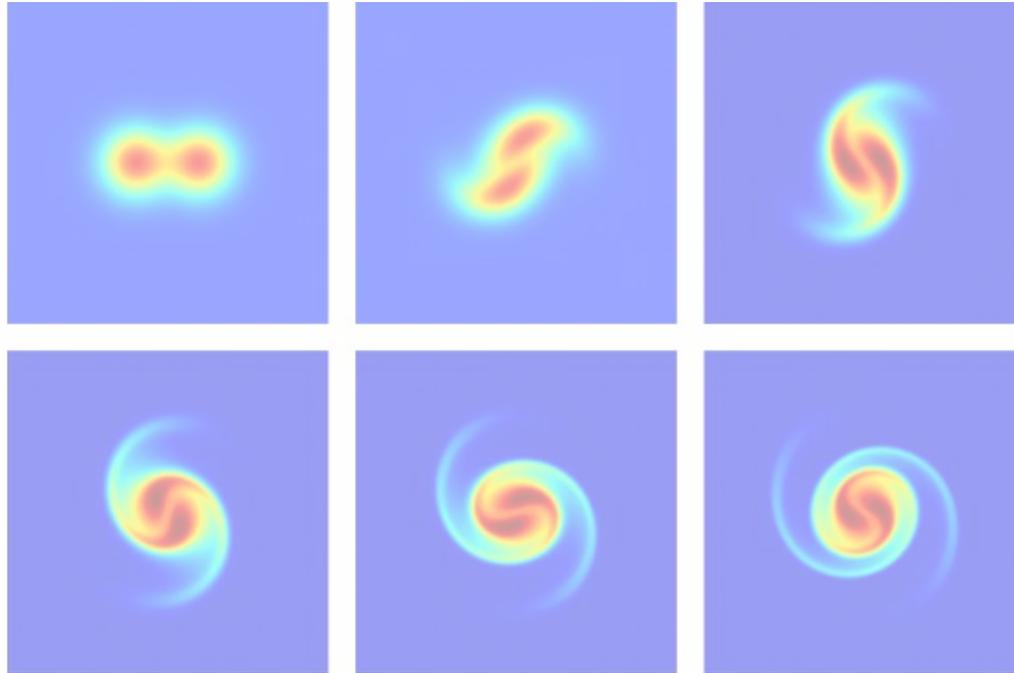


Interaction entre 2 tourbillons: Rôle de l'effet-béta



Rémi Lambert
Abdel Fadonougbo
M2 POC - IUEM

Introduction

effet- β (gradient de la force de Coriolis avec la latitude):

→ anisotropie de l'écoulement

→ selon la polarité, déplacement des vortex vers l'Ouest, les Pôles ou l'Équateur

→ énergie dispersée en ondes de Rossby (McWilliams, 1979)

Quelle est l'influence de l'effet- β sur l'efficacité de la fusion de 2 vortex?

Théorie

les équation de base des deux régimes simulés dans le modèle :

❖ régime géostrophique:

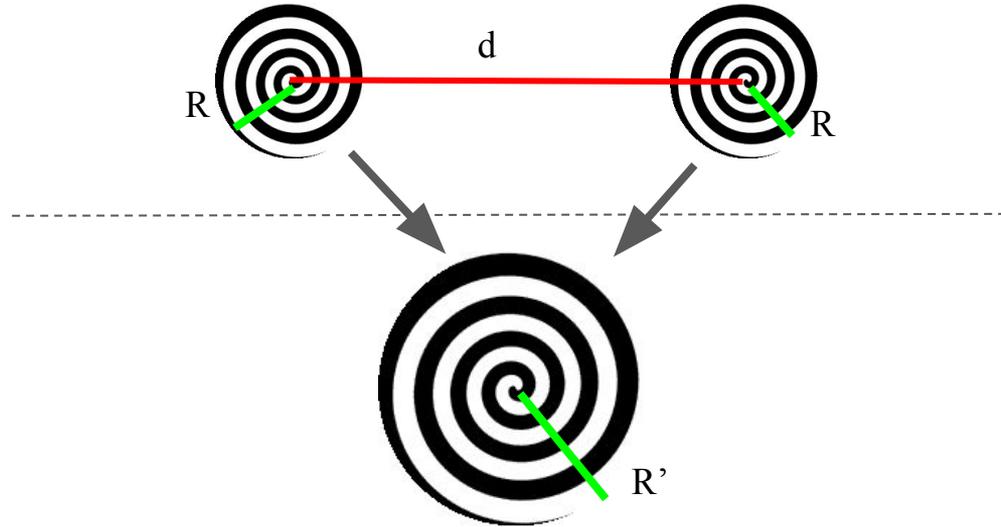
$$\partial_t \omega + J(\psi, \omega) = 0, \quad \text{avec } \omega = \Delta \psi,$$

❖ régime quasi-géostrophique

$$\partial_t \omega + J(\psi, \omega) + \beta \partial_x \psi = 0$$

avec $f = f_0 + \beta y$

Théorie



Fusion des deux vortex si:

$$\frac{d}{R} < 3,35$$

Efficacité:

$$eff = \frac{\pi R'^2}{2\pi R^2}$$

Expérimentation

Fusion de 2 vortex **sans** effet- β pour différentes valeurs de $\frac{d}{R}$

→ Mesure du nouveau rayon R' et calcul de l'efficacité

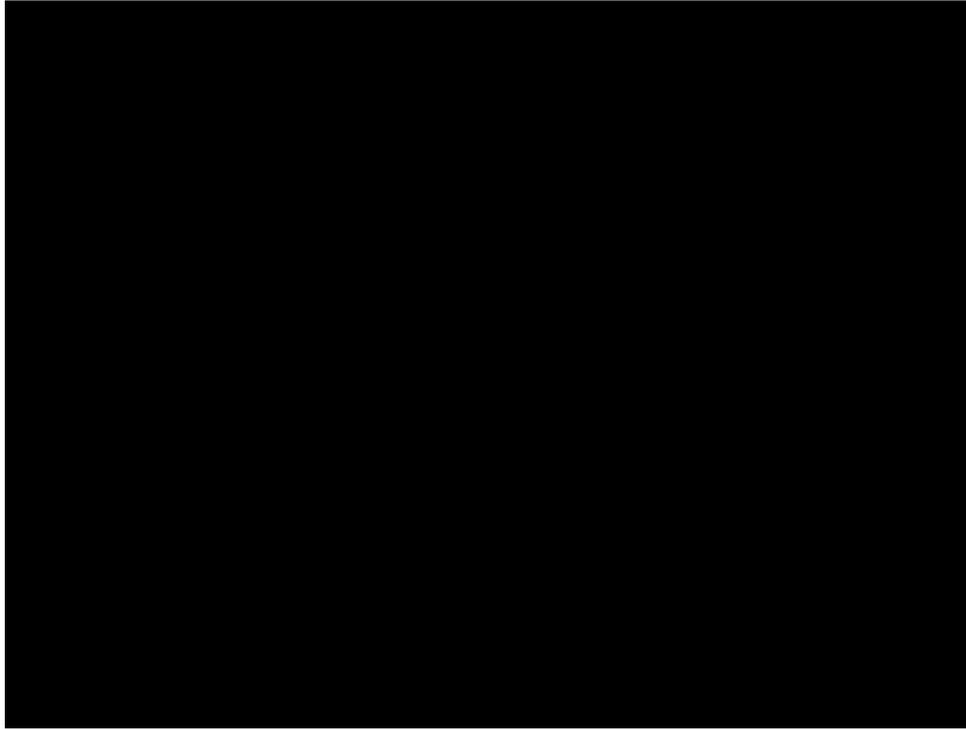
Fusion de 2 vortex **avec** effet- β avec les mêmes valeurs de $\frac{d}{R}$

→ Mesure du nouveau rayon R' et calcul de l'efficacité

Conditions d'expérimentation Fluid2D

- Domaine ouvert (pas d'interaction avec les bords)
- Vorticité constante
- Vortex symétriques (même polarité)
- Vortex lissés “Step”
- Variables adimensionnées (d , R , taille du domaine)

Fusion de 2 vortex dans régime géostrophique (pas effet beta)



$$\begin{aligned}d &= 0.4 \\ R &= 0.11 \\ d/R &= 3.63\end{aligned}$$

Fusion de 2 vortex dans régime géostrophique (pas effet beta)

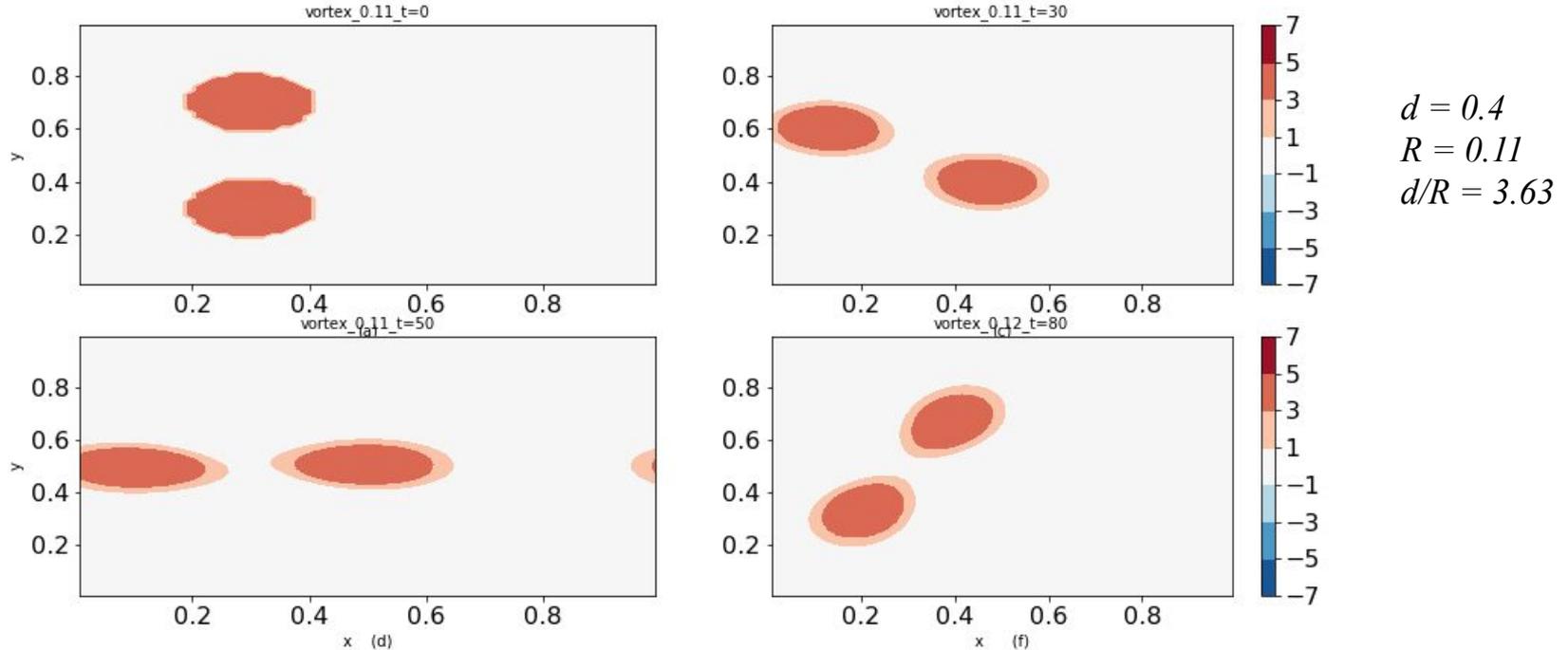
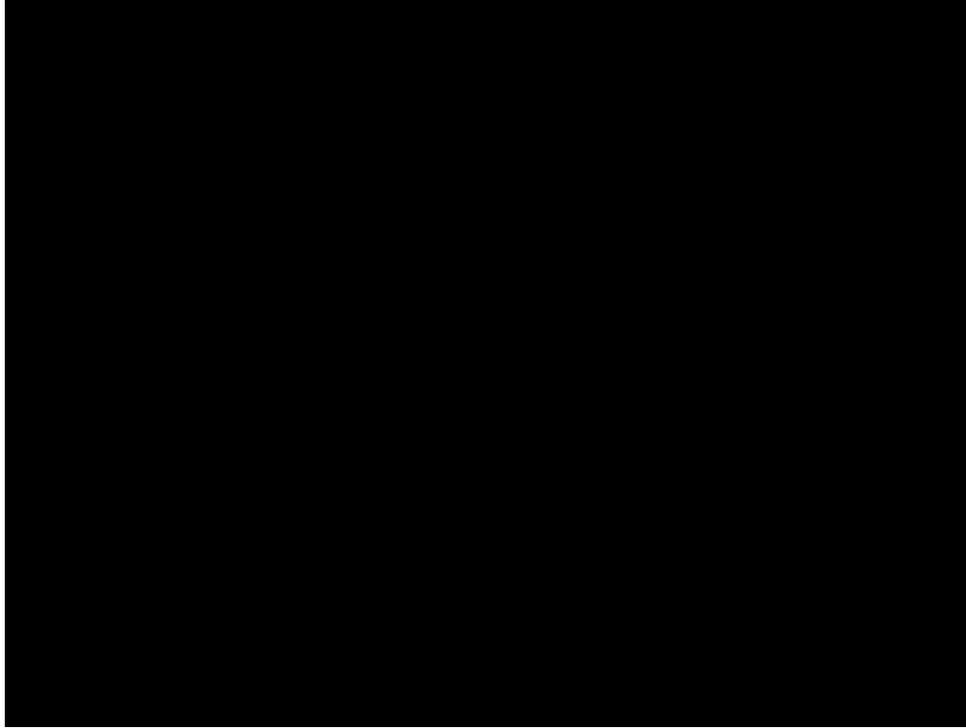


Figure 1: evolution temporelle de 2 tourbillons symétrique: pas de fusion ($d > 3.35$)

Fusion de 2 vortex dans régime géostrophique (pas effet beta)

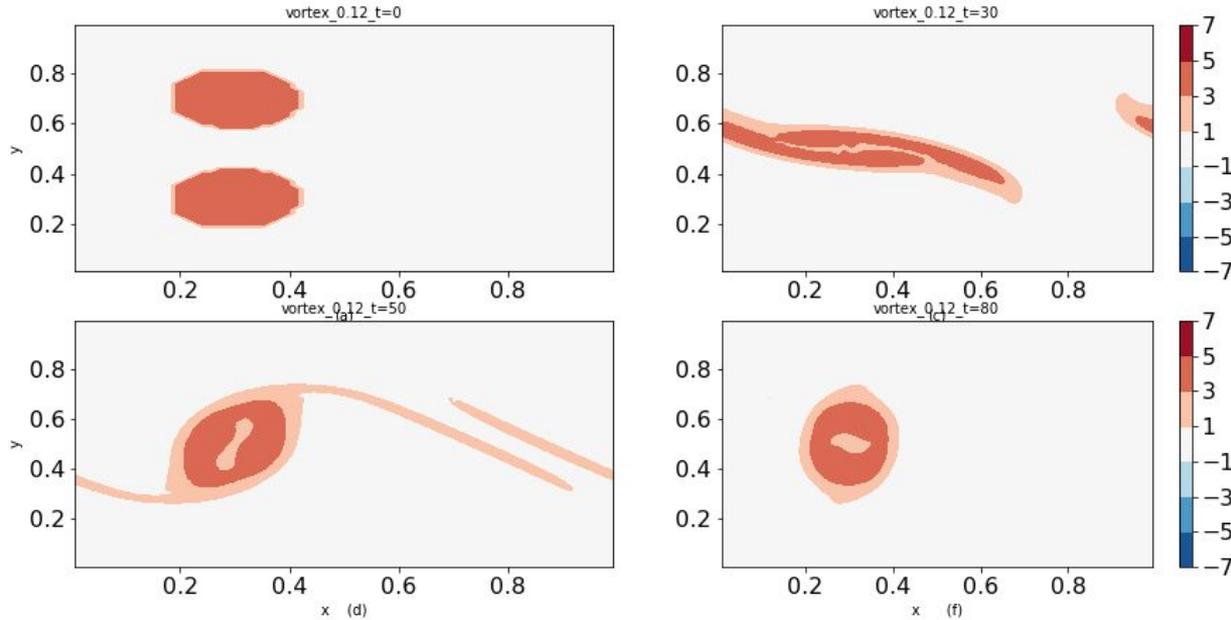


$$d = 0.4$$

$$R = 0.115$$

$$d/R = 3.48$$

Fusion de 2 vortex dans régime géostrophique (pas effet beta)



$$d = 0.4$$
$$R = 0.115$$
$$d/R = 3.48$$

Pour déterminer l'efficacité, on a fait le rapport entre l'aire finale (après fusion) et l'aire des deux vortex de l'état initial:

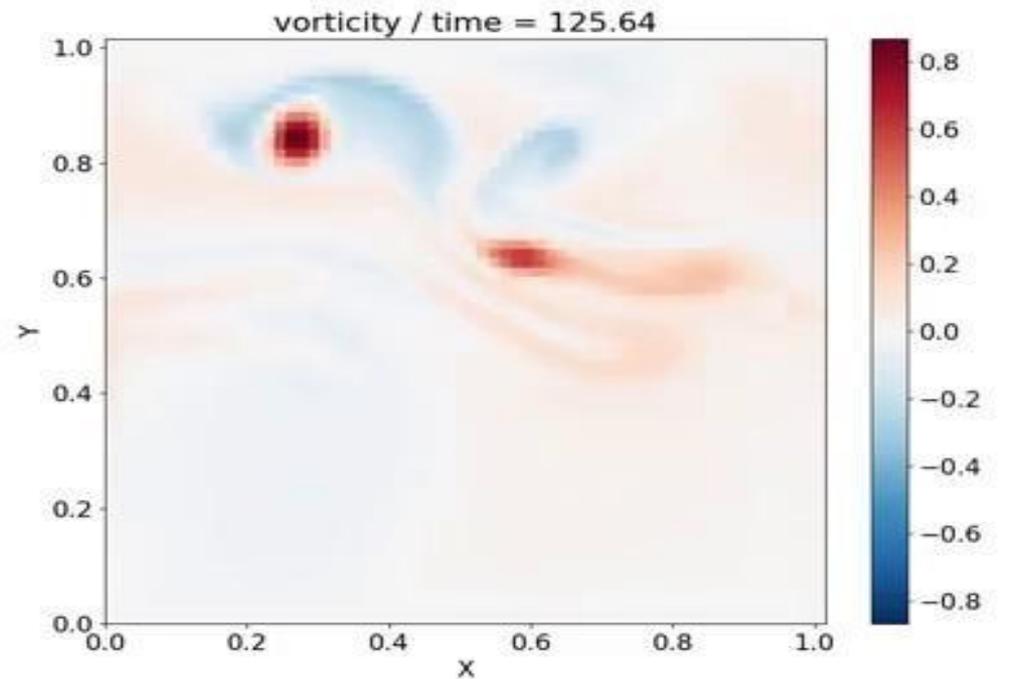
$$S(\text{vort}(t=80))/S(\text{vortex}(t=0))$$

Évolution temporelle de 2 tourbillons symétriques: les 2 tourbillons fusionnent très rapidement à l'intervalle de temps $t = 30 \square T$.

Fusion de 2 vortex dans régime géostrophique (pas effet beta)

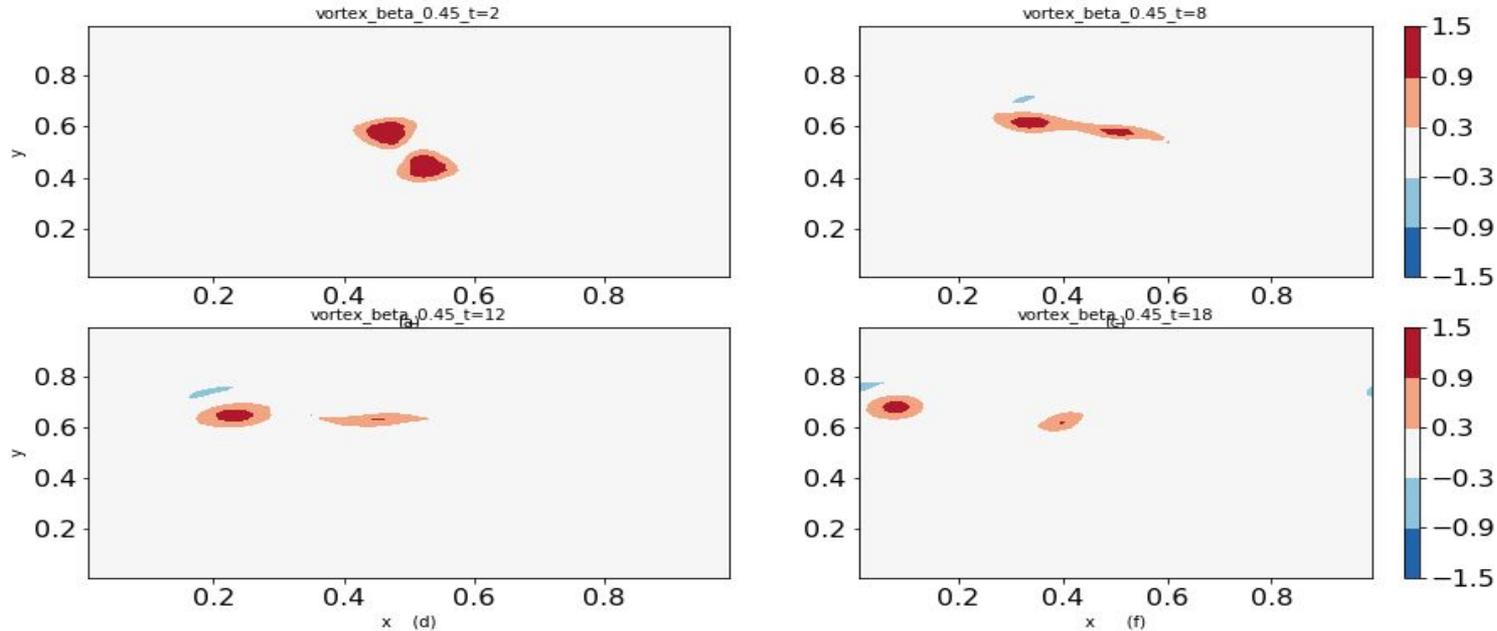
d	R	d/R	<i>eff</i>
0.4	0.11	3.63	No Merging
0.4	0.115	3.48	0.67
0.4	0.12	3.33	0.72
0.4	0.125	3.20	0.74
0.4	0.13	3.08	0.78
0.4	0.135	2.96	0.81
0.4	0.14	2.86	0.81
0.4	0.15	2.7	0.82
0.4	0.20	2	0.74

Fusion de 2 vortex dans régime quasi-géostrophique (QG) avec effet beta = 1



$$d = 0.15$$
$$R = 0.045$$
$$d/R = 3.33$$

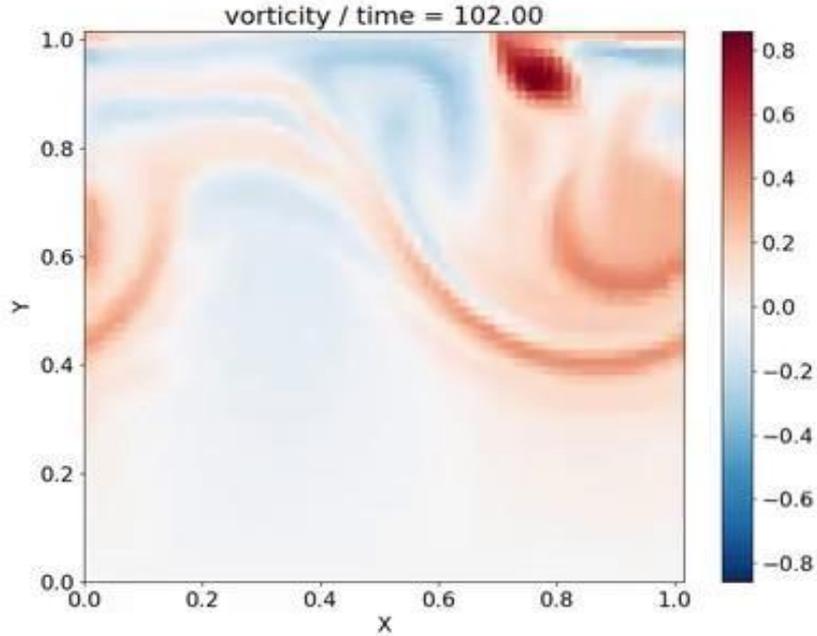
Fusion de 2 vortex dans régime quasi-géostrophique (QG) avec effet beta = 1



$d = 0.15$
 $R = 0.045$
 $d/R = 3.33$

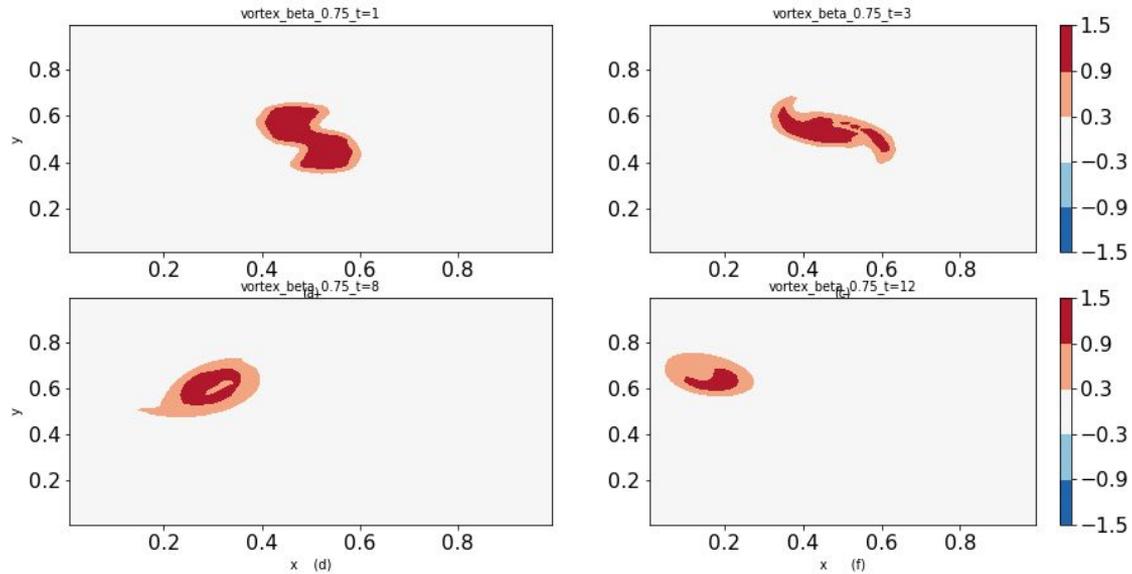
Évolution temporelle de 2 tourbillons symétrique dans un régime de QG: pas de fusion

Fusion de 2 vortex dans régime quasi-géostrophique (QG) avec effet beta = 1



$$d = 0.15$$
$$R = 0.075$$
$$d/R = 2$$

Fusion de 2 vortex dans régime quasi-géostrophique (QG) avec effet beta = 1



$$d = 0.15$$
$$R = 0.075$$
$$d/R = 2$$

Pour déterminer l'efficacité, on a fait le rapport entre l'aire finale (après fusion) et l'aire des deux vortex de l'état initial:

Évolution temporelle de 2 tourbillons symétriques dans régime de QG: les 2 tourbillons fusionnent très rapidement à l'intervalle de temps $t = 1.5 \square T$.

$$S(\text{vort}(t=12))/S(\text{vortex}(t=0))$$

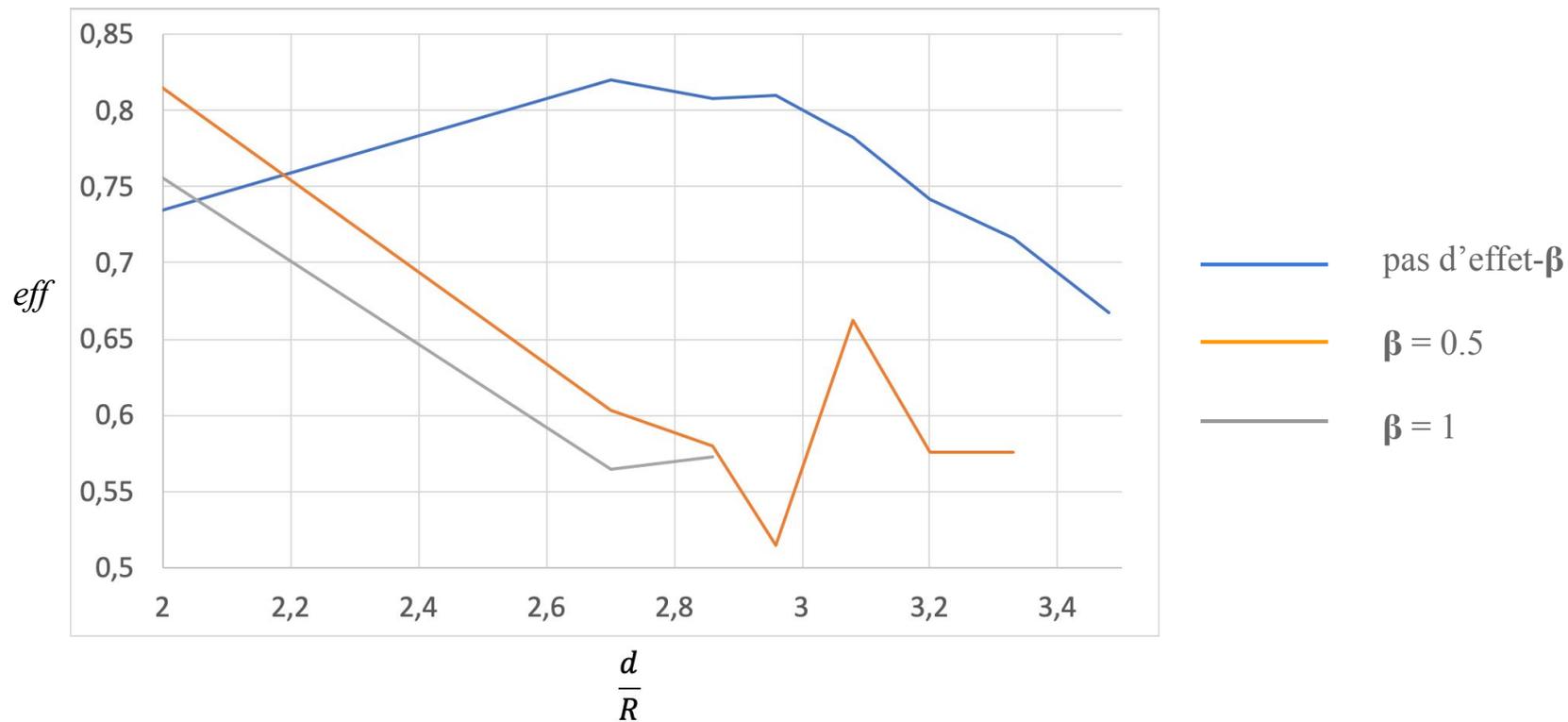
Résultats

<i>d/R</i>	<i>Pas d'effet-β</i>	<i>$\beta = 0.5$</i>	<i>$\beta = 1$</i>
3.63	NO MERGING	NO MERGING	NO MERGING
3.48	0.6676	NO MERGING	NO MERGING
3.33	0.7166	0.576	NO MERGING
3.2	0.742	0.576	NO MERGING
3.08	0.7824	0.662	NO MERGING
2.96	0.8098	0.515	NO MERGING
2.86	0.808	0.58	0.573
2.7	0.8206	0.603	0.5641
2	0.735	0.815	0.756

Tableau d'efficacité du merging

Résultats

Variation de l'efficacité en fonction du paramètre d/R et de l'effet- β



Conclusion

- Critère de fusion $d/R \leq 3.48$ pour les simulations Fluid2D sans effet- β .
- Critère de fusion diminue avec l'effet- β :
 - $\beta = 0.5 \rightarrow d/R \leq 3.33$
 - $\beta = 1.0 \rightarrow d/R \leq 2.86$
- Efficacité diminue avec l'effet- β pour les critères d/R importants
- Pour des critères d/R plus faibles (rayons de départ grands), l'effet- β affecte moins l'efficacité
- Impact des côtes avec effet- β ?