



Répartition de vitesse à l'entrée des tours de captage d'eau de mer

Jean BOUGIS¹

1. Ingénieur Conseil, 32 Chemin du Moulin, 06650 Opio, France.

jean.bougis@wanadoo.fr

Résumé :

La vitesse d'aspiration aux grilles des tours de prises d'eau de mer doit être limitée pour éviter la capture de poissons. Si, pour un débit donné, la surface des grilles suffit à imposer la vitesse moyenne, la vitesse maximale est plus complexe à maîtriser. La présente étude paramétrique, réalisée avec un modèle de Navier-Stokes, a permis de relier l'homogénéité du champ de vitesse aux différents paramètres du problème.

Mots clés :

Prise d'eau de mer – Grilles d'aspiration – Tours – Puits – Champ de vitesse

1. Tours de captage d'eau de mer

Des tours d'aspiration sont souvent utilisées pour les prises directes d'eau de mer dont le débit est de l'ordre de quelques m³/s à quelques dizaines de m³/s. Pour éviter l'entraînement de sédiments, le captage se fait 5 à 8 m au dessus du fond. Pour éviter l'aspiration d'air et de corps flottants (surtout par mer agitée) et ne pas entraver la navigation, le captage se fait 8 à 10 m sous le niveau des plus basses mers. Ces tours sont donc souvent disposées entre -15 et -20 m CM. Ces tours sont des ouvrages massifs, généralement fabriqués en béton armé ou en acier, dont les dimensions typiques sont de quelques mètres de diamètre et de quelques mètres de haut (voir figure 1).

Elles sont recouvertes d'un toit qui force l'eau à entrer par des grilles latérales dont les mailles sont suffisamment fines (< 20 x 20 cm) pour éviter l'entrée dans le circuit de corps solides susceptibles de rester coincés dans les conduites, et suffisamment grosses (> 10 x 10 cm) pour limiter les risques d'obturation par les algues et coquillages. Le filtrage de l'eau se fait ensuite dans le bassin de captage.

Pour éviter la capture de poissons, la vitesse maximale d'aspiration à travers les grilles est limitée à 0.20 ou 0.30 m/s. Si, pour un débit donné, la vitesse radiale moyenne $V_{r\text{ moy}}$ est définie par la seule surface des grilles, la vitesse radiale maximale $V_{r\text{ max}}$ et la vitesse verticale V_z , qui dépendent de l'écoulement, sont plus complexes à maîtriser.

Il convient donc d'optimiser les dimensions des tours et de leurs grilles pour que la vitesse d'entrée soit la plus homogène possible. L'homogénéité périphérique s'obtient aisément en adoptant une forme cylindrique avec un diamètre et une hauteur du puits suffisants pour que la vitesse de descente soit faible et homogène. Pour maîtriser l'hétérogénéité du champ de vitesse sur la hauteur de la grille, il faut recourir à une analyse paramétrique au moyen d'un modèle de Navier-Stokes.

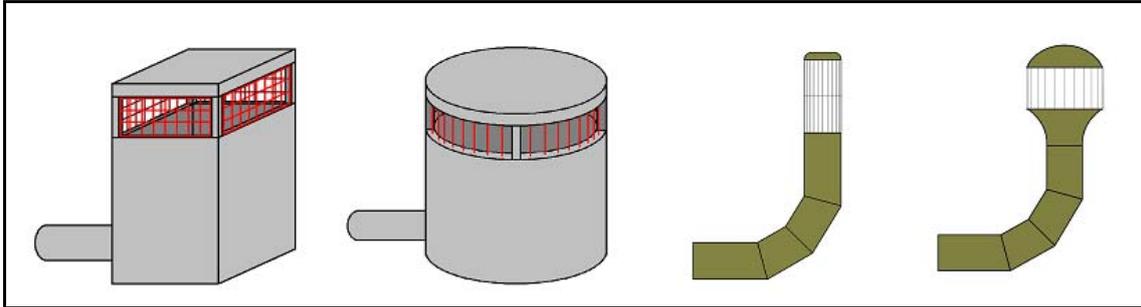


Figure 1. Exemple de tours de captage en béton ou en acier.

2. Méthodologie d'analyse

Nous considérerons une tour cylindrique circulaire munie d'une aspiration de l'eau par le fond. Désignons respectivement par r_i et r_e les rayons intérieur et extérieur du puits dont la paroi a une épaisseur e , et soit h la hauteur de la grille. Pour un débit Q et une vitesse radiale moyenne assumée $V_{r\text{ moy}}$, la surface S de la grille vérifie la relation :

$$S = 2\pi r_e h = \frac{Q}{V_{r\text{ moy}}} \quad (1)$$

Le problème consiste à évaluer, pour une surface S donnée, le rapport entre la vitesse radiale maximale et la vitesse radiale moyenne $V_{r\text{ max}}/V_{r\text{ moy}}$ qui caractérise l'homogénéité du profil des vitesses en fonction du rapport h/r_e , et d'analyser les variations éventuelles dues au débit et à l'épaisseur de la paroi :

$$\frac{V_{r\text{ max}}}{V_{r\text{ moy}}} = f\left(\frac{h}{r_e}, Q, e\right) \quad (2)$$

Pour cela, une analyse paramétrique a été conduite en mettant en œuvre, au moyen du logiciel ALGOR, des modèles numériques résolvant les équations de Navier-Stokes-Reynolds dans un référentiel axisymétrique autour du puits.

3. Modélisations numériques

Les modèles numériques ont une profondeur de 17 m et une emprise radiale de 20 m. Les éléments ont une longueur caractéristique de 0.1 m. Les maillages comptent donc environ 30000 éléments et autant de nœuds (voir figure 2). Les conditions aux limites imposent une vitesse nulle sur le fond et sur les parois de la tour, une vitesse verticale nulle sur la surface libre, une vitesse radiale nulle sur l'axe de la tour et le débit au fond de la tour. Le problème est traité en transitoire en partant du repos, avec un temps de monté de 10 s pour atteindre la vitesse nominale et un pallier de 5 s pour obtenir le régime permanent. Dix configurations ont été étudiées couvrant les gammes de paramètres suivantes :

- 7 valeurs de h/r_e (0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50 et 1.75) pour $e=0.50$ m,
- 3 valeurs de h/r_e (0.25, 1.00 et 1.75) pour $e=0.25$ m.

Les débits considérés sont de 3, 6 et 9 m³/s pour $h/r_e \leq 1.25$ et de 3 m³/s au-delà.

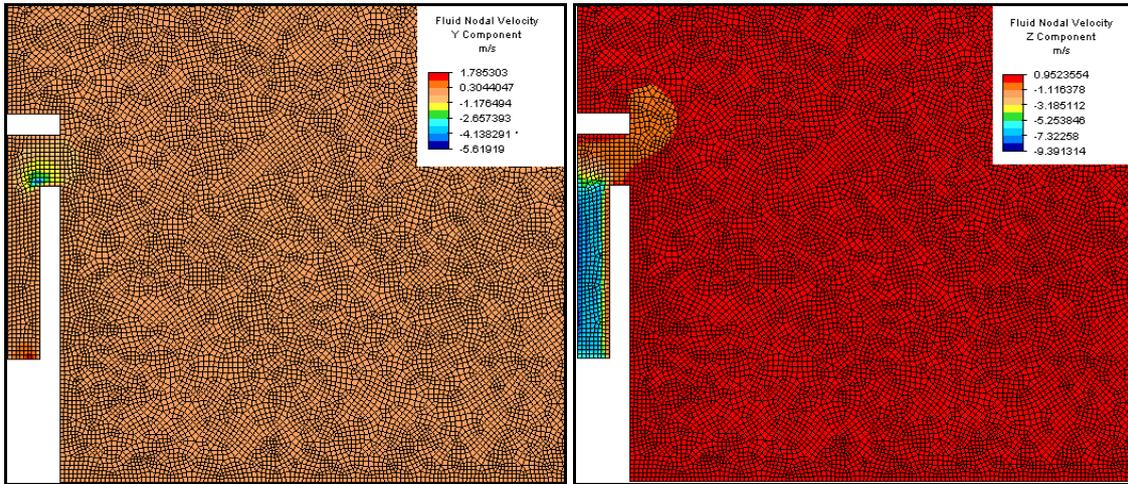


Figure 2. Vitesses radiale et verticale : $Q=9.0 \text{ m}^3/\text{s}$ $r_e=h=1.262 \text{ m}$ et $e=0.50 \text{ m}$.

4. Influence du débit

Les figures 3 montrent l'évolution des rapports $V_r/V_{r \text{ moy}}$ et $V_z/V_{z \text{ moy}}$ le long de la hauteur de la grille, de bas $z/h=0$ en haut $z/h=1$, pour les différents débits, avec $h/r_e=1.0$ et $e=0.50 \text{ m}$. Ces résultats montrent que pour une géométrie donnée, à grands nombres de Reynolds, la répartition des vitesses le long de la grille est indépendante du débit.

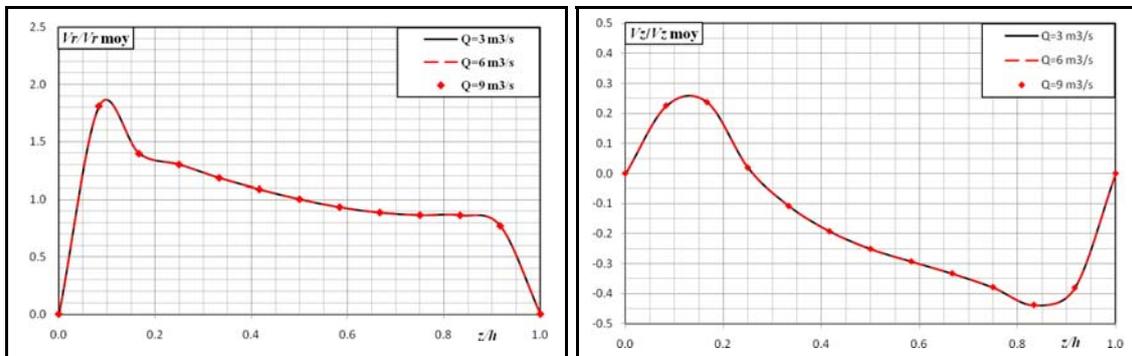


Figure 3. $V_r/V_{r \text{ moy}}$ et $V_z/V_{z \text{ moy}}$ le long de la grille, de bas en haut pour différents débits.

5. Influence du rapport h/r_e

Les figures 4 présentent respectivement les distributions des rapports des vitesses radiales $V_r/V_{r \text{ moy}}$ et des modules des vitesses V/V_{moy} le long de la hauteur de la grille en fonction de z/h , pour différents rapports h/r_e . Le débit est égal à $3 \text{ m}^3/\text{s}$ et l'épaisseur de la paroi est égale à 0.50 m .

La distribution relative des vitesses sur la hauteur de la grille varie avec le rapport entre la hauteur et le rayon de la grille. Plus h/r_e est important et plus le champ de vitesse est hétérogène ; le débit radial se concentrant dans la partie basse de la grille. Comme, à débit constant la vitesse moyenne l'est également, ce phénomène s'accompagne d'une augmentation sensible du rapport entre la valeur maximale et la valeur moyenne.

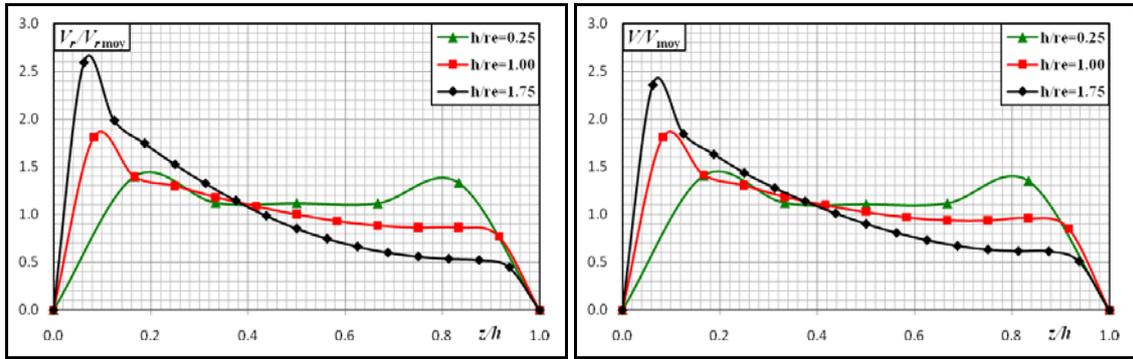


Figure 4. $V_r/V_{r moy}$ et $V/V_{r moy}$ fonctions de z/h pour différents h/r_e .

6. Influence de l'épaisseur

La figure 5(a) présente la distribution des rapports des vitesses radiales $V_r/V_{r moy}$ sur la hauteur de la grille en fonction de z/h , pour deux épaisseurs de la paroi. Le rapport h/r_e est égal à 1 et le débit est de $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

La figure 5(b) montre les distributions des rapports $V_{r max}/V_{r moy}$ en fonction de h/r_e pour deux épaisseurs de la paroi de la tour. Le débit est de $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ces résultats montrent que l'hétérogénéité du profil de vitesse s'aggrave lorsque l'épaisseur de la paroi de la tour diminue.

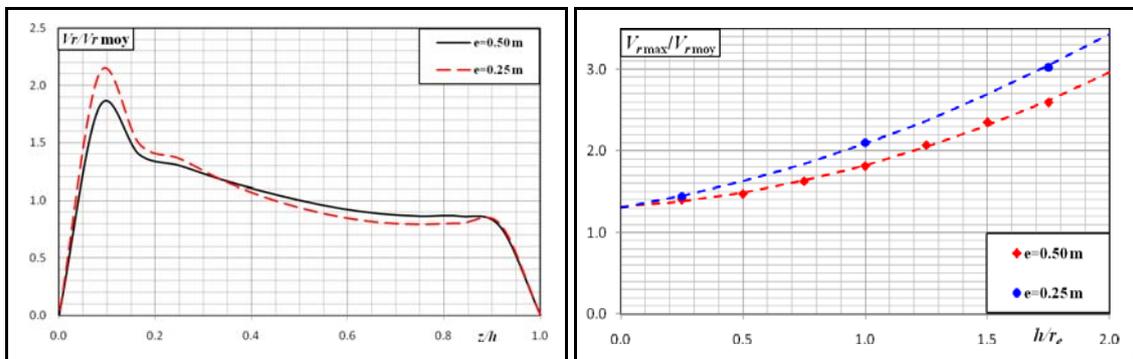


Figure 5. a) $V_r/V_{r moy}$ fonction de z/h - b) $V_{r max}/V_{r moy}$ fonction de h/r_e .

7. Conclusions

Cette analyse paramétrique a permis de relier l'homogénéité du champ de vitesse aux différents paramètres (rapport des dimensions des grilles, débit et épaisseur de la paroi).

Pour une vitesse moyenne donnée, la vitesse maximale est d'autant plus faible que le diamètre de la tour est important et que la hauteur des grilles est faible.

L'utilisation de la formule (3) permet de dimensionner les grilles des tours cylindriques, indépendamment du débit (voir § 4), en maîtrisant la vitesse maximale d'aspiration.

$$\frac{V_{r max}}{V_{r moy}} = 1.31 + (0.81 - 1.23 e) \left(\frac{h}{r_e} \right) + (0.24 + 0.14 e) \left(\frac{h}{r_e} \right)^2 \quad 0 < e < 0.75 \text{ m} \quad \text{et} \quad \frac{h}{r_e} < 2 \quad (3)$$

Pour des tours de forme quelconque, il faut recourir à des modélisations spécifiques.