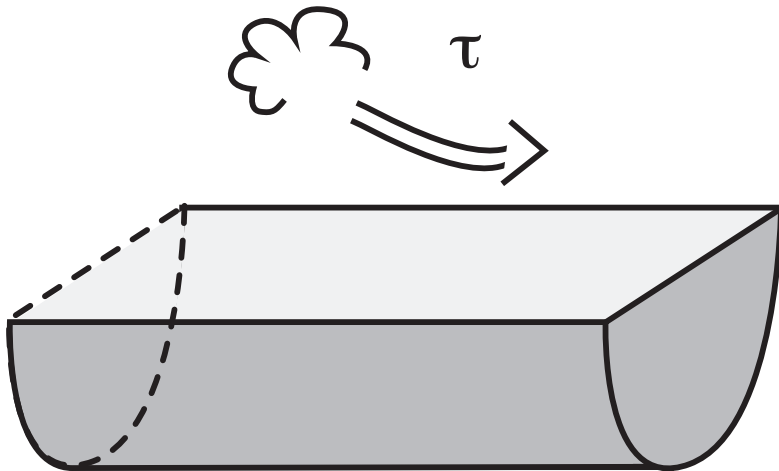


Réponse forcée par le vent dans les bassins côtiers de densité homogène

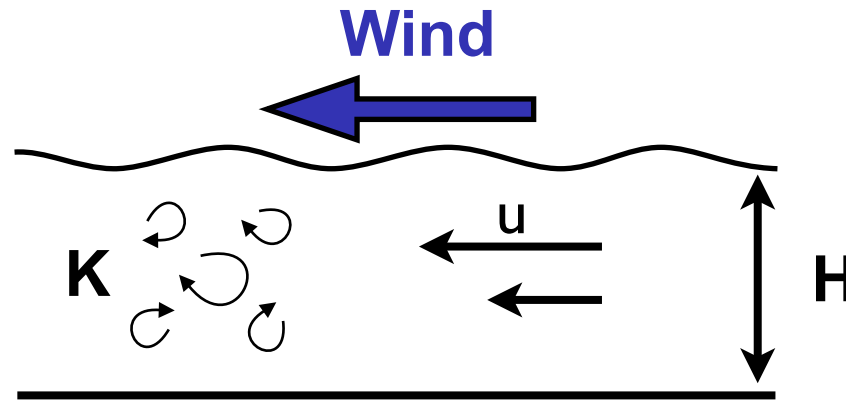
A. L. Ponte - C. Winant
SIO-UCSD, San Diego



Questions

- **Pour quels types de bassins côtiers la rotation de la Terre est-elle nécessaire a la description des courants forcés par le vent?**
- **Comment diffèrent les courants forcés dans chacun de ces deux cas ?**

Paramètre pertinent: l'épaisseur de couche d'Ekman nondimensionnelle δ_E



Fréquence de Coriolis f



$$\partial_t u - f v = -g \partial_x \eta + K \partial_{zz} u$$

Diffusion vertical de
quantité de mouvement

Accélération
de Coriolis

$$\propto \delta_E^2$$

$$\delta_E = \sqrt{\frac{2K}{f H^2}}$$

Épaisseur de couche d'Ekman

$$\frac{\text{Diffusion vertical de quantité de mouvement}}{\text{Accélération de Coriolis}} \propto \delta_E^2$$

$\delta_E > 1$ **bassin peu profond / réponse peu modifiée par la rotation de la Terre**

$\delta_E < 1$ **bassin profond / réponse modifiée par la rotation de la Terre**

Approche 1: Modèle idéalisé

Equations non-dimensionnelles

$$\begin{aligned} 2\frac{f^{-1}}{\delta_E^2}\partial_t u - \frac{2}{\delta_E^2}v &= -\partial_x\eta + \partial_{zz}u \\ 2\frac{f^{-1}}{\delta_E^2}\partial_t v + \frac{2}{\delta_E^2}u &= -\partial_y\eta + \partial_{zz}v \\ \partial_x u + \partial_y v + \partial_z w &= 0 \end{aligned}$$

Vent périodique dans le temps

Conditions aux limites

$$\left. \begin{aligned} \partial_z u &= \tau_s^x, \quad \partial_z v = \tau_s^y \\ w &= \frac{\delta_E^2}{2fR^2}\partial_t\eta \end{aligned} \right\} \text{ at } z=0$$

$$u = v = w = 0 \text{ at } z = -h$$

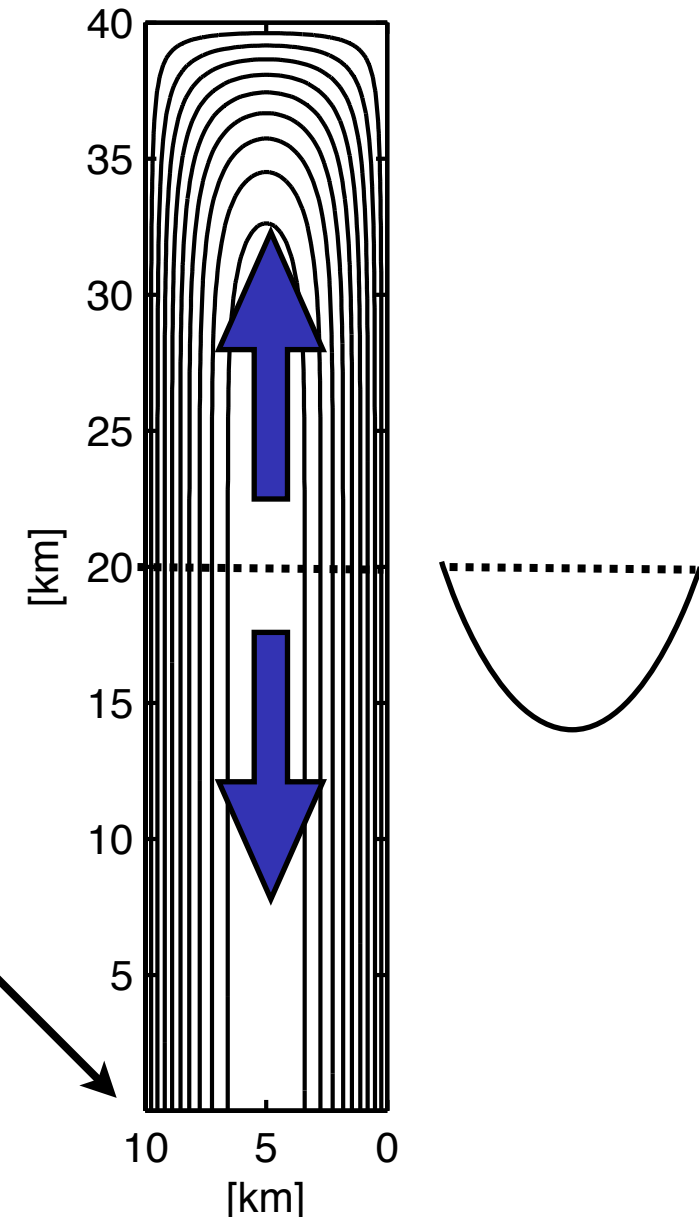
Les solutions dépendent:

- Bathymétrie/ forme du bassin
- Distribution spatiale du vent
- 3 paramètres non-dimensionnelles:

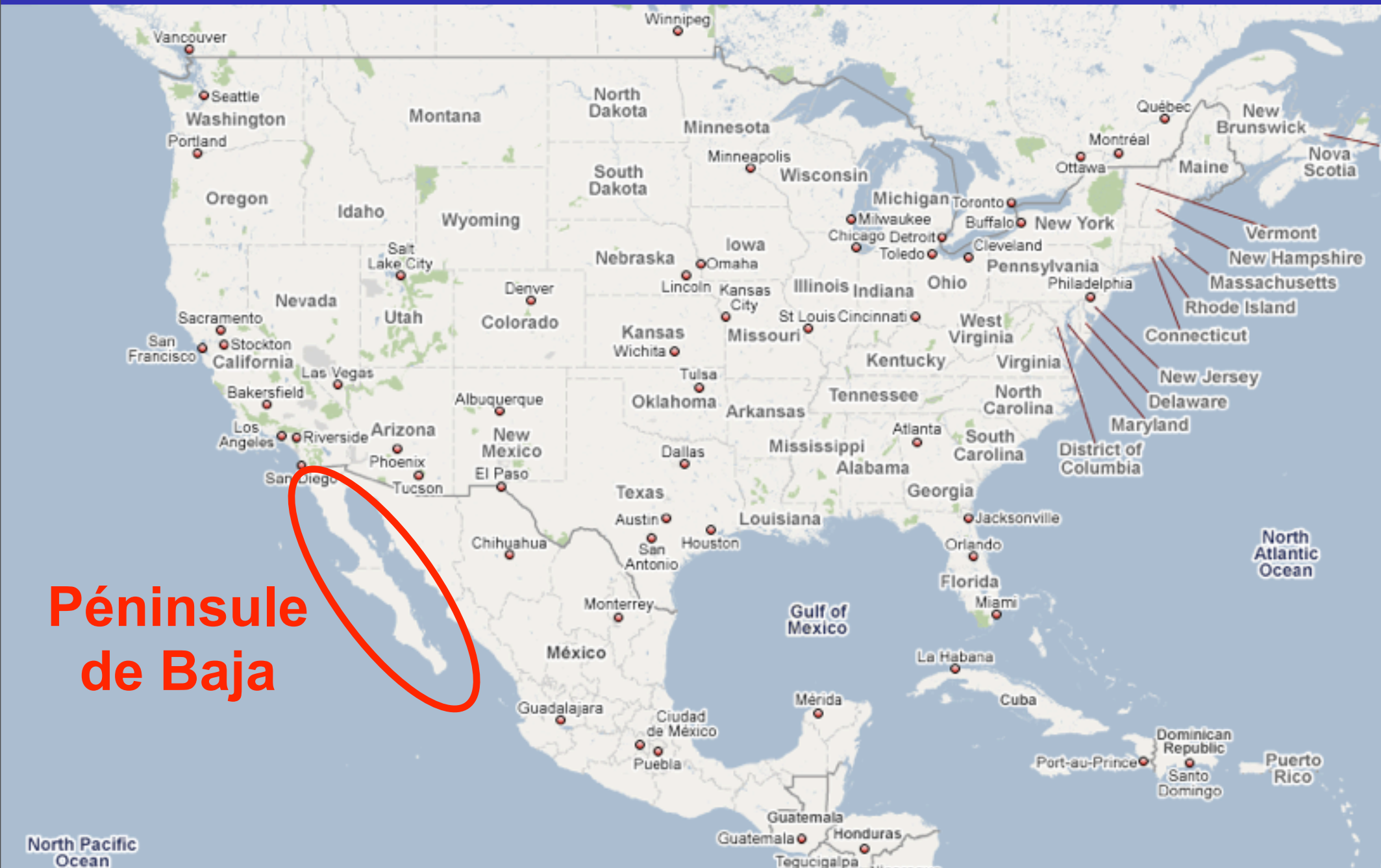
$$\left\{ \begin{aligned} \delta_E &= \sqrt{\frac{2K}{f^*H^{*2}}} \\ R &= \sqrt{gH^*}/f^*L^* \\ f^{-1} &= \omega^*/f^* \end{aligned} \right.$$

Approche 1: Modèle idéalisé

- Approche qualitative
- Bathymétrie parabolique
- Vent uniforme dans l'espace, dans l'axe de la baie
- Bassin fermé ou non (marée)



Approche 2: Observations



Approche 2: Observations



Observations: baie peu profonde

Laguna San Ignacio:

$$\delta_E > 1$$



Observations: baie profonde



**Bahía
Concepción:**
 $\delta_E < 1$

20 mi
20 km

Bassin peu profond

- **Prédiction du modèle idéalisé**
- **Observations: Laguna San Ignacio**

Bassin profond

- **Prédiction du modèle idéalisé:**
 - **Aperçu de la réponse forcée par un vent périodique.**
 - **Réponse a un vent constant**
- **Observations: Bahía Concepción**

Bassin peu profond

$$\delta_E > 1 \quad \delta_E = \sqrt{\frac{2K}{f^* H^{*2}}}$$

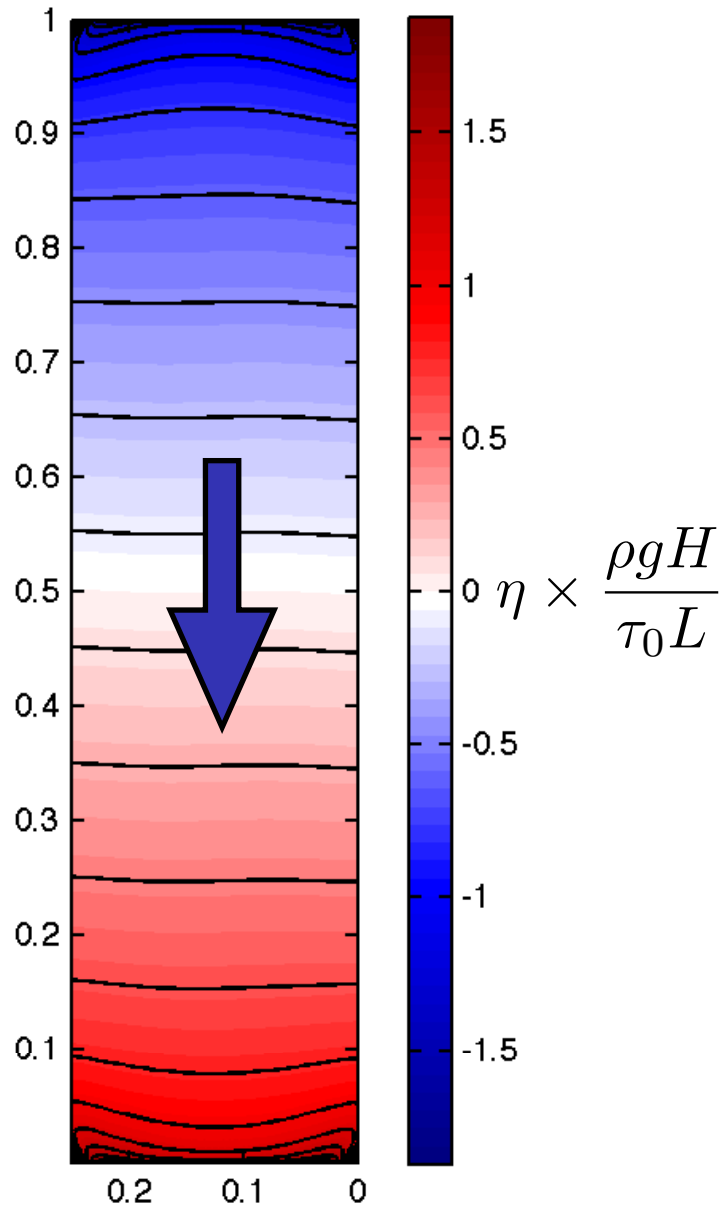
Temps de réponse

Niveau de l'eau: $T_{\text{seiche}} = \frac{2L}{\sqrt{gH}}$ **Laguna San Ignacio** ~1h

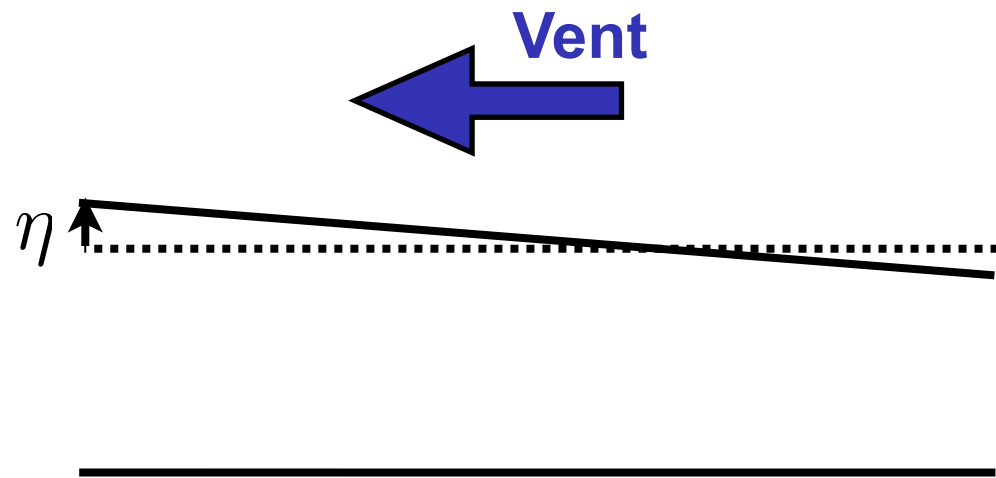
Courants: $T_{\text{viscous}} = \frac{H^2}{K}$ ~7h

**-> réponse rapide et similaire à celle
forcée par un vent constant**

Prédiction du modèle: niveau d'eau

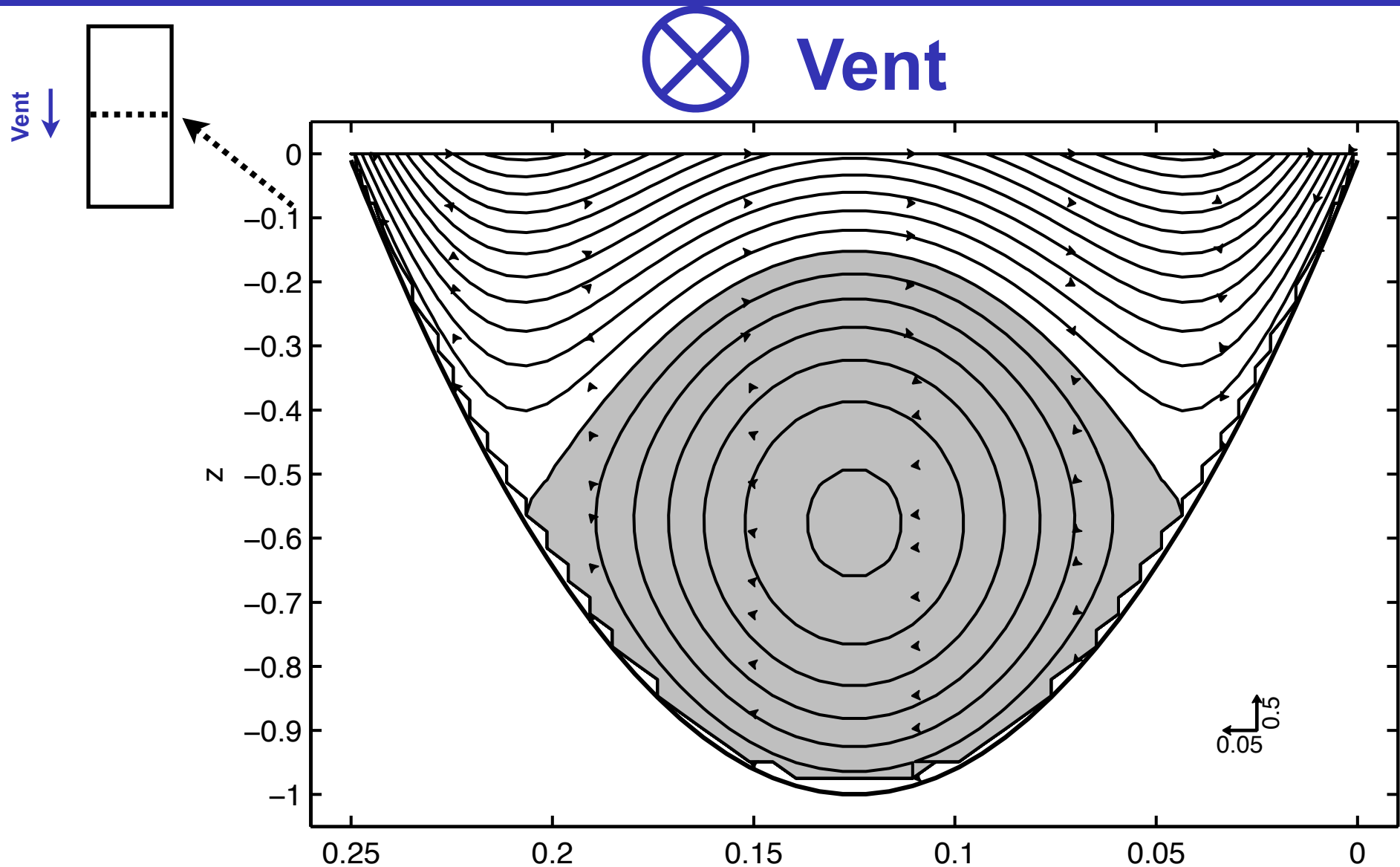


Vent: uniforme dans l'espace et constant dans le temps

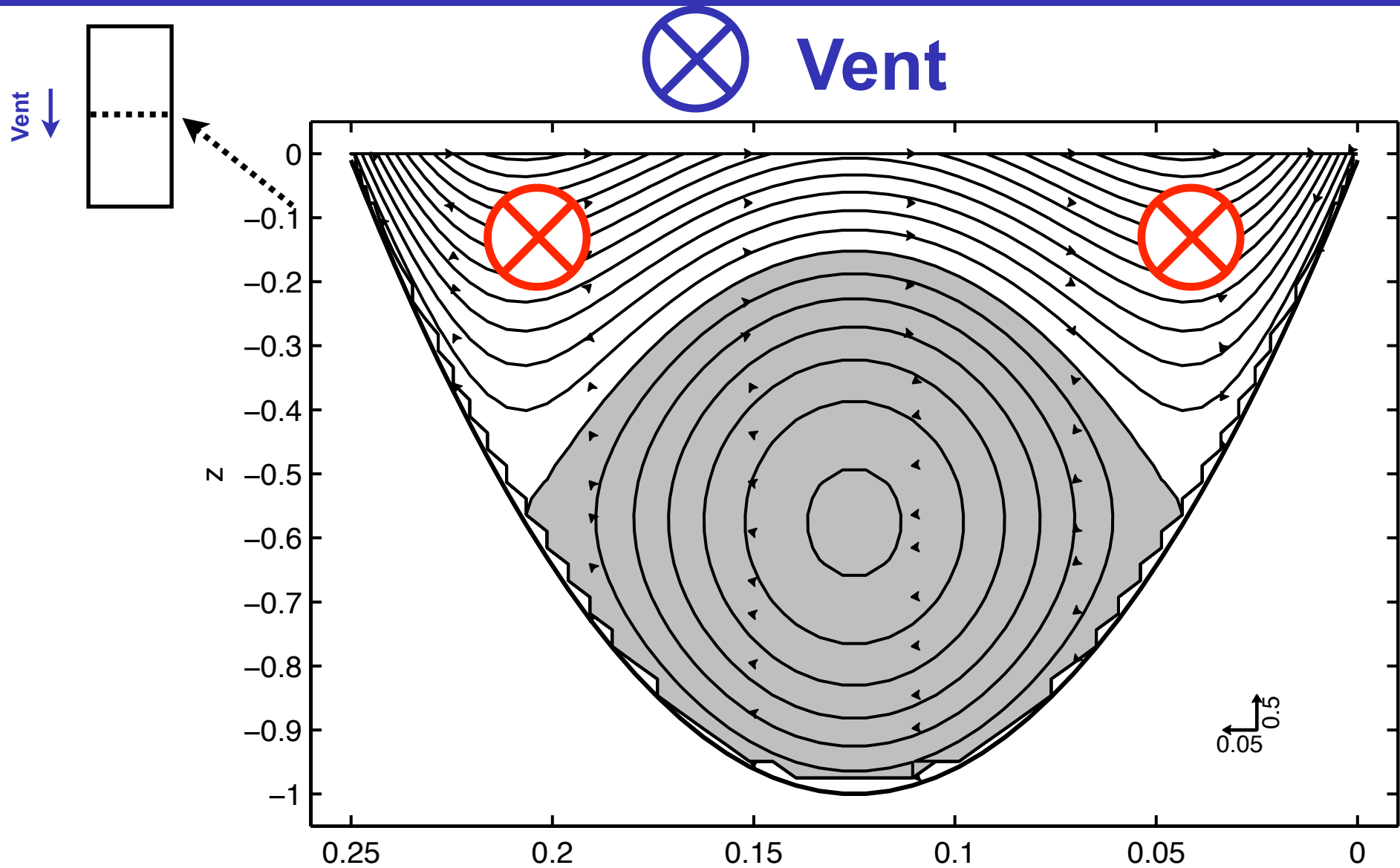


$$\tau_0 - \tau_B = \rho H \Delta \eta / L$$
$$\Delta \eta \propto \frac{\tau_0 L}{\rho g H}$$

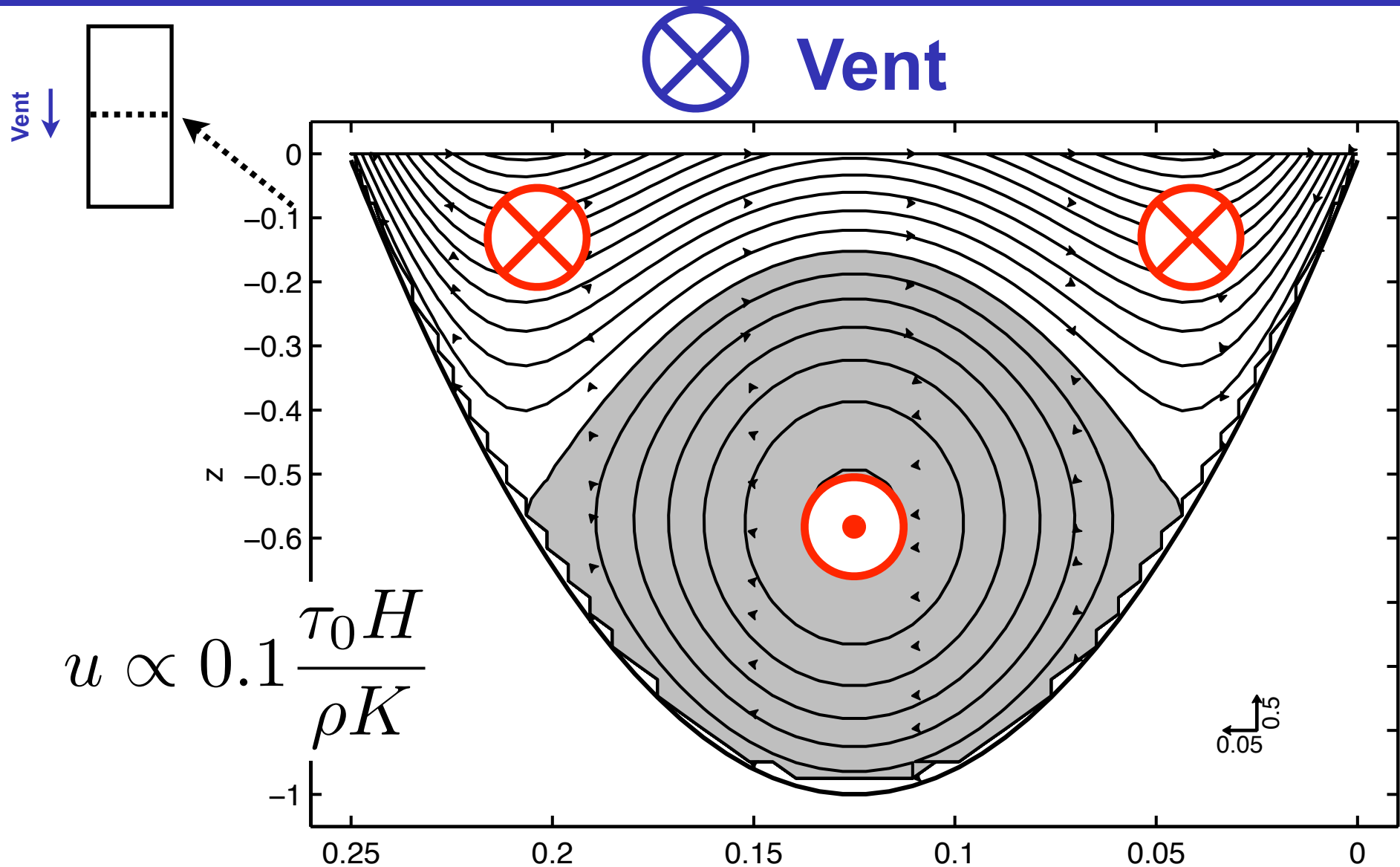
Prédiction du modèle: courants



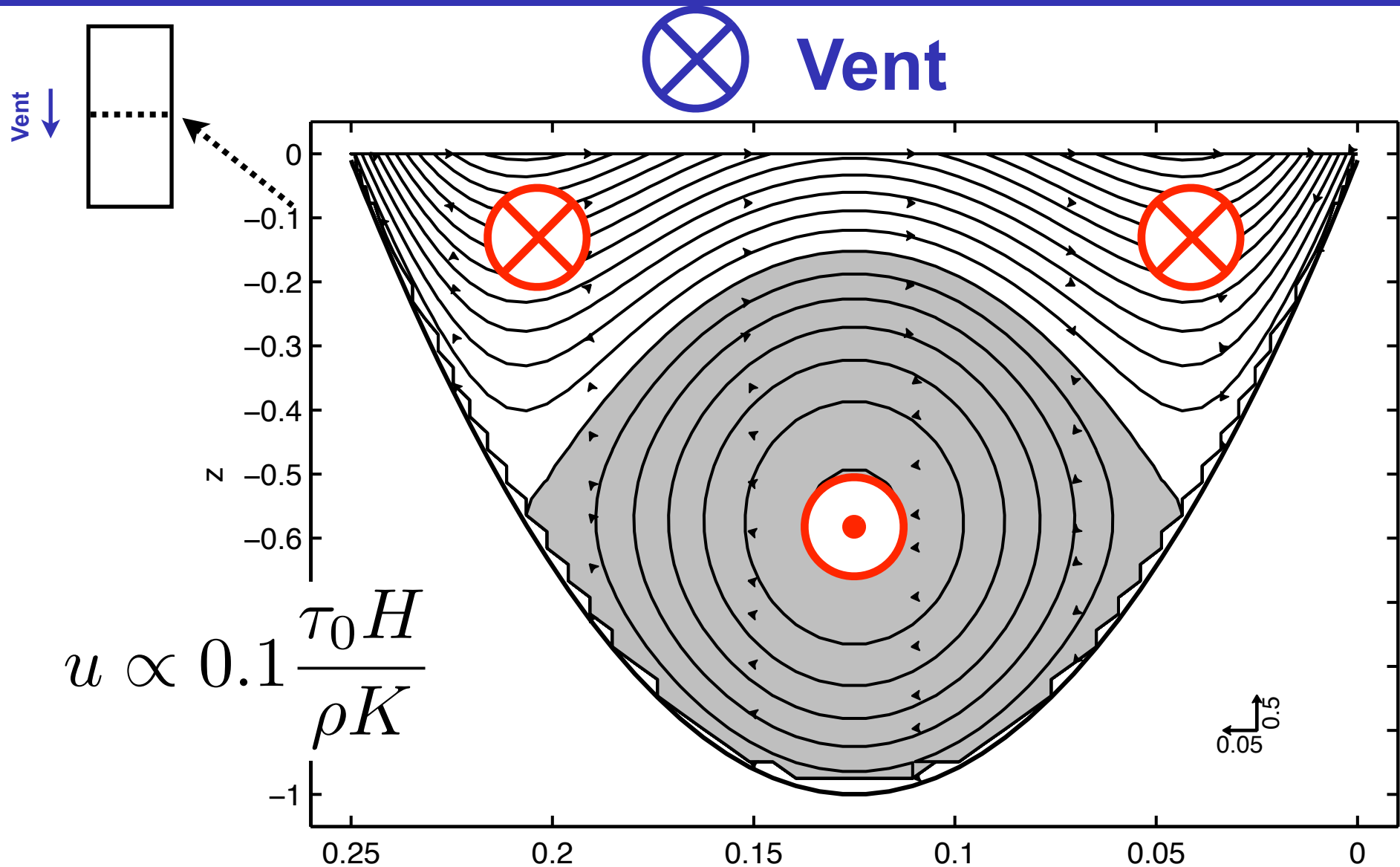
Prédiction du modèle: courants



Prédiction du modèle: courants

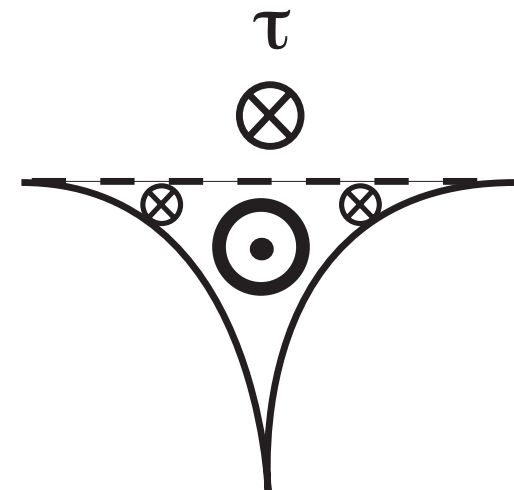
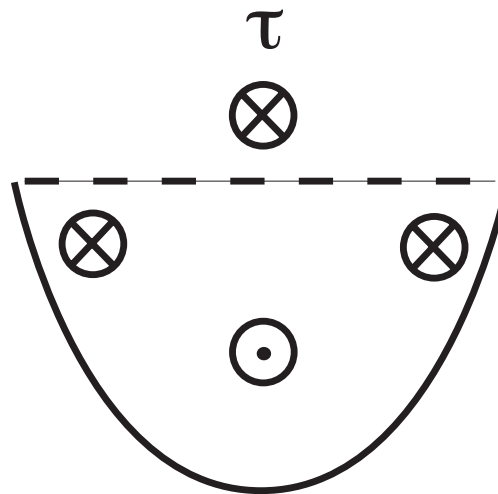
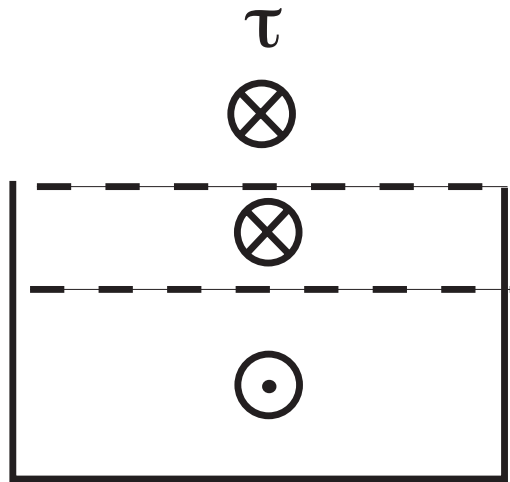


Prédiction du modèle: courants

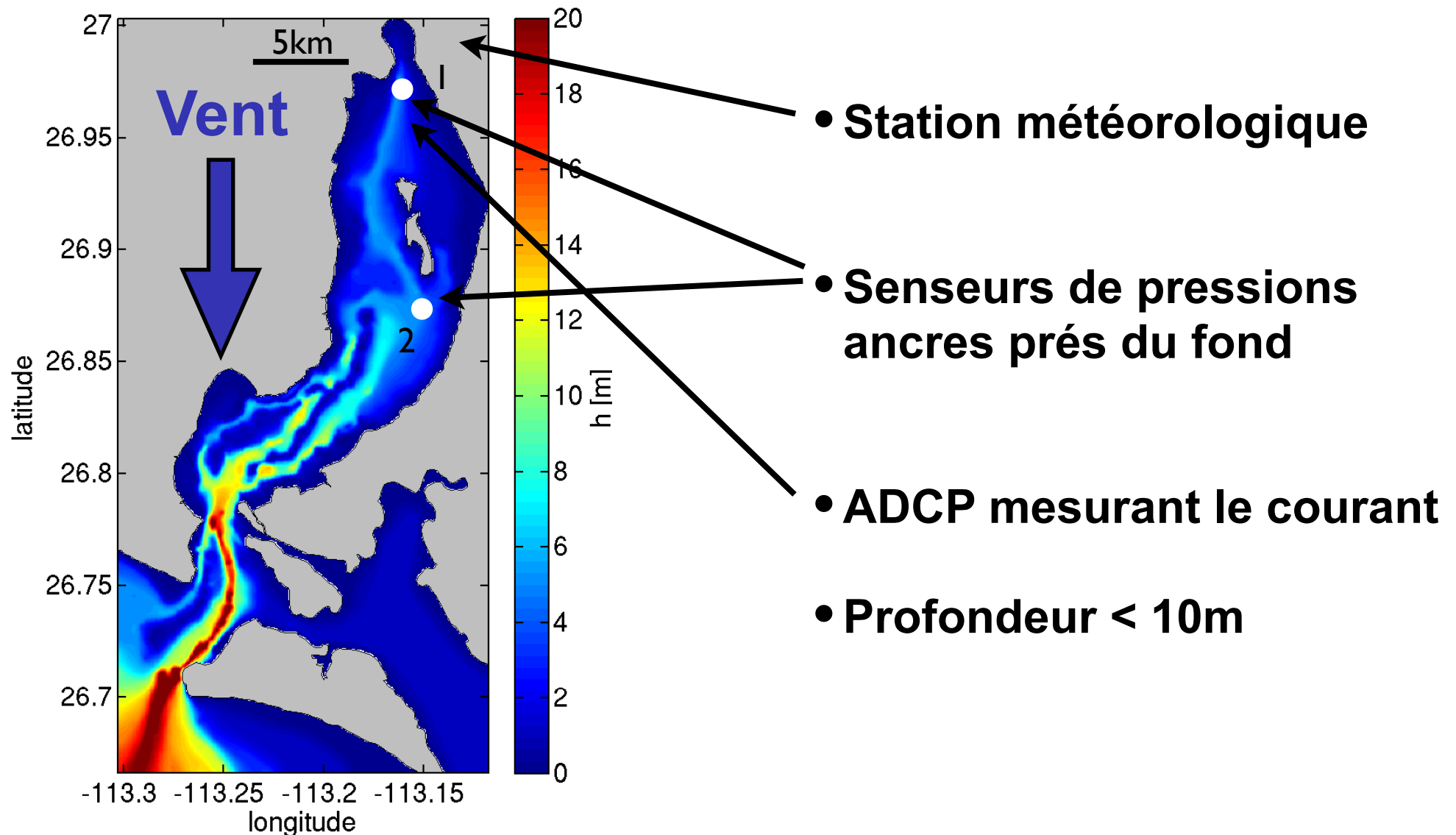


Faibles courants latéraux

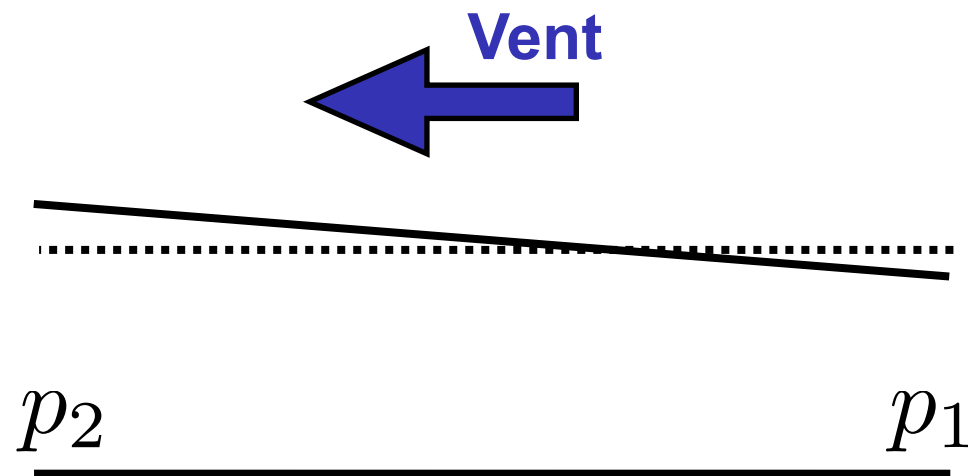
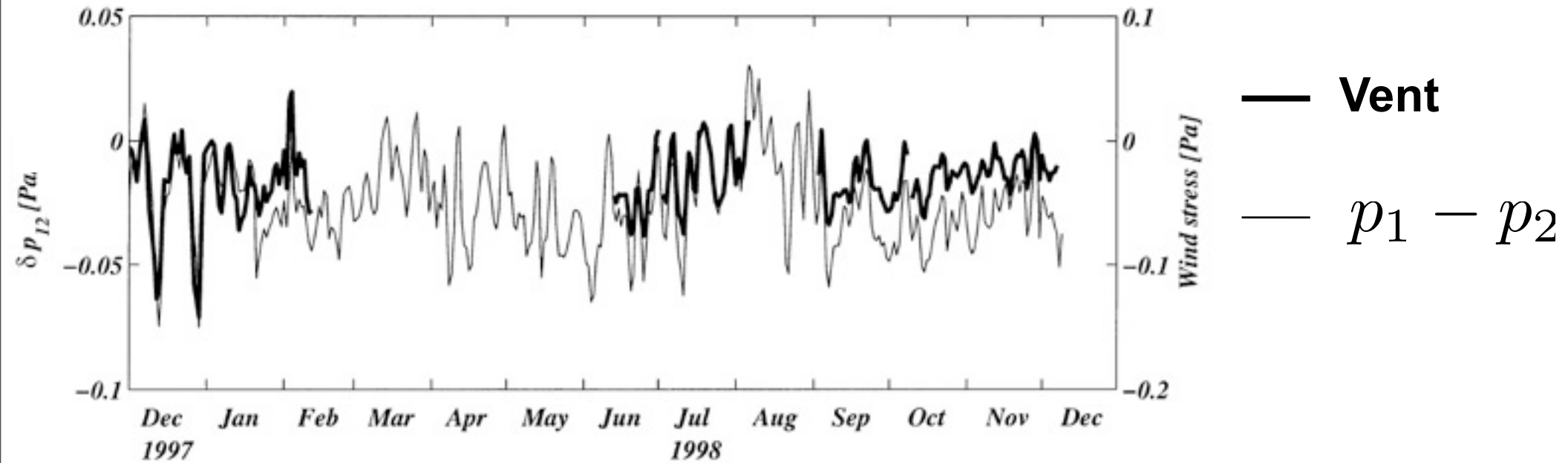
Rôle de la bathymétrie



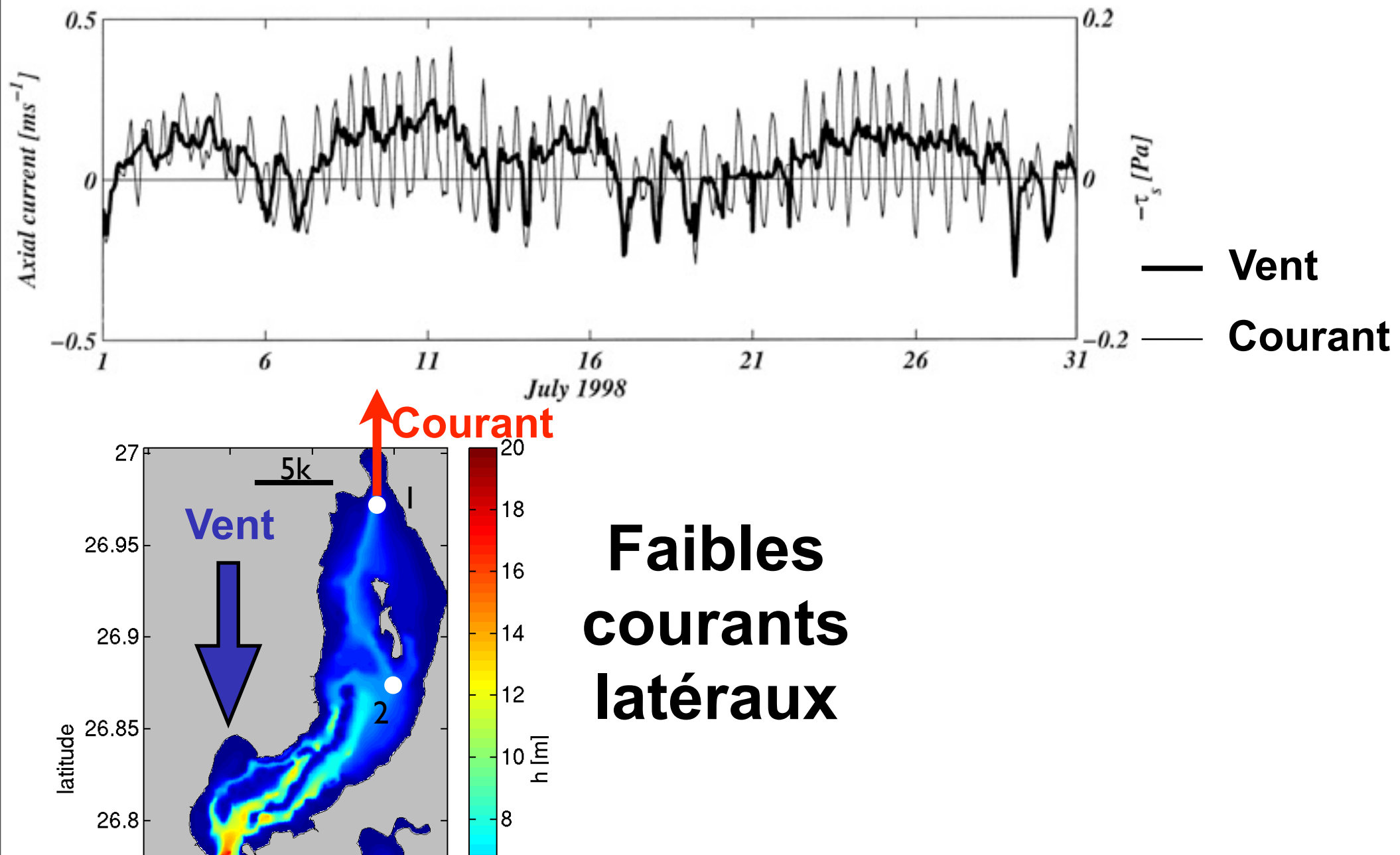
Observations: Laguna San Ignacio



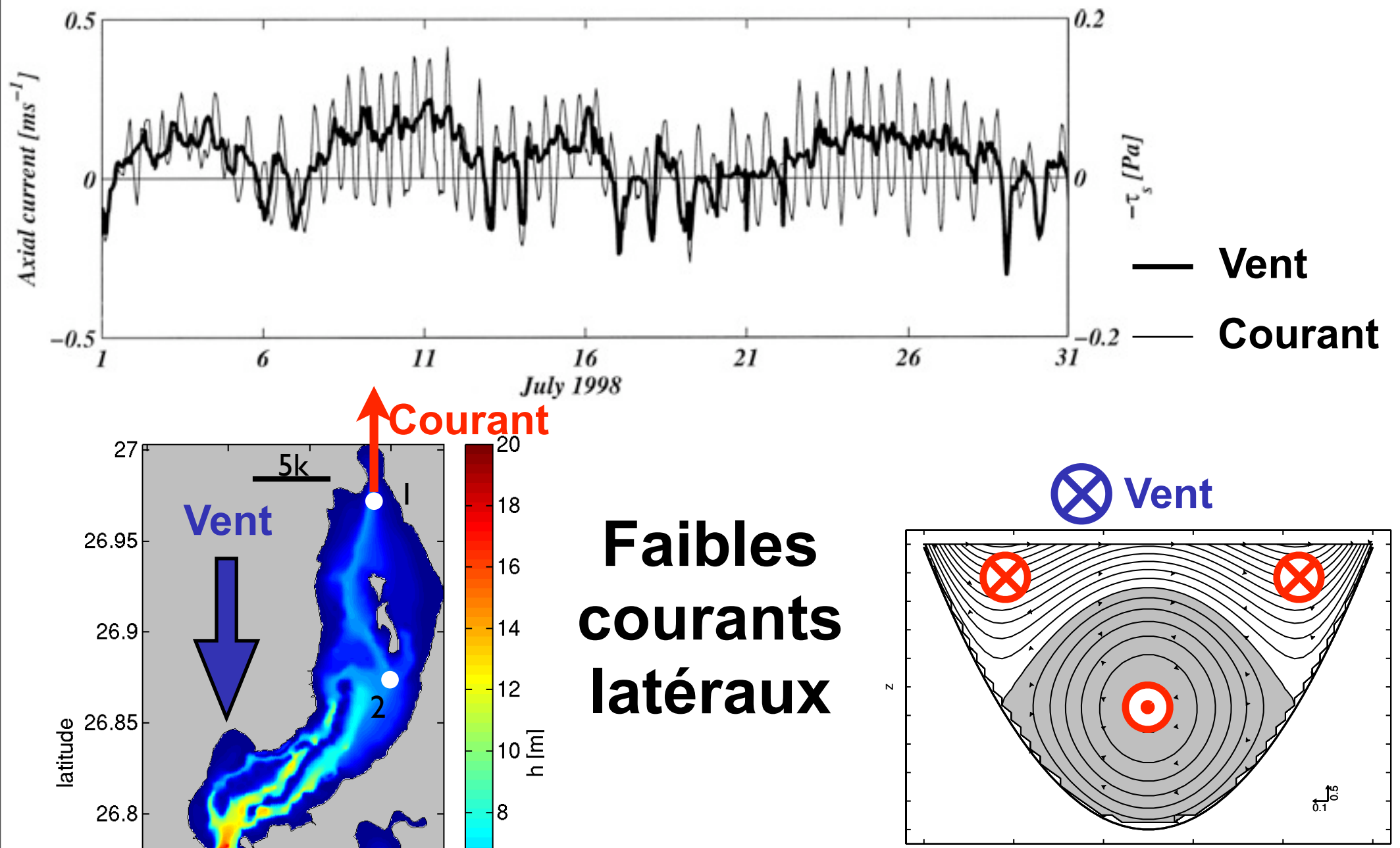
Réponse du niveau de l'eau



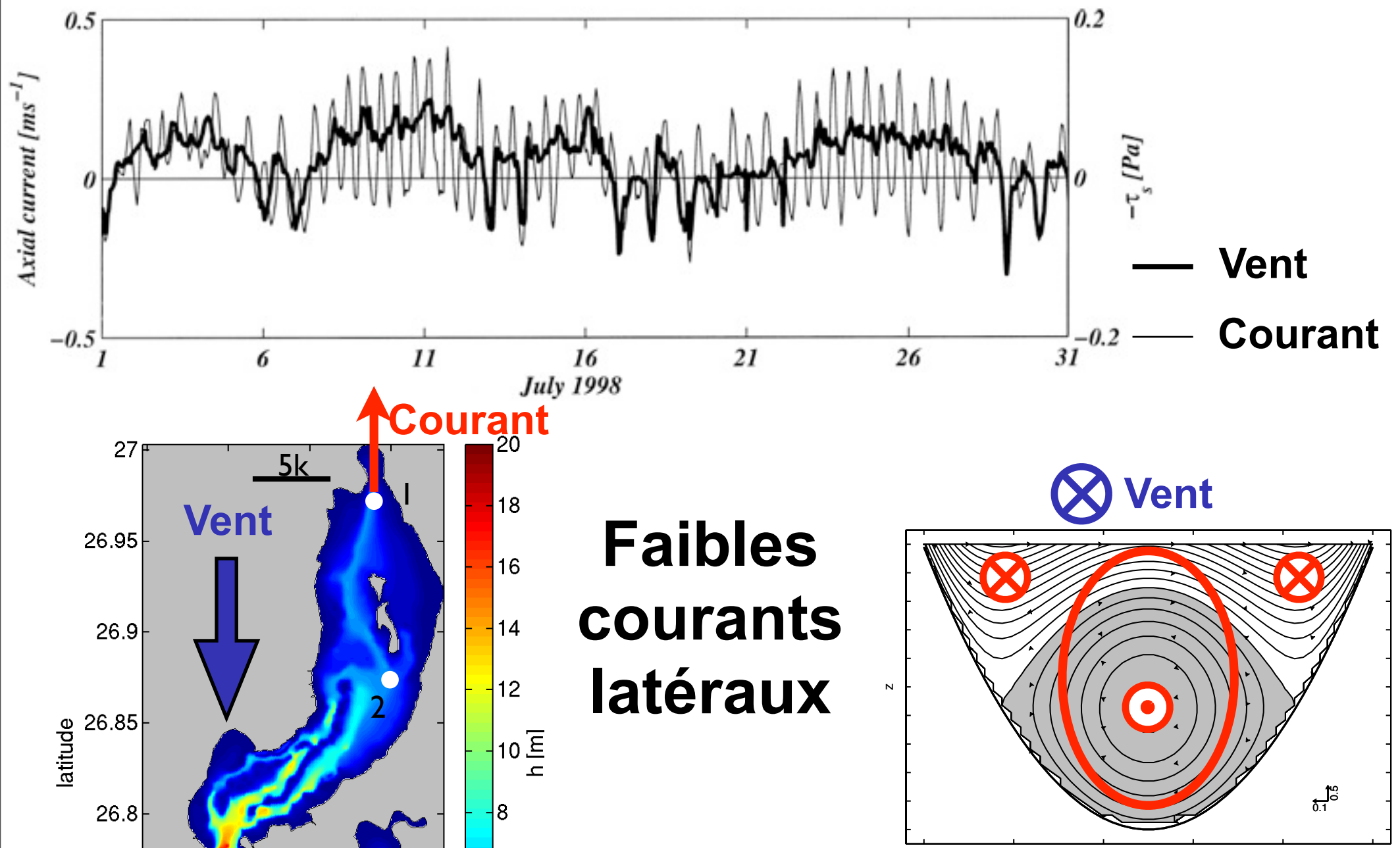
Le courant mesuré est opposé au vent



Le courant mesuré est opposé au vent



Le courant mesuré est opposé au vent



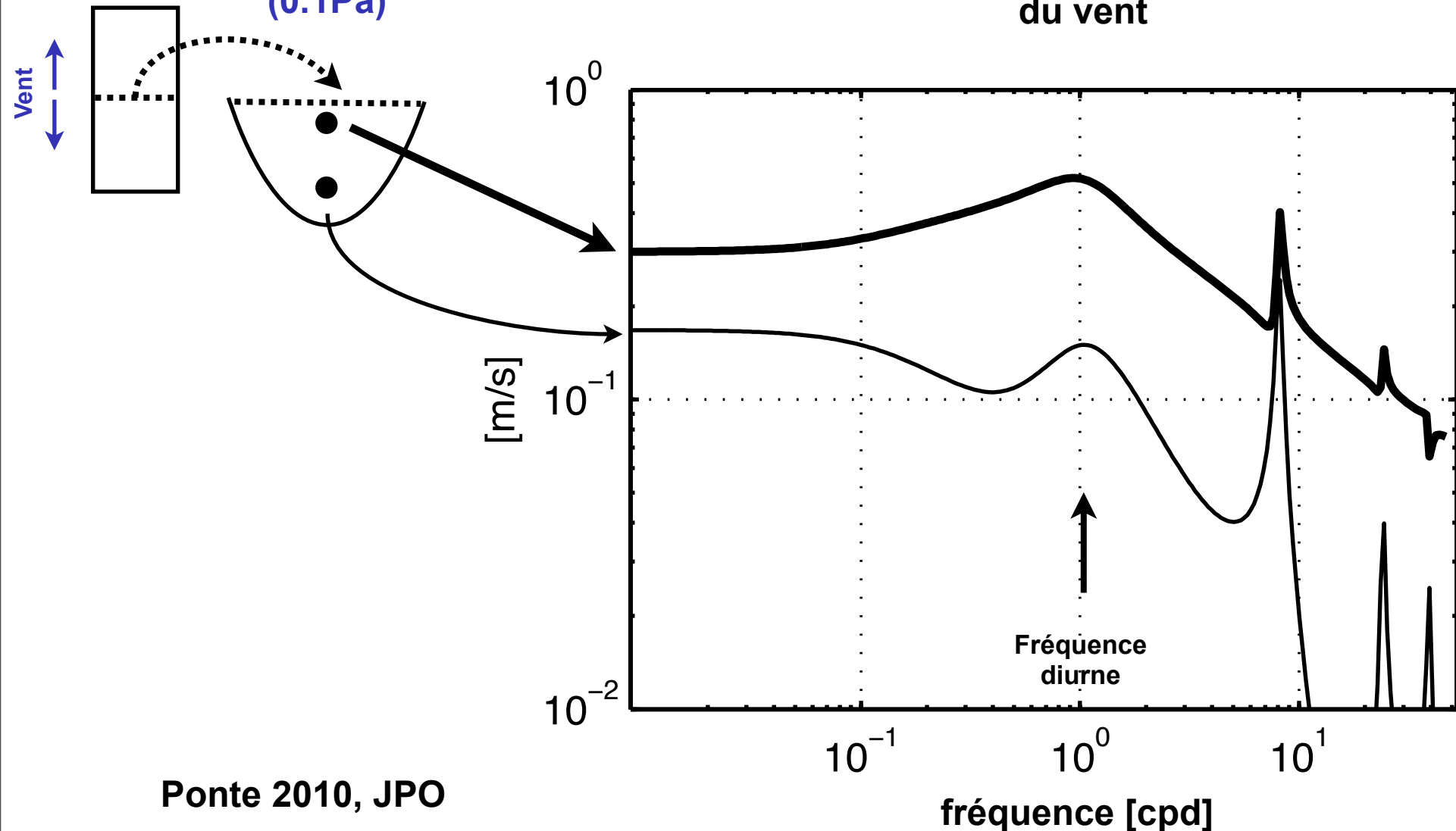
Bassin profond

$$\delta_E < 1 \qquad \delta_E = \sqrt{\frac{2K}{f^* H^{*2}}}$$

Dépendance en fréquence du courant

Vent uniforme dans l'espace
mais périodique dans le temps
(0.1Pa)

Amplitude du courant dans la direction
du vent

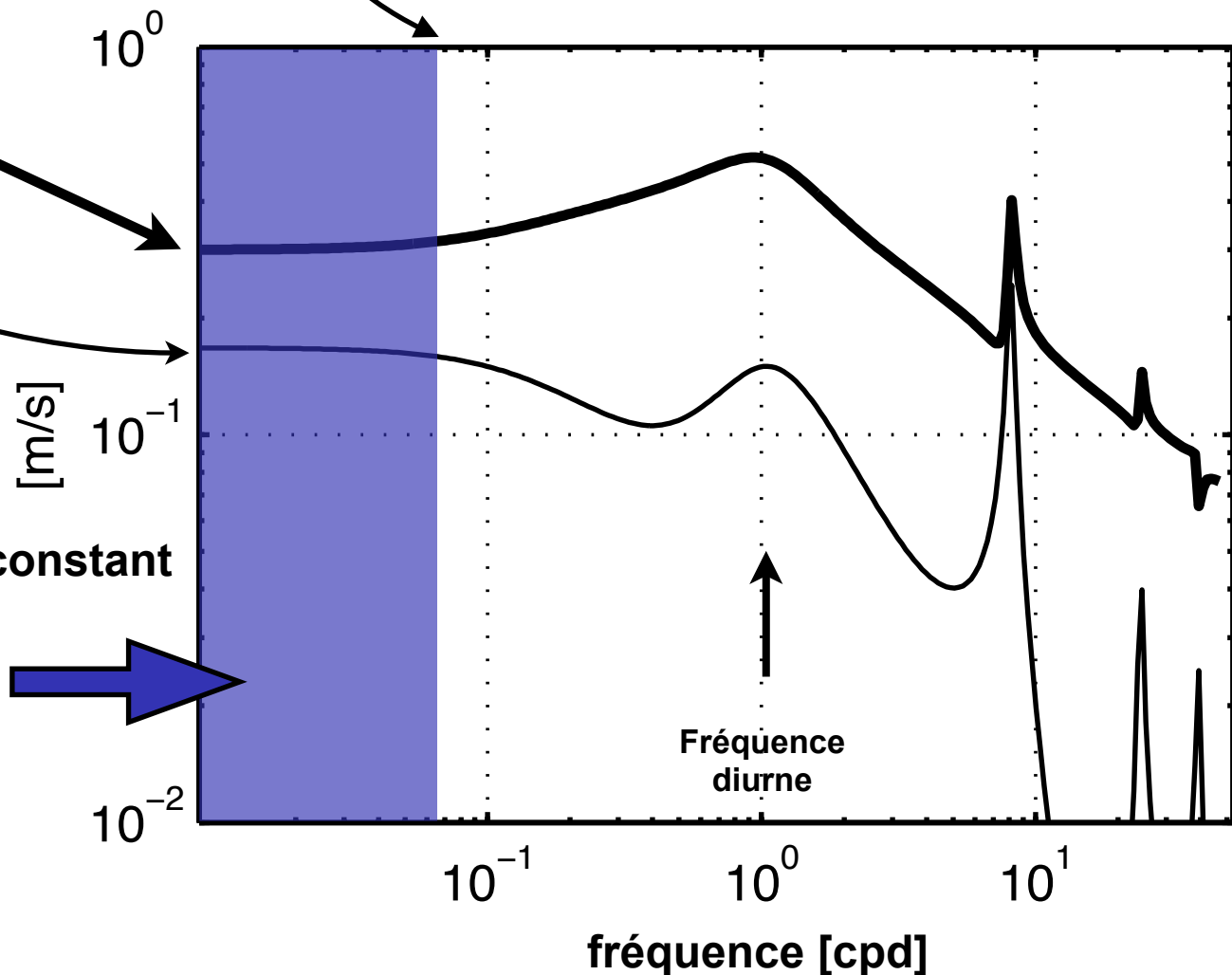


Dépendance en fréquence du courant

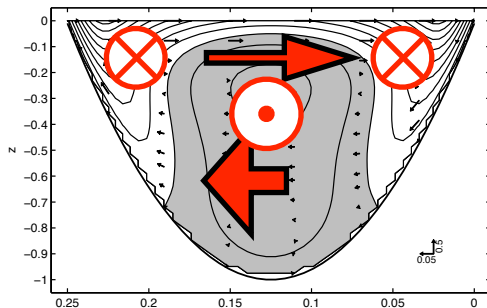
Vent uniforme dans l'espace
mais périodique dans le temps
(0.1Pa)

$$\frac{\sqrt{fK}}{H}$$

Amplitude du courant dans la direction
du vent

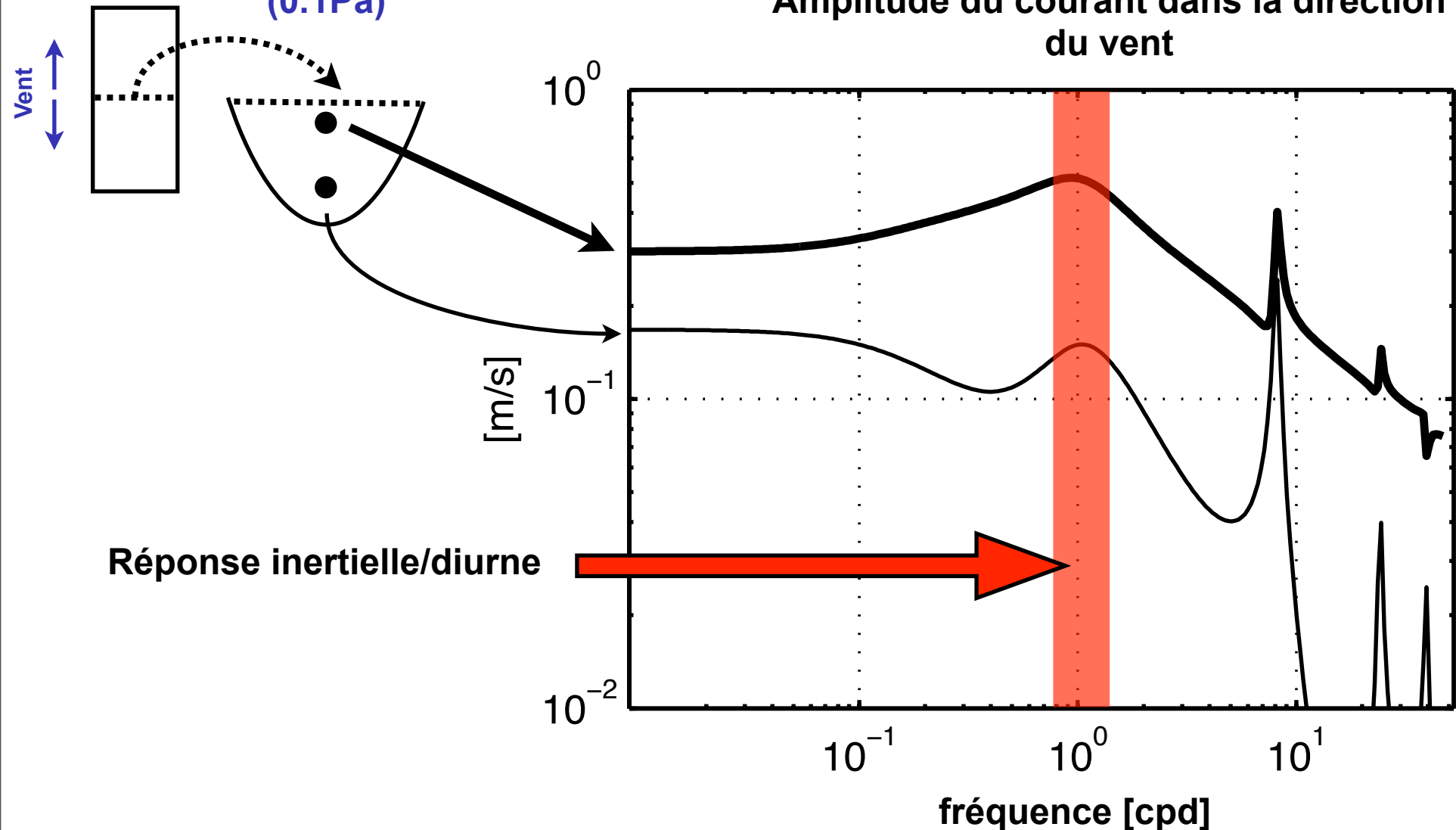


Réponse a un vent quasi-constant

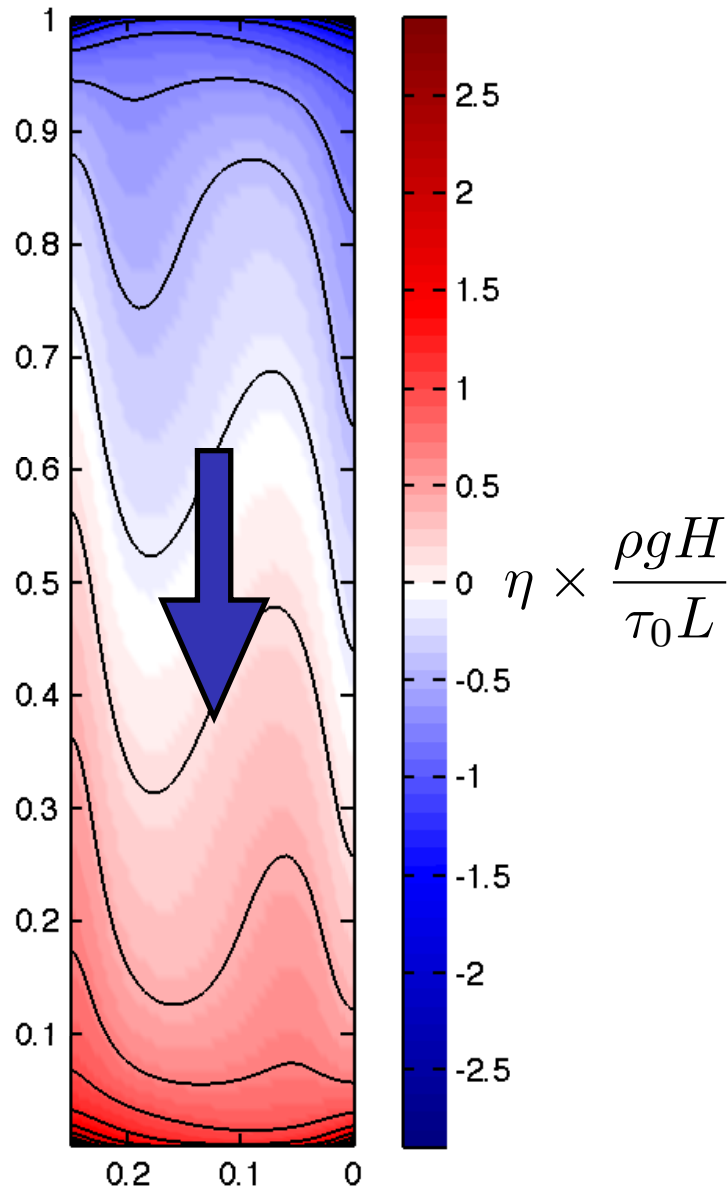


Dépendance en fréquence du courant

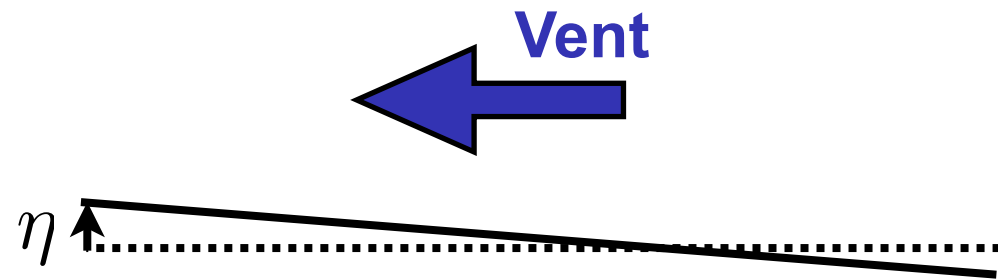
Vent uniforme dans l'espace
mais périodique dans le temps
(0.1Pa)



Prédiction du modèle: niveau d'eau



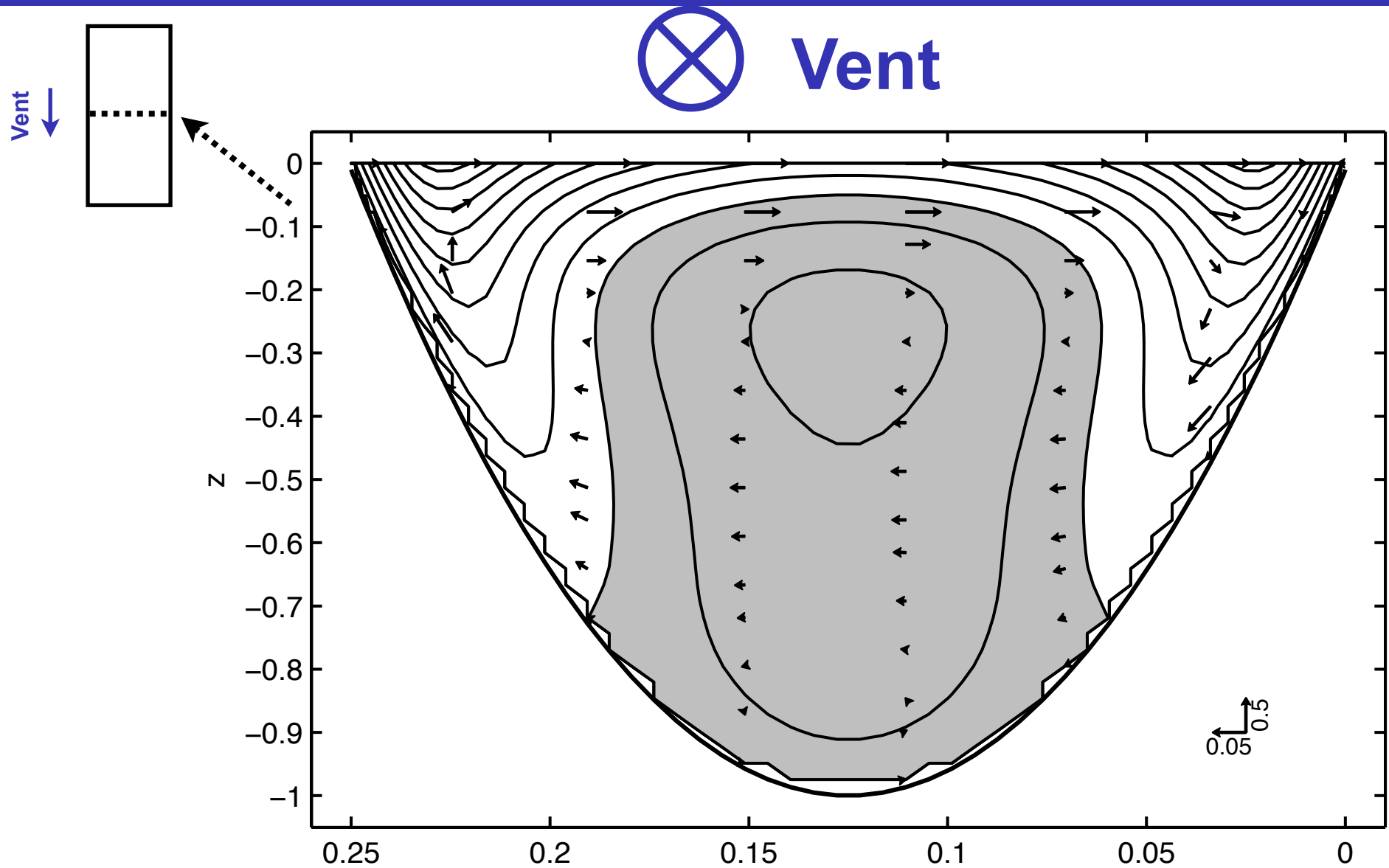
Vent: uniforme dans l'espace et constant dans le temps



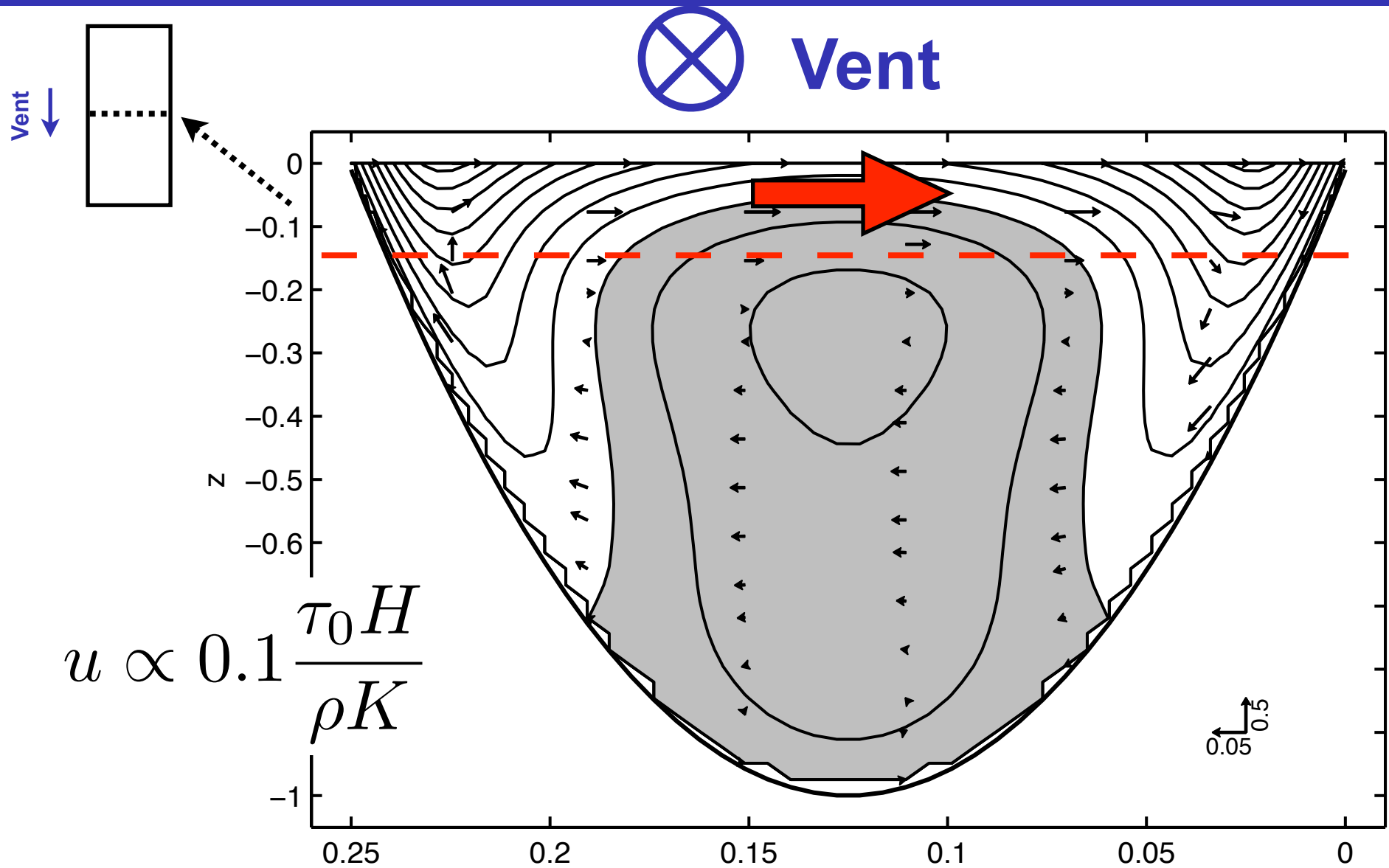
$$\eta \propto \frac{\tau_0 L}{\rho g H}$$

Gradients latéraux du niveau d'eau

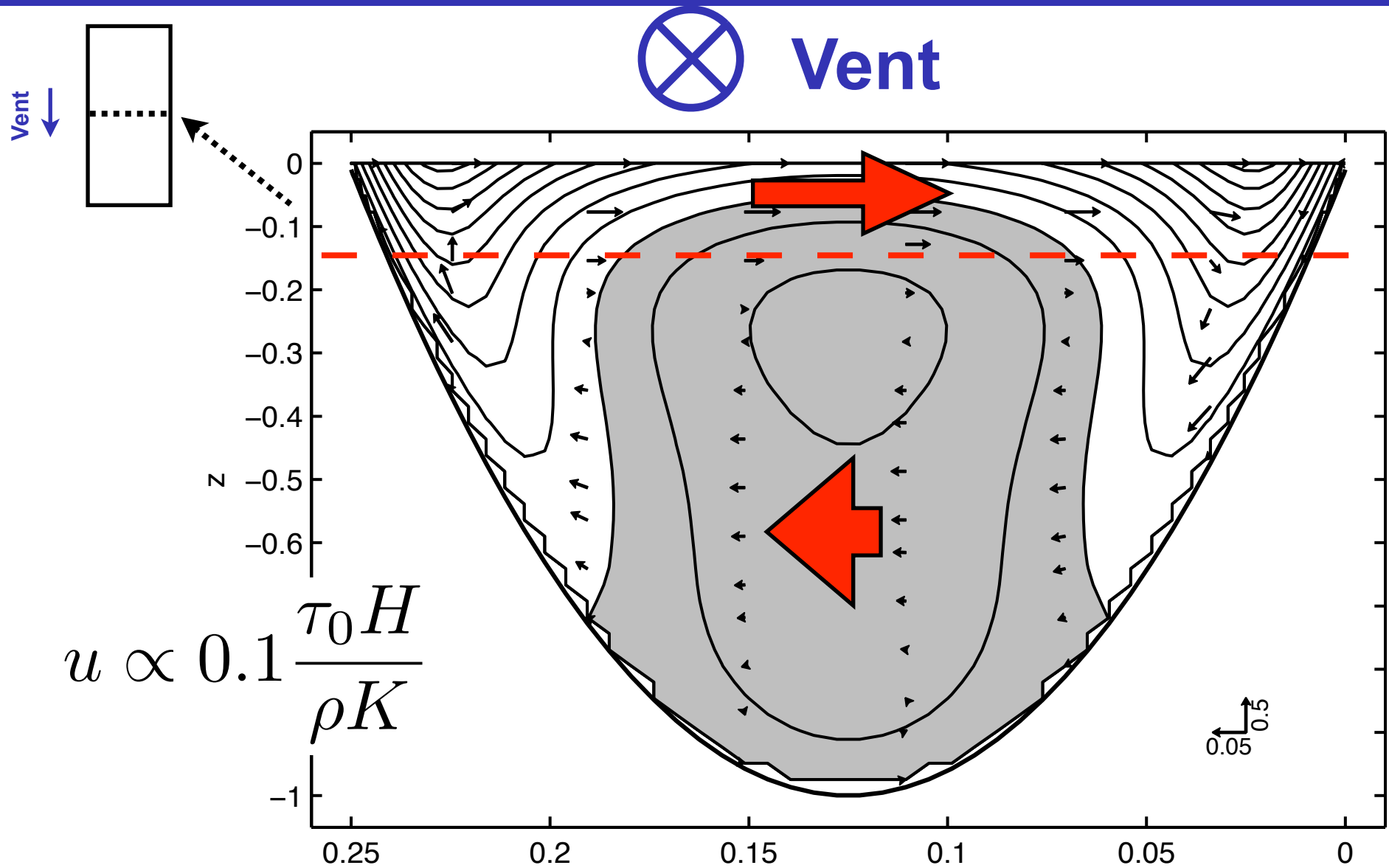
Prédiction du modèle: courants



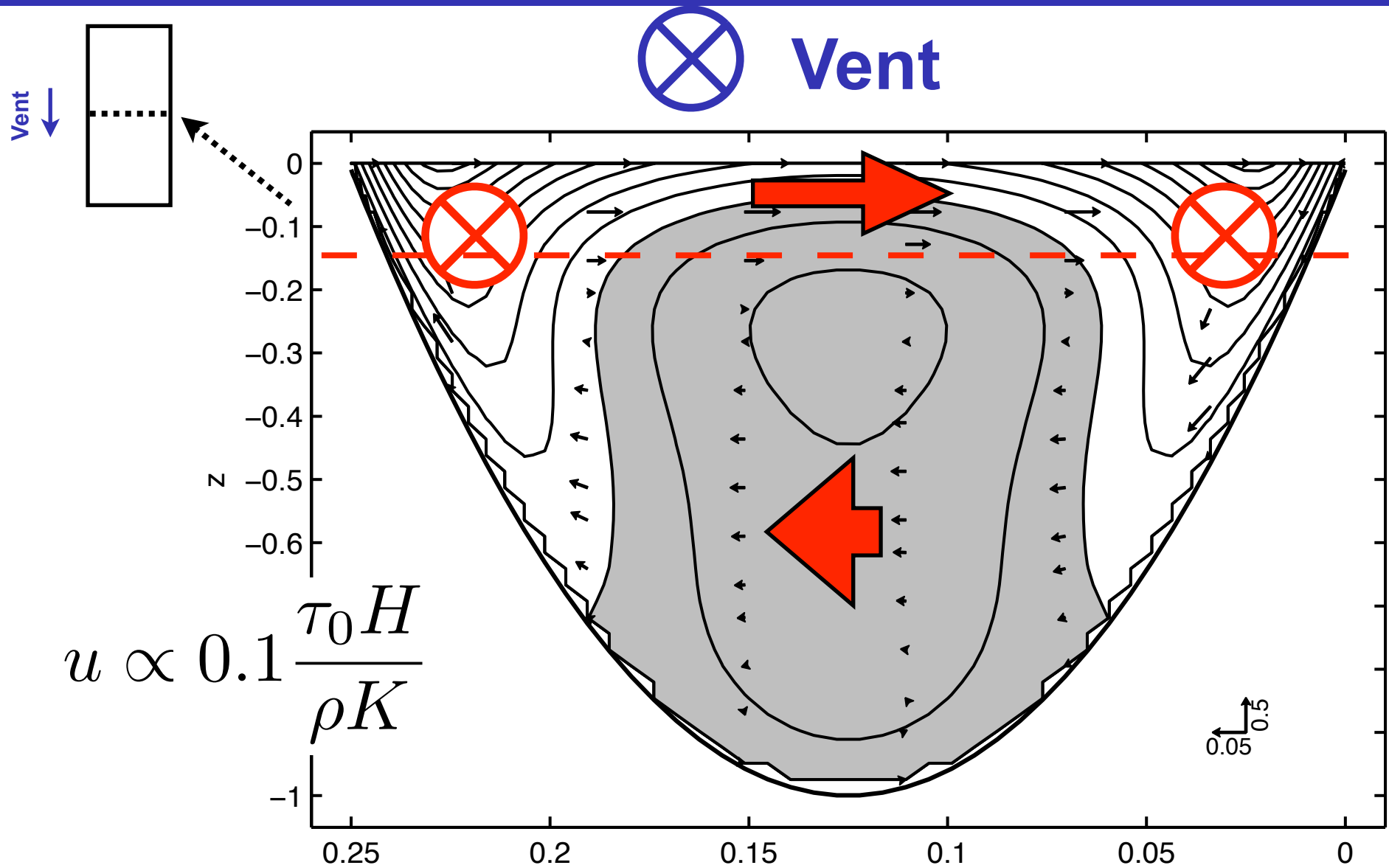
Prédiction du modèle: courants



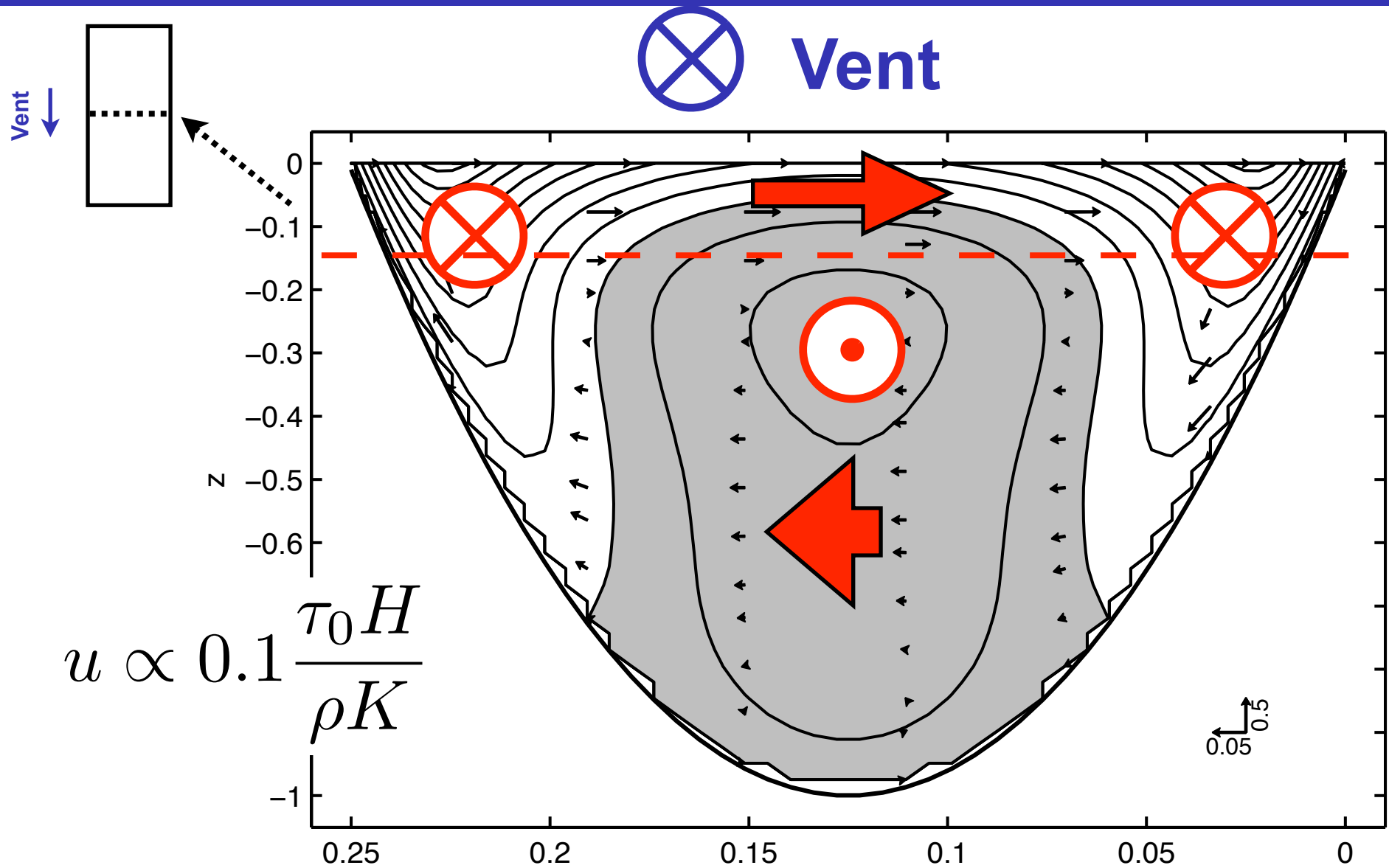
Prédiction du modèle: courants



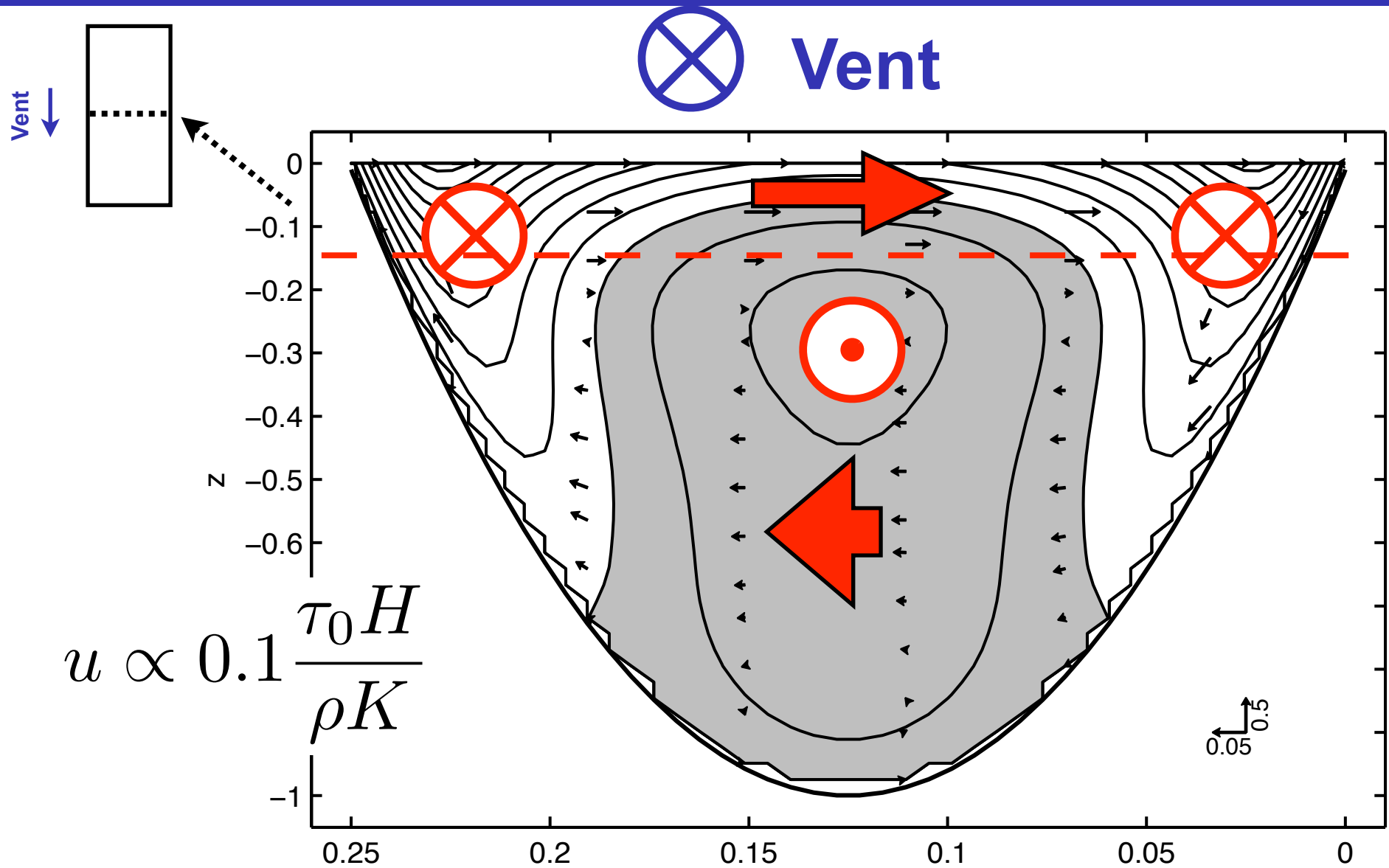
Prédiction du modèle: courants



Prédiction du modèle: courants

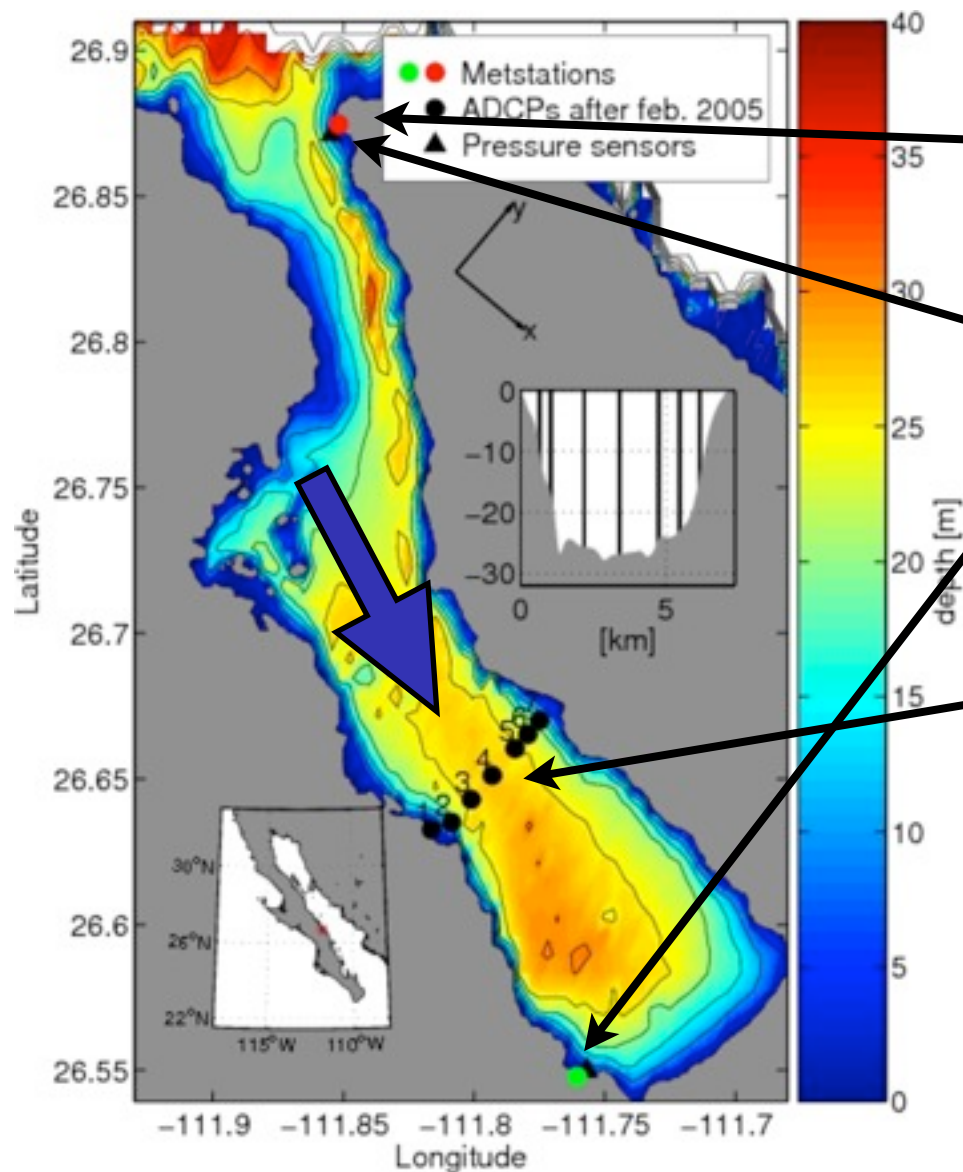


Prédiction du modèle: courants



Dynamique dramatiquement différente !

Bahía Concepción: instrumentation

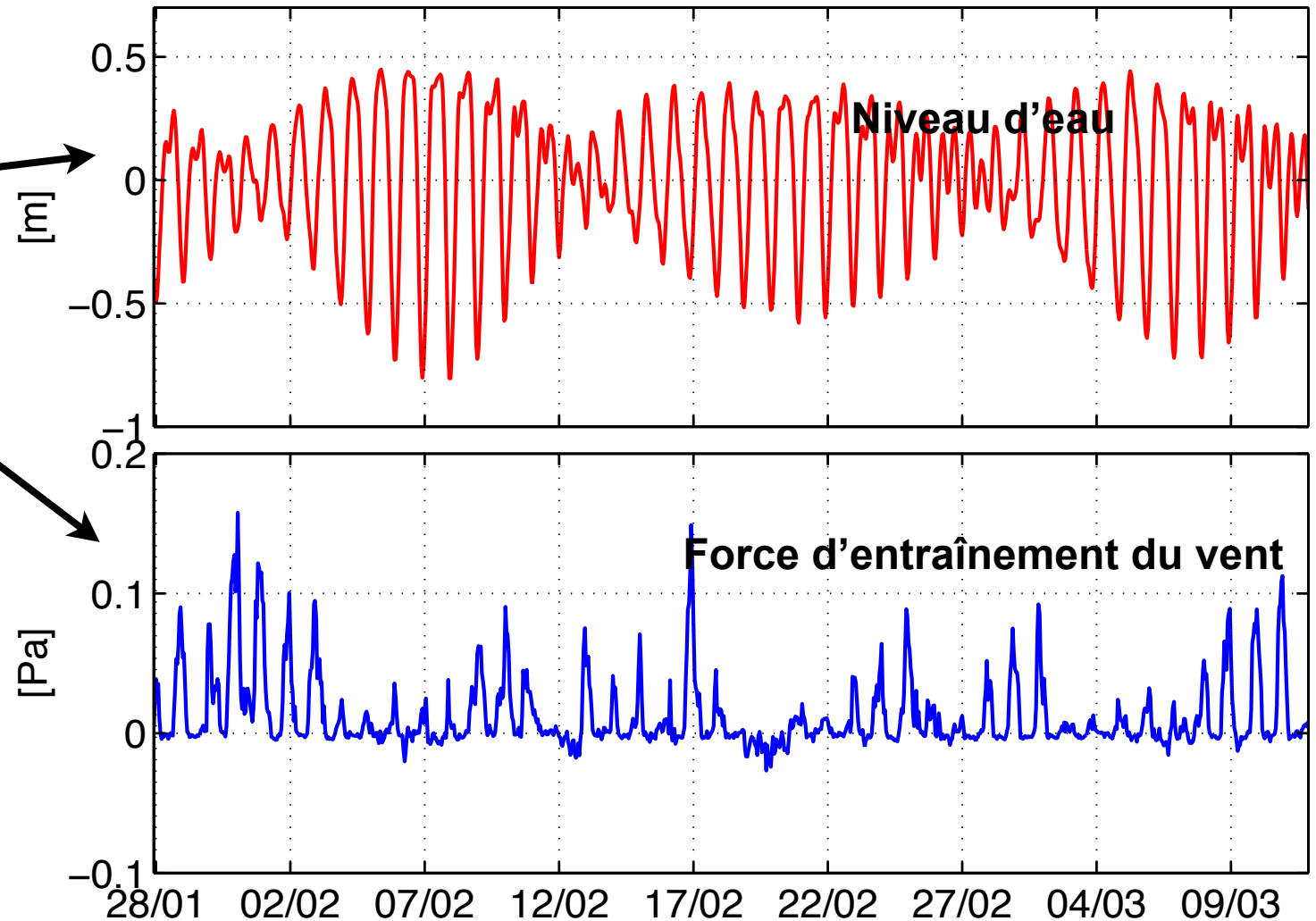
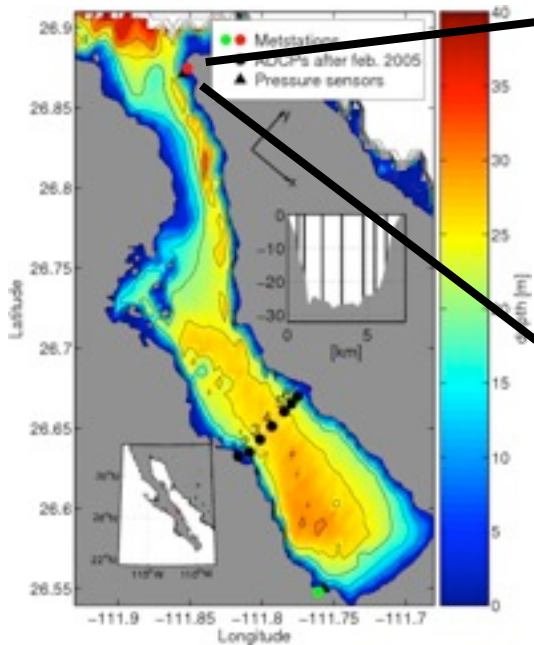


- Station météorologique
- Senseurs de pression ancrés près du fond
- ADCP mesurant le courant
- Profondeur < 30m

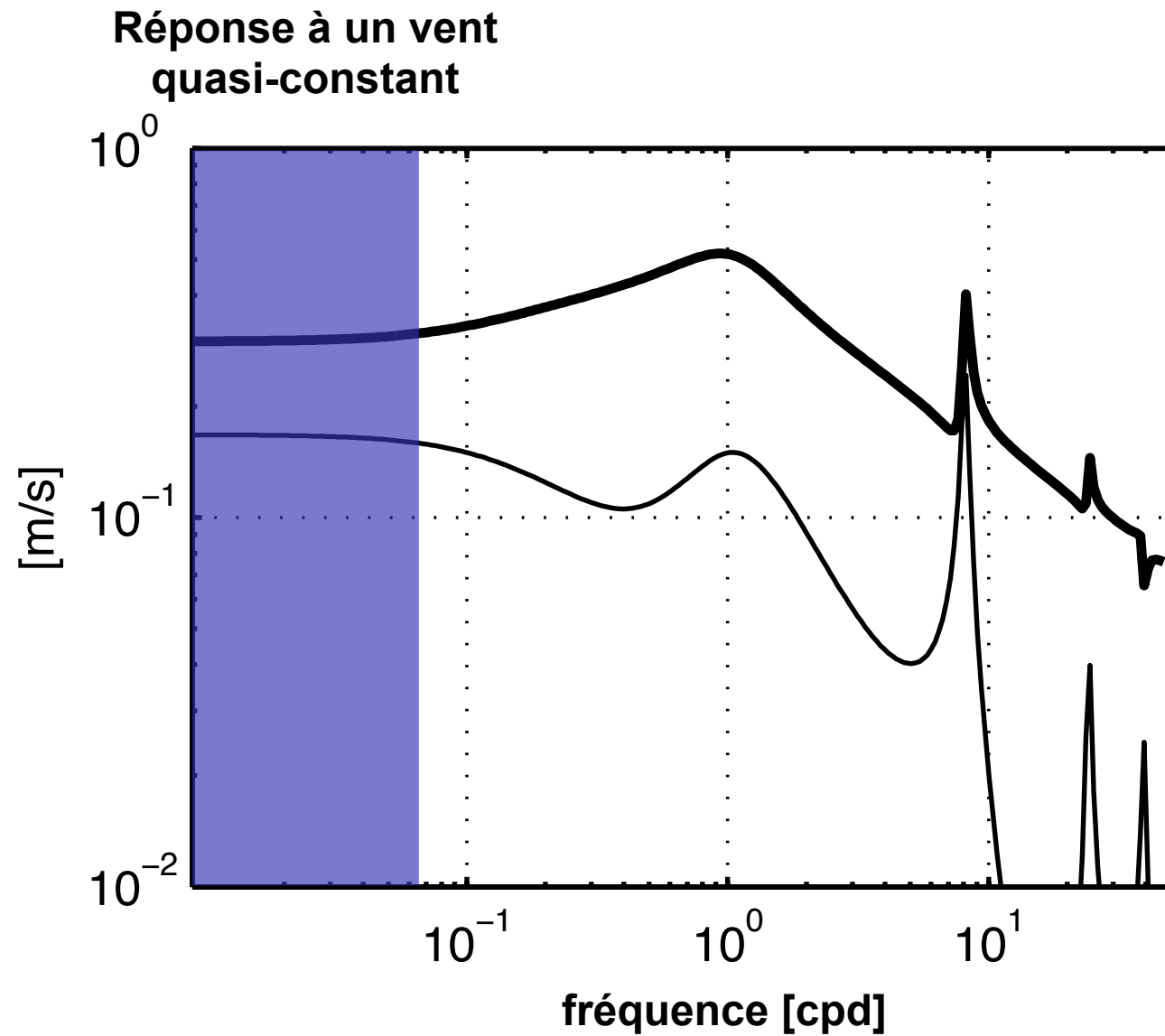
(Submitted to JPO)

Aperçu des forçages

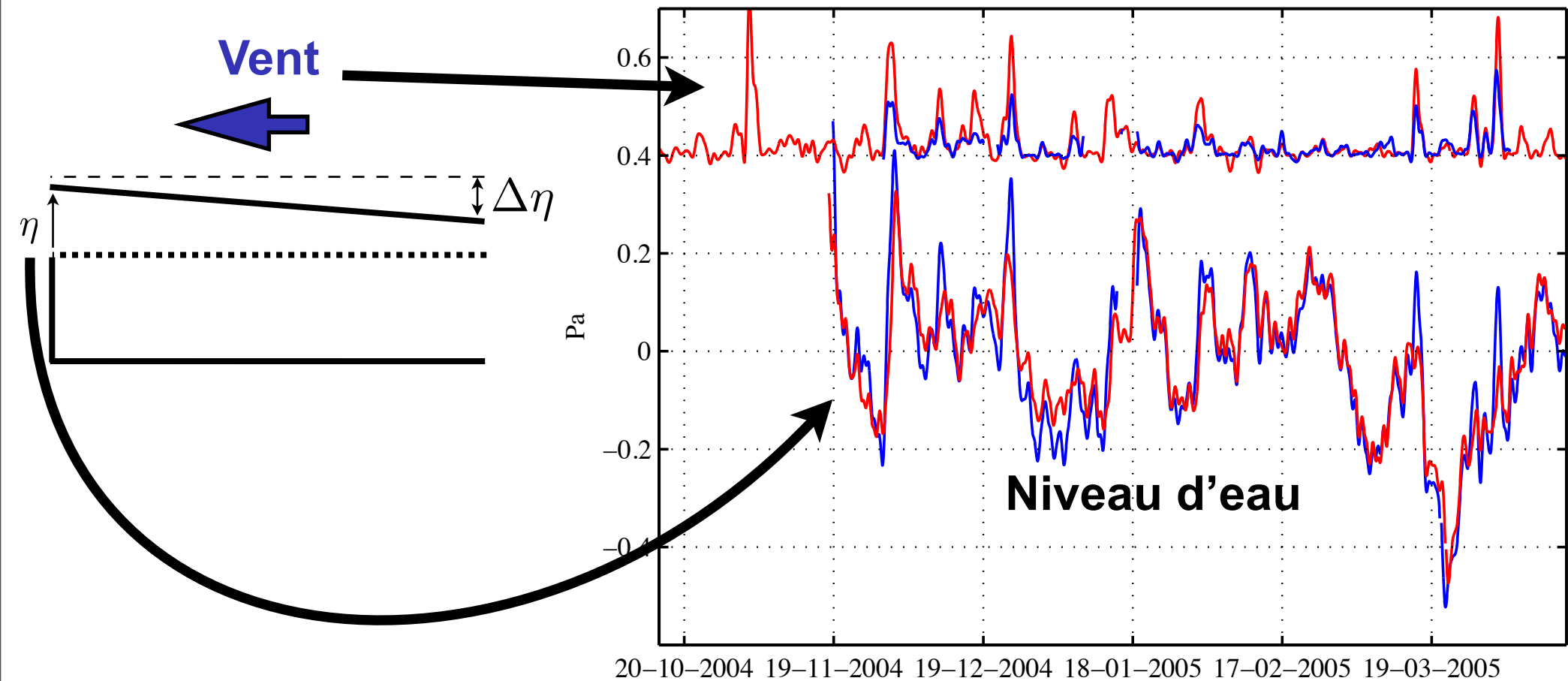
Forcings for 27/01/2005 to 11/03/2005



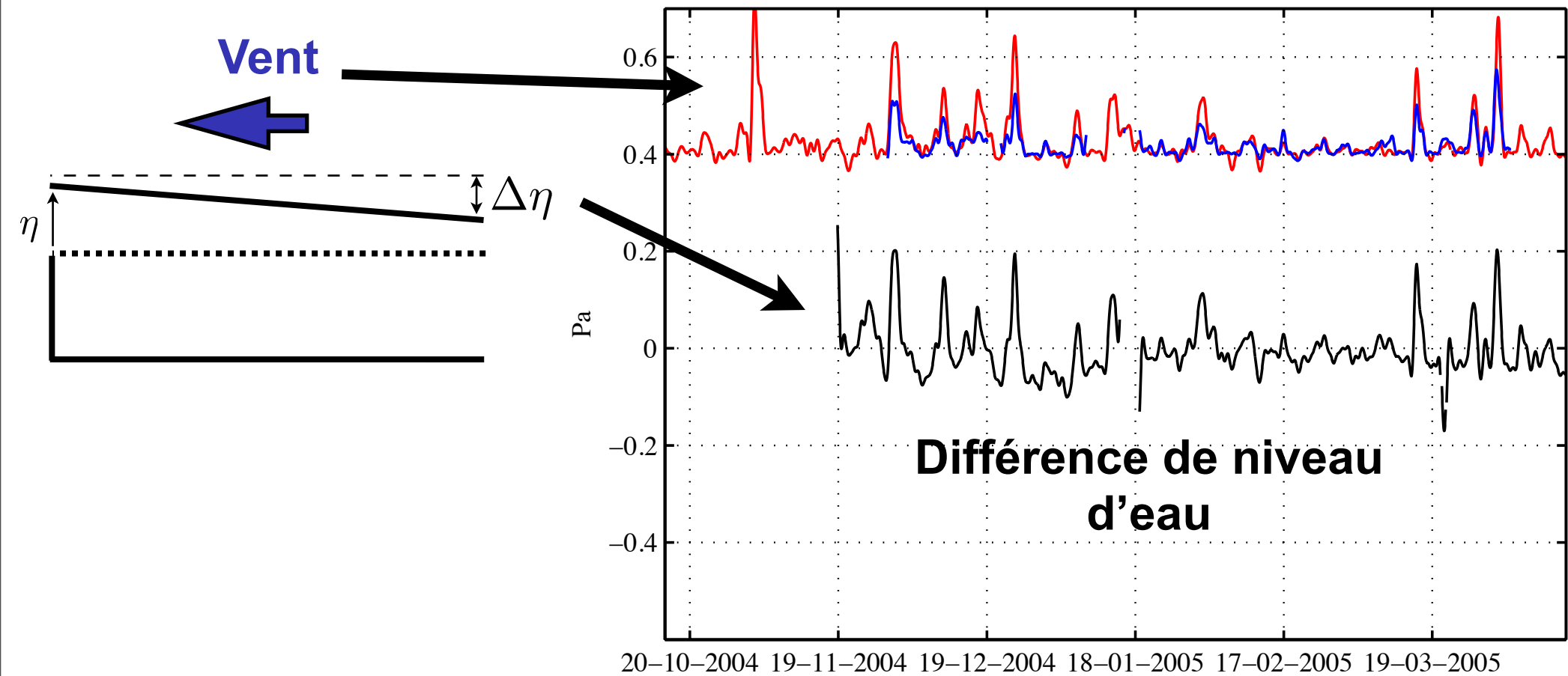
Filtrage basse fréquence



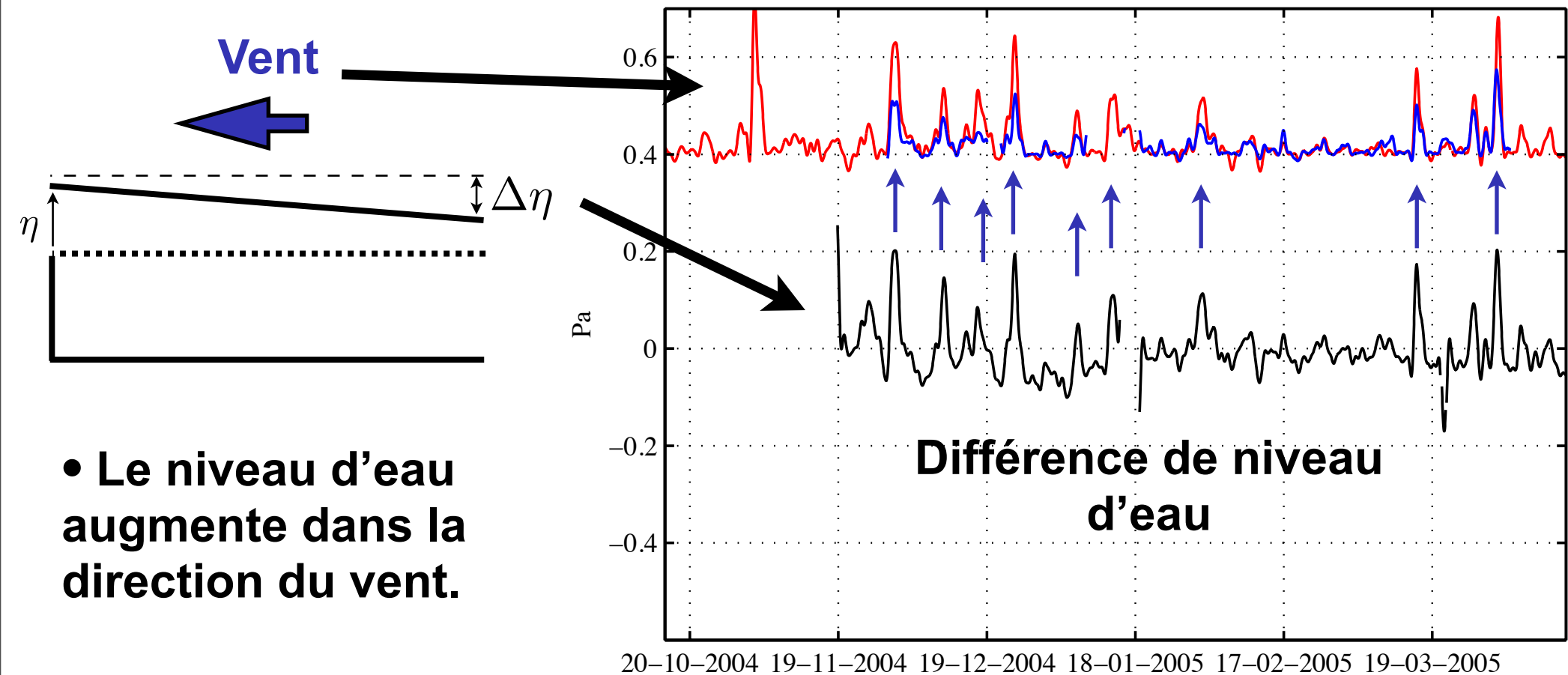
Réponse du niveau de l'eau



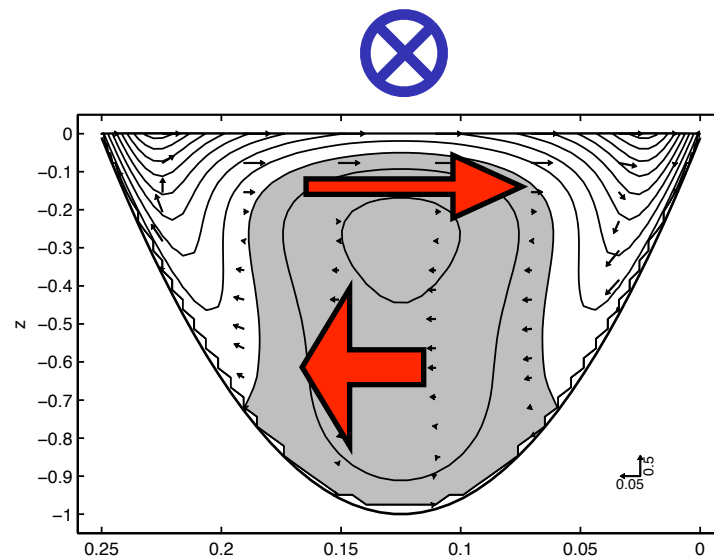
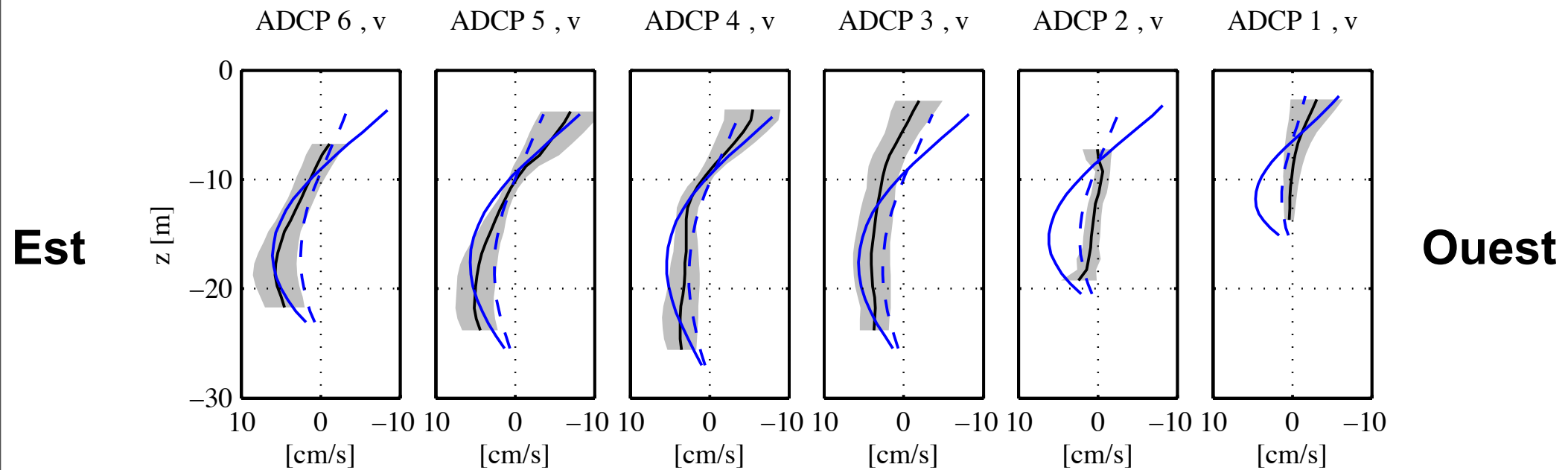
Réponse du niveau de l'eau



Réponse du niveau de l'eau



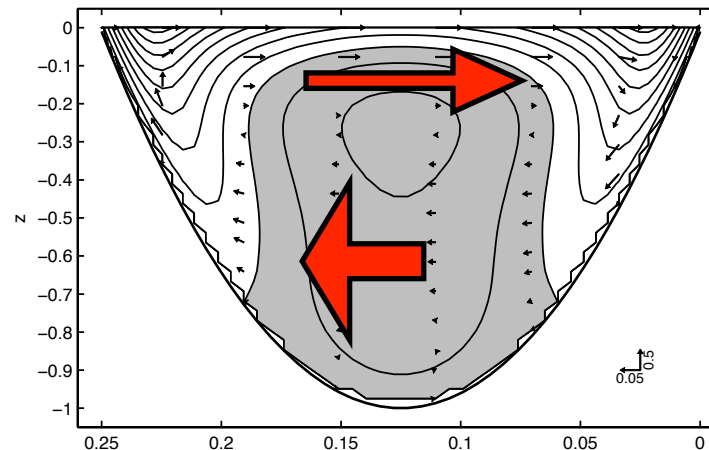
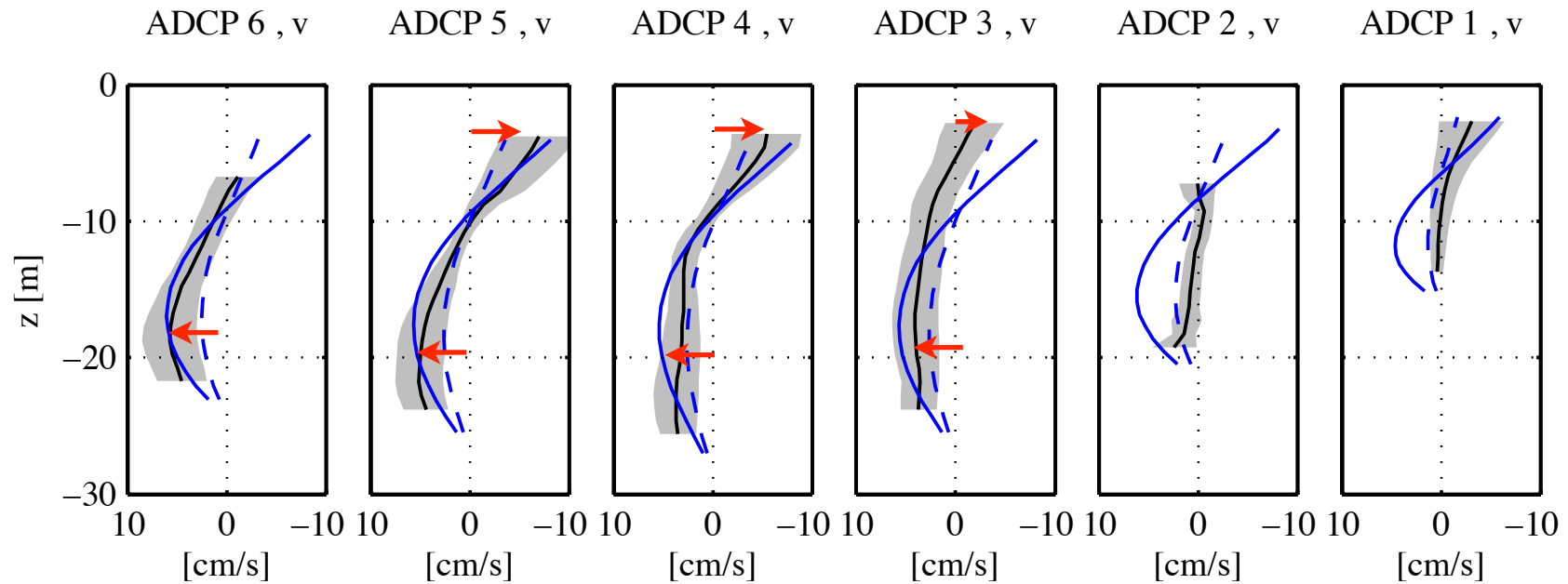
Courants latéraux



Courants latéraux

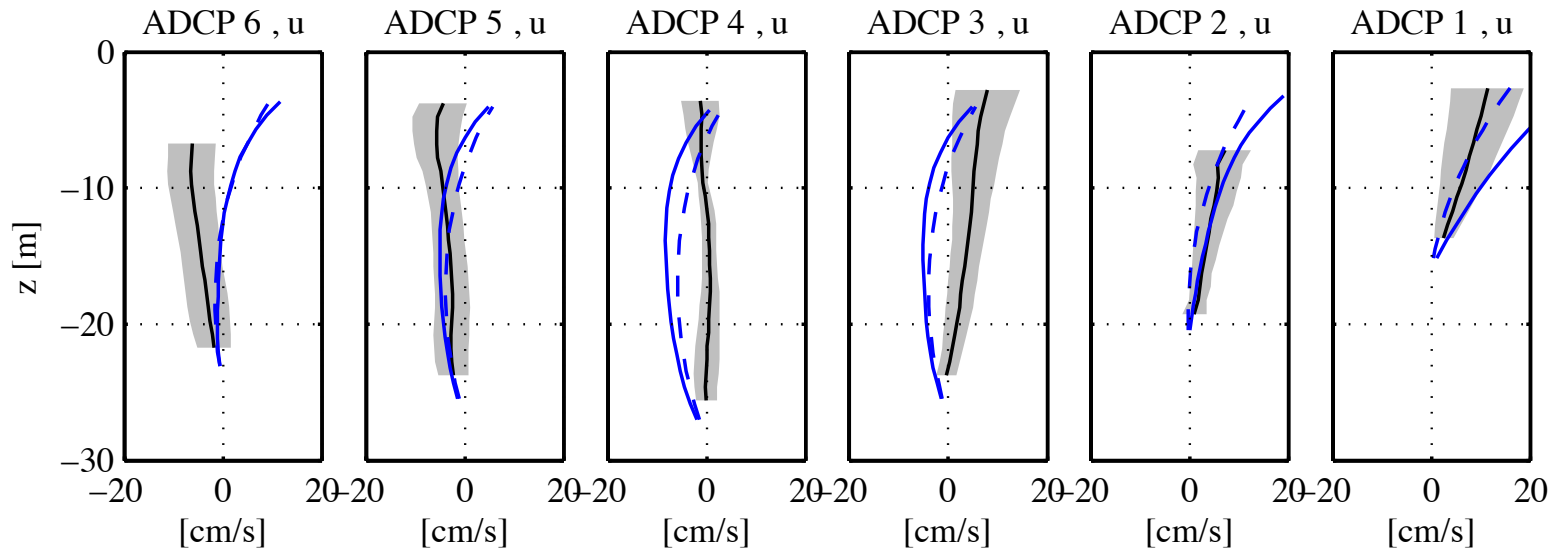
Est

Ouest

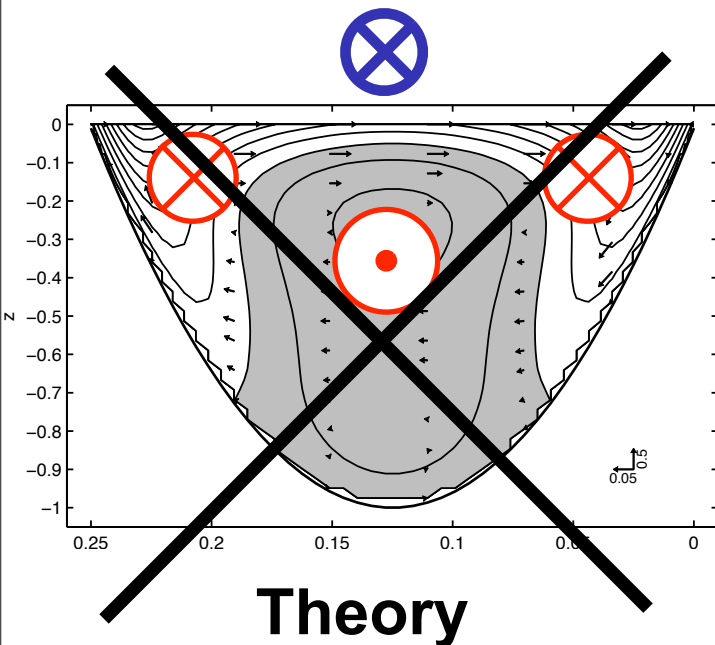


Courants axiaux

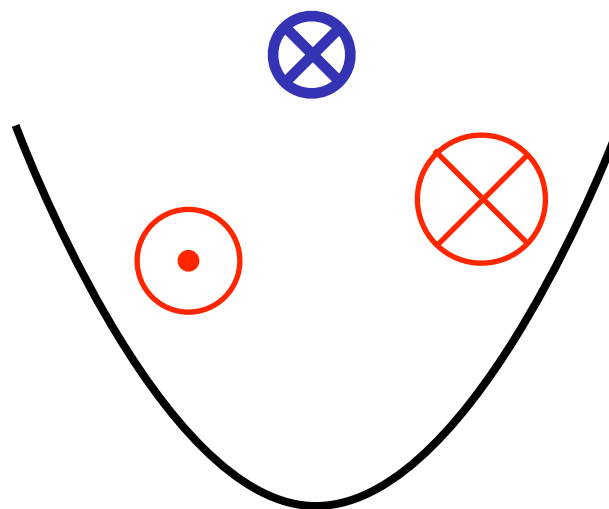
Est



Ouest



Theory

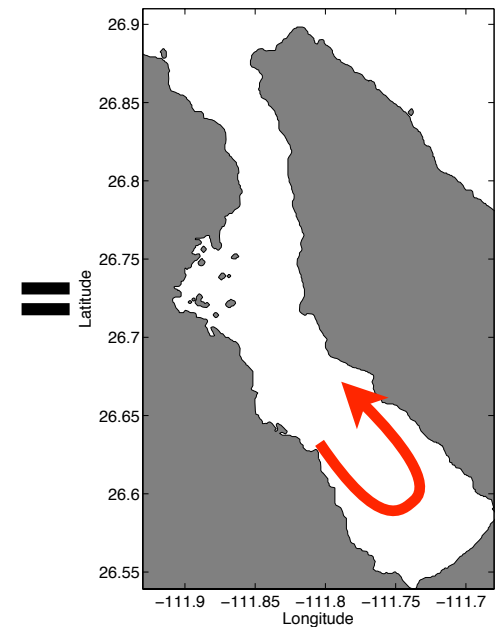
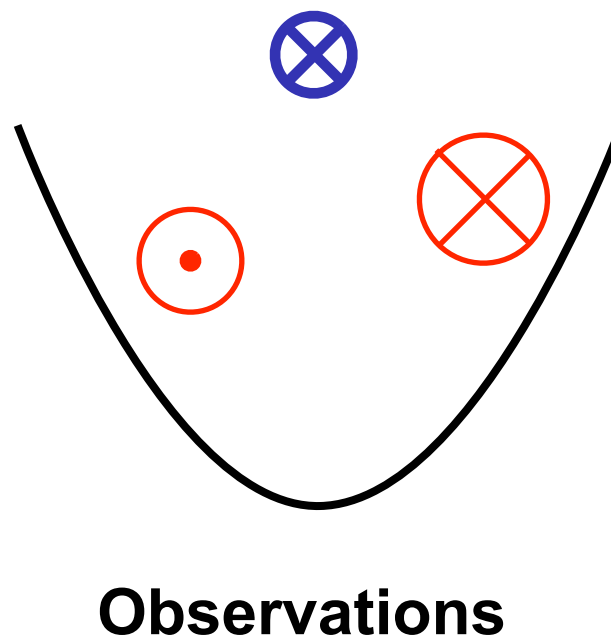
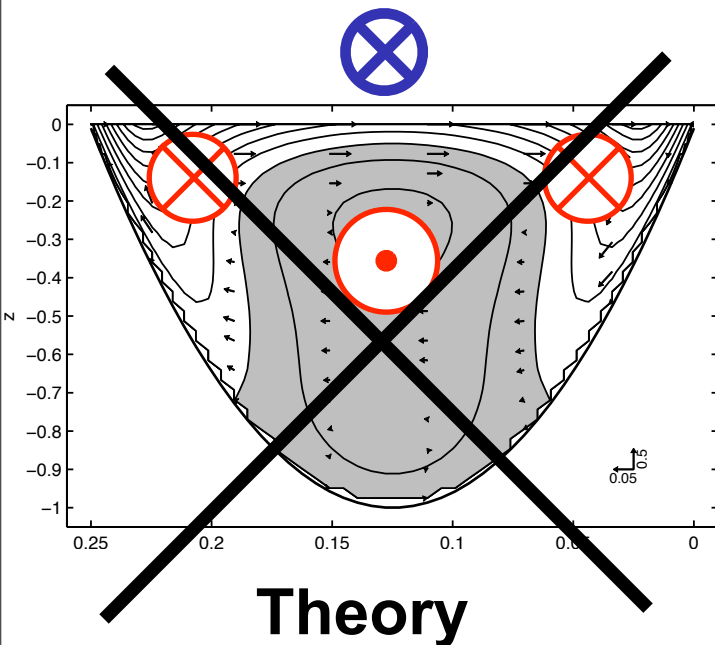
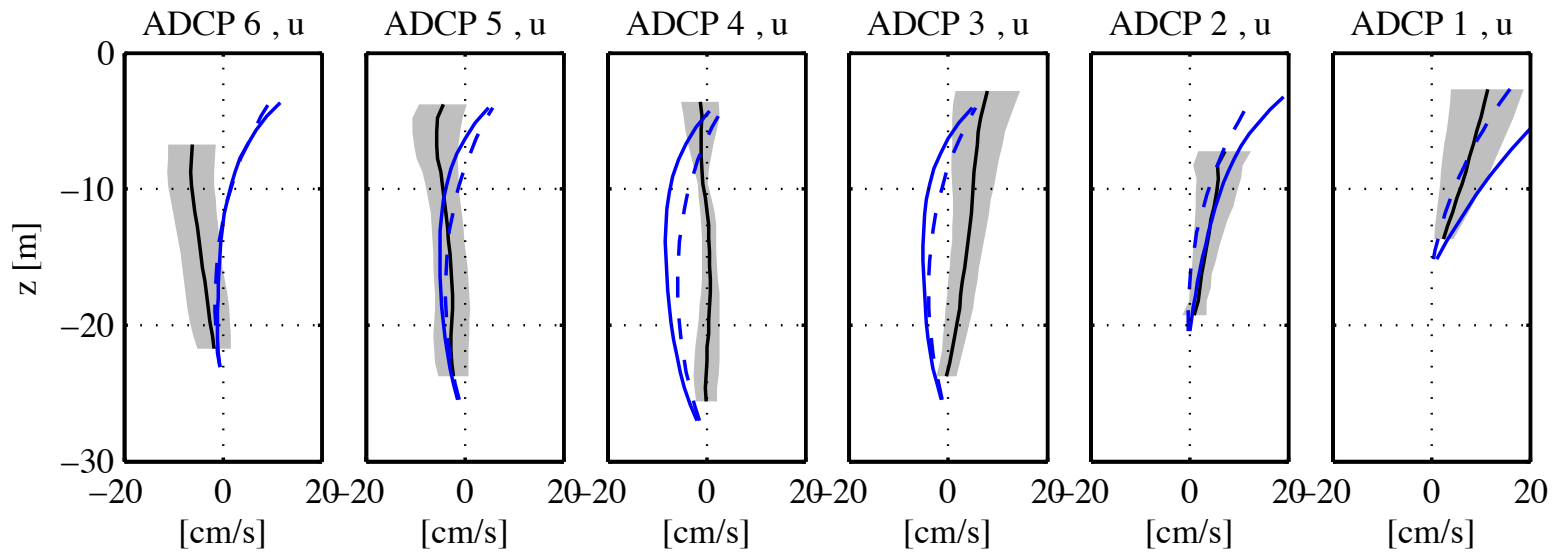


Observations

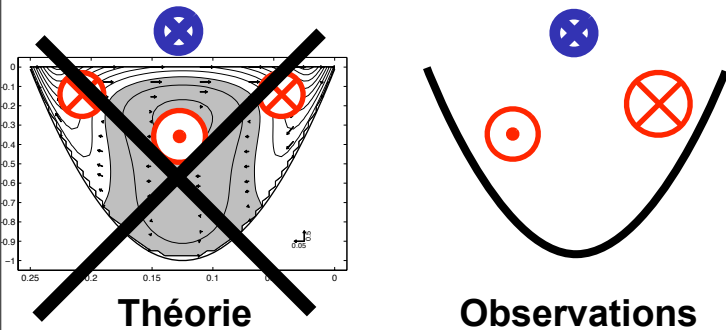
Courants axiaux

Est

Ouest



Courants axiaux, une dynamique plus complexe ?

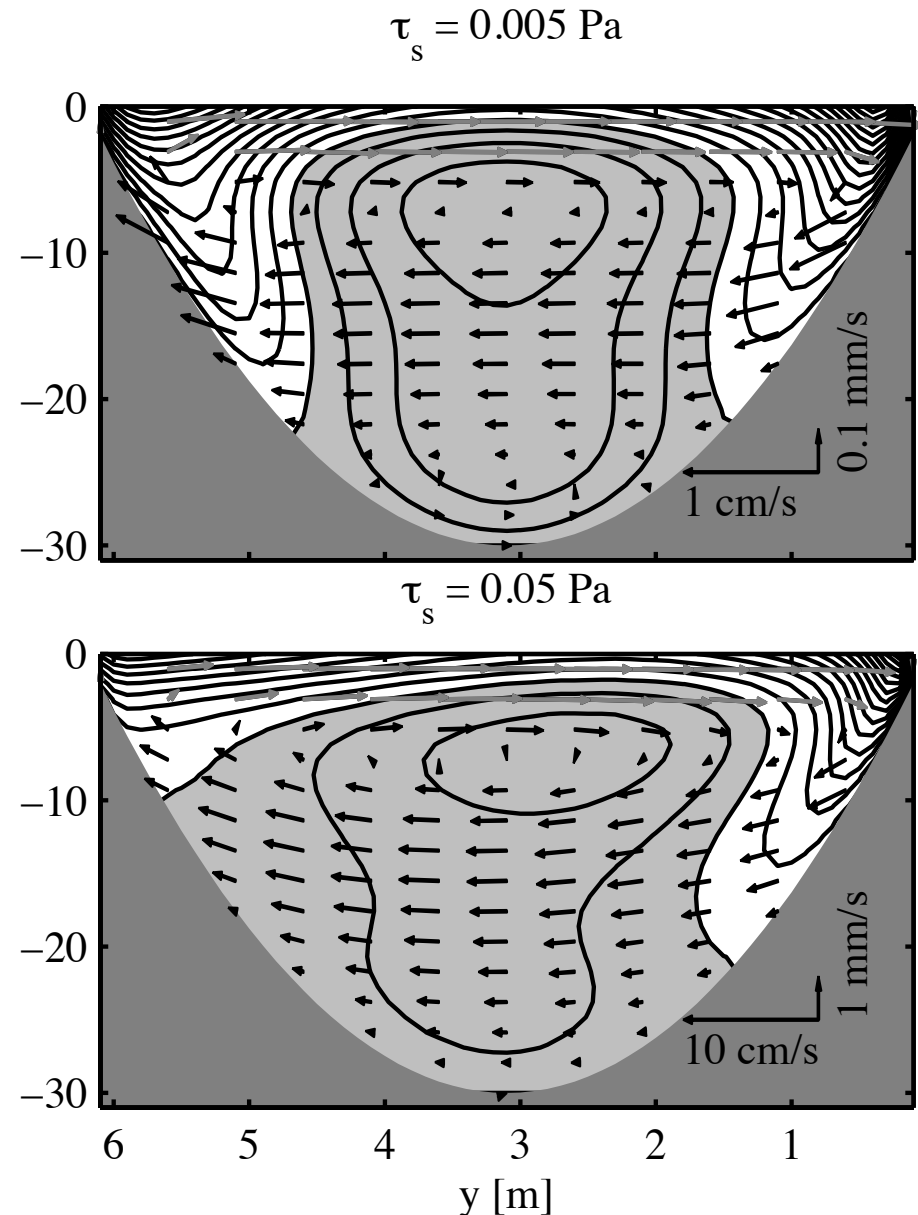


Une réponse nonlinéaire ?

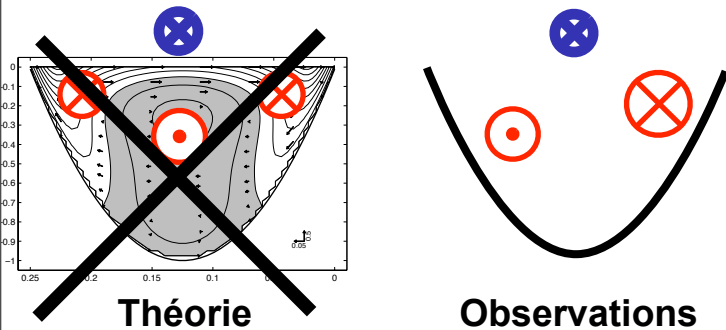
Utilisation d'un modèle numérique.

Advection des courants axiaux par les courants latéraux et verticaux:

$$v\partial_y u, w\partial_z u$$



Courants axiaux, une dynamique plus complexe ?

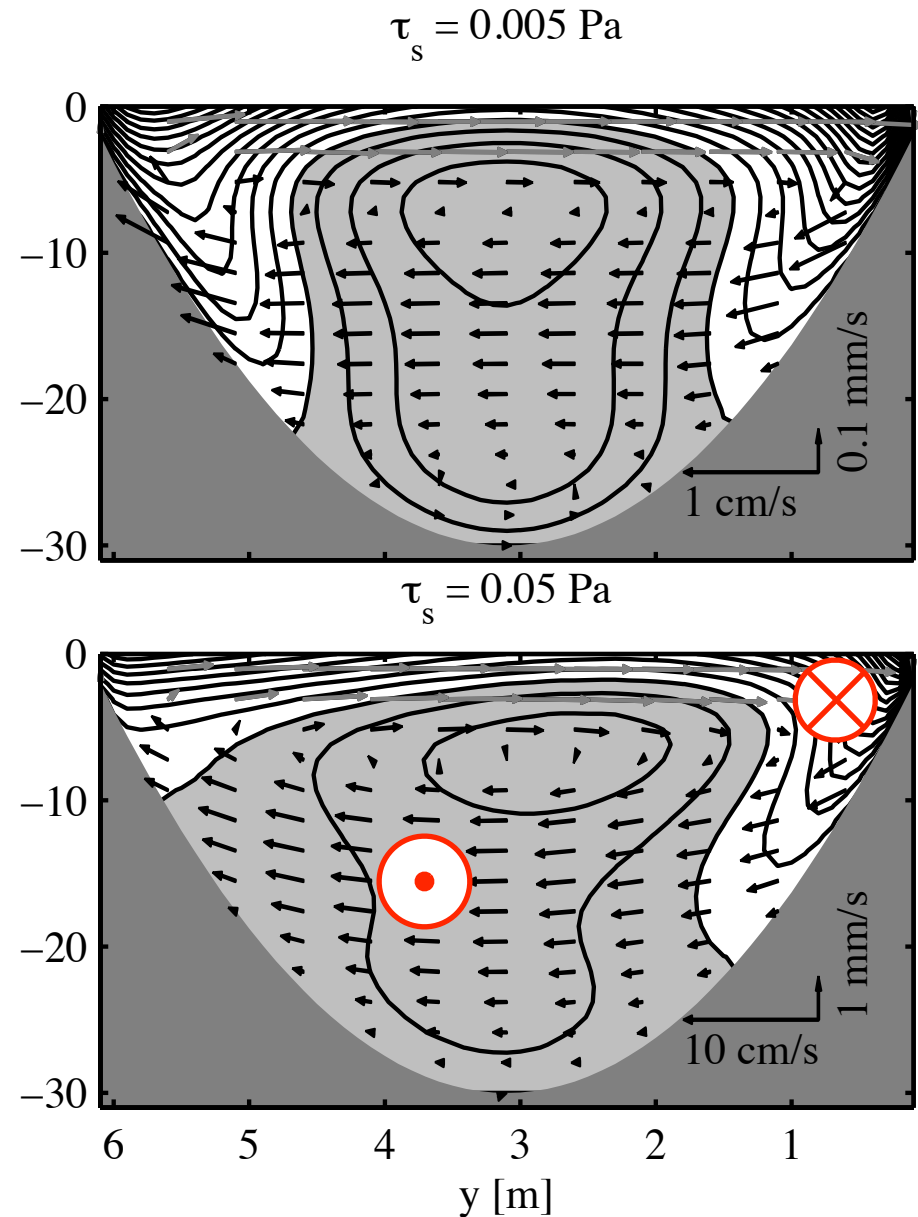


Une réponse nonlinéaire ?

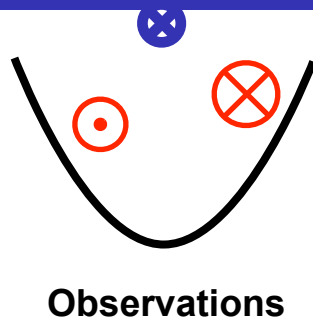
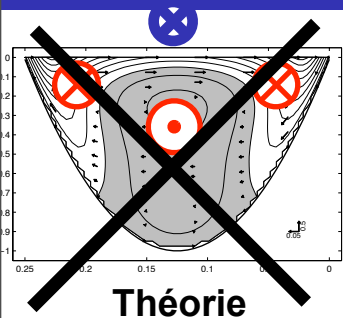
Utilisation d'un modèle numérique.

Advection des courants axiaux par les courants latéraux et verticaux:

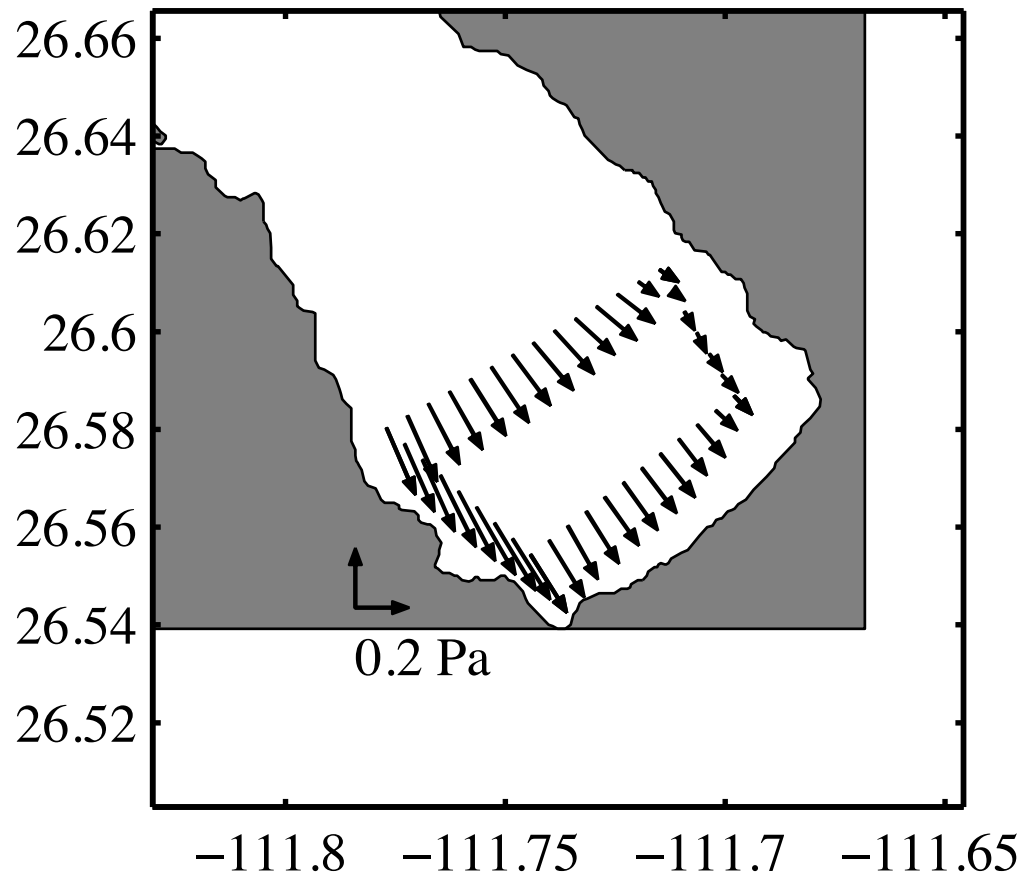
$$v\partial_y u, w\partial_z u$$



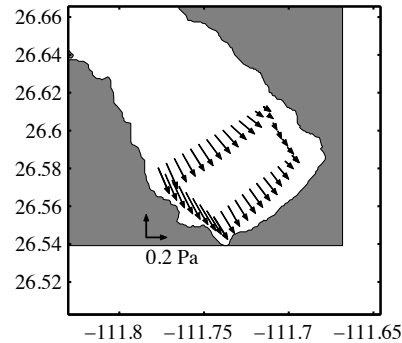
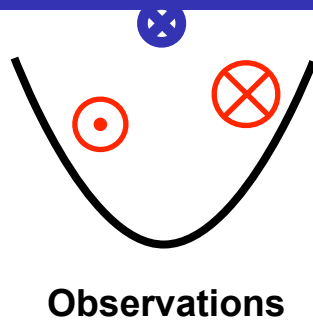
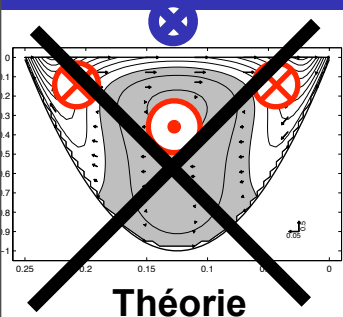
Courants axiaux, non-uniformité du vent ?



**Mesures de vent depuis
un navire de recherche**



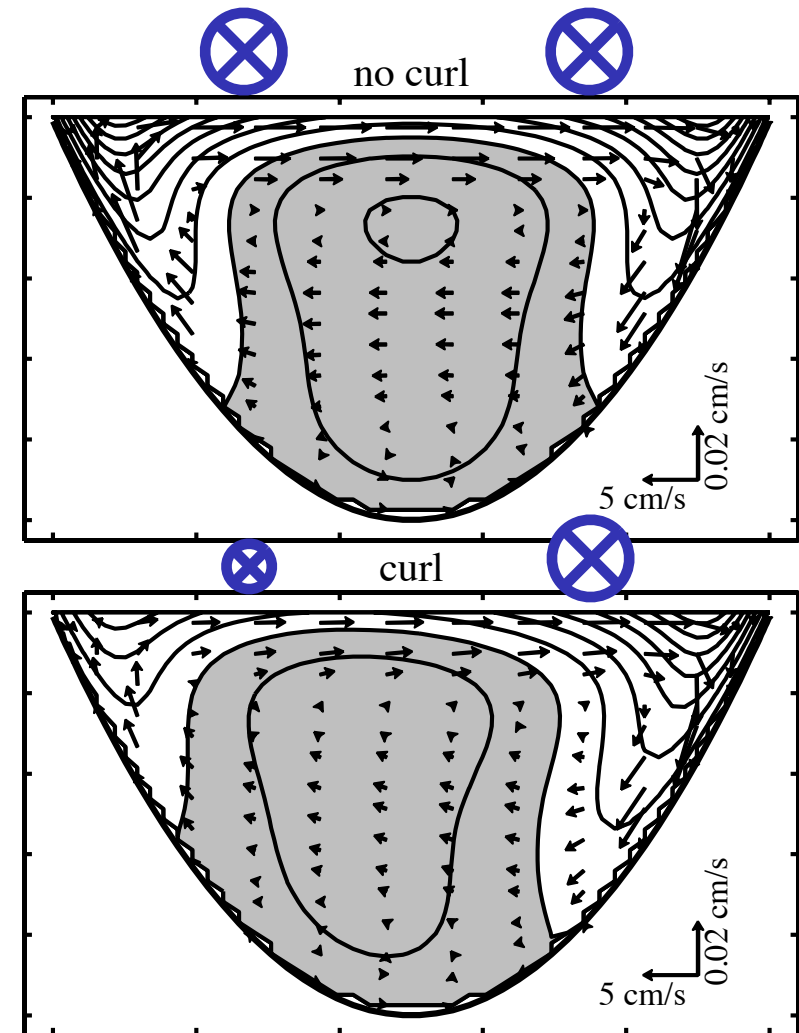
Courants axiaux, non-uniformité du vent ?



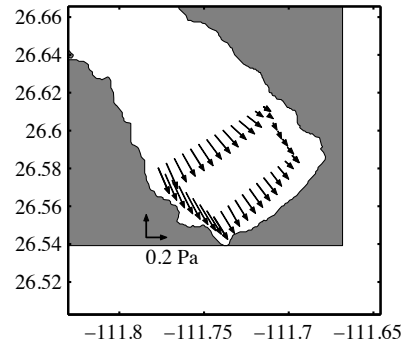
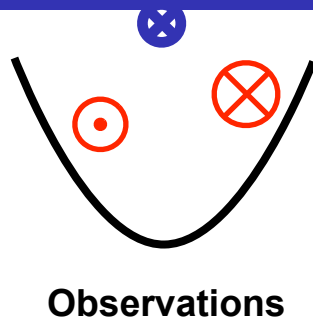
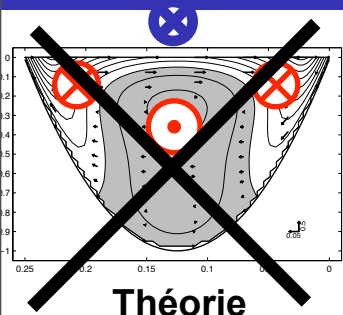
**Non-uniformité suggérée par
une observation synoptique
du vent.**

Utilisation du modèle linéaire.

**Mesures de vent depuis
un navire de recherche:**



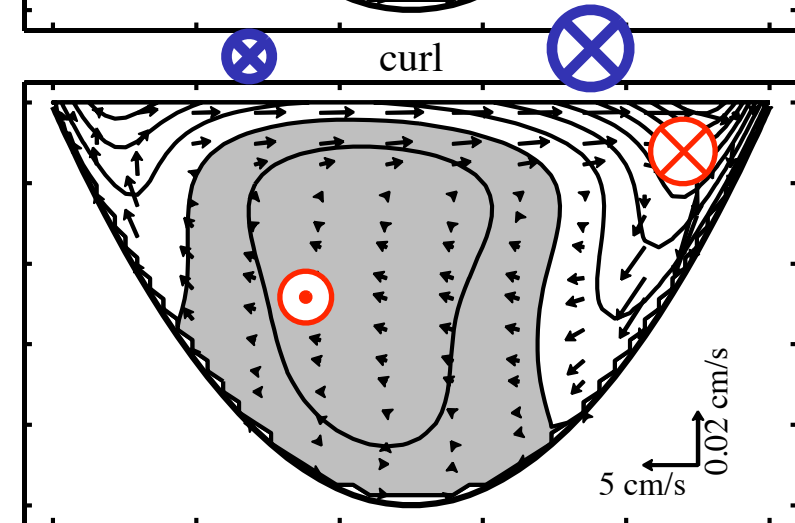
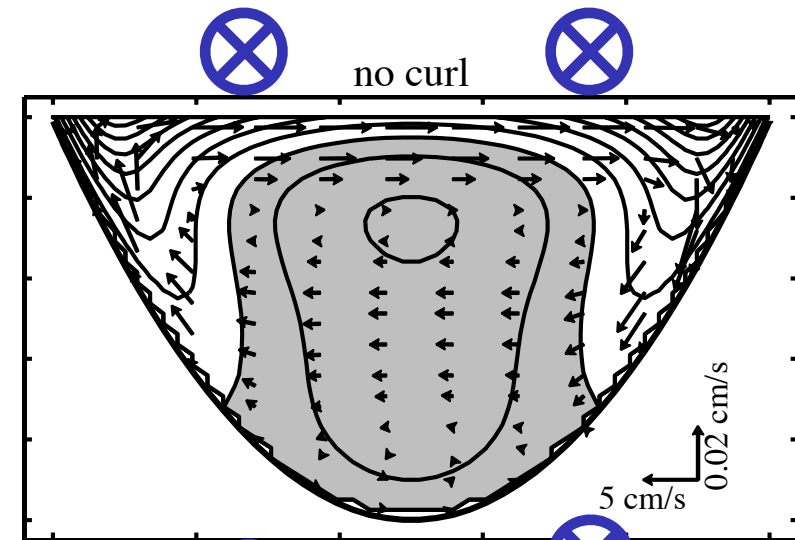
Courants axiaux, non-uniformité du vent ?



**Non-uniformité suggérée par
une observation synoptique
du vent.**

Utilisation du modèle linéaire.

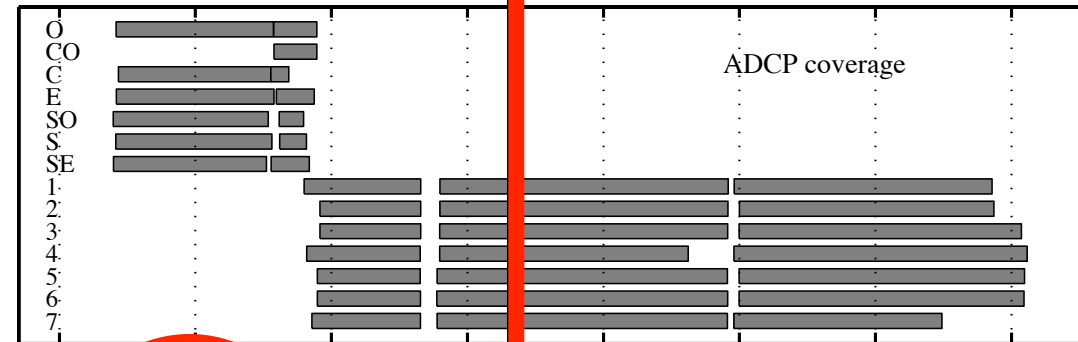
**Mesures de vent depuis
un navire de recherche:**



Stratification

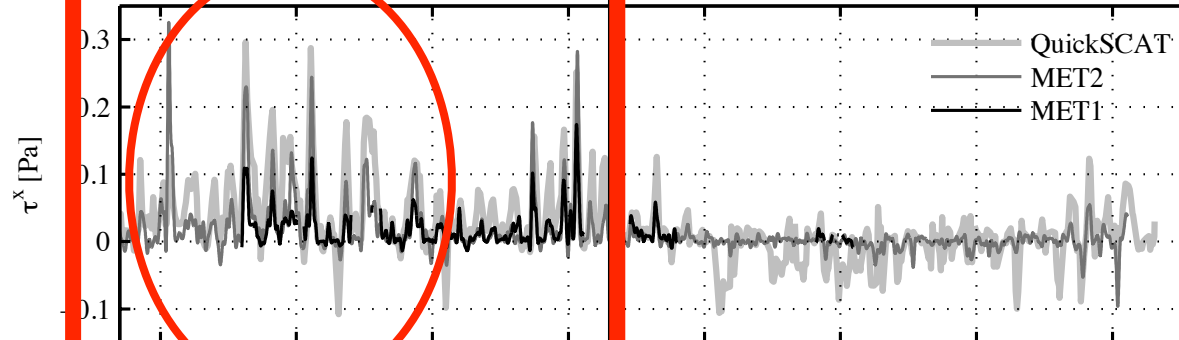
Well-mixed time period

Stratified time period

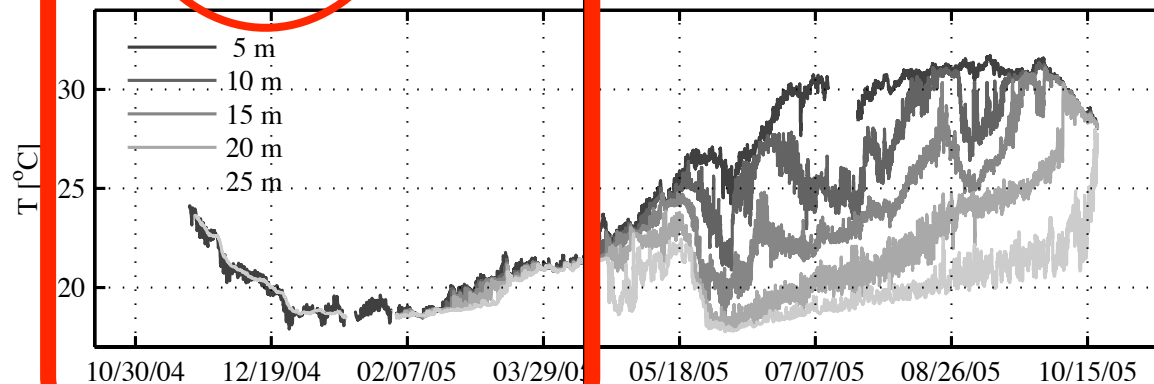


ADCOP deployments

Southward
wind events
Nortes



Wind stress



Temperature at 5
different depths

Conclusions

Bassins peu profonds:

- Réponse observée est rapide et similaire à celle d'un vent constant: dans le sens du vent sur les zones peu profondes et dans le sens opposé sur les zones plus profondes

Bassins plus profonds:

- Vent constant: circulation latérale, dynamique différente
- Observations a fréquence subinertielle: les courants latéraux sont consistant avec les prédictions théoriques. Les courants axiaux sont intensifiés a la droite du vent. Nonlinéarités et nonuniformités semblent nécessaire pour expliquer ce schéma de circulation.
- Question initiale: ceci est vrai dans un bassin de dimension horizontale plus petite qu'un rayon de Rossby !

