

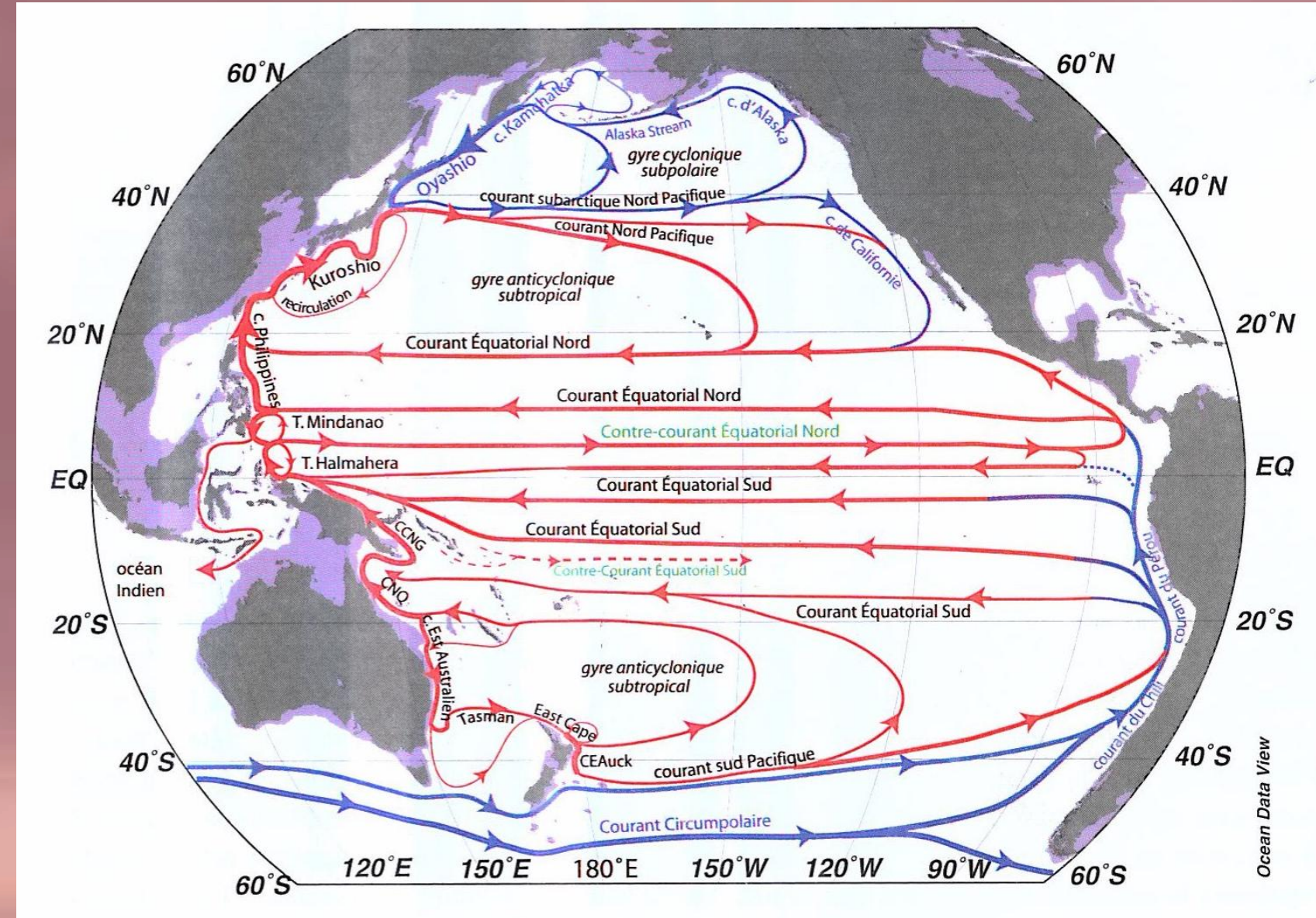
Instabilités tourbillonnaires d'un courant de bord ouest : le Courant Est Australien

Gabriel Taquet, Thomas Hervé,
Augustin Lafoy, Maxime Duchet



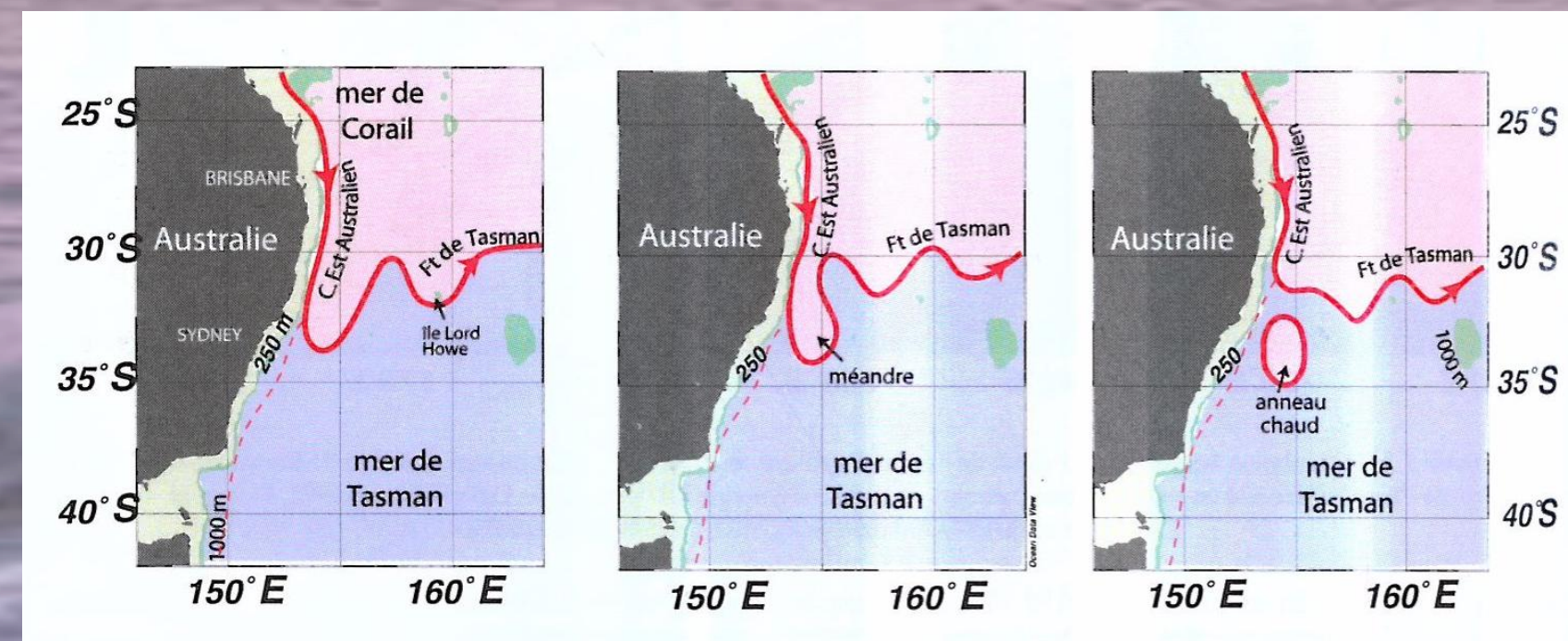
PRESENTATION

Le **Courant Est Australien** est un courant de bord ouest du gyre anticyclonique subtropical de l'Océan Pacifique, transportant des eaux chaudes. Il se déstabilise au Sud de l'Australie pour aboutir à la formation de **tourbillons chauds**.



Les courants de bord ouest sont connus pour présenter des **vitesse élevées** (plusieurs m/s), résultant d'une accumulation d'eau le long des côtes.

L'étude physique de la formation de tels tourbillons est complexe. Le projet que nous avons réalisé a pour objectif de **modéliser la formation et l'évolution** de ces instabilités dans le temps.



MODELE POUR SIMULATIONS

Nous nous sommes placés dans le cadre des équations « Shallow waters » afin d'intégrer les effets de topographie pour une couche supposée homogène.

Pour simuler numériquement la géographie de la zone, nous avons considéré une frontière ouest. Nous avons créé un profil de courant s'écoulant du Nord au Sud.

Dans notre code nous n'avons introduit que deux options: "-Dnonlinear" et "-DcourantCotier".

Il est important de noter que aucune d'onde de Kelvin n'a été initialisée. De plus, l'inactivation de "-Drealworld" entraîne le choix de paramètres suivants: dx=0.2, dy=0.2, dt=0.01, et f=1 (Coriolis).

L'option "-Dnonlinear" permet de prendre en compte les non linéarités du système. Ainsi, le rotationnel de vitesse et la variation de hauteur hn intervient dans la résolution numérique.

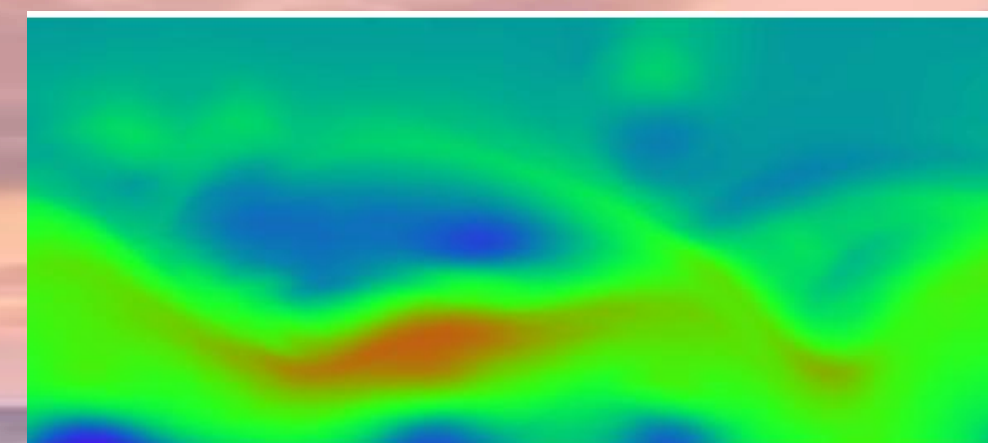
Enfin, l'option "-DcourantCotier" permet d'introduire un profil de vitesse de la forme :

$$u(y) = u_0 y e^{-\frac{y}{a}}$$

que nous obtenons par intégration de l'équilibre géostrophique sur la hauteur du fluide :

$$h(j) = -\frac{f}{g} \int_0^y u(y) dy$$

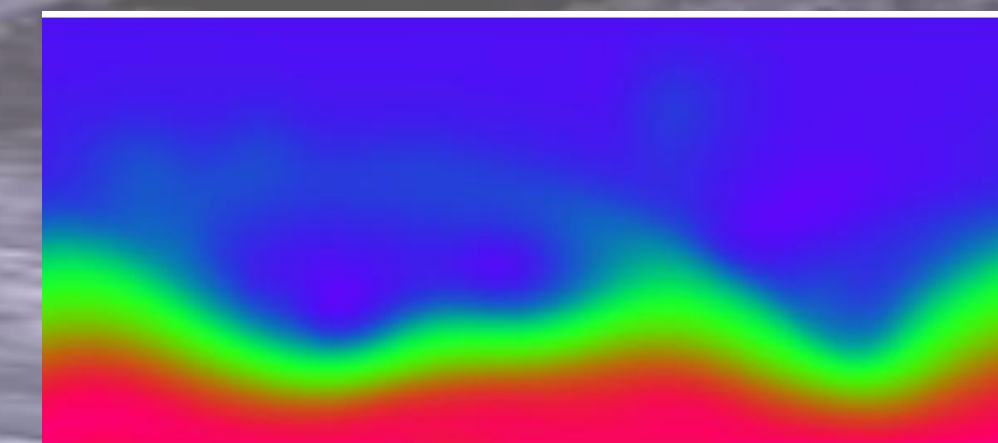
RÉSULTATS ET INTREPRÉTATION DES SIMULATIONS



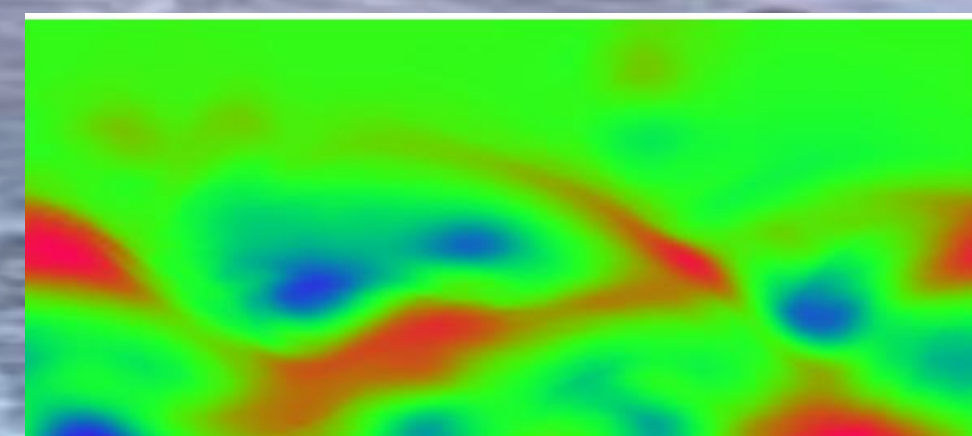
Vitesse moyenne de l'écoulement Un pour un courant loin de la côte à t=100

L'écoulement est à la limite de l'équilibre géostrophique. On observe sur les vidéos que la vitesse est orientée selon la direction des isolignes. Cependant, on observe l'apparition de méandres puis de tourbillons.

Hauteur moyenne de l'écoulement Hn pour un courant loin de la côte à t=100

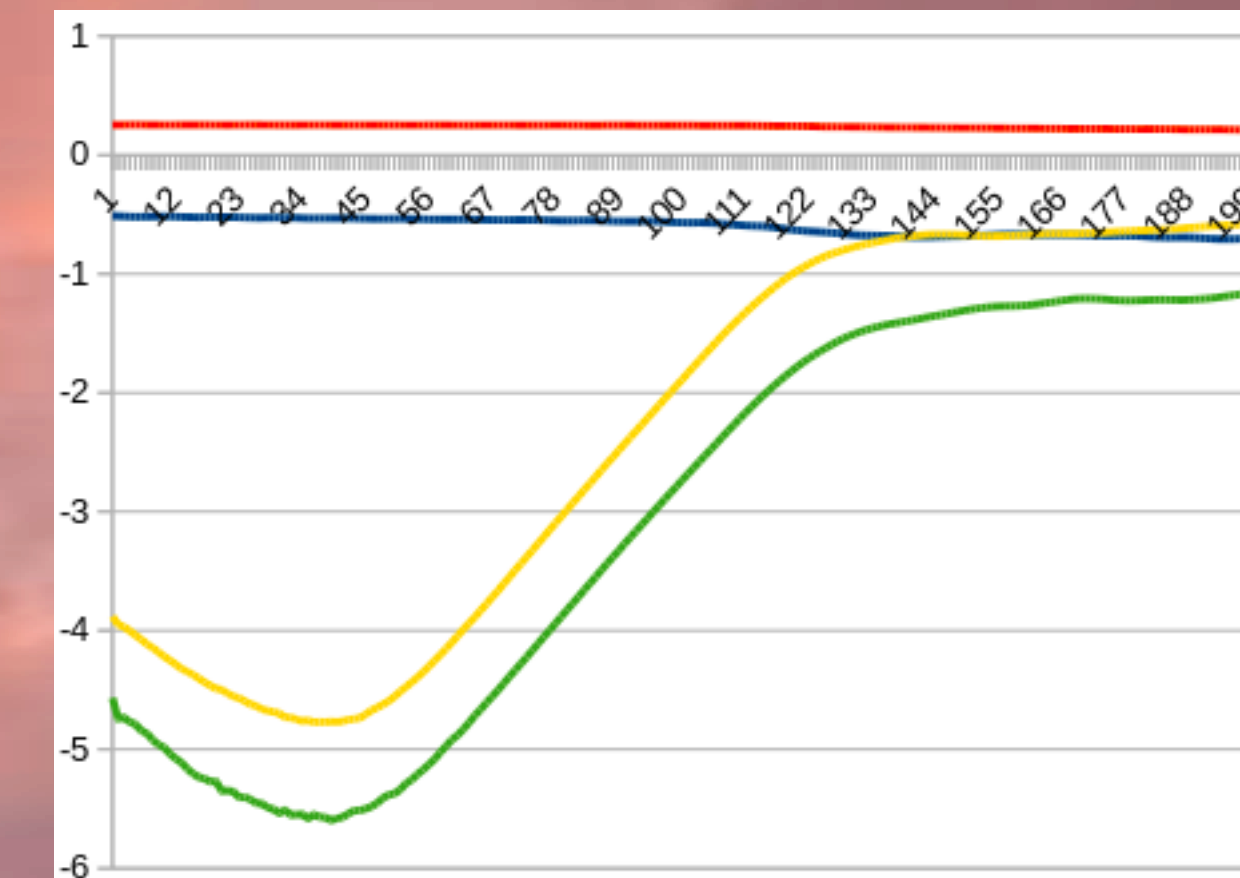


Vitesse moyenne de la perturbation Up pour un courant loin de la côte à t=100



L'apparition des méandres est en lien direct avec les variations de la hauteur d'eau Hn : elles se créent au niveau des dômes de hauteur.

Sous excel, on trace l'énergie du courant moyen (courbes rouge et bleue) et l'énergie des instabilités (jaune et verte).

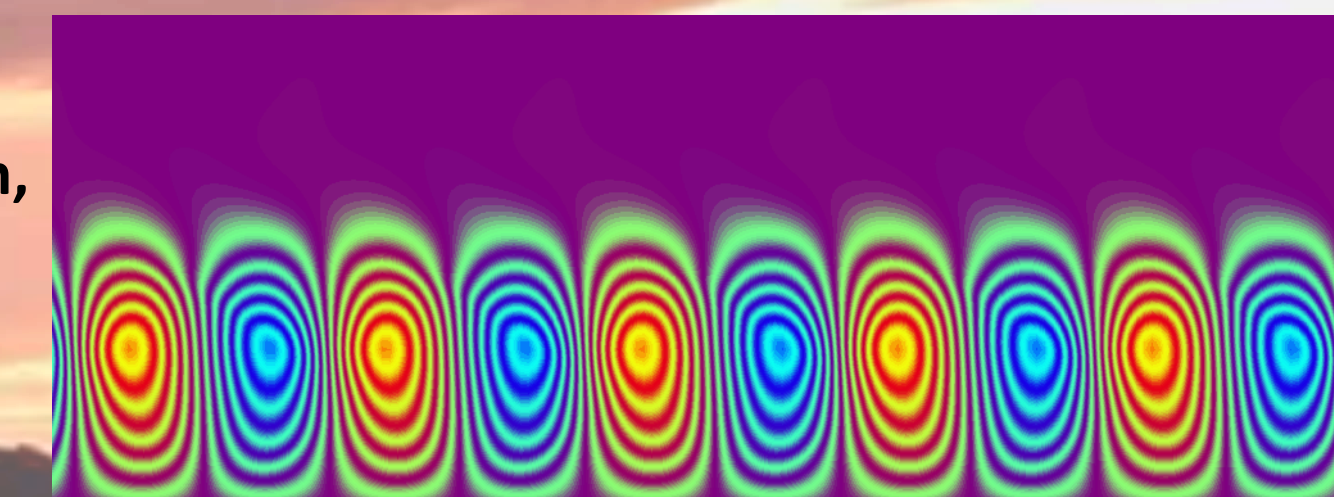


Dans un premier temps, on observe une croissance linéaire du logarithme de l'énergie avec le temps, ce qui est cohérent avec la théorie linéaire de l'instabilité. Très vite (à t=30), la perturbation n'arrive plus à extraire l'énergie du courant moyen et on constate que les énergies de la perturbation et du courant moyen restent du même ordre de grandeur.

Pour calculer la longueur d'onde des méandres, il nous suffit de compter le nombre de méandres sur l'image. Ainsi nous regardons l'évolution de la vitesse de la perturbation Vp.

Sachant que l'image représente une longueur horizontale de 33m, on obtient alors une longueur d'onde égale à 6,6m, au début de la simulation.

Début de la simulation, représentation de Un



Au fur et à mesure du temps, le système va sélectionner des longueurs d'ondes de plus en plus grandes. Ainsi à la fin de notre simulation, l'énergie se concentre dans une longueur d'onde égale à 11m.

L'apparition des instabilités est liée à la longueur d'onde des perturbations. Pour des petites ou des grandes longueurs d'onde, l'écoulement n'est pas déstabilisé: il n'y a pas de résonance. Les instabilités sont mieux observées pour une longueur d'onde caractéristique (de valeur 5 adimensionnelle).

OUVERTURE

Notre modèle de base *fortran* ne prend en compte que la couche de surface. C'est pourquoi nous n'avons considéré que la formation d'instabilités horizontales, par création d'un profil de vitesse gaussien, avec une condition à la côte. Nous aurions pu aller plus loin en considérant plusieurs couches de fluides afin de modéliser la formation d'instabilités verticales dans le courant s'écoulant sur le talus continental, ce qui nous aurait permis d'observer d'autres types d'instabilités.