

Étude numérique de la circulation en mer d'Alboran

Cours de Modélisation 3D, A. Doglioli

Sommaire

Introduction

Matériels et méthodes

Résultats

Discussion

Conclusion

Contexte océanographique du détroit de Gibraltar

- L'unique ouverture de la Méditerranée sur l'océan ouvert.
- Échanges entre les eaux de surface (Atlantique) entrantes et les eaux profondes (Méditerranéennes) sortantes.
- Le jet atlantique crée un système de tourbillons dans la mer d'Alboran (gyres de mesoéchelles).

Outil de modélisation CROCO (Coastal and Regional Ocean Community model)

- Spécialisé dans la modélisation côtière et régionale

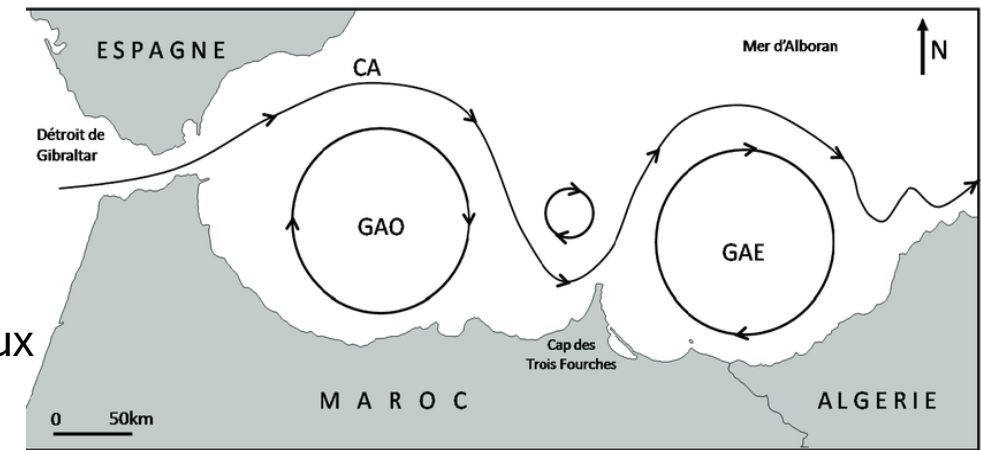


Fig 1 : Circulation générale en mer d'Alboran

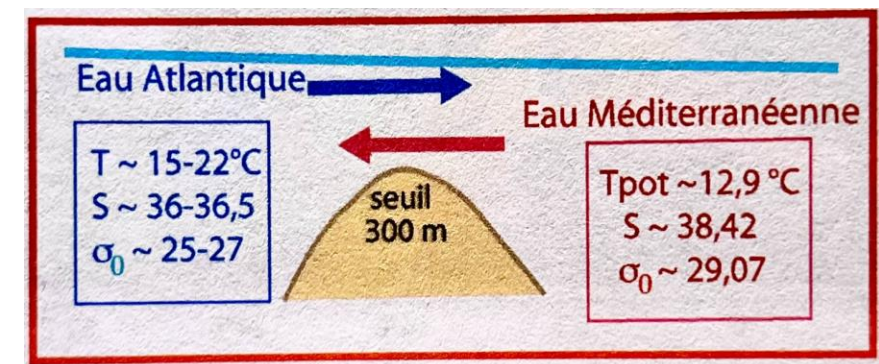


Fig 2 : Echange d'eau au détroit de Gibraltar

Modèle CROCO :

- Modèle aux équations primitives (Navier-Stokes sous approximations de Boussinesq, hydrostatique).
- Grille spatiale
 - Horizontale de type Arakawa C
 - Verticale en coordonnées sigma (suit le fond marin)
- Résolution temporelle avec la méthode de Time-splitting : séparation de la dynamique externe (2D) et de l'interne (3D) plus lente.

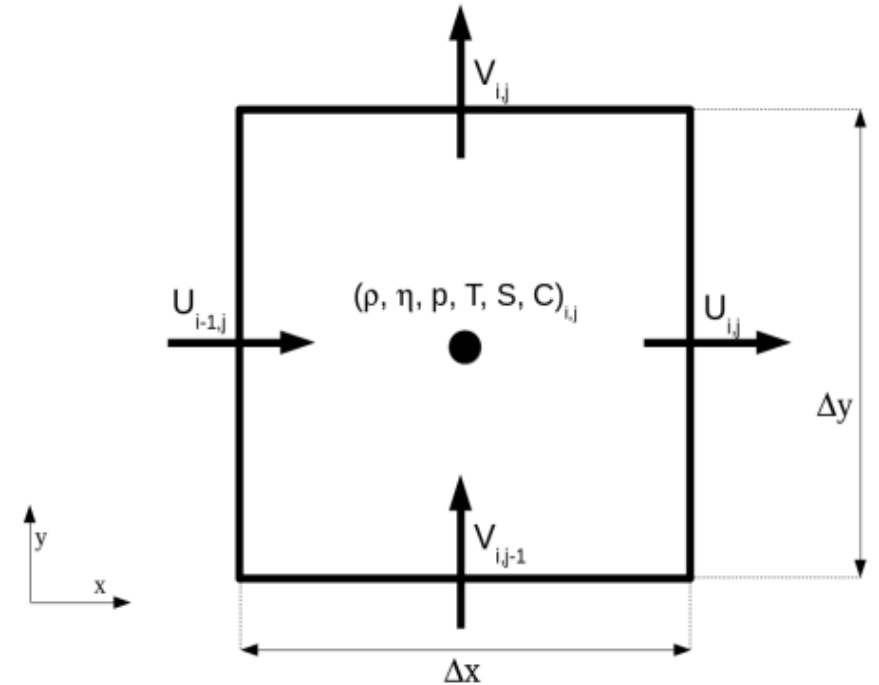


Fig 3: Illustration d'une maille type Arakawa C

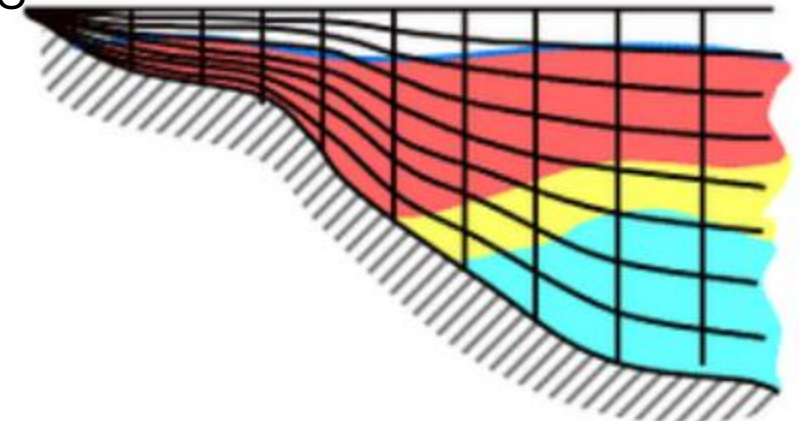


Fig 4 : Illustration des coordonnées sigma

Zone d'étude du modèle :

Longitude	Latitude
-7 à -1 °	34.5 à 37.7

Méthode de descente d'échelle

- Etape 1 : Stabilisation thermodynamique sur 9 ans en basse résolution ($dl = 1/12$)
 - Viscosité élevée ($VISC2 = 200$)
 - Lissage de la bathymétrie ($rtarget = 0.15$)
- Etape 2 : Interpoler l'état stationnaire de cette grille sur une grille haute résolution ($dl = 1/36$)
 - Via le script "*create_nested_ini.m*"
- Etape 3 : Lancer le modèle haute résolution pour 1 an
 - Viscosité faible ($VISC2 = 50$)

Paramètre des grilles :

dl (°)	LLm	MMm	dxmin (km)	dymin (km)	dxmax (km)	dymax (km)	N	dt
1/12	71	44	7.3440	7.3537	7.6323	7.6291	32	240
1/36	215	133	2.4487	2.4498	2.5441	2.5437		120

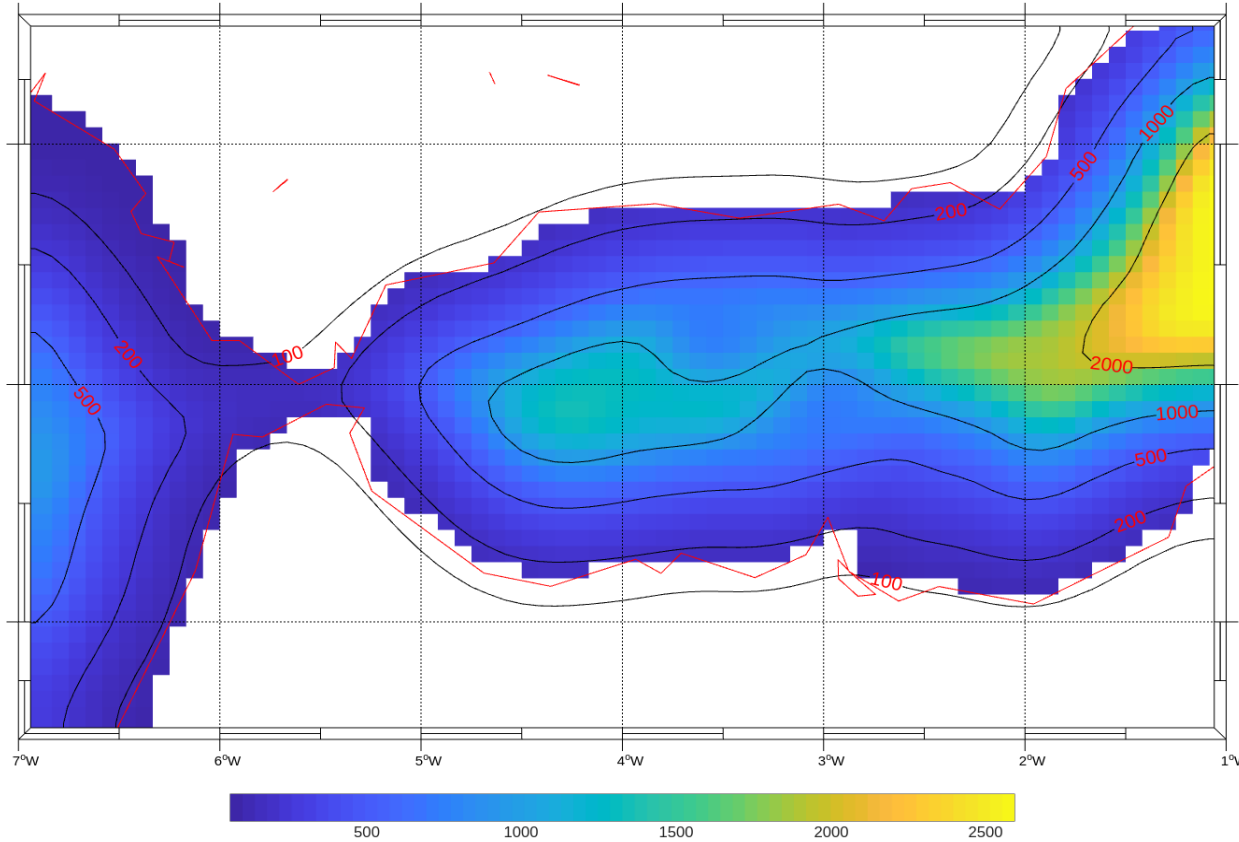


Fig 5 : Bathymétrie du modèle basse
résolution

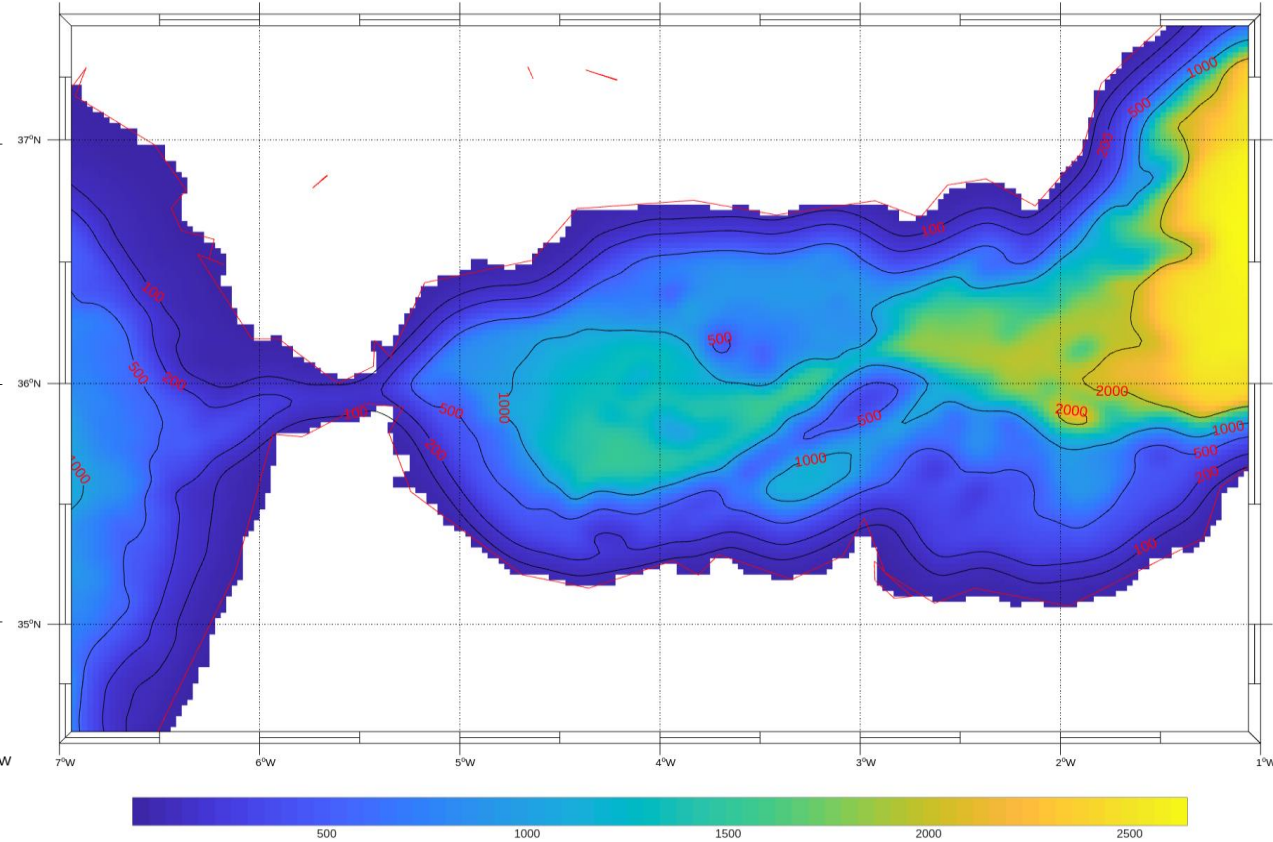


Fig 6 : Bathymétrie du modèle basse
résolution

Diagnostic de l'étape 1 :

- Spin up de $\simeq 1.5$ ans

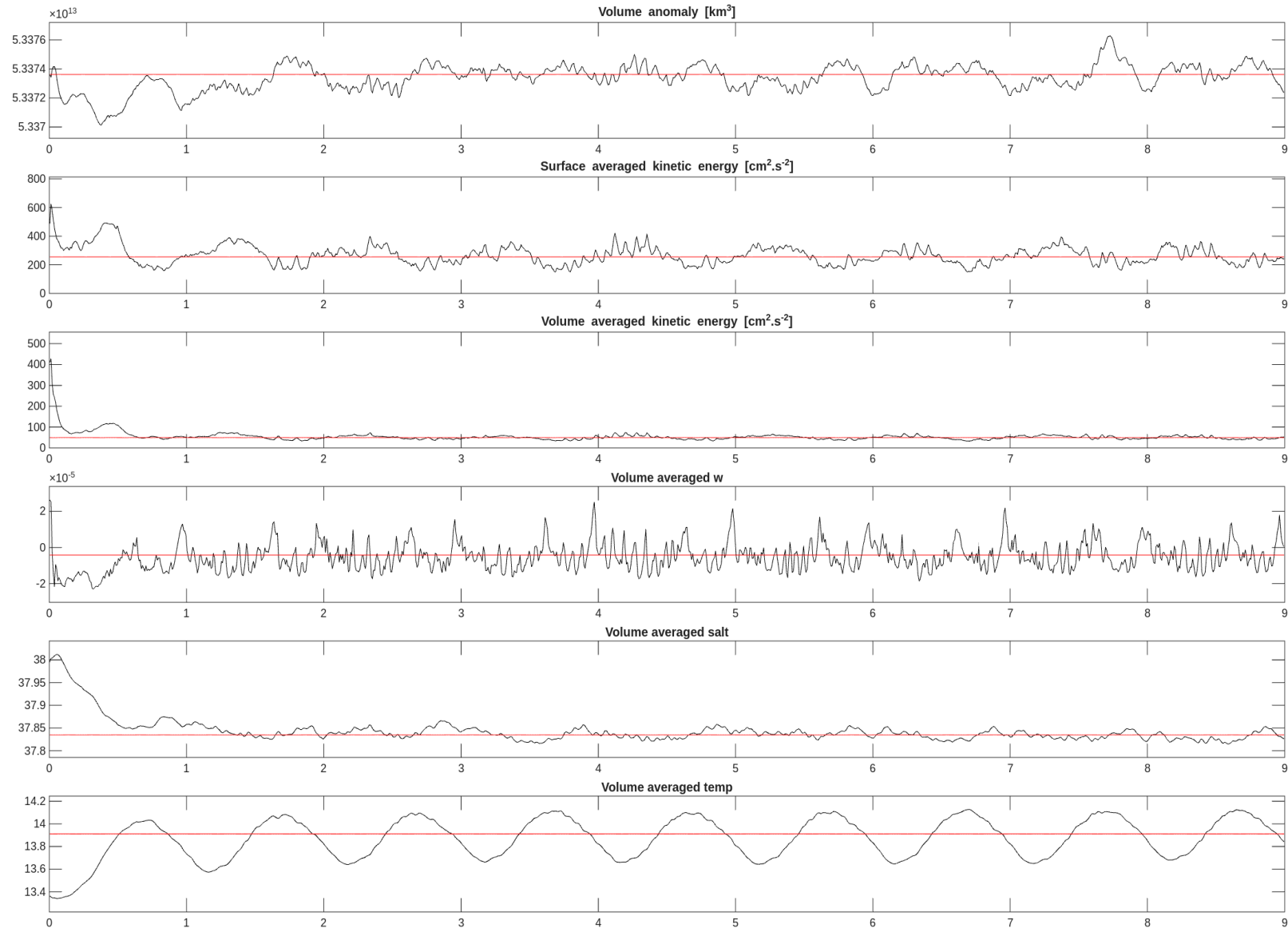


Fig 6 : Diagnostic du modèle basse résolution

Etape 2 : Interpolation des grilles

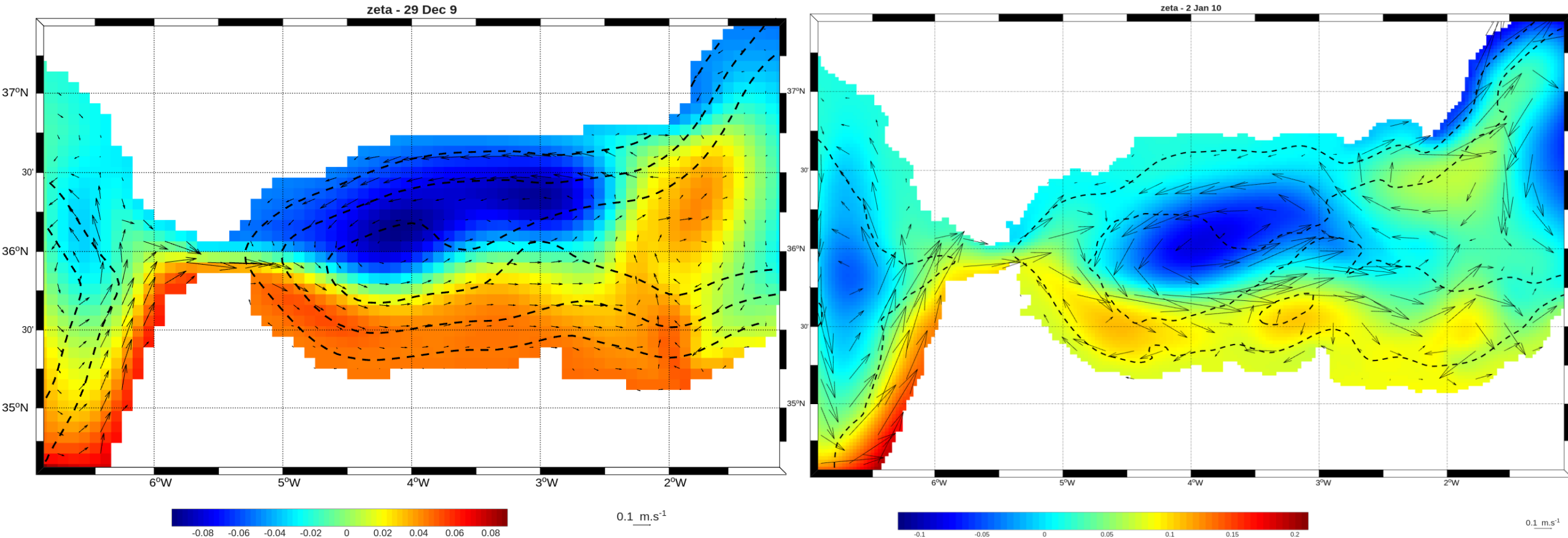


Fig 7 : Effets de l'interpolation sur l'élévation de la surface libre

Diagnostic de l'étape 3 :

- Spin up de $\simeq 0.6$ ans

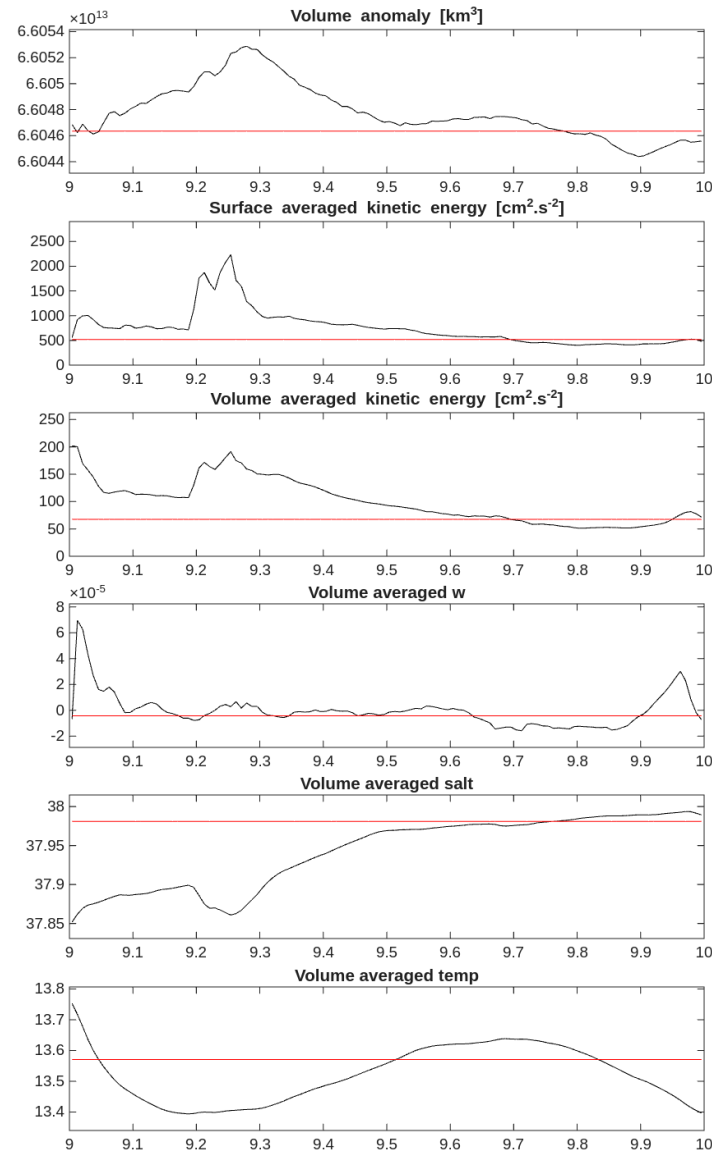


Fig 8 : Diagnostic du modèle haute résolution

Circulation de surface :

- Formation d'une grande gyres

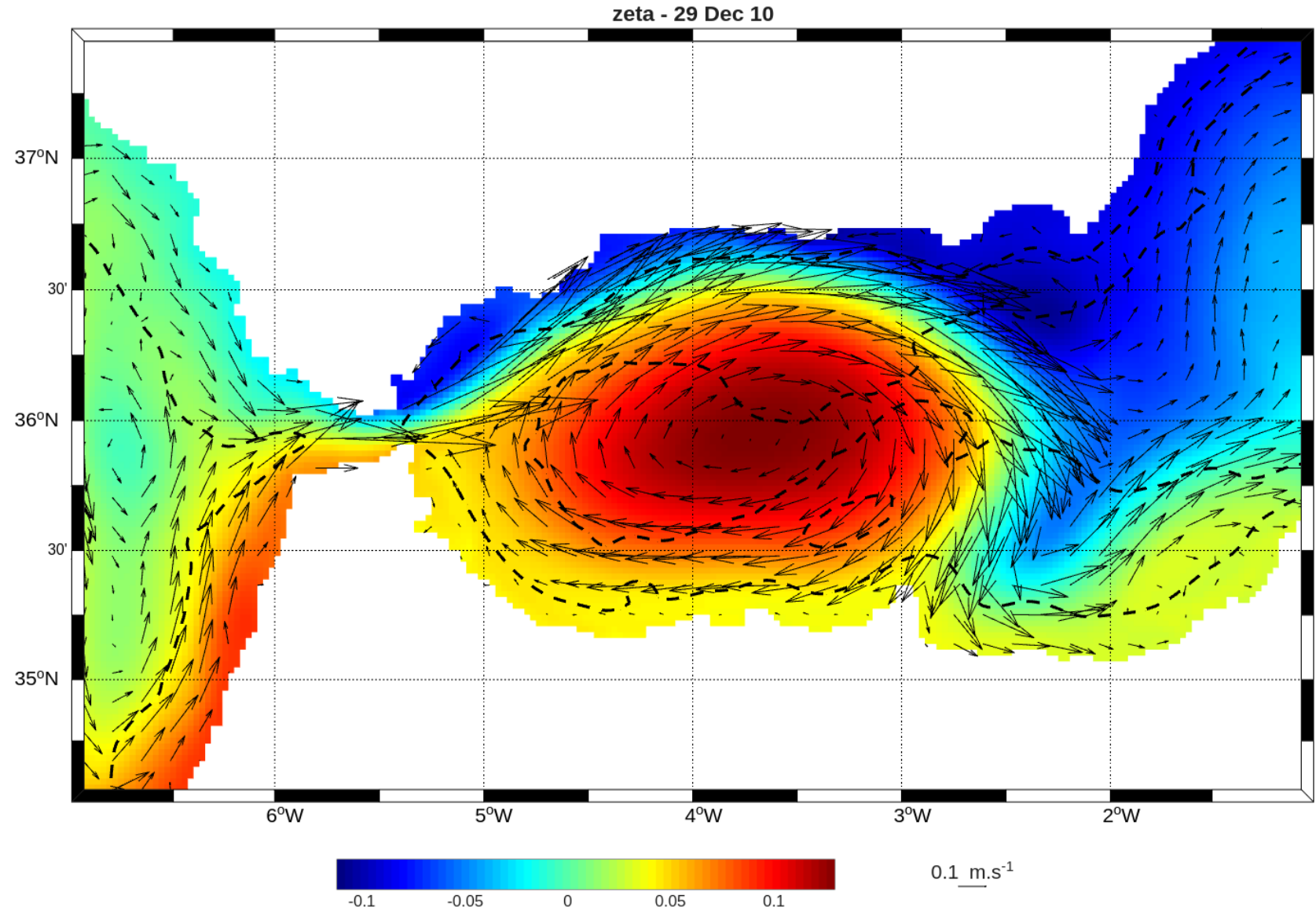


Fig 8 : Elévation de la surface libre

Echange d'eaux en deux couches :

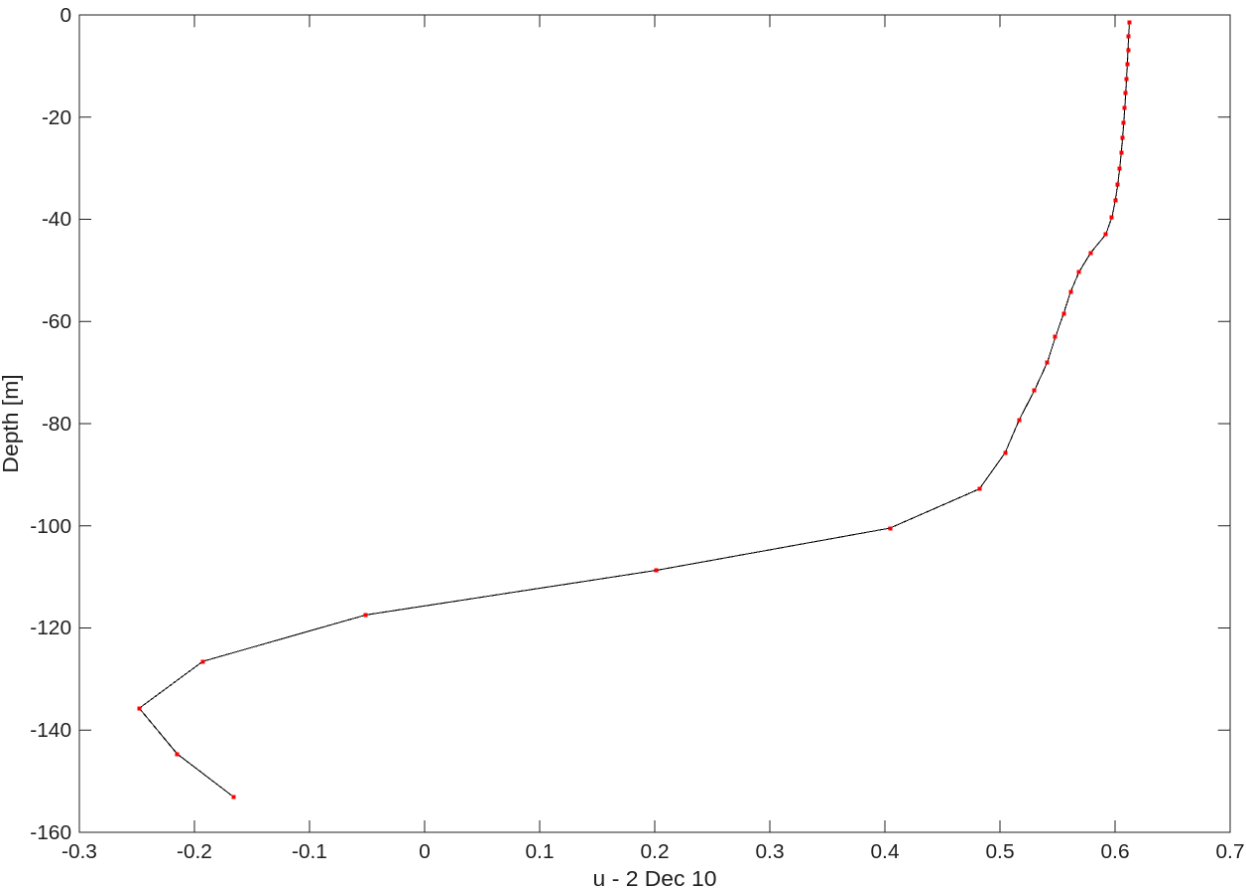


Fig 9 : Profils de courant zonaux dans le détroit

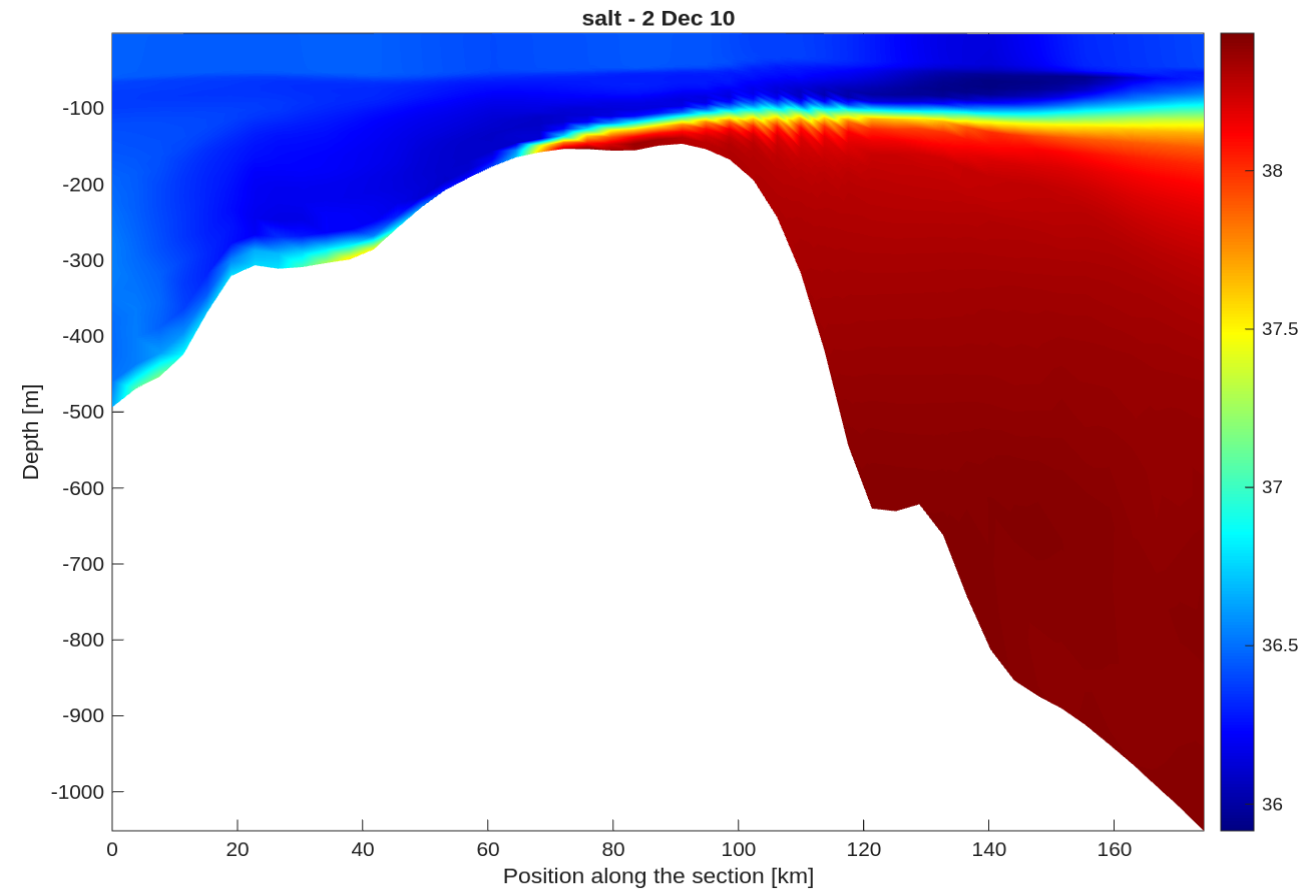


Fig 10 : Section verticale de salinité au travers du détroit

Bilan sur la méthode :

- Méthode d'emboîtement validée
 - Permet une stabilisation du modèle haute résolution avec une viscosité faible.
- Bilan physique :
 - Reproduction des échanges d'eaux et d'un système de gyres
 - Manque de données pour des études interannuelles
 - Formation et variation inter-saisonnières des gyres
- Perspectives
 - Validation par des mesures satellitaires ou in situ

Bibliographie

- Fieux, Michèle (2017). *L'océan planétaire*.
- Mason, Evan, et al. (2010). « *Procedures for offline grid nesting in regional ocean models* »
- Penven et al. (2006). « *Evaluation and application of the ROMS 1-way embedding procedure to the central california upwelling system* »
- Bayed et la.(2018). « *Illustrated guide of the macrobenthos of Oued Laou Bay.* »
- Melika Baklouti (2026) . « *OPB 204 Initiation aux méthodes numériques de résolution des équations aux dérivées partielles* »

Annexe

Condition de Courant-Friedrichs-Lewy :

$$u \frac{\Delta t}{\Delta x} \leq 1$$

u : la vitesse physique de l'onde (en m/s).

Δt : le pas de temps de ton modèle (en secondes).

Δx : la taille spatiale de ta maille de calcul (en mètres).

Equation primitive de la quantité de mouvement (la vitesse) sur l'axe horizontal x :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + f v + K_h \nabla_h^2 u + K_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

Equation primitive de la quantité de mouvement (la vitesse) sur l'axe verticale z :

$$\frac{\partial p}{\partial z} + \rho g = 0$$