

TP N°3 : Ecoulement à travers un orifice



1- Introduction :

Dans la plupart des cas, quand un fluide s'écoule par une ouverture comme un orifice à mince paroi ou sur un déversoir, le débit réel est très inférieur à celui calculé, en supposant qu'il n'y a pas de perte d'énergie et que l'écoulement dans l'ouverture est uniforme et parallèle. Cette réduction du débit est due à la contraction de l'écoulement dans l'ouverture et en aval de l'ouverture, qui provoque une perte d'énergie importante.

Cette expérience a été conçue pour étudier la réduction du débit, la contraction de l'écoulement et la perte d'énergie correspondante pour un orifice à mince paroi d'un réservoir débitant dans l'air.

2- Théorie

Lorsqu'un fluide passe à travers un étranglement, comme un orifice à mince paroi ou un déversoir, le débit est souvent considérablement inférieur à celui calculé en faisant les hypothèses de la conservation d'énergie et que l'écoulement à travers l'orifice est uniforme et parallèle.

Cette diminution du débit est normalement due à la contraction du courant qui a lieu dans l'étranglement, et qui se poursuit sur une certaine longueur en aval de ce dernier, plutôt qu'à une importante perte de charge.

Avec cet équipement, il est possible de réaliser la mesure de la réduction du débit, de la contraction de l'écoulement et de la perte de charge dans le cadre de l'eau contenu dans un réservoir et qui s'écoule à travers un orifice à mince paroi.

Le réservoir est considéré comme assez large pour que la vitesse du fluide y soit suffisamment faible pour être négligée sauf au niveau de l'orifice. A proximité de l'orifice, le fluide accélère en direction du centre d'orifice de telle façon que lorsque le jet émerge, il subit une contraction due à la courbure des lignes de courant, comme représentée par la ligne de courant **MN** sur la figure 1. Cette contraction est due à la variation brusque de la pression (de la pression du fond du réservoir vers la pression atmosphérique) est la plus importante à une distance de l'ouverture environ égale à la moitié du diamètre de l'orifice. Cette réduction de section est habituellement nommée section contractée.

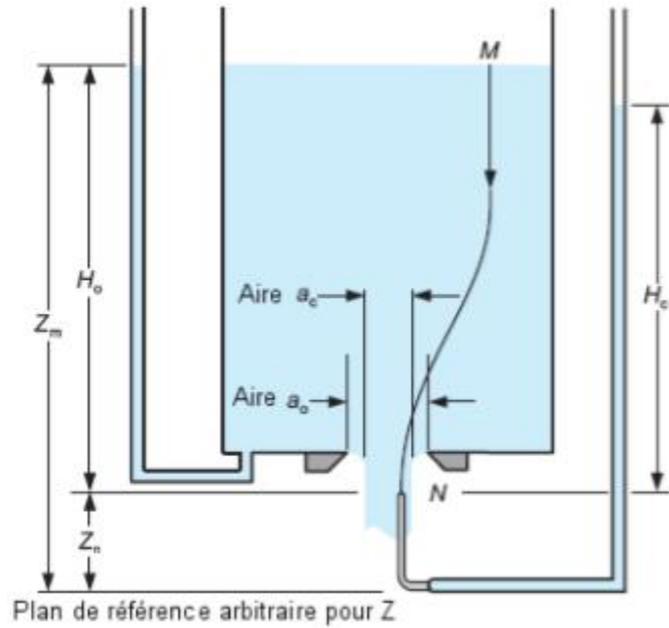


Fig.1 : Principe de calcul de l'orifice

En supposant qu'il y a conservation de l'énergie et qu'il n'y a pas de perte de charge :

$$\frac{u_m^2}{2g} + \frac{P_m}{w} + z_m = \frac{u_n^2}{2g} + \frac{P_n}{w} + z_n \quad (1)$$

Dans cette équation, P_m et P_n sont égales à la pression atmosphérique et u_m est négligeable selon nos suppositions précédentes.

$$\frac{u_n^2}{2g} = H_0 \quad (2)$$

En tenant compte de la perte de charge créée par l'orifice, la vitesse réelle u_c au sein de la section contractée est inférieure à u_0 et peut être calculée à partir de la mesure de la sonde Pitot

$$\frac{u_c^2}{2g} = H_c \quad (3)$$

Le rapport entre la vitesse réelle u_c et la vitesse idéale u_0 est généralement défini comme le coefficient de vitesse C_u de l'orifice

$$C_u = \frac{u_c}{u_0} = \sqrt{\frac{H_c}{H_0}} \quad (4)$$

Enfin, le coefficient de débit C_d est défini comme le rapport du débit réel sur celui correspondant à la vitesse idéale u_0 sans contraction de la section.

$$C_d = \frac{Q}{a_0 \sqrt{2gH_0}} \quad (5)$$

a_0 la surface de la section de l'ouverture de l'orifice

De même, le coefficient de contraction de la section C_c est défini comme

$$C_c = \frac{C_d}{C_u} \quad (6)$$

3- Description de l'appareil

Le réservoir est alimenté à partir du banc hydraulique équipé d'une vanne de réglable du débit et d'un tuyau vertical placé sur le réservoir, réglable en hauteur et terminé par un diffuseur juste en dessous de la surface. Un tuyau de surverse permet d'évacuer le trop plein d'eau. L'eau s'évacue normalement par le fond du réservoir en traversant un orifice à mince paroi encastré. Le jet sortant passe sur un tube Pitot monté sur un système de déplacement puis retourne au bac de mesure du banc hydraulique.

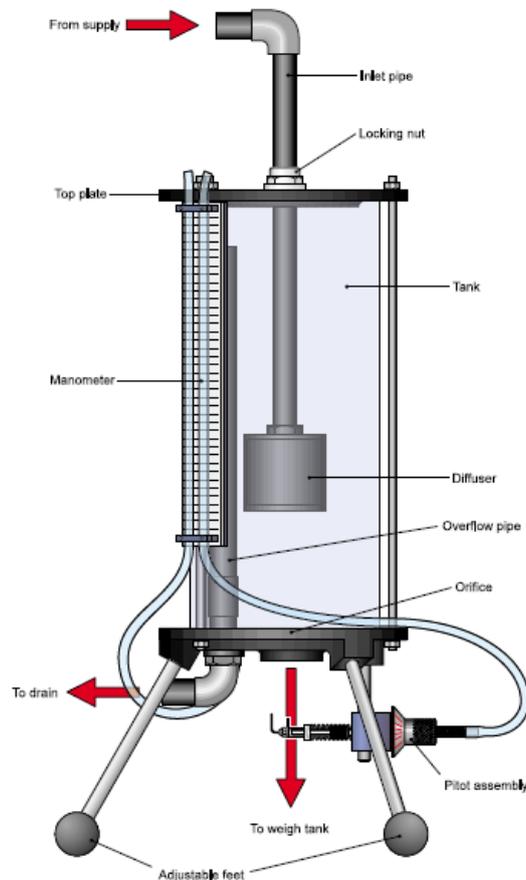


Fig.2 : Le matériel utilisé pour étudier l'écoulement à travers un orifice

4- Protocol expérimental

L'expérience comprend deux parties : dans un premier temps, la mesure de C_d , C_u et C_c pour une valeur constante de H_0 , et, dans un deuxième temps, la mesure du débit pour plusieurs hauteurs H_0 .

Le système est placé sur le banc hydraulique et mis de niveau, le fond inférieur étant positionné à l'horizontal. Le tuyau flexible d'alimentation, provenant de la vanne de réglage du banc hydraulique, est relié au tube d'entrée du système. L'appareil est positionné de telle façon qu'il

se vidange directement dans le réservoir de mesure du débit et que le tuyau de surverse est dirigé vers le couvercle du banc. Pour obtenir des mesures régulières, régler le tuyau vertical d'alimentation de façon à ce qu'il soit juste sous la surface. Mesurer le diamètre de l'orifice à paroi mince.

Dans la première partie de l'expérience, le réservoir est rempli jusqu'à hauteur du trop-plein puis la vanne de réglage du débit est ajustée afin de n'avoir plus qu'un léger filet régulier s'écoulant dans le tuyau de trop-plein. Cela permet de garder une hauteur constante dans le réservoir durant les mesures.

Pour mesurer Cd , le débit est obtenu en mesurant le volume d'eau s'écoulant par l'orifice dans le réservoir de mesure du banc hydraulique et la hauteur H_0 .

Pour mesurer Cu , la sonde Pitot est positionnée sous le jet et la valeur de la charge de l'écoulement H_c est relevée ainsi que la charge totale H_0 .

Pour mesurer Cc , le diamètre de la section contractée doit être mesuré. Pour cela, il faut utiliser la lame de 3 mm attachée perpendiculairement à la tête de la sonde Pitot. La lame est déplacée afin de tangenter chaque côté du jet et ses positions sont notées à l'aide de la vis micrométrique. La différence entre ces valeurs donne le diamètre de la section contractée.

Dans la seconde partie de l'expérience, le débit d'alimentation est réduit par palier afin de mesurer le débit correspondant à chaque hauteur. Il est nécessaire d'attendre que le niveau soit stabilisé avant de relever la hauteur et le débit correspondant. Il est également conseillé de relever plusieurs fois ces valeurs pendant que le réservoir de mesure du débit se remplit, afin de les moyenner.

En termes d'étapes, on peut traduire ce protocole comme suit :

1. Placez l'appareil sur le banc hydraulique.
2. Connectez un tuyau souple entre la sortie de la vanne d'alimentation du banc hydraulique et le tuyau d'entrée en haut de l'appareil.
3. Ajustez le niveau de l'appareil à l'aide des pieds.
4. Vérifiez que de l'air n'est pas entraîné dans la sonde de Pitot.
5. Partie 1 : la vanne de réglage du débit est ajustée afin de n'avoir plus qu'un léger filet régulier s'écoulant dans le tuyau de trop-plein.
6. Mesurez le volume d'eau qui s'écoule par l'orifice dans le réservoir, le temps t , H_0 et H_c
7. **Partie 2** : Varier le niveau d'eau dans le réservoir H_N et mesurer le débit volumique Q et la hauteur dans la sonde de Pitot H_R .
8. Fermez la pompe et videz bien l'appareil.

5- Exploitation des résultats

1. Remplissez le tableau des résultats expérimentaux.
2. Tracez la variation de débit en fonction de H_N .
3. Tracez la variation de H_a en fonction H_N .
4. tracez le débit réel en fonction du débit théorique
5. Interprétez les résultats.

Tableau : résultats des expériences

	H_0 [mm]	Q [L/s]	H_c [mm]	C_u	C_d	C_a
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						