

*REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE*  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**Ecole Supérieure en Génie Electrique et Energétique d'Oran**

**Département des classes préparatoires**

*POLYCOPIÉ*

**TRAVAUX PRATIQUES**

*HYDROSTATIQUE  
ET  
HYDRODYNAMIQUE*

**2<sup>ème</sup> année CPST- S3**

**Réalisé par :**

*Dr. AKERMI. Nasreddine*

*Dr. KHORSI. Azzeddine*

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2019-2020**

## **SOMMAIRE**

INTRODUCTION

**TP-1** : FORCE DE POUSSEE HYDROSTATIQUE SUR UNE PAROI PLANE  
VERTICALE ..... (2)

**TP-2** : ECOULEMENT D'EAU DANS UN TUBE DE VENTURI .....(5)

**TP-3** : ECOULEMENT D'EAU TRAVERSANT UN DEVERSOIR ..... (8)

BIBLIOGRAPHIE

## INTRODUCTION GENERALE

Les travaux pratiques de mécanique des fluides appliquée, se veulent avant tout, un complément indispensable aux cours et travaux dirigés.

Vu l'importance de la mécanique des fluides dans l'industrie, pour sa formation l'étudiant doit connaître les différentes méthodes de mesure de débit, de vitesse et de pression. Actuellement, cette mécanique s'enseigne dans des départements spécialisés d'une culture en mathématiques appliquée et bien couplée au monde industriel.

Ce polycopié est destiné aux étudiants de deuxième année des classes préparatoires aux écoles supérieures et aux étudiants du semestre 3 des sciences techniques du système LMD. Il va de soit qu'il peut servir avantageusement aux autres catégories d'étudiants au curriculum desquels figure un programme de mécanique important. Il contient TP détaillés, avec leurs résolutions. Il est rédigé avec un style très simple, qui permet aux étudiants du premier cycle universitaire une compréhension rapide.

A cet effet, nous proposons une description détaillée des différentes méthodes de mesures pour aider l'étudiant à mener à bien ses travaux pratiques sans avoir souvent recours à la bibliographie.

L'étudiant doit préparer la théorie de chaque TP, avant de commencer les manipulations. Nous lui recommandons aussi, de procéder au calcul d'erreur en rédigeant chaque TP, afin qu'il puisse se rendre compte de l'erreur qu'on peut faire lors d'une mesure.

# TRAVAUX PRATIQUES DE MECANIQUE DES FLUIDES

## TP1

### FORCE DE POUSSEE HYDROSTATIQUE SUR UNE PAROI PLANE VERTICALE



ANNEE UNIVERSITAIRE 2019-2020

Dr. AKERMI. N  
Dr KHORSI. A

## 1. RAPPEL

Une force de pression sur une surface plane à orientation arbitraire est égale au produit de l'aire de la surface mouillée de la paroi par la pression que subit son centre de gravité et est dirigée suivant la normale intérieure par rapport au plan d'action

$$F_p = P_{cg} \cdot A_{imm} \quad (1.1)$$

$$F_p = \rho \cdot g \cdot h_{cg} \cdot A \quad (1.2)$$

Où  $F_p$  = la force de pression en n ;  $\rho$  : la masse volumique du liquide en  $\text{kg/m}^3$  ;

$g$  : l'accélération de la pesanteur en  $\text{m/s}^2$  ;  $h_{cg}$  : la hauteur du centre de gravité,

$A_{imm}$  : l'aire de surface mouillée de la paroi, en  $\text{m}^2$ .

## 2. OBJECTIF

- 1- Déterminer la force de poussée hydrostatique ;
- 2- Déterminer la position du centre de pression ;
- 3- Vérifier les valeurs théoriques et expérimentales ;

## 3. PRINCIPE DE MANIPULATION

En faisant varier le niveau d'eau dans le banc d'essai, la force exercée sur la partie immergée du volume (un quart de cylindre) varie. La force appliquée sur la surface plane verticale crée un moment par rapport au pivot (Figure. 1.1).

On ramène le volume à sa position initiale en ajoutant des poids sur le plateau prévu à cet effet. Le plateau (y compris le poids) crée un moment par rapport au pivot égal à celui de la force appliquée sur la surface plane verticale.

Six forces sont en jeu sur ce montage.

- La force gravitationnelle qui agit sur les masses déposées sur le plateau  $F_g$ ,
- Le poids du quart de cylindre  $W_1$ , celui de la poutre  $W_2$
- Les trois forces qui agissent respectivement sur la surface courbée inférieure du volume  $F_{C1}$ , sur la surface courbée supérieure  $F_{C2}$  et sur la surface plane  $F_p$ .

Etablir l'équilibre des forces par rapport au pivot. En ajustant le centre de gravité de la poutre à l'aide du poids d'ajustement (contre poids), on peut s'assurer que les moments créés par  $W_1$  et  $W_2$  s'annulent.

Les forces  $F_{C1}$  et  $F_{C2}$  passant directement par le pivot et ne créent donc aucun moment. Les deux seules forces créant un moment sont donc  $F_g$  et  $F_p$  à l'équilibre, on peut écrire :

$$F_g \cdot D = F_p \cdot L \quad (1.3)$$

En ajustant la masse  $m$  créant la force  $F_g$  et en ramenant la poutre à son état initial on peut donc trouver directement la force de poussée hydrostatique appliquée sur la surface plane verticale.

#### 4. MANIPULATION

Le montage est effectué suivant la figure 01. La procédure est la suivante :

- 1- Vider le bac
- 2- Ajuster le niveau horizontal du bac ;
- 3- Equilibrer le montage à l'aide du contre poids monté sur la balance ;
- 4- Remplir le bac avec de l'eau
- 5- Accrocher le plateau des poids (50 g) et ajouter les masses de façon à établir un nouvel équilibre de la balance ;
- 6- A l'équilibre, lire le niveau d'eau « h » dans le bac à partir de la base du quart de corps immergé.
- 7- Ouvrir la vanne et laisser écouler un peu d'eau ;
- 8- Reprendre les étapes 5-6-7 ; (Prendre 6 mesures au total, espacées également) :
  - 03 mesures pour la surface plane entièrement immergée ( $h > 10$  cm).
  - 03 mesures pour la surface plane partiellement immergée ( $h < 10$  cm).

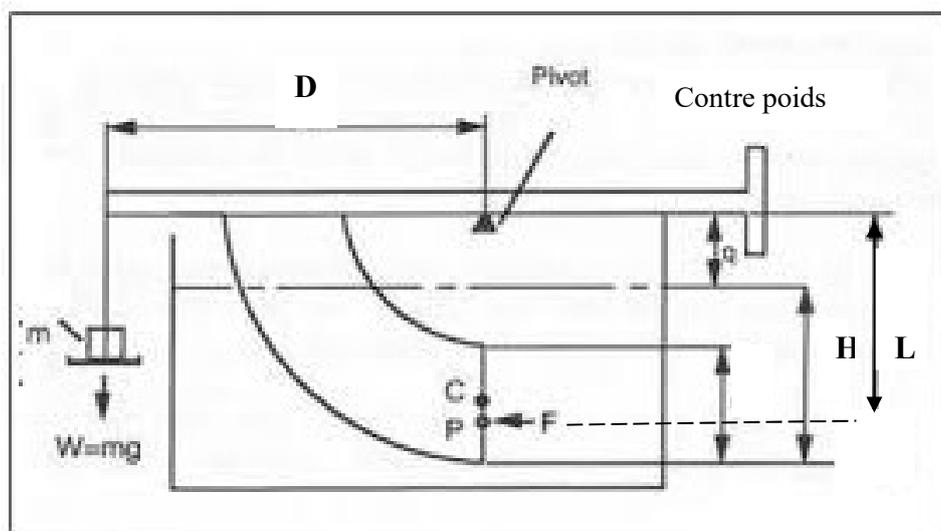


Figure. 1.1 : Banc d'essai hydrostatique

**5. TRAVAUX DEMANDES**

1. Mesurer les dimensions nécessaires pour le calcul.
2. Calculer la force de poussée hydrostatique et la position de son point d'application (centre de poussée).
3. Comparer la force de poussée et le centre de poussée théoriques et avec ceux obtenues expérimentalement à l'aide des moments.
4. Présenter un tableau comprenant au minimum les données suivantes :

Niveau d'eau (mm)	Masse (gr)	Centre de Poussée (mm)	Force de poussée théorique (N)	Force de poussée expérimentale (N)	Différence %

**6. CONCLUSION**

Discuter les différences observées et leurs causes.

# TRAVAUX PRATIQUES DE MECANIQUE DES FLUIDES

## TP2

### ECOULEMENT D'EAU DANS UN TUBE DE VENTURI



ANNEE UNIVERSITAIRE 2019-2020

Dr. AKERMI. N  
Dr KHORSI. A

## 1. INTRODUCTION

L'effet Venturi (du nom du physicien italien Giovanni Battista Venturi) est le nom donné à un phénomène de la dynamique des fluides où les particules gazeuses ou liquides se retrouvent accélérées à cause d'un rétrécissement de leur zone de circulation.

Il est également à noter que l'accélération du vent occasionne une chute de la température (décompression adiabatique) et favorise la condensation dans un milieu gazeux. On peut comprendre cet effet avec le théorème de Bernoulli.

L'appareil de Bernoulli (tube de Venturi) est utilisé pour mesurer le débit de fluide qui traverse une conduite. L'eau qui est supposée comme fluide incompressible circule dans la conduite et passe par un convergent, qui se termine par un col de section inférieure. Après le col le fluide passe dans un divergent, où il perd de sa vitesse et remonte en pression (Figure 2.1).

La vitesse de l'écoulement augmente dans ce convergent ; cette augmentation de vitesse correspond par ailleurs à une diminution de la pression en fonction du débit.

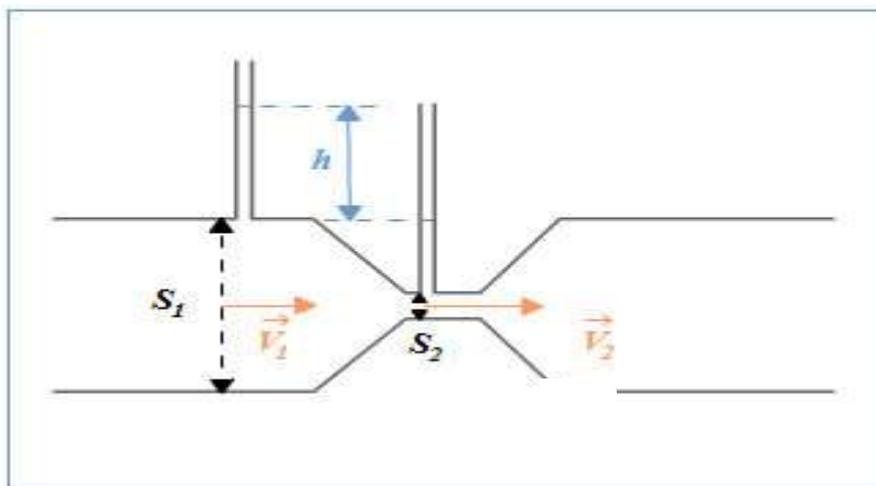


Figure 2.1. Tube de venturi

## 2. APPLICATION DE VENTURI

Considérant l'écoulement d'un fluide incompressible dans un convergent et un divergent d'une conduite. La section d'entrée (1) a une surface  $S_1$ , la section du col (2) à une surface  $S_2$ .

En négligeant les pertes de charges dues aux frottements et aux singularités le long de tube de Venturi et supposant que les vitesses et les hauteurs piézométriques sont constantes dans chaque section de la conduite. D'après le théorème de Bernoulli :

$$P_{Totale} = Cte$$

En appliquant l'équation de Bernoulli entre deux sections (a), et (b) de tube  
Où  $\rho$  est la masse volumique de l'eau douce égale  $1000 \text{ Kg/m}^3$  :

$$p_a - p_b + \frac{1}{2}(\rho v_a^2 - \rho v_b^2) + \rho(Z_a - Z_b) = 0 \quad (2.1)$$

D'après le principe de conservation de débit :

$$S_a V_a = S_b V_b \quad (2.2)$$

Supposant que le tube est horizontal  $Z_a = Z_b$  la relation (2.1) s'écrit :

$$P_a - P_b = \frac{1}{2} \rho V_a^2 (S_a^2 / S_b^2 - 1) \quad (2.3)$$

La relation de débit théorique est écrite :

$$Q_v = S_1 \sqrt{\frac{2(p_a - p_b)}{\rho(S_a^2/S_b^2 - 1)}} \quad (2.4)$$

### 3. MATERIEL PEDAGOGIQUE

L'appareil utilisé est constitué d'un tube en plexi-glace contenant le tube de Venturi et d'un réservoir d'eau équipé d'une pompe centrifuge qui assure l'écoulement de l'eau emmagasinée en circuit fermé, des prises de pression ont été percées au niveau du convergent et du divergent du Venturi ainsi que le col.

Les prises de pression sont reliées à des tubes manométriques verticaux montés en face d'échelles graduées en (mm). Les tubes manométriques sont reliés entre eux à leurs extrémités supérieures par un collecteur, équipé d'une valve, permettant de régler la quantité d'air contenue dans l'appareil. On a 6 sondes de pression repérées de 1 à 6 à distances égales.

### 4. MANIPULATION

#### 4.1. Etude de la répartition de pression le long du tube de Venturi :

On fixe le débit de l'eau à l'aide de la vanne de réglage, on mesure les pressions statiques aux points 1 à 6.

On fait varier le débit et on procède aux mêmes mesures (tableau 2.1) :

	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>
Débit1						
Débit2						
Débit3						
Débit4						
Débit5						
Débit6						

#### 4.2. Mesures du débit volumique à travers le tube de Venturi :

Lire les hauteurs manométriques aux points de mesures et déduire les différences de pression entre chaque deux points (tableau 2.2) :

	P <sub>1</sub> -P <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> - P <sub>5</sub>	P <sub>3</sub> - P <sub>5</sub>	P <sub>4</sub> - P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub> - P <sub>5</sub>
Débit1					
Débit2					
Débit3					
Débit4					
Débit5					
Débit6					

#### 4.3. Résultats : Pour un débit constant

- 1) Calculer les sections du tube de Venturi aux différents points de diamètres : d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>, d<sub>3</sub>, d<sub>4</sub>, d<sub>5</sub> et d<sub>6</sub> et préciser leurs vitesses et leurs pressions (tableau 2.3) :

Diamètre	1	2	3	4	5	6
Section (m <sup>2</sup> )						
Vitesse v						
Pression P						

- 2) Tracer et interpréter le graphe : vitesse en fonction de la section  $v=f(S)$  de la répartition de la vitesse le long du tube de Venturi (conclure).

- 3) Tracer et interpréter le graphe : Pression en fonction de la section  $P=f(S)$  de la répartition de la pression le long du tube de Venturi.

- 4) Déterminer le coefficient de débit (tableau 2.4)

Sachant que :  $Q_v(\text{réel}) = \alpha \cdot Q_v(\text{théorique})$  (2.5)

Section	1	2	3	4	5	6
Débit Q <sub>v</sub> (théorique)						
Débit Q <sub>v</sub> (réel)						

## 5. Conclusion

Discuter les différents résultats obtenus.

# **TRAVAUX PRATIQUES DE MECANIQUE DES FLUIDES**

## **TP3**

### **ECOULEMENT D'EAU TRAVERSANT UN DEVERSOIR**



ANNEE UNIVERSITAIRE 2019-2020

Dr. AKERMI. N  
Dr. KHORSI. A

## 1. INTRODUCTION

Le débit d'un cours d'eau peut être mesuré de façon simple en utilisant la méthode des déversoirs. Deux types de déversoirs sont proposés ici : triangulaire ou rectangulaire

## 2. BUT DE TP :

Le but de cette expérience est d'établir la relation entre le débit et la hauteur d'eau déversée pour deux déversoirs à parois minces de formes rectangulaire et triangulaire et déduire les valeurs respectives des coefficients de débit.

## 3. MATERIEL UTILISE :

1. Banc – Hydraulique : constitué d'un réservoir et une pompe centrifuge immergée.
2. Comparateur : mesurant la hauteur (niveau d'eau dans chaque déversoir).

## 4. MODE OPERATIONNEL

### 3.1. La mise a niveau de l'appareil :

- On remplit l'appareil jusqu'à ce que le niveau d'eau soit légèrement inférieur à la crête du déversoir :
- Dans le cas d'un déversoir rectangulaire on vérifie que le niveau d'eau est correct à l'aide d'une règle graduée.
- Dans le cas d'un déversoir triangulaire on considère que le niveau d'eau est correct si l'image de vue est à la surface d'eau.
- Après avoir obtenu un niveau d'eau correct pour les deux (02) déversoirs, on règle l'échelle de la jauge à zéro (0) après avoir mis en contact la pointe de cette jauge avec les surfaces libre.

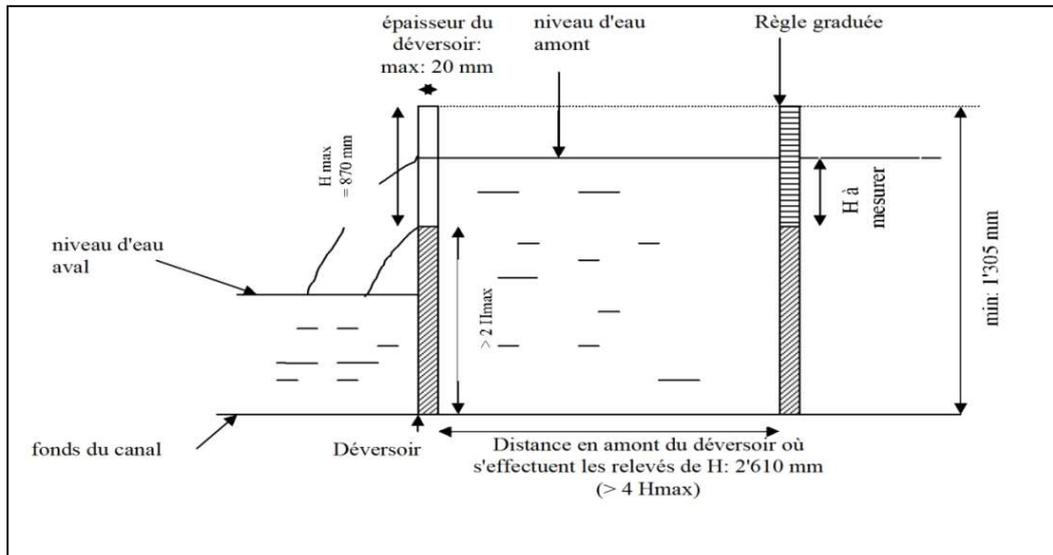
### 4.1. Prise des mesures :

Les mesures des hauteurs et débits correspondant se font pour différentes conditions d'alimentation obtenues en réglant la hauteur d'eau (charge d'eau déversée).

### 4.2. Description de l'appareil

L'appareil est constitué d'un canal alimenté par un banc hydraulique. A la sortie du canal, une rainure est prévue pour y placer le déversoir à étudier dont deux types : rectangulaire

et triangulaire. L'eau déversée par une cuve de vidange pour être ensuite restituée au banc hydraulique. Pour assurer la mise à niveau, l'appareil est porté sur des pieds réglables qui permettent d'ajuster l'horizontalité du canal (Figure. 3.1).



**Figure. 3.1 :** Banc d'essai

## 5. MANIPULATION :

1. Placer le déversoir à la sortie du canal.
2. Ouvrir complètement la vanne d'alimentation du banc hydraulique.
3. Laisser stabiliser le niveau d'eau dans le canal (au niveau de la crête inférieure du Déversoir).
4. Placer la règle au niveau de la surface libre et la remettre à zéro
5. Ouvrir complètement la vanne d'alimentation.
6. Relever la hauteur d'eau déversée en utilisant la jauge limnimétrie.
7. Mesurer le débit d'eau déversée en recueillant un volume d'eau dans un récipient pendant un temps défini.
8. Refaire la même procédure pour plusieurs hauteurs différentes.

## 6. LES TYPES DES DEVERSOIRS

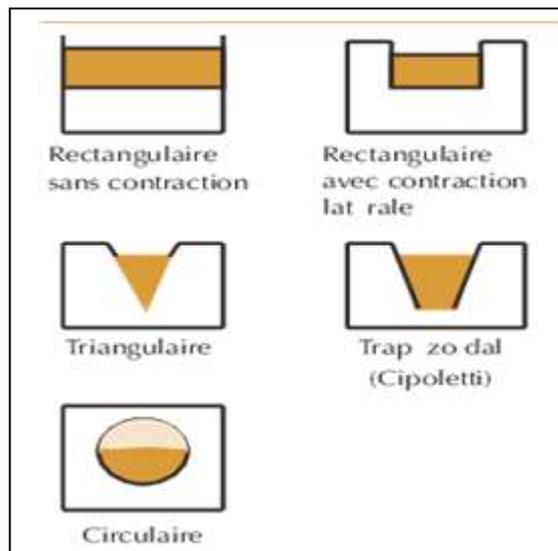


Figure. 3.2 : Types des déversoirs

### 6.1. Déversoir triangulaire :

• Débit théorique :

$$Q_{Tri} = \frac{8}{15} \cdot \text{tg} \frac{\theta}{2} \cdot \sqrt{2g} H^{\frac{5}{2}} \left[ \frac{m^3}{s} \right] \quad (3.1)$$

Avec : H : la charge du déversoir (m) ;

$\theta$  : Angle d'ouverture du déversoir.

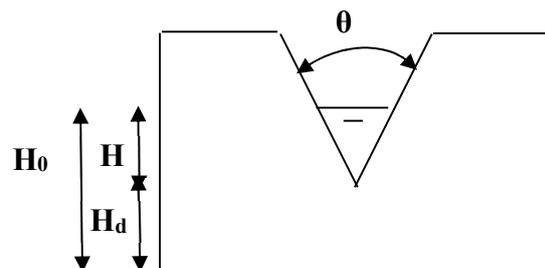


Figure. 3.3 : Déversoir triangulaire

### 6.2. Déversoirs rectangulaires :

Le principe d'utilisation de ce déversoir est le même que celui triangulaire. Il est plus adapté aux débits supérieurs à 5 l/s.

• Débit théorique :

$$Q_{REC} = \frac{2}{3} \cdot b \cdot \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \left[ \frac{m^3}{s} \right] \quad (3.2)$$

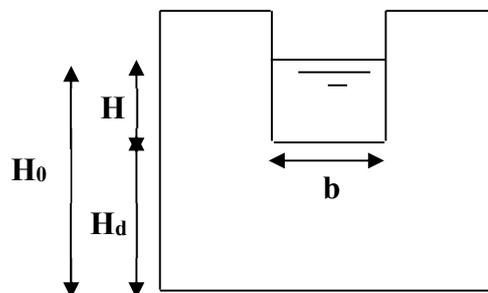


Figure. 3.4 : Déversoir rectangulaire

Avec : H : la charge du déversoir (m) ;

b : largeur d'ouverture du déversoir (m).

g : accélération de la pesanteur ( $g=10 \text{ m/s}^2$ )

## 7. TABLEAUX DES MESURES :

**Tableau No1 : Déversoir triangulaire**

	Débit Exp ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Angle de dév Tri ( $^\circ$ )	$H_0$ (mm)	$H_d$ (mm)	H (mm)
$Q_v$ min			1. 2. 3.	60	1. 2. 3.
$Q_v$ moy			1. 2. 3.	60	1. 2. 3.
$Q_v$ max			1. 2. 3.	60	1. 2. 3.

**Tableau No2 : Déversoir rectangulaire**

	Débit Exp ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Largeur de dév b (mm)	$H_0$ (mm)	$H_d$ (mm)	H (mm)
$Q_v$ min			1. 2. 3.	60	1. 2. 3.
$Q_v$ moy			1. 2. 3.	60	1. 2. 3.
$Q_v$ max			1. 2. 3.	60	1. 2. 3.

**Tableau No3 : Déversoir triangulaire**

	Débit Exp ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$S_{\text{mou}}$ ( $\text{m}^2$ )	V moy (m/s)	$Q_v$ théo	C déver
$Q_v$ min					
$Q_v$ moy					
$Q_v$ max					

**Tableau No4 : Déversoir rectangulaire**

	Débit Exp (m <sup>3</sup> /s)	S <sub>mou</sub> (m <sup>2</sup> )	V moy (m/s)	Q <sub>v</sub> théo	C déver
Q <sub>v</sub> min					
Q <sub>v</sub> moy					
Q <sub>v</sub> max					

**8. COEFFICIENT DE DEVERSOIR C<sub>dév</sub> :**

En fait l'écoulement présente une contraction importante de la section de l'écoulement quand il franchit le déversoir ce que conduira à une réduction de débit.

Pour tenir compte de cette contraction on introduit un coefficient de débit ' C<sub>dév</sub> ' ce coefficient de débit ' C<sub>dév</sub> ' est déterminé expérimentalement pour chaque déversoir d 'après la formule suivante :

$$C_{dév} = \frac{Q_{exp}}{Q_{th}} < 1 \quad (3.3)$$

{ Q<sub>exp</sub> : Débit expérimental }  
 { Q<sub>th</sub> : Débit théorique }

**9. TRAVAUX DEMANDES**

1- Remplir les tableaux des mesures

2- Tracer les graphes :

Q<sub>v</sub> = f(H<sup>5/2</sup>) pour le déversoir triangulaire.

Q<sub>v</sub> = f(H<sup>3/2</sup>) pour le déversoir rectangulaire.

**10. CONCLUSION**

Interpréter les résultats obtenus.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Mécanique des Fluides Appliquée, Dominique Laurence, Esposito, Chabard, Pont et Chaussée, Paris, 2004
- [2] Étude cinématique des fluide, Cours PC Brizeux Ch. DF2 : 2006
- [3] Cours de Mécanique des fluides J.ROUSSEL C.P.I.2 - Chem.I.St2 : 2005-2006
- [4] Mécanique des Fluides ; Olivier CAUDRELIER, Centre de Préparation aux Concours Paramédicaux
- [5] Cours CIRA 1ère année, PASCAL BIGOT, 2012
- [6] Transmission des puissances hydrauliques et pneumatiques, BOUAJILA SOFIANE,
- [7] Mécanique des Fluides, Pr. Henri BROCH, Université Nice Sophia Antipolis, 2006
- [8] Mécanique des fluides Approfondie, Ecoulements visqueux, turbulence, couche limite et Ecoulements Transitoires, METICHE MEHDI, centre universitaire de Béchar, octobre 2004
- [9] Travaux pratiques de mécanique des fluides et hydraulique, M. Adjim, Université de A.B.B de Tlemcen, Faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, 31/03/2008.