuellement d'atteindre la sous meso échelle avec les filaments d'upwelling au sud de l'Arabie

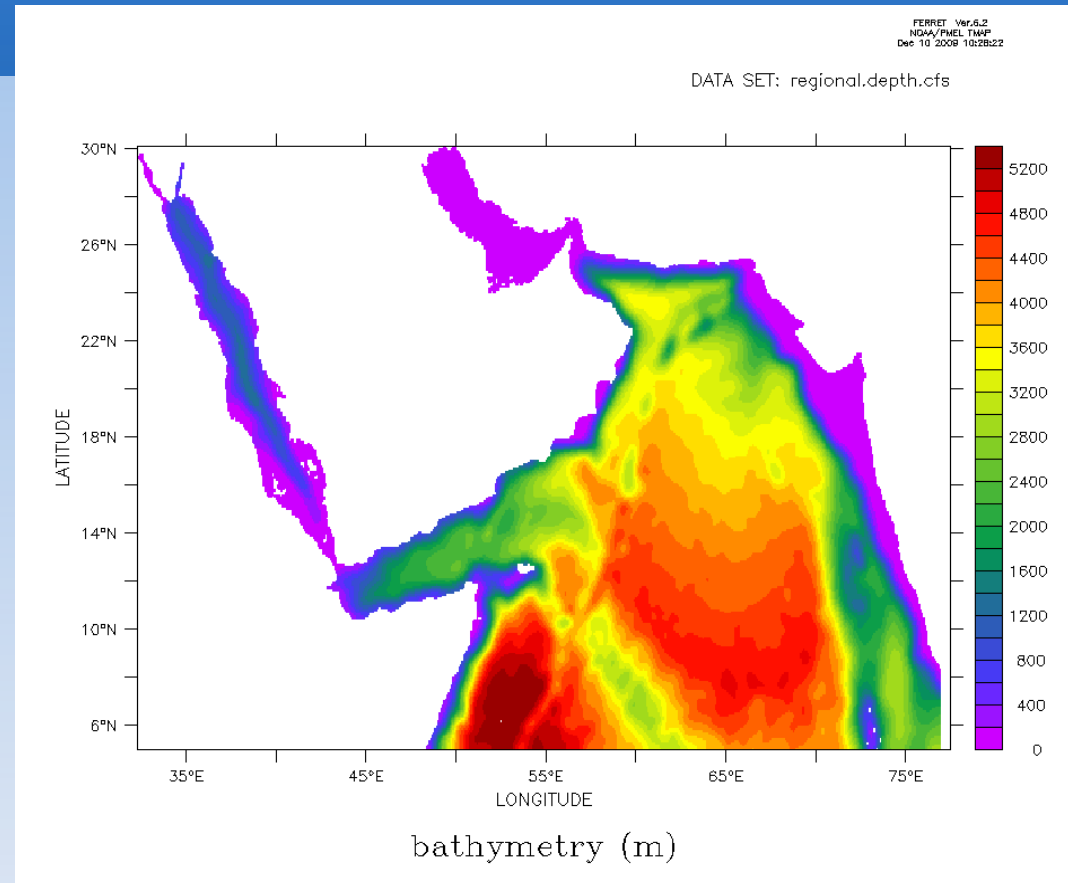
# HYbrid Coordinate Ocean Model

- Hycom permet de combiner les trois types de coordonnées : coordonnées iso- $z$  dans la couche de mélange, coordonnées iso- $\rho$  dans les petits fonds et coordonnées isopycnales dans l'océan profond et stratifié.



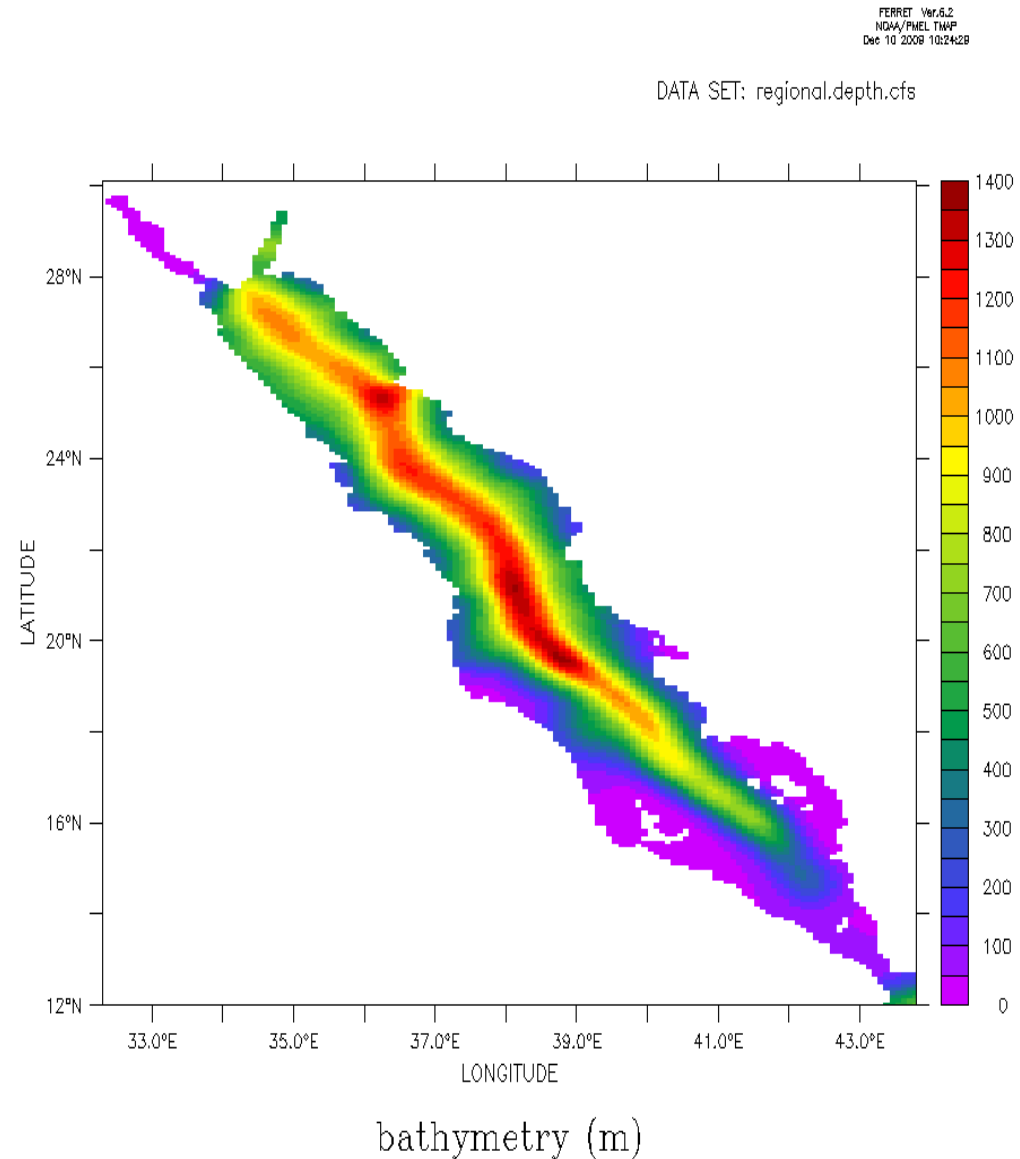
# Zone d'étude

- La zone d'étude englobe le Nord de la mer d'Arabie avec le golfe Persique et la mer Rouge, des côtes de la Somalie à l'ouest aux côtes de l'Inde à l'est.
- La limite sud est un peu en dessous de la pointe de l'Inde, pour d'une part englober les courants le long de la côte de Somalie et d'autre part éviter les zones équatoriales.
- L'extension du domaine est :
- longitude de 32.3E à 77.05E
- latitude de 5.00N à 30.10107N



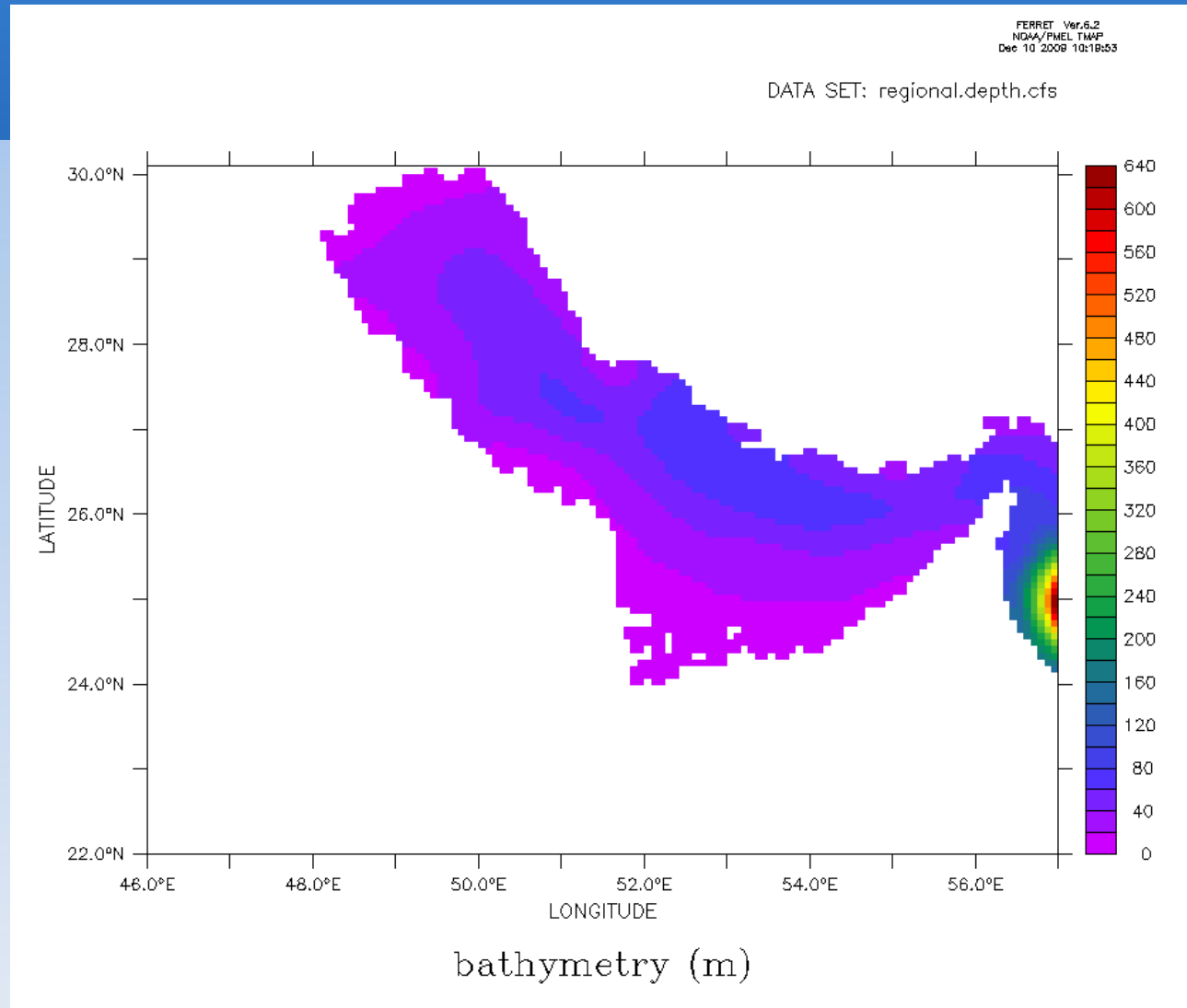
# Les mers marginales

- La mer rouge.
- Le problème principal est l'étroitesse du détroit de Bab-el-Mandeb : 25km de largeur entre la côte et l'île de Perim.



# Les mers marginales

- Le golfe Persique
- Caractérisé par une profondeur moyenne très faible (50 m) et une très forte salinité.



# Les forçages

- - les débits fluviaux
  - - le vent (vitesse du vent, composantes zonales et méridiennes du tenseur de vent)□
  - - les flux thermiques (flux solaires et radiatifs)□
  - - les précipitations
  - - la température de l'air
  - - l'humidité
- 
- Les forçages sont mensuels et issus de la base RIVDIS pour les débits fluviaux et COADS pour les flux, précipitation, humidité et vent.

# Les I/O (suite) □

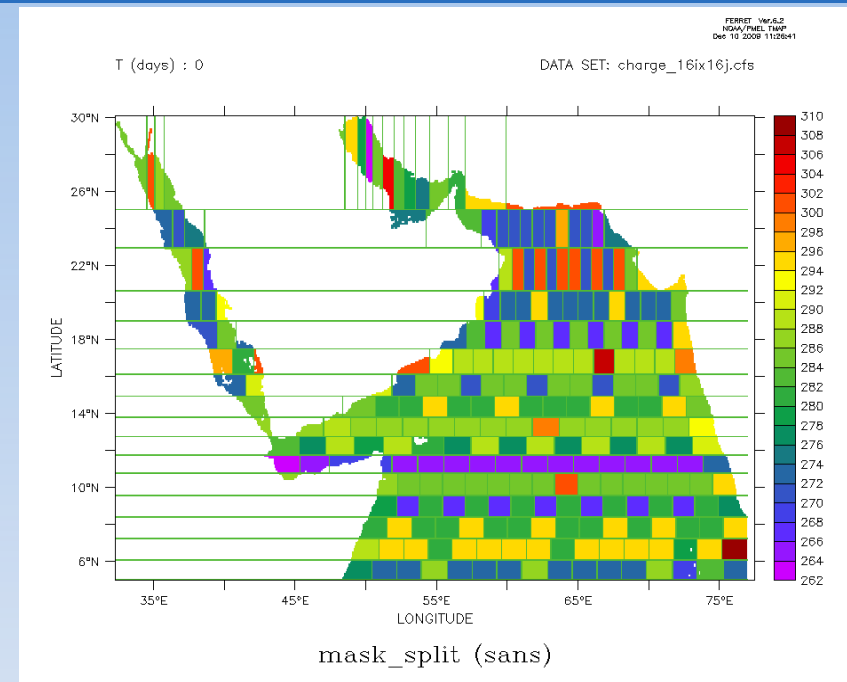
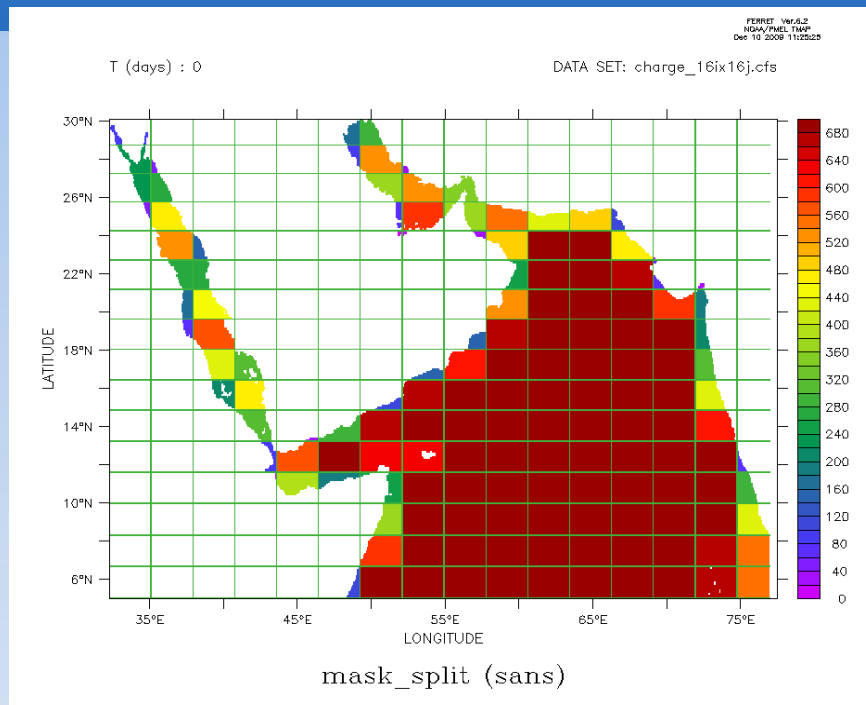
- La relaxation :
  - - la température
  - - la salinité
  - - la position des interfaces (en pression) □
- La relaxation est extraite de Levitus.
- Pour l'instant toutes ces données sont mensuelles et donc sont lues une fois par mois de simulation.
- Des données statiques sont chargées à l'initialisation du code, en particulier bathymétrie et coefficients 'maison'.
- Toutes les entrées exceptées les débits fluviaux sont extraites et interpolées à partir de champs globaux à basse résolution.
  
- Les sorties sont représentées essentiellement par des moyennes mensuelles de température, salinité, masse volumique, vitesse zonale et méridienne, élévation de surface et la quantité de mouvement locale. Les quantités tridimensionnelles sont projetées sur la grille isoz de la climatologie. Il est possible de sortir toutes sortes de champs à des fréquences diverses.



# Volume des I/O

- En entrée :
- 8 Mo par an et par fichier de forçage:
  - forcing.airtmp.a, forcing.precip.a, forcing.radflx.a, forcing.rivers.a, forcing.shwflx.a, forcing.tauewd.a, forcing.taunwd.a, forcing.vapmix.a, forcing.wndspd.a
- 258 Mo par an et par fichier de relaxation:
  - relax.intf.a, relax.saln.a, relax.temp.a
- soit un total de 70.5 Mo par mois en entrée.
- En sortie :
- 267 Mo pour le restart.
- pour l'option de sortie moyenne mensuelle par an :
  - 16.5 Mo rho\_huv\_mean\_global\_YEAR\_01.nc
  - 8.5 Mo ssh\_mean\_global\_YEAR\_01.nc
  - 253 Mo sigma\_mean\_global\_YEAR\_01\_isoz.nc
  - 505 Mo ts\_mean\_global\_YEAR\_01\_isoz.nc
  - 505 Mo uv\_mean\_global\_YEAR\_01\_isoz.nc
- 1288 Mo par an (1.258 Go), soit 7.8 Go par cycle de 6 ans

# Les découpages



- Les découpages sont de deux types : les découpages simples (réguliers) et les découpages optimisés. Les découpages réguliers laissent un grand nombre de processeurs inactifs avec un nombre de points de calcul maximum beaucoup plus élevé que pour le découpage optimisé qui répartit la charge sur tous les processeurs dans une fourchette assez étroite autour d'une moyenne.

# Résolution

- Deux résolutions sont actuellement mises en place.
- Une résolution rapide de travail au 1/12 (5 minutes) □
- Une résolution haute au 1/20 (3 minutes) □
- Le 1/12 a 538 points de grille en longitude et 320 points de grille en latitude.
- Le 1/20 a 896 points de grille en longitude et 533 points de grille en latitude.
- Toutes les configurations ont 32 couches sur la verticale.
- Le rapport théorique du temps de calcul du 1/20 au temps de calcul du 1/12 sera de 4.62. L'expérience montre que ce rapport est d'environ 4., légèrement inférieur.
- Les expériences rapides sont effectuées avec le 1/12 et lorsque les résultats seront en accord avec les attentes, une expérience sera effectuée avec le 1/20.
- Les expériences sont menées sur 12 ans actuellement, soit 4383 jours en comptant les années bissextiles.

# Pas de temps baroclines et barotropes

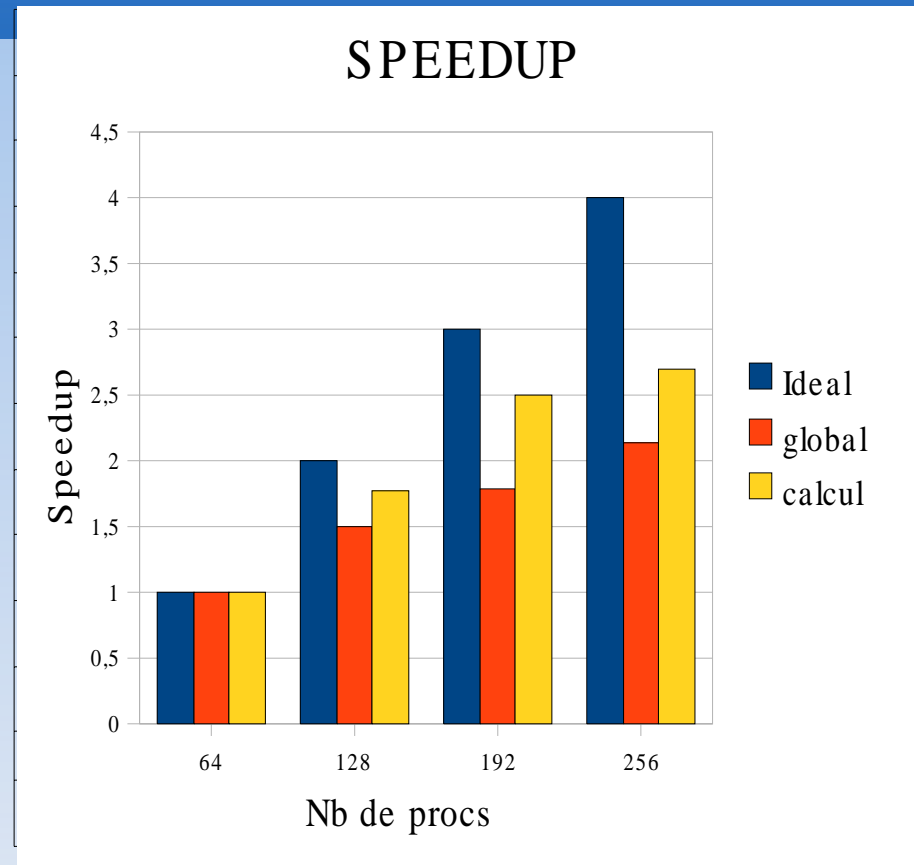
- Les pas de temps baroclines sont choisis de façon à ne pas violer la CFL.

$$\Delta t < .5 \Delta x / V_{\max}$$

- pour le 1/12, la pas d'espace est minoré par : 8016 m et en supposant une vitesse locale maximale de 4 m/s, le pas de temps maximal est de 1000s environ. C'est environ la valeur trouvée empiriquement. Le pas de temps dans HYCOM doit être un diviseur entier de 86400 s et donc la valeur 960 s a été retenue, ce qui donne 90 pas de temps par jour de simulation.
- Pour le 1/20, le temps estimé est de  $960 \times 12 / 20 = 576$ s ce qui donne 150 pas de temps par jour.
- A chaque pas de temps barocline, un calcul barotrope est effectué avec son pas de temps propre basé sur la vitesse des ondes de gravité, environ 230 m/s, soit 60 fois la vitesse retenue pour le calcul du pas de temps barocline.
- Le pas de temps barotrope est donc de 16 s : par pas de temps barocline, 60 calculs barotropes seront effectués. et pour le 1/20 le pas de temps barotrope sera de : 9.6 s.
- Ces calculs représentent donc pour le 1/12 :  $90 \times 4383 = 394470$  pas de temps baroclines et pour le 1/20 : 657450 pas de temps baroclines.

# SPEEDUP

- Le temps de calcul global excède les 12 heures alloués à la classe parallel256 et le calcul est scindé en deux période de 6 ans avec un fichier de reprise à la fin de chaque période.
- Les résultats en temps de calcul pour une période de 6 ans en fonction du nombre de processeurs utilisés dans la version de découpage optimisé sont les suivants :
- 64 procs : 16:33:50 soit 59630 s
- 128 procs : 10:56:27 soit 39387 s
- 192 procs : 09:14:36 soit 33276 s
- 256 procs : 07:44:49 soit 27889 s
- Le speedup idéal serait celui directement proportionnel au nombre de processeurs. Le speedup global est le speedup effectivement obtenu. Le speedup de calcul ne porte que sur le global débarrassé du temps d'échange.



# Comparaison des temps de calcul suivant le découpage I

Nom	nb appel	temps R	temps O	time/call R	time/call O
xcaget	12224	0.02258	0.03093	0.00000185	0.00000253
xcaput	7712	2.79976	4.00570	0.00036304	0.00051941
xcsun	847160	1511.33328	836.07280	0.00178400	0.00098691
xcmaxr	267322	60.68986	163.68863	0.00022703	0.00061233
xctlr	28397695	8073.24280	16334.29931	0.00028429	0.00057520
zaio**	320	2.83028	3.27356	0.00884462	0.01022987
zaiord	7314	13.86558	19.45051	0.00189576	0.00265935
zaiowr	398	0.95182	0.94614	0.00239151	0.00237723
xc****	1	9648.08829	17338.09737	9648.088288	17338.09737

# Comparaison des temps de calcul suivant le découpage II

Nom	nb appel	temps R	temps O	time/call R	time/call O
cnuity	197190	2710.42424	4664.52628	0.01374524	0.02365498
tsadvc	197190	4487.59153	5921.74933	0.02275770	0.03003068
momtum	197190	5868.82080	8574.31152	0.02976226	0.04348249
barotp	197190	1727.95406	3133.38795	0.00876289	0.01589020
thermf	197190	835.40298	494.98659	0.00423654	0.00251020
mxkprf	197190	8000.65571	4366.27348	0.04057333	0.02214247
hybgen	197190	652.28116	607.42802	0.00330788	0.00308042
diags	2192	4.79798	4.45983	0.00218886	0.00203459
restrt	1	3.64229	4.17219	3.64228606	4.17218614
savfld	197190	1517.85348	908.83521	0.00769742	0.00460893
total	1	25758.08293	28685.64365	25758.08293	28685.64365

# Exemple de sortie

- Température de surface moyenne au mois de mai de la douzième année de simulation

