Étudiant : Arthur LAURENT, Jules VERBRUGGHE, Ronan DUPONT

Compte Rendue de TP Spindown en repère tournant - Force de Coriolis etcouche d'Ekman

Travaux Pratique de Mécanique des Fluides

Enseignante référent : Damien SOUS, Professeur des universités

Année Universitaire 2019/2020

1 Introduction

L'étude de la force de Coriolis et de la couche d'Ekman, permettent de mieux comprendre des mouvement réel à l'échelle planétaire, comme dans les océans. Lors de ce nous avons donc étudier ces phénomène en accélérant la rotation du contenant du fluide.Le but est de comprendre le modèle théorique qui lie la vitesse de rotation du fluide à celle de la cuve, et remarquer l'importance de la couche d'Ekman.

2 Partie Théorique

Question 1 :

L'écoulement intérieur initial est celui d'une rotation solide de vorticité absolue égale à $2\Omega_i$.

Ainsi, $\omega_a = 2\Omega_i$
Or, $\omega_a = \omega + 2\Omega_f$, donc $\omega = 2(\Omega_i - \Omega_f)$.

- Dans le cas du spin-up : $\Delta\Omega = \Omega_f - \Omega_i > 0$ donc $\boxed{\omega < 0}$.
On observera alors un mouvement relatif à la cuve dans le sens négatif à la suite du changement de vitesse.
- Dans le cas du spin-down : $\Delta\Omega = \Omega_f - \Omega_i < 0$ donc $\boxed{\omega > 0}$.
On observera alors un mouvement relatif à la cuve dans le sens positif à la suite changement de vitesse.

Question 2 :

Nous savons que $\delta = \sqrt{\frac{2\mu}{f}} = \sqrt{\frac{T_f\mu}{4\pi}}$ avec $T_f = 40s$ et $\mu = 1,31.10^{-6}m^2s^{-1}$.
On a donc : $\delta = 0,2mmetD = 8cm \Rightarrow \boxed{\delta \ll D}$.
On pourra alors négliger l'effet de la couche d'Ekman dans la suite de la recherche théorique.

Question 3 :

Il y a conservation de la composante azimutale de la quantité de mouvement. Nous intéressons à un volume $v = \int(r.dr.H)$ et $S = \int(r.dr)$ qui est la base de l'anneau.

$$\begin{aligned} \frac{d(\rho_\theta)}{dt} &= \sum F_{ext} \\ \Rightarrow \rho V\frac{d(v_\theta)}{dt} &= \tau S \\ \Rightarrow \rho H\frac{d(v_\theta)}{dt} &= -\rho u_*^2 \end{aligned}$$

$$H\frac{d(v_\theta)}{dt} = -u_*^2$$

Question 4 :

On a :$u_*^2 = -\nu\frac{U_\theta}{\delta}$, il en découle l'équation différentielle :

$$\frac{d(v_\theta)}{dt} + \frac{\mu}{H\delta}U_\theta$$

On résout l'équation,

$$U_\theta(r,t) = C\exp{(-\frac{\mu}{H\delta}t)} \quad \text{et} \quad U_\theta(r,0) = C$$

Finalement,

$$\boxed{\mathrm{U}_\theta(r,t) = U_\theta(r,0)e^{(-\frac{t}{T_E})}} \quad \text{où} \quad T_E = \frac{H\delta}{\mu}$$

Question 5 :

On a U_θ linéaire par rapport à r donc $U_\theta = U_\theta(R) * r$. On note α le coefficient de frottement.

- Calcul de la résultante des forces de frottement sur le <u>fond de la cuve</u> :

$$\begin{aligned} F_f &= \alpha \int_0^R 2\pi r^2 U_\theta(R)dr \\ &= \alpha U_\theta(R)\frac{2\pi R^3}{3} \end{aligned}$$

- Calcul de la résultante des forces de frottement sur la <u>paroi latérale</u> :

$$\begin{aligned} F_p &= \alpha \int_0^H 2\pi R^2 C_1 dr \\ &= 2\pi\alpha U_\theta(R)R^2 H \end{aligned}$$

Donc $\boxed{\frac{F_p}{F_f} = \frac{R}{3H}}$.
Or $R = 40cm$ et $H = 8cm$ donc $F_f \simeq 2F_p$.

Question 6 :

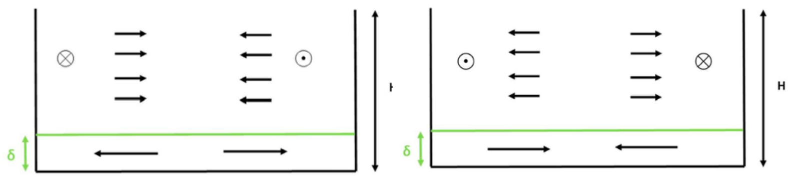
$$M_r = \int_0^{10\delta} u_r dz = -\frac{U_\theta\delta}{2}$$

- Dans le cas du spin-up, $U_\theta < 0$, on a donc $M_r > 0$. Les particules dans la coucge d'Ekman se dirige donc vers la parois.

- Dans le cas du spin-up, $U_\theta > 0$, on a donc $M_r < 0$. Les particules dans la coucge d'Ekman se dirige donc vers le centre.

Question 7 :

Pour compenser le transport d'Ekman de fond, les particules de l'écoulement intérieur vont se déplacer dans le sens inverse de celles du transport d'Ekman (voir schéma).



Spin-up Spin-down