

## TP N° 3 Manipulation 3: Vortex forcé

### Introduction :

Cet appareil est conçu pour mesurer les caractéristiques du vortex libre et forcé. Afin de comprendre la différence entre le vortex libre et forcé, déterminer le profil de la surface libre d'un tourbillon forcé et visualiser l'écoulement dans un tourbillon libre.



Figure 1. Photo de l'appareil de vortex forcé

### 1. But:

Le but de la manipulation est de déterminer le profil de la surface libre du vortex forcé et montrer l'effet de la vitesse de rotation sur ce dernier.

### 2. Description du dispositif: voir dispositif expérimental (vortex forcé)

Le dispositif est constitué d'un réservoir en plexiglas de 250mm de diamètre et 180mm de hauteur, disposant en bas de sa paroi cylindrique de deux paires de trous diamétralement opposés (9mm et 12mm de diamètre), d'un ensemble de tuyauterie en PVC, d'une vanne 3 voies et d'une vanne de vidange. Le tout est monté sur une petite plateforme munie de pieds réglables.

Le vortex forcé est créé par la rotation d'une paire de pales, en PVC, montées sur un axe inséré dans un trou central dans la base du cylindre. Le mouvement des pales est provoqué par l'impacte du jet sortant des trous d'alimentation de 9mm dont l'axe fait  $60^\circ$  avec le diamètre du cylindre. Les trous de 12mm servent dans ce cas à la vidange.

L'alimentation en eau est assurée par un flexible pourvu d'une connexion rapide. La vanne à trois voies permet le basculement sur les entrées 9mm ou 12mm, selon les besoins. Des ouvertures pour débordement en haut de la paroi cylindrique permettent le maintien du niveau d'eau constant dans le réservoir.

Un jeu de sondes de profondeur monté sur « bridge » est prévu pour reproduire le profil de la surface libre.

### 3. Déroulement de la manipulation:

1. Placer le dispositif sur le canal de travail du banc hydraulique et le relier à l'alimentation en eau de ce dernier à l'aide du flexible avec connecteur rapide conçu à cet effet,
2. Placer la paire de pales avec son axe au fond du réservoir et s'assurer que cette dernière tourne librement,
3. niveler la plateforme du dispositif à l'aide des pieds,

4. fermer la vanne de vidange (ne pas oublier de vérifier que la vidange se fait directement dans le bac de réception d'eau du banc),
5. mettre en marche la pompe du banc et s'assurer que l'alimentation du réservoir cylindrique se fait par les trous de 9mm en agissant sur la vanne à 3 voies,
6. ajuster la rotation des pales en agissant sur la vanne de réglage du débit de la pompe,
7. ajuster l'ouverture de la vanne de vidange jusqu'à obtention d'un très faible débordement d'eau par les ouvertures conçues à cet effet. Ceci permet la constance du niveau d'eau près de la paroi,
8. mesurer le nombre de tours des pales à l'aide du fréquencemètre ou noter le temps pour  $n$  rotations des pales (10 rotations par exemple) à l'aide du chronomètre,
9. ajuster chaque sonde de profondeur jusqu'à ce qu'elle touche légèrement la surface libre de l'eau et
10. retirer l'ensemble des sondes puis noter les profondeurs correspondantes.
11. Reprendre la procédure (6 à 10) pour d'autres débits.

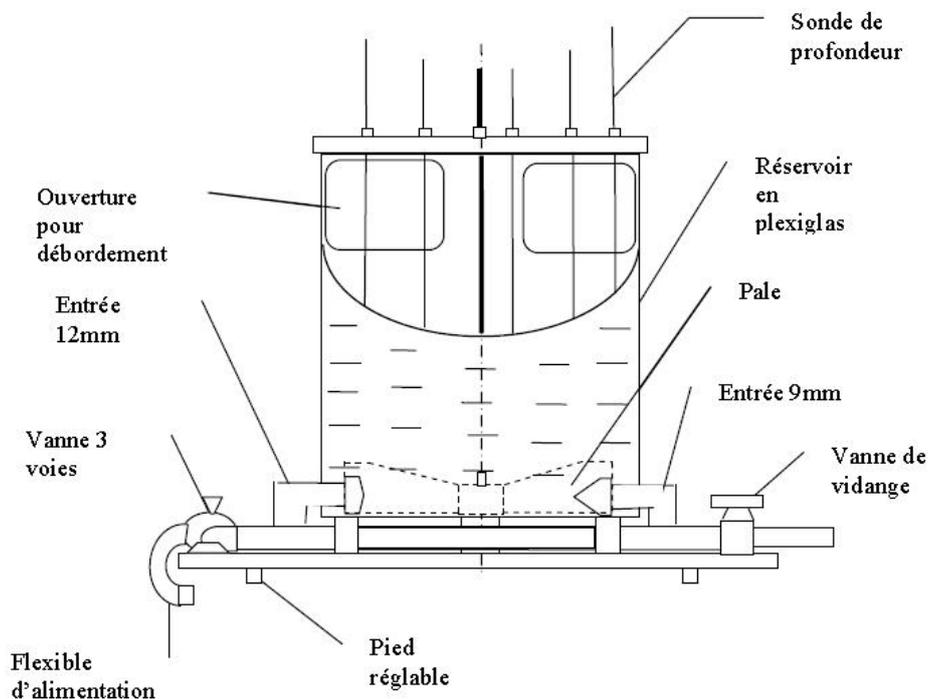


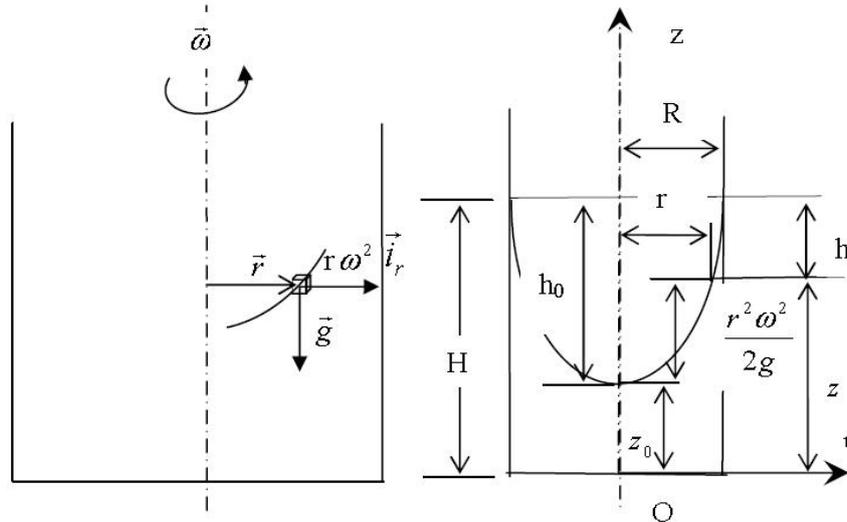
Figure 2. Schéma du dispositif expérimental (vortex forcé)

#### 4. Travail demandé:

1. Dresser un tableau qui doit faire sortir :
  - la vitesse de rotation  $\omega$  ou le nombre de tours ainsi que
  - les profondeurs relevées pour chaque rayon (prendre celle correspondante à la paroi comme origine des profondeurs) et
  - les profondeurs théoriques
2. Tracer les courbes expérimentales  $h=f(r)$  pour 3 valeurs différentes de la vitesse de rotation ;
3. Tracer sur un même graphe les courbes expérimentales et théoriques. Voir la théorie pour l'expression théorique de la fonction  $f(r)$  ;
4. Comparer les résultats expérimentaux et théoriques et commenter les.

**Remarque:** les deux graphes doivent être présentés sur une même feuille de papier millimétré (A4) qui sera rendue avec la dernière page de ce manuscrit bien remplie à la fin de la séance.

**5. Rappels théoriques :**



Dans la rotation uniforme d'un fluide autour d'un axe verticale, toute particule est soumise à l'accélération centripète  $r\omega^2$  et à l'accélération de la pesanteur  $g$  (figure en haut à gauche).

Le bilan des forces donne: qui se traduit par le système :

$$\begin{cases} \frac{\partial p}{\partial r} = \rho r \omega^2 \\ \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \end{cases} \quad (1)$$

En intégrant ce système on obtient la distribution de la pression dans le fluide

$$p(r, z) = C - \rho g z + \frac{\rho r^2 \omega^2}{2} \quad (2) \text{ avec: } C = p_a + \rho g z_0 \text{ où } p_a \text{ est la pression atmosphérique.}$$

L'équation de la surface libre s'obtient en posant à  $p = p_a$  dans (2), soit après simplification :

$$z = z_0 + \frac{r^2 \omega^2}{2g} \quad (3)$$

C'est l'équation d'un paraboloïde de révolution d'axe l'axe de rotation  $Oz$ . Si on veut utiliser le même repère  $(h, r)$  que celui utilisé dans l'expérimentation, on pose (voir figure en haut à droite) :  $H = h_0 + z_0$  et  $h = H - z$

Ce qui donne  $h(r) = h_0 - \frac{r^2 \omega^2}{2g}$  où  $h_0$  est la hauteur, indiquée par la jauge (sonde) de profondeur à l'axe du réservoir, comptée à partir du bas de l'ouverture de débordement (voir dispositif expérimental).

Elle est donnée par  $h(R) = h_0 - \frac{R^2 \omega^2}{2g} = 0$  . D'où finalement l'équation de la surface libre dans le

repère  $(h,r)$ :  $h(r) = \frac{R^2 - r^2}{2g} \omega^2$  .

