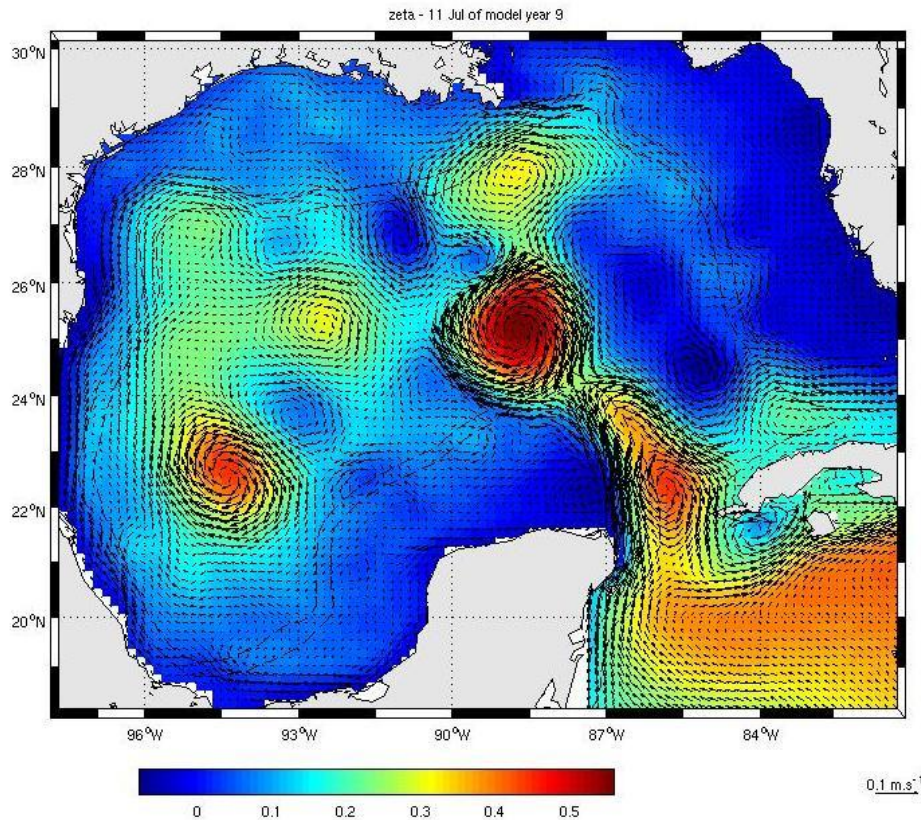


# Introduction au modèle ROMS : application au golfe du Mexique et étude du « *Loop Current* ».



Travail réalisé par SIMON Mathias,  
sous la direction de M. Doglioli Andrea.

Avril 2008

# Sommaire

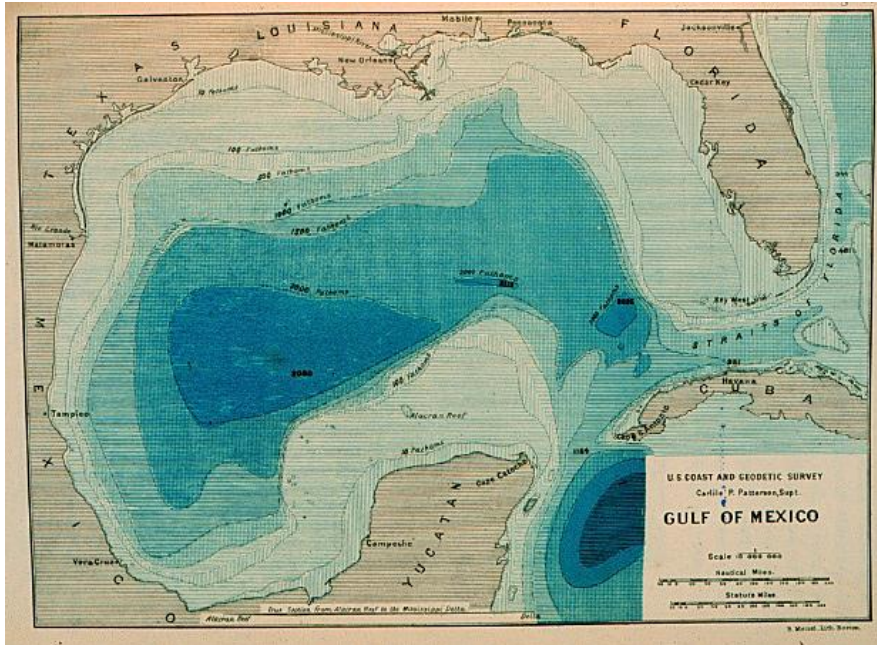
Introduction

Présentation de la modélisation et du modèle  
ROMS

Application au golfe du Mexique : résultats et  
discussions

Conclusion

# Introduction



L'étude de la circulation de cette mer semi-fermée a été motivé par des enjeux financiers et environnementaux.

Communication avec la mer des Caraïbes au sud et avec l'océan Atlantique à l'est.

Présence d'un phénomène intéressant : le détachement de tourbillons anticycloniques

But du travail : modélisation et étude de la dynamique de cette région à l'aide du modèle ROMS.

# La modélisation et le modèle ROMS

La modélisation permet en océanographie d'analyser des phénomènes réels et de prévoir des résultats à partir de l'application d'une ou plusieurs théories.

Science récente datant du  $X^{\text{ème}}$  siècle. Elle s'est généralisée avec le développement des ordinateurs et l'augmentation de la puissance de calcul.

Le modèle ROMS (Regional Ocean Modeling System) a été conçu de manière à pouvoir observer des phénomènes se déroulant à petite échelle. Outil puissant utilisant une base de données considérable.

# Equations résolues

Le modèle ROMS part des équations primitives en utilisant un certain nombre d'approximations (approximation de Boussinesq et hydrostatique notamment). On aboutit finalement aux équations en eaux peu profondes.

On complète le système par deux équations de conservation et l'équation de continuité. On a donc :

$$\frac{\partial u}{\partial t} - fv + g \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + fu + g \frac{\partial \eta}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot \vec{\nabla} T = \frac{\partial \overline{(-T'w')}}{\partial z} + \frac{Q_c}{\rho_0 C_p} \frac{\partial I}{\partial z}$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \vec{v} \cdot \vec{\nabla} S = \frac{\partial \overline{(-S'w')}}{\partial z}$$

# Fermeture du système

Nous avons donc un système de 5 équations. Il faut cependant ajouter des équations de fermeture. Elles vont exprimer l'indétermination qui reste dans les termes de flux turbulents des équations primitives.

Calcul du coefficient horizontal de viscosité : méthode de Smagorinski

Calcul du coefficient vertical de viscosité : approche de Large et al.

-> approche KPP (K profil parametrization)

Enfin, à ces équations de fermeture on ajoute des conditions aux frontières (ouvertes et fermées) et des conditions aux limites.

Ainsi on aboutit à un système d'équations fermé que l'on va pouvoir discrétiser.

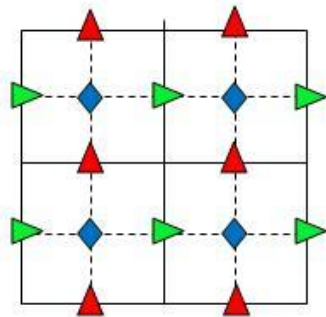
# Discrétisation des équations

Le schéma numérique utilisé est un schéma implicite du second ordre.  
On applique un certain nombre de techniques afin d'optimiser et de stabiliser le calcul.




- Intégration de type « Leapfrog » : intégration sur plusieurs pas de temps
- Utilisation d'un filtre : filtre d'Asselain
- Technique du « time-splitting » : séparation des termes des équations en fonction de leur vitesse d'évolution. On aura donc un pas de temps pour la dynamique 3D (mode interne, lent) et un pas de temps pour la dynamique 2D (mode externe, rapide). Ces pas de temps seront calculés à l'aide du critère CFL.

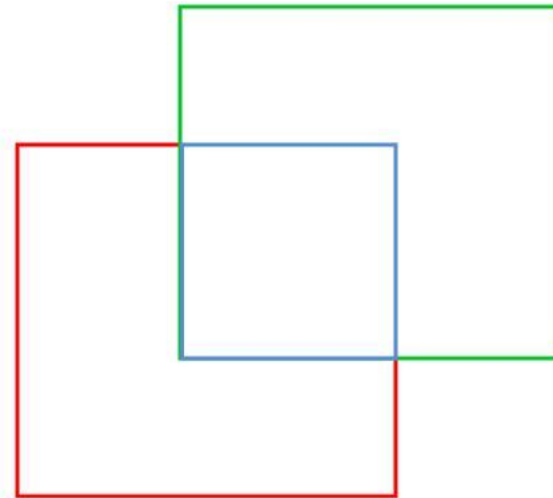
# Grille de calcul

Nous utiliserons dans notre cas une grille de calcul de type Arakawa C pour tous les calculs horizontaux. Cette grille engendre une discrétisation décentrée de type « forward-backward ».



Grille Arakawa C

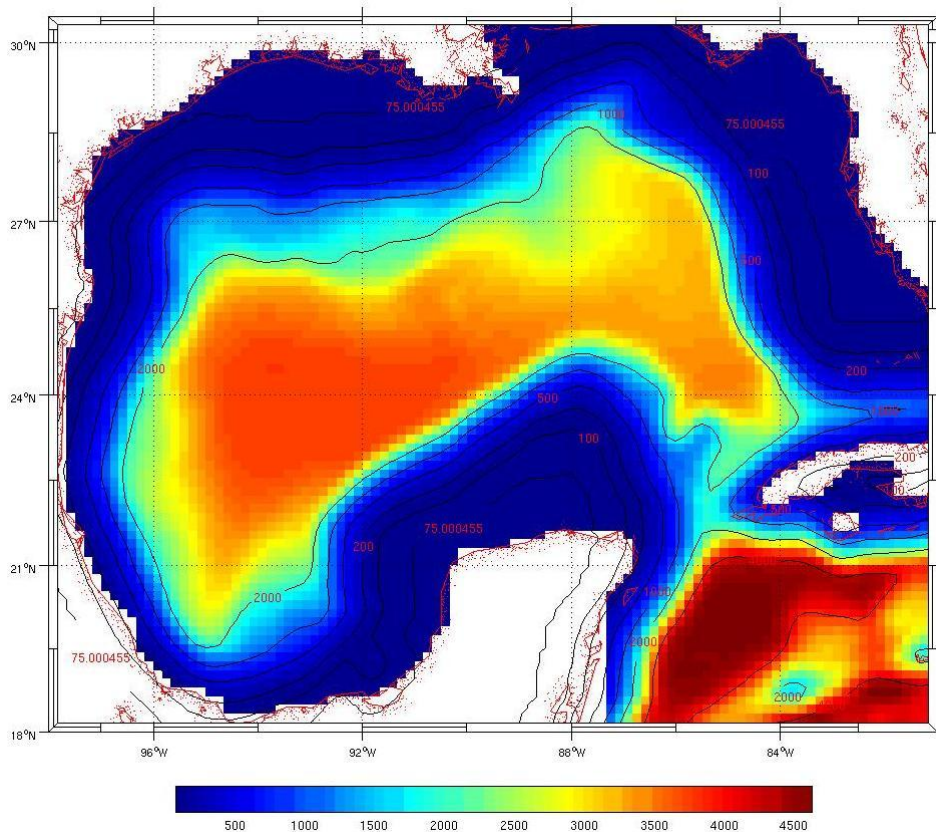
-  Composante u
-  Composante v
-  Marqueurs actifs et passifs



En ce qui concerne la grille verticale nous utiliserons une grille sigma qui présente l'avantage principal de mieux suivre les effets de la bathymétrie.



# Application au Golfe du Mexique



La 1ere étape d'application du modèle à la zone étudiée :  
confection de la grille

J'ai construit ma grille, à l'aide du script *make\_grid.m*, avec les paramètres suivants :

Lonmax =  $-81^{\circ}\text{E}$

Lonmin =  $-98^{\circ}\text{E}$

Latmax =  $18^{\circ}\text{N}$

Latmin =  $30.4^{\circ}\text{N}$

Résolution =  $1/6^{\circ}$  soit  $dx=dy \approx 16.5\text{km}$

$$\left. \begin{array}{l} N = 32 \\ LLm = 101 \\ MMm = 81 \end{array} \right\} \Rightarrow 8181 \text{ points}$$

# Pré-Processing

Nous allons ensuite passer à la seconde étape qui sera d'exécuter un certain nombre de scripts nécessaires à l'initialisation du modèle.

Nous générons ainsi :

- Les forçages, à partir des différentes bases de données avec le script *make\_forcing.m*
- Les conditions initiales, avec le script *make\_clim.m* . Elles sont calculées à partir de données selon la méthode dynamique.
- Après avoir réalisé la grille on peut calculer les deux pas de temps à l'aide du critère CFL. Nous disposons d'un script Matlab nous facilitant le calcul.

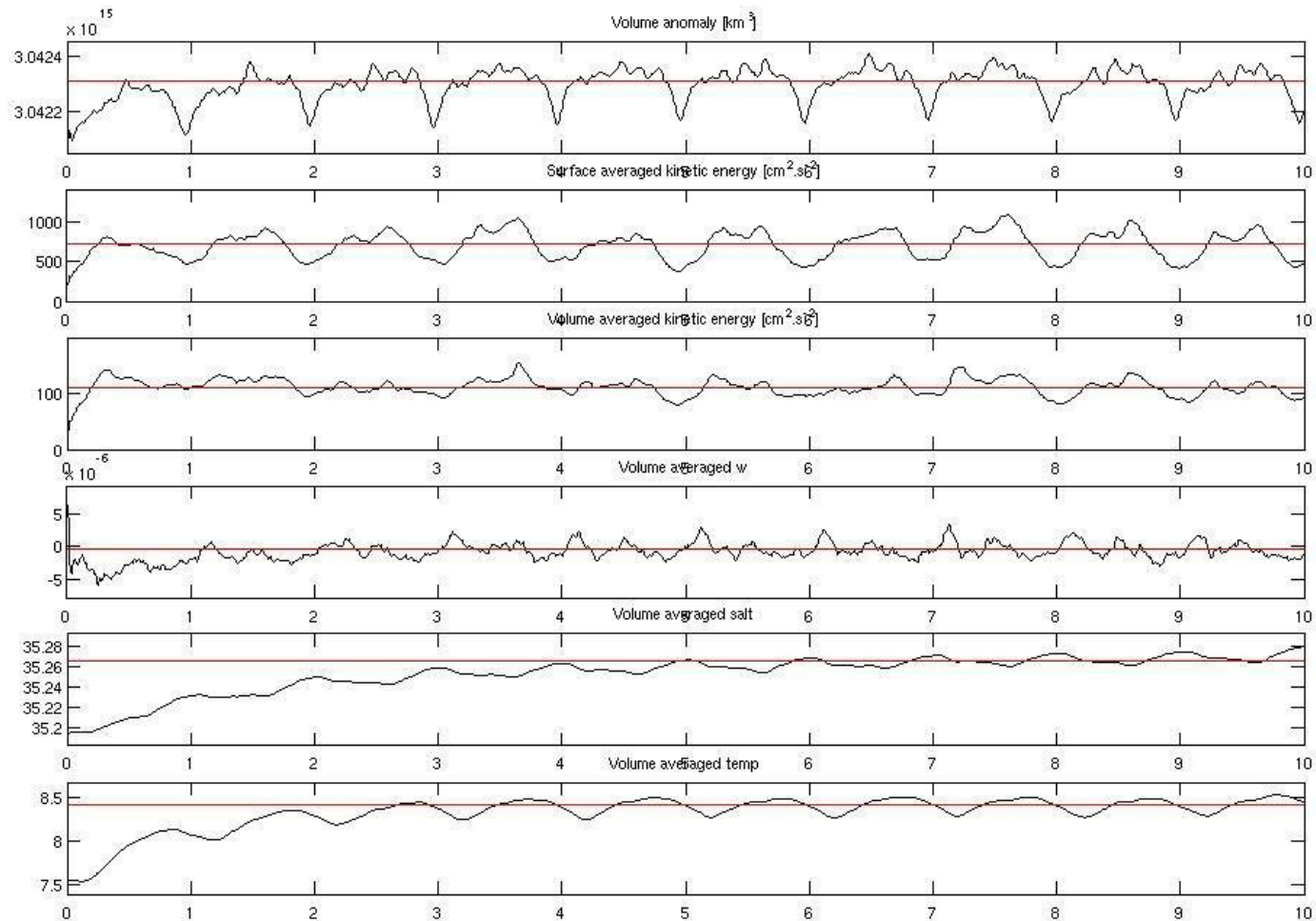
$$\Delta t_i \leq \frac{1}{(2\sqrt{gh} + U_{max})} \left| \frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right|^{-1/2}$$

On obtient:

$$\Delta t_e = 30s$$

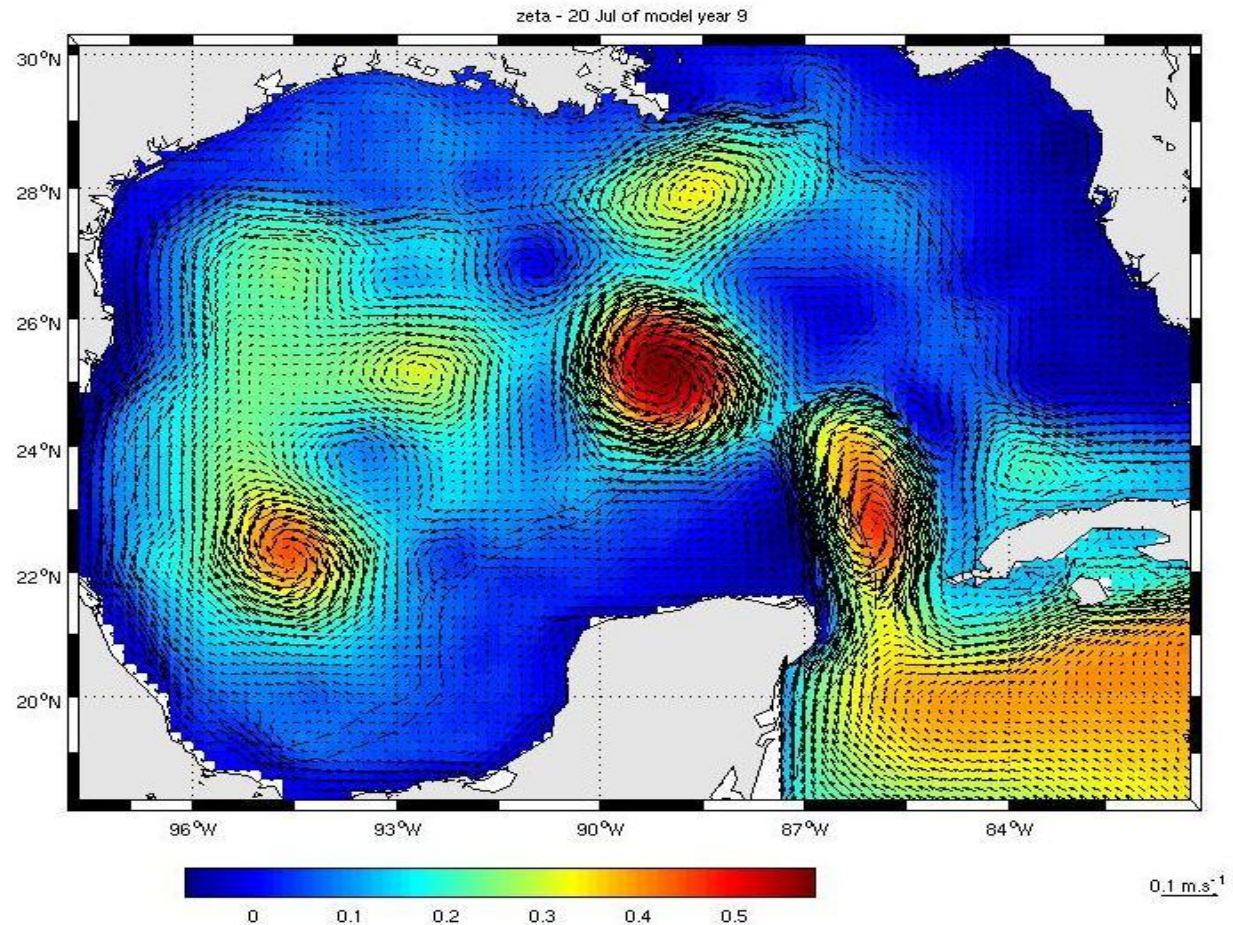
$$\Delta t_i = 1800s$$

# Outils de Diagnostic



# Situations saisonnières

Nous avons dans un premier temps analysé les résultats en tentant de dégager des situations saisonnières. Ceci nous a été difficile étant donné la variabilité des phénomènes.

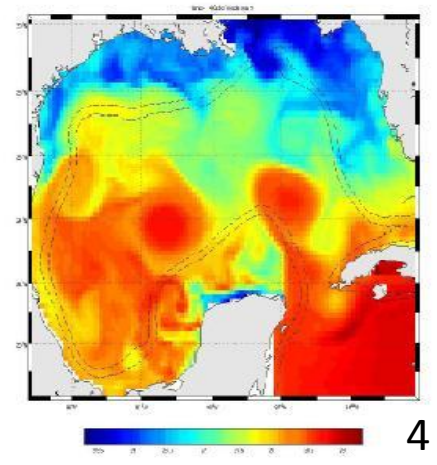
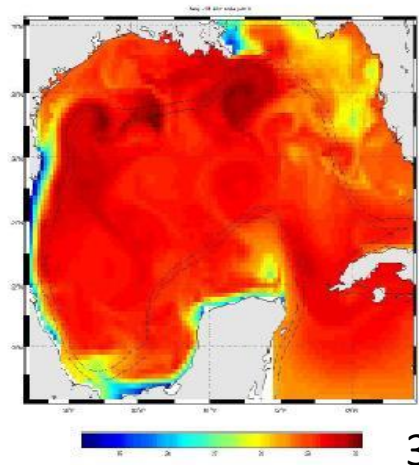
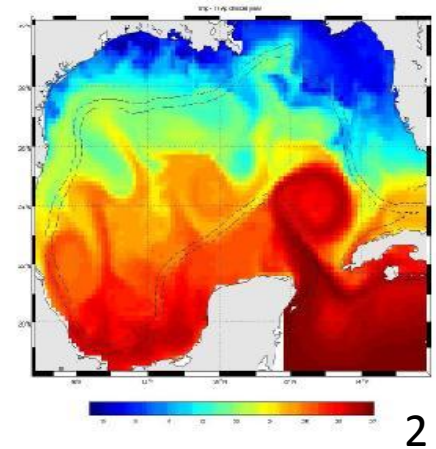
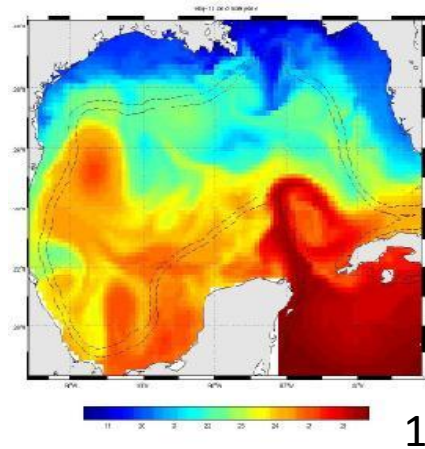




# Température

On observe les mêmes déplacements des masses d'eau en s'intéressant aux températures de celles-ci.

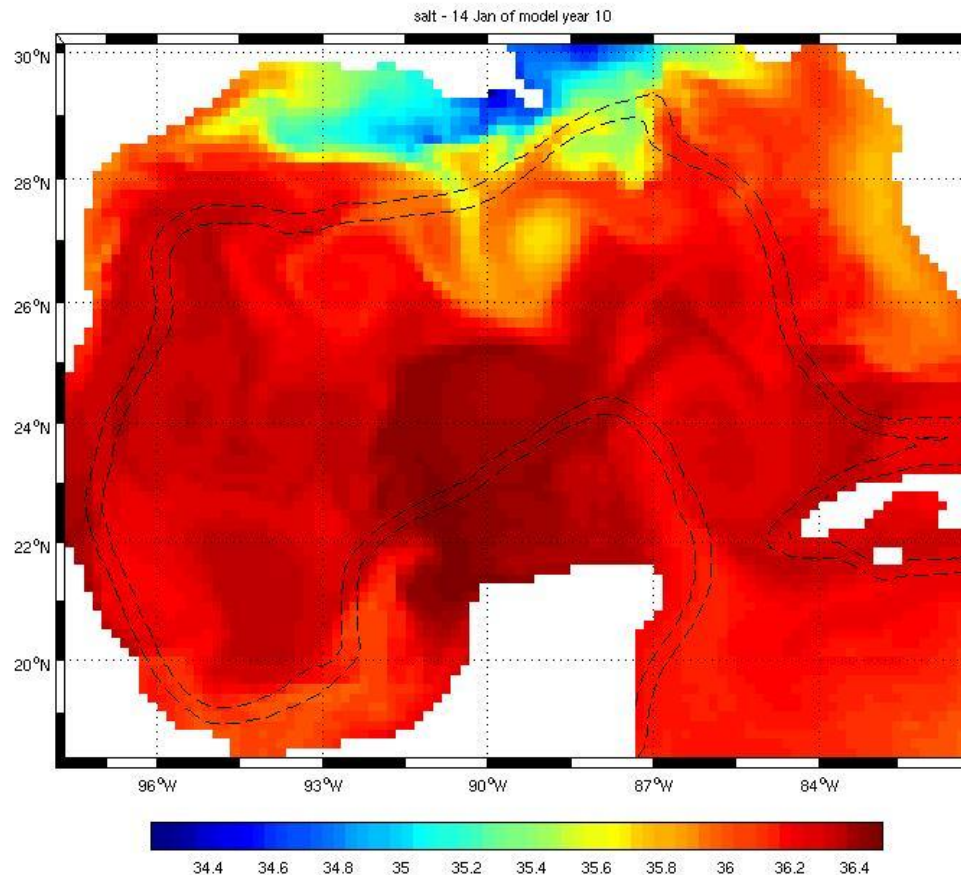
- 1 : Situation hivernale
- 2 : Situation printanière
- 3 : Situation estivale
- 4 : Situation automnale



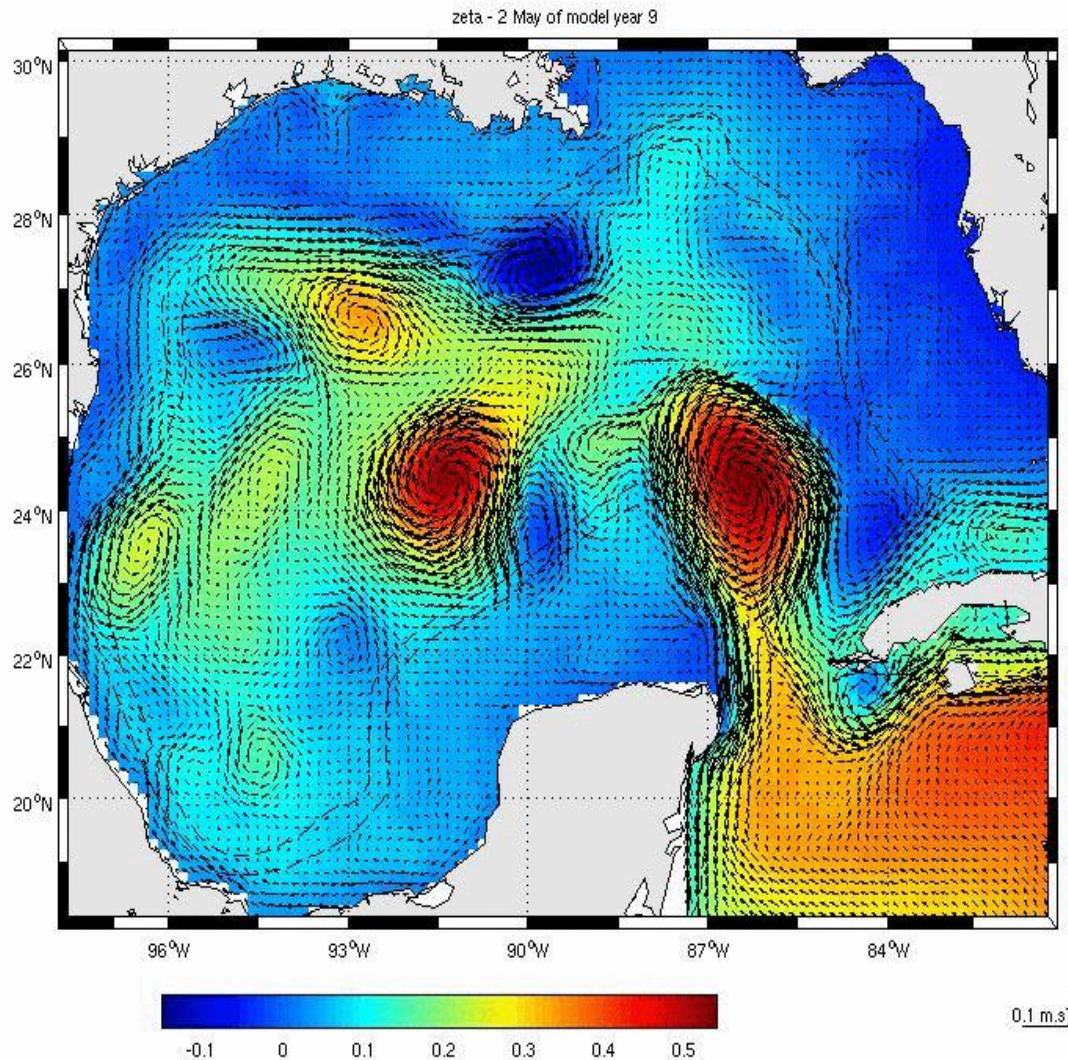
# Salinité

En ce qui concerne la salinité on peut considérer que nous sommes dans une zone d'évaporation donc on aura une salinité plus ou moins oscillante autour de 36.

Cependant on observe aisément les apports du Mississippi.



# Suivi d'un tourbillon



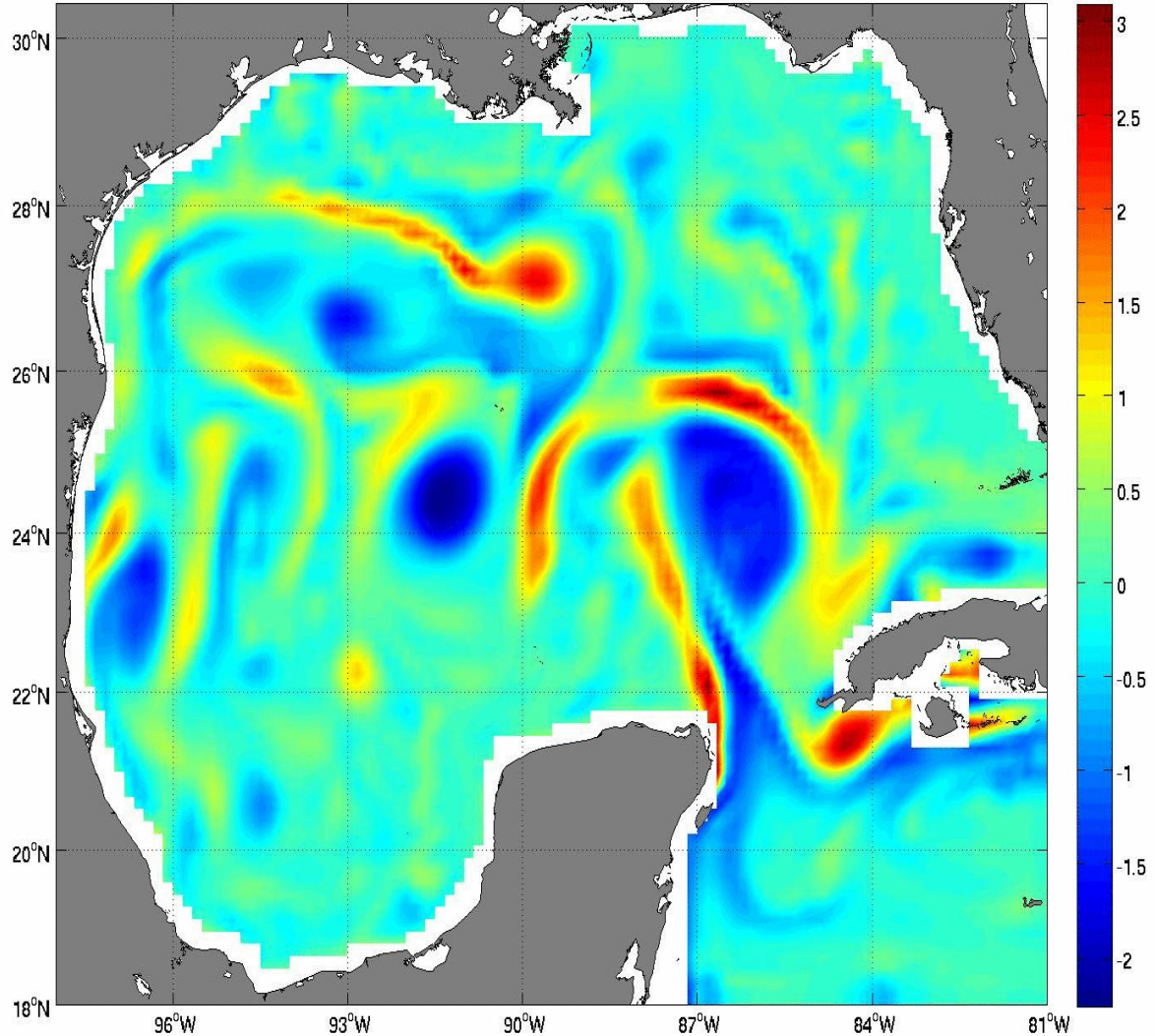
## Comparaison avec la publication

On a des valeurs d'élévation variant de -15 à 50 cm. Dans la publication les auteurs présentant une image satellite donnant des élévations allant de -30 à 30 cm. Nous sommes donc dans la même gamme de valeur.

Concernant la vitesse de déplacement du tourbillon;  
ils trouvent 4 km.j<sup>-1</sup> et nous obtenons 130 km par mois soit environ 4.5 km.j<sup>-1</sup>



Champ de vorticité relative dans le Golfe du Mexique Y=9M=4 it=10



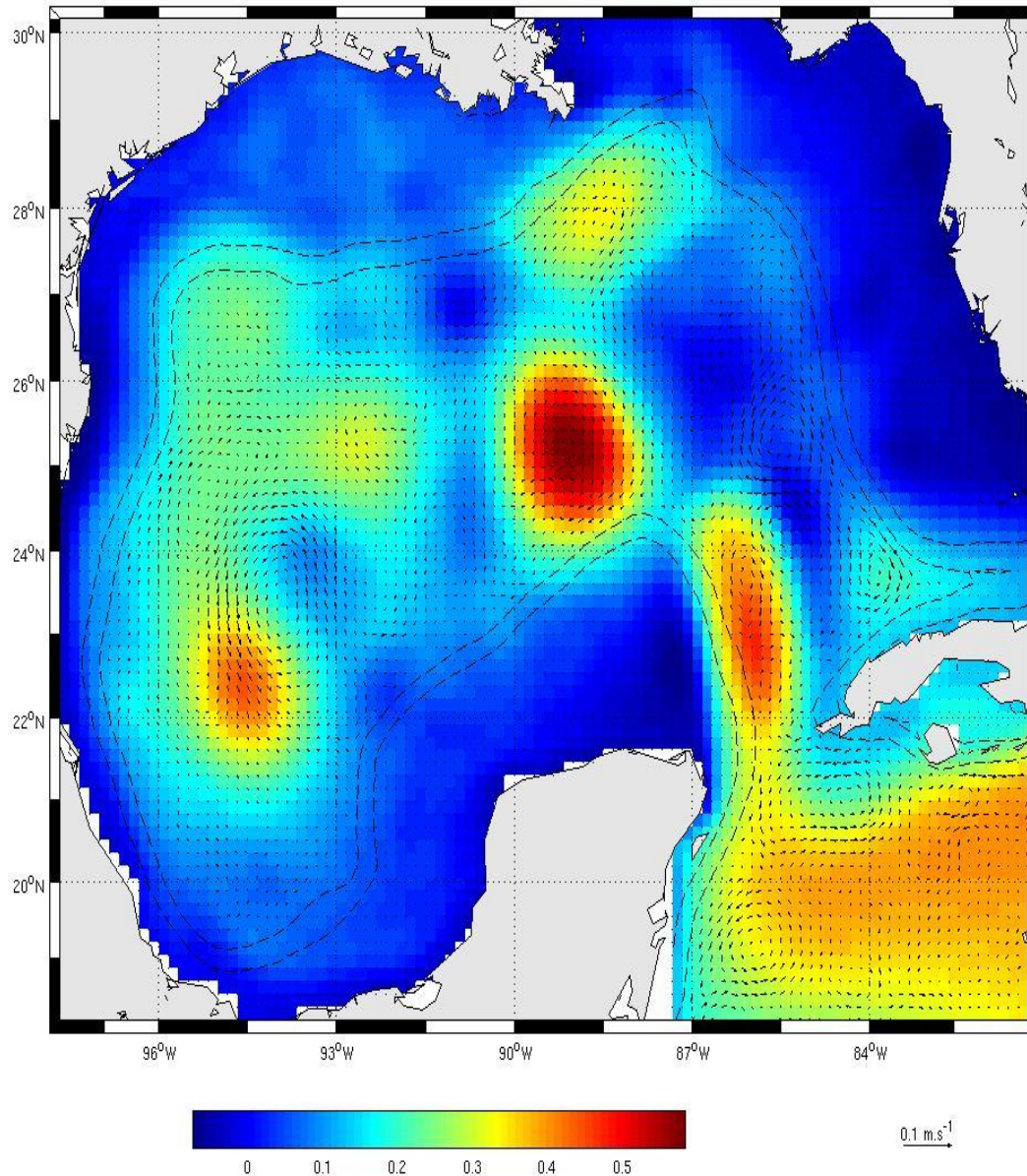
Comparaison avec la publication:

Nous avons représenté ici la vorticité relative alors que les auteurs ont choisi la vorticité potentielle ou des anomalies de vorticité.

Cependant nous avons le même ordre de grandeur car nous atteignons  $-3 \times 10^{-5}$  alors qu'ils obtiennent  $-9 \times 10^{-5}$ .



zeta - 20 Jul of model year 9



### Comparaison avec la publication

En ce qui concerne les vitesses;  
les auteurs présentent des vitesses de  
courant de l'ordre de  $15/20 \text{ cm.s}^{-1}$  à  
-1000m tandis que nous obtenons des  
valeurs de  $10 \text{ cm.s}^{-1}$  en surface.

Comme le montre la figure ci-contre nous  
avons à cette profondeur des vitesses de  
l'ordre de  $0.5 \text{ cm.s}^{-1}$ . On observe toujours  
l'impact du tourbillon mais moins  
fortement que les auteurs.

# Conclusion