

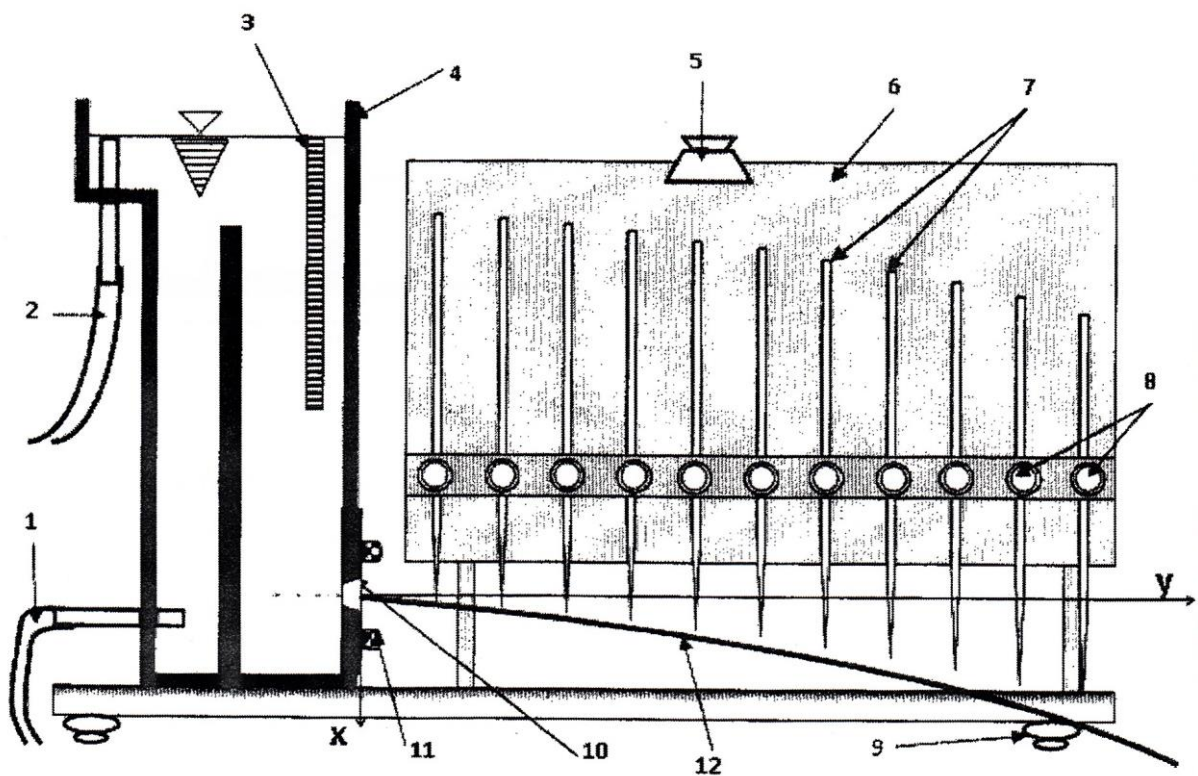
LABORATOIRE D'HYDRAULIQUE

TP N ° 3 D'MDF : COEFFICIENT DE DÉBIT ET COEFFICIENT DE VITESSE DES ORIFICES À PAROIS MINCES

I. Introduction

Ce travail pratique (TP) comporte deux parties et s'intéresse à l'écoulement à travers deux orifices à parois minces. La partie A est consacrée à la détermination du coefficient de débit et la partie B à la détermination du coefficient de vitesse.

II. Description de l'appareil



1. Alimentation ; 2. Trop plein ; 3. Echelle graduée ; 4. Réservoir ; 5. Agrafe papier ; 6. Tableau ; 7. Aiguille ; 8. Vis de fixation des aiguilles ; 9. Pieds réglables ; 10. Orifice ; 11. Ecrou de fixation de l'orifice ; 12. Trajectoire du jet

PARTIE A :

I. But de la manipulation

Détermination du coefficient de débit C_d de deux orifices à parois minces, de 3 mm et de 6 mm de diamètres, par deux méthodes différentes :

- Ecoulement sous une charge constante
- Ecoulement sous une charge variable.

II. Théorie

En négligeant les pertes de charge ainsi que la contraction de la veine liquide à la sortie de l'orifice, l'application de l'équation de l'énergie (Bernoulli) entre la section 1 (surface libre du réservoir) et 2 (section contractée du jet) pour l'écoulement d'un fluide, sous une charge constante h , à travers un orifice de section S_0 permet d'obtenir le débit théorique par :

$$Q_{théo} = S_0 \sqrt{2gh} \quad (1)$$

En affectant aux résultats obtenus un coefficient de correction C_d , dit coefficient de débit tenant compte des frottements et de la contraction de la veine liquide, on déduit le débit réel :

$$Q_{réel} = C_d S_0 \sqrt{2gh} \quad (2)$$

Considérons maintenant un écoulement à travers un orifice de section S_0 avec une charge $h = Z(t)$ variable (figure 2). L'équation de continuité permet d'écrire que, pendant un temps dt , le volume du liquide perdu dans le réservoir est le même que celui sortant de l'orifice :

$$S_R \cdot (-dZ) = C_d S_0 \sqrt{2gZ} \cdot dt \quad (3)$$

Où S_R est la section du réservoir ; dZ est la tranche d'eau perdue ($-dZ > 0$).

L'équation (3) peut s'écrire :

$$\frac{-1}{\sqrt{Z}} dZ = C_d \frac{S_0}{S_R} \sqrt{2g} \cdot dt \quad (4)$$

L'intégration de l'équation (4) entre $Z(0) = h_0$ et $Z(t) = h_t$ donne :

$$t = -\frac{2S_R(\sqrt{h_0} - \sqrt{h_t})}{C_d S_0 \sqrt{2g}} \quad (5)$$

III. Procédure expérimentale

1. Charge constante

- Installez un des orifices (3 ou 6 mm) et mesurez le diamètre du réservoir 4.
- Branchez l'appareil au banc hydraulique et mettez-le à niveau à l'aide de pieds réglables.
- En manipulant le trop plein 2 et la vanne d'alimentation du banc hydraulique, réglez une charge h maximale (≈ 400 mm).
- Notez la charge et le débit correspondant sur le tableau 1.
- Répétez le point (4) ci-haut pour différentes charges (voir tableau ci-dessous) en manipulant le trop plein 2.

2. Charge variable

- Vidangez le réservoir uniquement à travers l'orifice entre $h_0 = 410$ mm $h_t = 390$ mm et notez le temps de vidange dans le tableau 2 ci-dessous.
- Répétez le point (1) ci-haut pour les différentes charges mentionnées sur le tableau 2.
- Répétez la procédure pour le deuxième orifice.

Tableau 1 : Résultats expérimentaux (charge constante)

Orifice de 6 mm					Orifice de 3 mm				
N°	$h(m)$	$vol(l)$	$t(s)$	$Q(m^3/s)$	N°	$h(m)$	$vol(l)$	$t(s)$	$Q(m^3/s)$
1	0,40				1	0,40			
2	0,38				2	0,38			
3	0,36				3	0,36			
4	0,34				4	0,34			
5	0,32				5	0,32			
6	0,30				6	0,30			
7	0,28				7	0,28			
8	0,26				8	0,26			
9	0,25				9	0,25			

Tableau 2 : Résultats expérimentaux (charge variable)

Orifice de 6 mm				Orifice de 3 mm			
N°	$h_0(m)$	$h_t(m)$	$t(s)$	N°	$h_0(m)$	$h_t(m)$	$t(s)$
1	0,410	0,390		1	0,410	0,390	
2	0,390	0,370		2	0,390	0,370	
3	0,370	0,350		3	0,370	0,350	
4	0,350	0,330		4	0,350	0,330	
5	0,330	0,310		5	0,330	0,310	
6	0,310	0,290		6	0,310	0,290	
7	0,290	0,270		7	0,290	0,270	
8	0,270	0,250		8	0,270	0,250	

IV. Travail demandé

1. Charge constante

- a) Complétez le tableau 3 ci-dessous et déduire la valeur moyenne de C_d .
- b) Tracez $Q(\sqrt{h})$ à partir des données du tableau 3 et déduire la valeur moyenne de C_d à partir de la pente de la droite lissée.
- c) Comparez les valeurs obtenues par les deux méthodes et dites quelle est l'influence du diamètre et de la charge sur C_d .

2. Charge variable

- a) Complétez le tableau 4 ci-dessous et déduire la valeur moyenne de C_d .
- b) Tracez $t(\sqrt{h_0} - \sqrt{h_t})$ à partir des données du tableau 4 et déduisez la valeur moyenne de C_d à partir de la pente de la droite lissée.
- c) Comparez les valeurs obtenues par les deux méthodes et dites quelle est l'influence du diamètre et de la charge sur C_d .

3. Discutez les résultats obtenus par les quatre méthodes de calcul et comparez l'ensemble avec les données disponibles dans la littérature.

Tableau 3 : Estimation de C_d avec la charge constante

Orifice de 6 mm							Orifice de 3 mm						
N°	$h(m)$	$vol(l)$	$t(s)$	$Q(m^3/s)$	$\sqrt{h}(m^{1/2})$	$C_d(Eq. 2)$	N°	$h(m)$	$vol(l)$	$t(s)$	$Q(m^3/s)$	$\sqrt{h}(m^{1/2})$	$C_d(Eq. 2)$
1	0,40						1	0,40					
2	0,38						2	0,38					
3	0,36						3	0,36					
4	0,34						4	0,34					
5	0,32						5	0,32					
6	0,30						6	0,30					
7	0,28						7	0,28					
8	0,26						8	0,26					
9	0,25						9	0,25					
Valeur moyenne =						...	Valeur moyenne =						...

Tableau 4 : Estimation de C_d avec la charge variable

Orifice 6 mm						Orifice de 3 mm					
N°	$h_0(m)$	$h_t(m)$	$t(s)$	$\sqrt{h_0} - \sqrt{h_t}$	$C_d(\text{éq.5})$	N°	$h_0(m)$	$h_t(m)$	$t(s)$	$\sqrt{h_0} - \sqrt{h_t}$	$C_d(\text{éq.5})$
1	0,410	0,390				1	0,410	0,390			
2	0,390	0,370				2	0,390	0,370			
3	0,370	0,350				3	0,370	0,350			
4	0,350	0,330				4	0,350	0,330			
5	0,330	0,310				5	0,330	0,310			
6	0,310	0,290				6	0,310	0,290			
7	0,290	0,270				7	0,290	0,270			
8	0,270	0,250				8	0,270	0,250			
Valeur moyenne =					...	Valeur moyenne =					...

PARTIE B :

I. But de la manipulation

Détermination du coefficient de vitesse C_v de deux orifices à parois minces de 3 mm et 6 mm de diamètres.

II. Théorie

Soit une particule fluide, se situant au point $M(0,0)$ au temps $t = 0$, qui se déplace avec une vitesse $\vec{V} = u\vec{i} + v\vec{j}$ le long de la trajectoire du jet (figure 1). En négligeant la résistance de l'air, sa vitesse u le long de la direction \vec{ox} reste constante dans le temps. Si u_c est sa vitesse au niveau de la vena-contracta au temps $t = 0$, on déduit que $u(t) = u_c = Cst = C_v\sqrt{2gh}$. Ainsi, après intégration, on aura :

$$x = C_v\sqrt{2gh} \cdot t \quad (6)$$

D'autre part, sachant que sa vitesse le long de \vec{oy} est $v = gt$, on déduit :

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \quad (7)$$

En éliminant le temps t des équations (6) et (7), on déduit l'expression suivante qui permet d'estimer C_v étant donnée x et y :

$$\frac{x^2}{h} = 4C_v^2y \quad (8)$$

III. Procédure expérimentale

- Installez un des orifices (3 ou 6 mm).
- Branchez l'appareil au banc hydraulique et mettez-le à niveau à l'aide de pieds réglables.
- En manipulant le trop plein 2 et la vanne d'alimentation du banc hydraulique, réglez une charge h maximale (≈ 400 mm).
- Attachez une feuille millimétrée sur le tableau 6 à l'aide de l'agrafe 5.
- Alignez les aiguilles le long de la trajectoire du jet d'eau en commençant par l'aval et tracez cette dernière sur le papier millimétré.
- Notez sur le tableau 5 les valeurs de y correspondant à chaque position x .
- Répétez les points e et f pour différentes charges (voir tableau ci-dessous) en manipulant le trop plein 2.

IV. Travail demandé

- Calculer x^2/h pour les deux orifices et portez ces valeurs sur le tableau 6 ci-dessous. Calculez C_v pour différents points et différentes charges puis calculez la valeur moyenne pour chaque charge.
- Tracez x^2/h en fonction de y pour différentes charges à partir du tableau 2. Déterminez les coefficients C_v pour les différentes charges à partir des pentes des courbes tracées.
- Comparez les valeurs obtenues par les deux méthodes et dites quelle est l'influence de h sur le coefficient C_v .
- Commentez les résultats (influence de la charge, des diamètres et erreurs diverses) et comparez les avec ceux disponibles dans la littérature.

Tableau 5 : Résultats expérimentaux (coefficient C_v)

Orifice de 6 mm				Orifice de 3 mm			
N°	$h(m)$	$x(m)$	$y(m)$	N°	$h(m)$	$x(m)$	$y(m)$
0	0,40	0,000		0	0,40	0,000	
1		0,050		1		0,050	
2		0,100		2		0,100	
3		0,150		3		0,150	
4		0,200		4		0,200	
5		0,250		5		0,250	
6		0,300		6		0,300	
7		0,350		7		0,350	
8		0,400		8		0,400	
0	0,350	0,000		0	0,350	0,000	
1		0,050		1		0,050	
2		0,100		2		0,100	
3		0,150		3		0,150	
4		0,200		4		0,200	
5		0,250		5		0,250	
6		0,300		6		0,300	
7		0,350		7		0,350	
8		0,400		8		0,400	
0	0,250	0,000		0	0,250	0,000	
1		0,050		1		0,050	
2		0,100		2		0,100	
3		0,150		3		0,150	
4		0,200		4		0,200	
5		0,250		5		0,250	
6		0,300		6		0,300	
7		0,350		7		0,350	
8		0,400		8		0,400	

Tableau 6 : Estimation de C_v

Orifice de 6 mm						Orifice de 3 mm					
N°	$h(m)$	$x(m)$	$y(m)$	x^2/h	$C_{vi}(Eq.8)$	N°	$h(m)$	$x(m)$	$y(m)$	x^2/h	$C_{vi}(Eq.8)$
0	0,400	0,000				0	0,400	0,000			
1		0,050				1		0,050			
2		0,100				2		0,100			
3		0,150				3		0,150			
4		0,200				4		0,200			
5		0,250				5		0,250			
6		0,300				6		0,300			
7		0,350				7		0,350			
8		0,400				8		0,400			
Valeur moyenne =						Valeur moyenne =					

Tableau 6 : Estimation de C_v (suite 1)

Orifice de 6 mm						Orifice de 3 mm					
N°	$h(m)$	$x(m)$	$y(m)$	x^2/h	$C_{vi}(Eq.8)$	N°	$h(m)$	$x(m)$	$y(m)$	x^2/h	$C_{vi}(Eq.8)$
0	0,350	0,000				0	0,350	0,000			
1		0,050				1		0,050			
2		0,100				2		0,100			
3		0,150				3		0,150			
4		0,200				4		0,200			
5		0,250				5		0,250			
6		0,300				6		0,300			
7		0,350				7		0,350			
8		0,400				8		0,400			
Valeur moyenne =						Valeur moyenne =					

Tableau 6 : Estimation de C_v (suite 2)

Orifice de 6 mm						Orifice de 3 mm					
N°	$h(m)$	$x(m)$	$y(m)$	x^2/h	$C_{vi}(Eq.8)$	N°	$h(m)$	$x(m)$	$y(m)$	x^2/h	$C_{vi}(Eq.8)$
0	0,250	0,000				0	0,250	0,000			
1		0,050				1		0,050			
2		0,100				2		0,100			
3		0,150				3		0,150			
4		0,200				4		0,200			
5		0,250				5		0,250			
6		0,300				6		0,300			
7		0,350				7		0,350			
8		0,400				8		0,400			
Valeur moyenne =						Valeur moyenne =					