

### DEFINITION DU GULF STREAM

Le Gulf Stream est un courant très intense qui démarre dans le détroit de Floride, s'écoule le long de la côte est des Etats-Unis, se détache de la côte au niveau du Cap Hatteras et s'écoule ensuite vers l'Europe. C'est ce qu'on appelle un "Courant de Bord Ouest". Le Gulf Stream est donc un trait de la circulation générale dans les océans. C'est donc un courant en équilibre géostrophique (même si le nombre de Rossby n'est pas négligeable).

Plusieurs théories expliquent les grands traits de ce courant. Ici nous allons modéliser numériquement deux d'entre eux, ceux de Munk et Stommel, et vérifier leur résultats principaux.

A l'aide d'un code sous fortran, et en se basant principalement sur l'article de W.R Holland, l'objectif est de constituer un modèle numérique simple, pour décrire le comportement du Gulf Stream, en idéalisant l'Atlantique Nord et le vent.

### MODELE NUMERIQUE ET PARAMETRES

Hypothèses utilisées :

Ici, on utilise le modèle numérique traité par Holland dans son article de 1975, suivant les équations Shallow Water linéarisées :

$$\frac{\partial u}{\partial t} - fv = -g\partial_x\eta + \frac{\tau_x}{\rho_0 H} + A_r\Delta u + \frac{\lambda v}{H} \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + fv = -g\partial_y\eta + A_n\Delta v - \frac{\lambda v}{H} \quad (2)$$

$$\partial_y\eta + H(\partial_x u + \partial_y v) = 0 \quad (3)$$

Nous utilisons ici la même géométrie et les mêmes paramètres que Holland, qui sont décrits dans le tableau suivant :

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| Profondeur (H)     | 800 m                |
| Largeur            | 1000 km              |
| Viscosité latérale | $Ah = 250m^2.s^{-1}$ |
| Viscosité au fond  | $\lambda = 0Pa.s$    |
| Plage de variation | +100 à -50 m         |

### INFLUENCE DE LA TAILLE DU BASSIN

Représentation du profil de hauteur d'eau du bassin pour deux largeurs différentes :

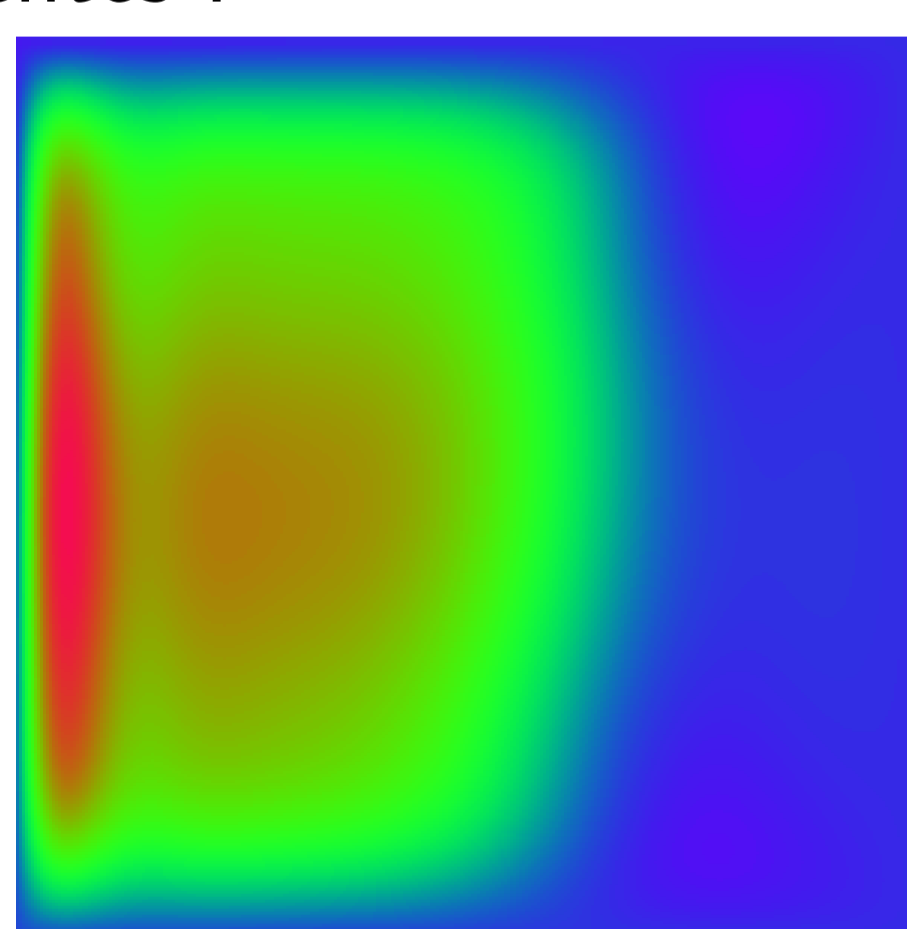


FIGURE 1 – Profil de hauteur d'eau pour un bassin de 1000km

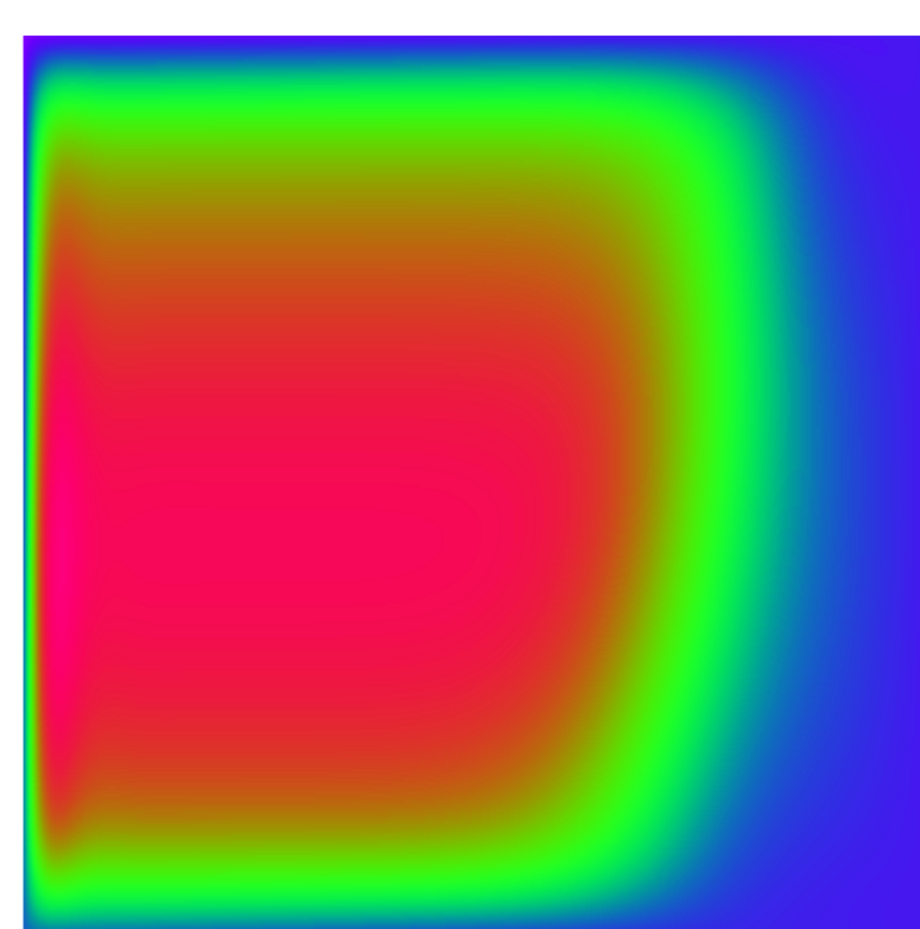


FIGURE 2 – Profil de hauteur d'eau pour un bassin de 2000km

Lorsqu'on double la taille de la zone d'étude, on voit bien que le phénomène de Gulf Stream reste centré sur le bord ouest. On remarque surtout que la largeur du Gulf Stream reste la même que pour le bassin de 1000 km mais que le "gyre" s'étend lui sur presque tout le bassin.

C'est d'ailleurs ce qui est remarqué par Holland dans son article, puisqu'il indique que dans le cas d'un bassin de 2000km, l'énergie se propage vers le sud du bassin.

### CONCLUSION

En conclusion on peut dire que le Gulf Stream est très fortement influencé par la viscosité et par la taille du bassin. L'existence de ce courant résulte de la combinaison de différents paramètres qui, combinés, reflètent bien la complexité du phénomène.

Il aurait été également possible d'aborder le rôle des ondes de Rossby et de Kelvin dans l'établissement du Gulf Stream vers un courant stationnaire. De plus, il existe d'autres types de modèles que nous aurions pu choisir comme celui à deux gyres afin de représenter le gyre subpolaire ou également le modèle non linéaire.

### EXPERIENCE PRINCIPALE

On observe ici la formation idéalisée du Gulf Stream au cours du temps avec le modèle numérique avec l'échelle suivante, valable pour toutes les figures.

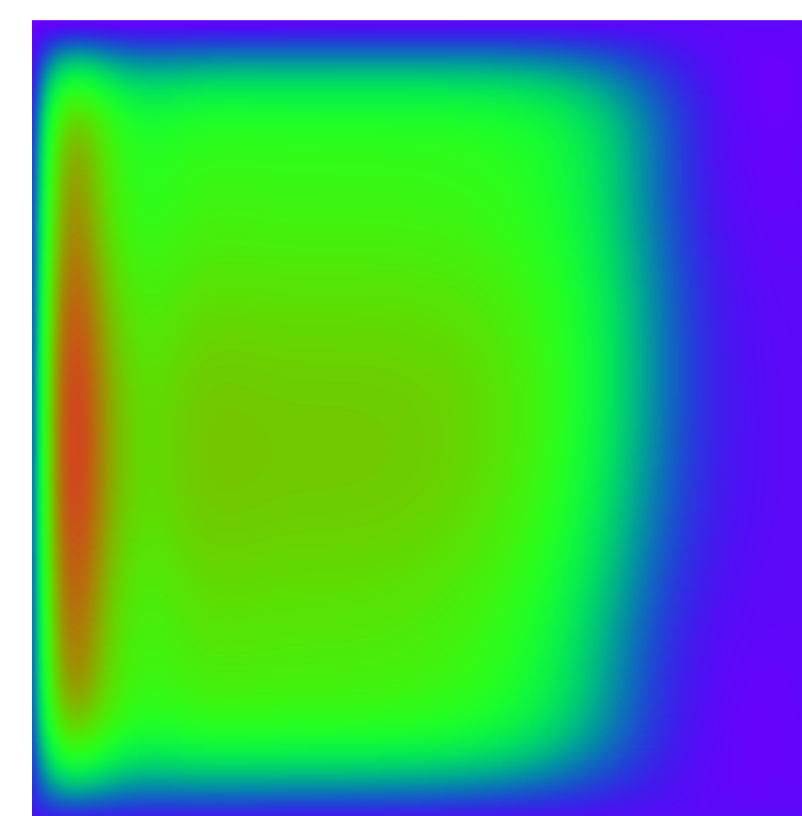


FIGURE 3 – Profil de hauteur d'eau à t=150 jours

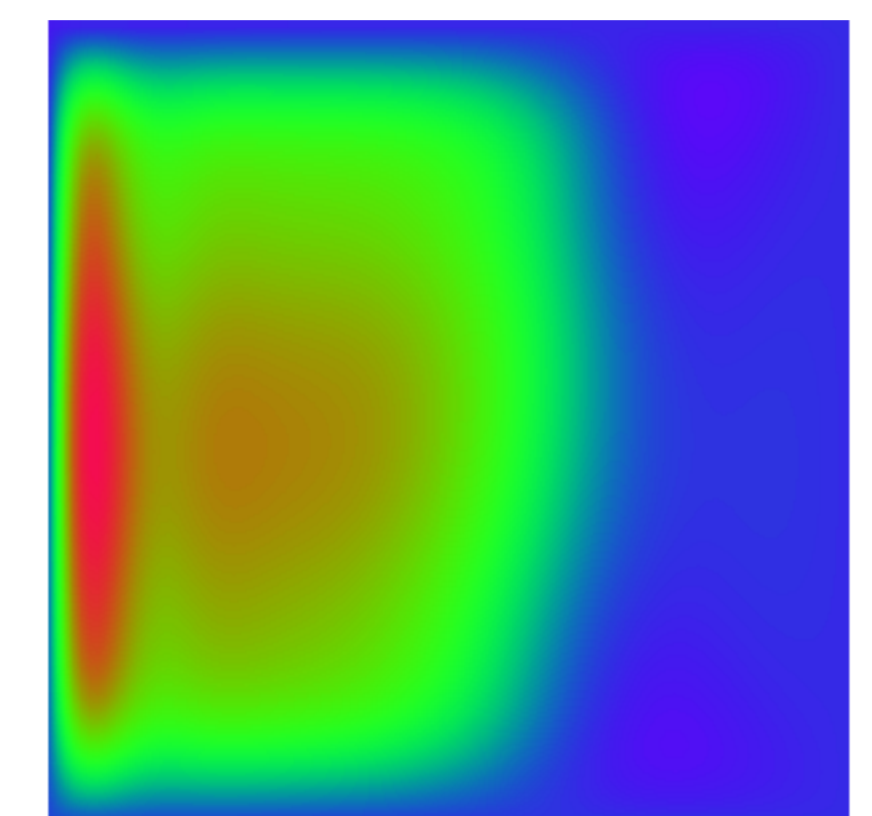
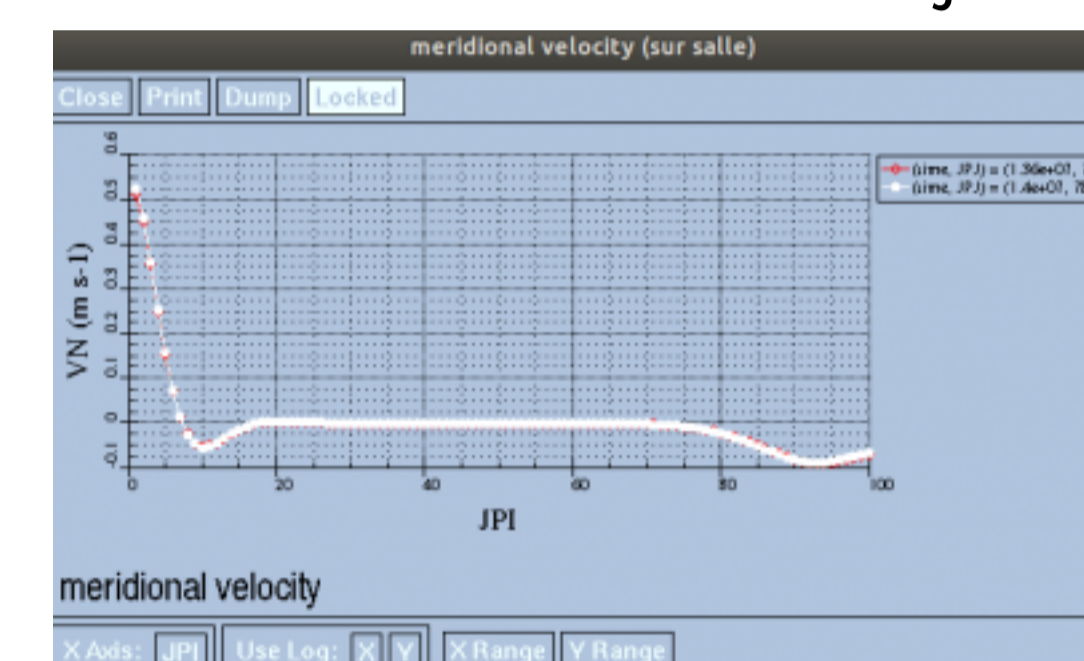


FIGURE 4 – Profil de hauteur d'eau à t=400 jours



On peut observer l'installation progressive du Gulf Stream dans le bassin Atlantique, sachant que la zone rouge représente un upwelling. On observe qu'à partir d'un certain temps, un régime stationnaire s'installe. Le diagramme du courant V nous permet de voir la largeur de la couche limite.

### MODELE DE MUNK

Le paramètre de viscosité a une influence sur la taille de la couche limite, qui grandit avec la viscosité.

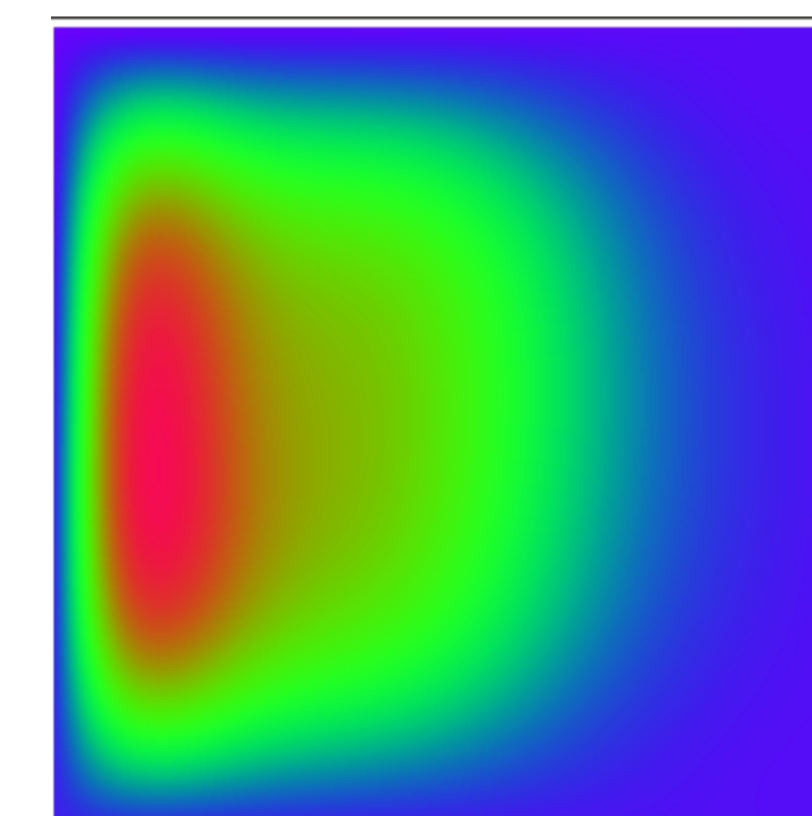


FIGURE 5 – Profil de hauteur d'eau pour une viscosité latérale de  $2500m^2.s^{-1}$

On observe que l'augmentation de la viscosité latérale élargit la zone d'upwelling côtier à l'ouest d'un coefficient d'environ 3 alors que la viscosité a été multipliée par 10. Or sait que pour garantir l'équilibre on a  $\beta v = \nu \Delta \partial_x v$  au niveau de la côte. Soit,  $\beta = \nu \frac{1}{L^3}$ . Ainsi  $L = \sqrt{\frac{\nu}{\beta}}$

### MODELE DE STOMMEL

La Théorie de Stommel prévoit un terme supplémentaire dans les équations, qui prend en compte les frottements au fond. On remarque que la force de frottement au fond agit comme un terme dissipatif qui amorti le mouvement. Ces derniers agissent sur la taille de la gyre comme ci :  $L = \frac{\lambda}{\beta}$

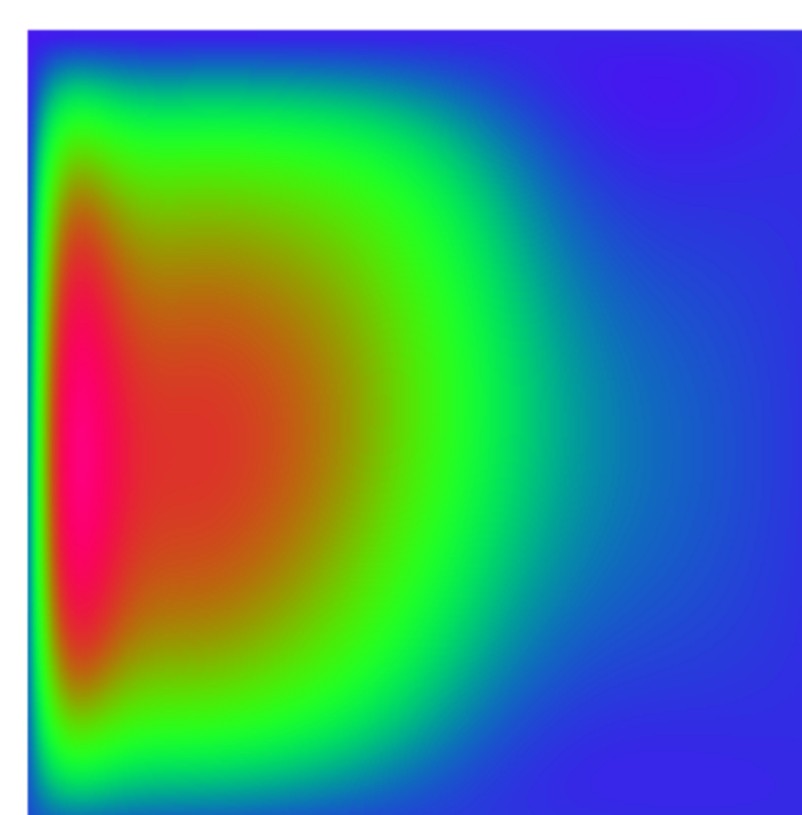


FIGURE 6 – Profil de hauteur d'eau pour  $\lambda = 10^{-4}Pa.s$

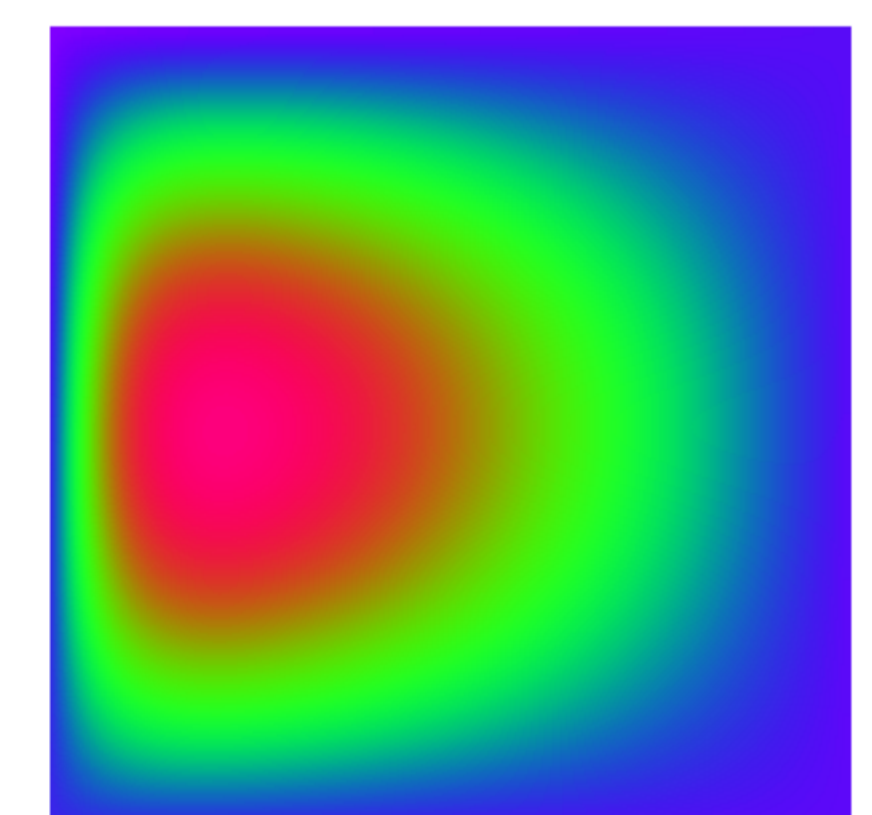


FIGURE 7 – Profil de hauteur d'eau pour  $\lambda = 10^{-3}Pa.s$

### BIBLIOGRAPHIE

- ROISIN CUSHMAN Benoît, Introduction to Geophysical Fluid Dynamic, Chapters 10-11.
- R. HOLLAND William, On the generation of the Mesoscale Eddies and their Contribution to the Oceanic General Circulation. II. A Parameter Study, Journal of Geophysical Research, Volume 5.
- SARMIENTO J. L., An Ocean Transport Model for the North Atlantic, Journal of Geophysical Research, Volume 87.

Un grand merci à Laurent Mortier pour son aide.