

Le Gulf Stream

Le Gulf Stream est un des courants océaniques majeurs. S'étendant sur l'entièreté de l'Atlantique Nord, il provient des côtes des Etats-Unis. Son influence est forte sur les conditions de climat et l'équilibre géophysique de cette région du monde.

On se propose donc d'étudier la formation de ces courants de bord ouest par un modèle numérique en Fortran et on s'appuiera sur les travaux de Holland. On comparera les effets des modèles de Hunk et Stommel. Enfin, nous nous intéresserons à l'apparition d'ondes de Rossby.



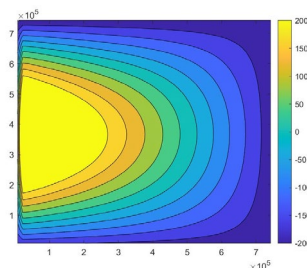
La simulation numérique

Le modèle utilisé est adapté du *Shallow Water* de Holland. Les équations résolues numériquement sont celles-ci :
Nous avons veillé à la convergence dans le choix de nos paramètres en vérifiant les conditions CFL.

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

$$\frac{\partial v}{\partial t} + fv = -g \partial_y \eta + A_r \Delta v - \frac{\lambda v}{H}$$

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

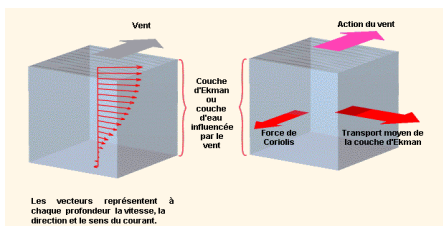


Le résultat de la simulation numérique, qui montre la vitesse verticale en tout point de l'espace sur la figure ci-contre met bien en évidence sa force plus importante sur le bord ouest, comme on observe dans la réalité de l'Atlantique. Dans la suite nous chercherons à expliquer ce phénomène en ajustant sa description par des paramètres physiques.

La balance d'Ekman

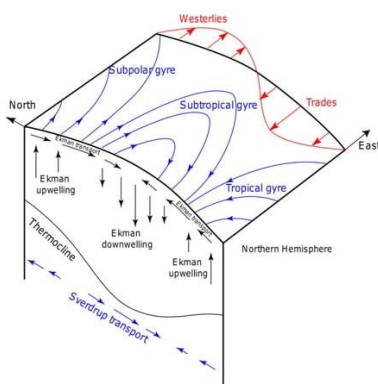
Un des moteurs principaux de ce courant est le pompage d'Ekman.

Avec le vent comme les Alizées, en rotation macroscopique dans le sens horaire, la balance d'Ekman cause le plongeon de masses d'eau au centre du domaine et crée des vitesses verticales. C'est la première étape de la mise en mouvement des masses d'eau.



La circulation de Sverdrup

Selon la théorie de Sverdrup, le déséquilibre créé par la divergence de l'eau de surface, due à l'effet Ekman, est compensé par une convergence d'eau plus profonde. Cette convergence est engendrée par les variations de la force de Coriolis en fonction de la latitude et de la variation de la vitesse du vent en fonction de la latitude. En conséquence, une circulation horizontale se développe, avec un déplacement global d'eau vers l'ouest dans les régions tropicale et subtropicales.



Munk ou Stommel ?

Les équations peuvent se reparamétriser de cette manière :

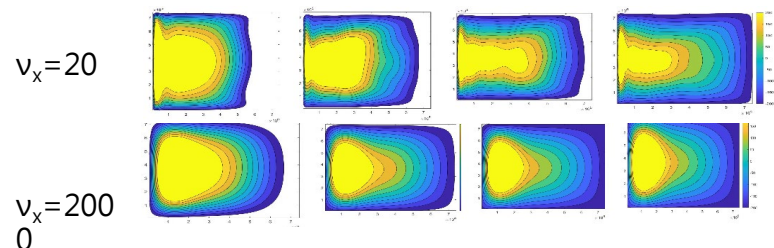
$$\beta_0 v = \frac{1}{\rho_0 H} (\partial_x \tau_y - \partial_y \tau_x) + \nu \Delta (\partial_x v - \partial_y u) - \frac{\lambda}{H} (\partial_x v - \partial_y u)$$

Modèle de Stommel (right term) / Modèle de Munk (middle term)

Dans cette équation deux termes apparaissent et pour interpréter séparément leur influence, on se place successivement dans les cas $\nu \gg \lambda$ (modèle de Munk), puis $\nu \ll \lambda$ (modèle de Stommel).

Le modèle de Munk

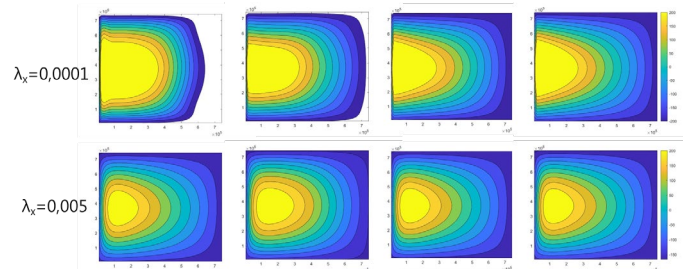
Cette approximation consiste à négliger le frottement entre les couches. On ne s'intéresse qu'à la viscosité du fluide ν qui cause le frottement latéral. On fixe donc λ à 0 Pa.s. Les figures suivantes montrent les hauteurs d'eau au cours du temps. L'échelle est donnée à droite (en mètres).



L'influence de la viscosité latérale est donc importante pour la mise en place du courant de bord ouest. En effet, la largeur du courant et donc son débit y est directement lié. Le courant est d'autant plus large que la viscosité est importante. Notre modèle va dans le sens de la littérature qui prévoit une largeur proportionnelle à la racine de ν .

Le modèle de Stommel

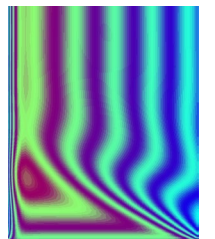
On montre dans cette simulation l'importance du paramètre λ qui rend compte du frottement entre les couches de fluide. On fixe donc ν_x à 0 Pa.s.



Le frottement entre les couches est donc aussi un paramètre qui a une forte influence sur la largeur du courant, qui est proportionnelle à λ .

Ondes de Rossby

Au cours de notre étude, nous avons observé les mouvements de masse d'eau se font de manière périodique, ce phénomène appelé ondes de Rossby sont des mouvements de la circulation océanique de grande longueur d'onde. Ils sont dus à la variation de la force de Coriolis selon la latitude.



Conclusion

Cette étude a montré l'établissement d'un régime stationnaire similaire au Gulfstream, en examinant la compensation entre l'apport et la dissipation d'énergie. Les modèles de Munk et Stommel ont été utilisés pour analyser le rôle du frottement et du vent dans cet équilibre. Pour une compréhension plus approfondie, des mesures supplémentaires peuvent être envisagées pour quantifier l'impact précis des différents paramètres et améliorer la corrélation entre les modèles théoriques et les simulations.

Bibliographie

- R. HOLLAND William, On the generation of the Mesoscale Eddies and their Contribution to the Oceanic General Circulation
- Schmitz, W. J., & McCartney, On the North Atlantic circulation
- Cunningham, Temporal variability of the Atlantic Meridional Overturning Circulation