

Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
2^{ème} Année Tronc commun ST



Travaux Pratiques De Mécanique Des Fluides

Préparé par :

Dr. AIDI Amel & M. AL-HAZEEF Mazen

2022/2023

Sommaire

Comment rédiger un compte rendu de Travaux Pratiques.....	2
TP N°1 : Viscosité à chute de bille	5
TP N° 2 : Théorème de Bernoulli	10
TP N°3 : Régime d'écoulement	15
TP N°4 : Mesure de débit.....	19

Comment rédiger un compte rendu de Travaux Pratiques

Un compte rendu de TP doit permettre à quelqu'un qui n'a jamais le TP de comprendre ce que vous avez fait et pourquoi vous l'avez fait.

Suivez ces recommandations pour bien rédiger votre compte rendu :

N°1 : titre du TP

Commencez par mettre un titre à votre TP, en général ce titre est déjà présent sur le polycopié donné par l'enseignant.

N°2 : Structure claire

Organisez votre compte rendu en sections claires et cohérentes, telles que l'introduction, le but de l'expérience, une petite partie théorique, les matériaux et méthodes utilisés, les résultats obtenus, l'analyse des résultats, les discussions et les conclusions.

N°3 : Introduction

Décrivez brièvement l'importance du sujet étudié.

N°4 : objectif du TP

Ecrire en quelques mots ce que vous allez chercher dans ce TP.

N°5 : Partie théorique

Dans la partie théorique, exposez les concepts et les principes fondamentaux qui sont pertinents pour les travaux pratiques. Expliquez les théories, les lois, les équations ou les modèles qui sont liés à l'expérience. Utilisez des références académiques fiables pour appuyer vos explications. Assurez-vous de présenter les informations de manière claire et concise, en évitant les détails superflus.

N°6 : Méthodologie

Rédiger la liste des matériaux et équipements utilisés. Expliquez les étapes de l'expérience (dans ce cas commencer chaque étape par un verbe à l'infinitif) et les paramètres mesurés et les techniques spécifiques mises en œuvre. Faire le ou les schémas des expériences que vous avez faites afin de vérifier vos hypothèses. Fournissez suffisamment d'informations pour que quelqu'un puisse reproduire l'expérience. Utilisez des phrases claires et des listes à puces si nécessaire.

N°7 : Résultats

Présentez les résultats de manière organisée et compréhensible. Utilisez des tableaux, des graphiques, des diagrammes ou des figures pour illustrer vos résultats de manière visuelle. Assurez-vous d'inclure les unités de mesure appropriées et d'étiqueter correctement vos graphiques et tableaux. Analysez les résultats de manière objective et tirez des conclusions pertinentes.

N°8 : Analyse des résultats et discussion

Dans cette section, interprétez vos résultats et discutez de leur signification. Comparez vos résultats avec les attentes théoriques et discutez des éventuelles sources d'erreur ou d'incertitude. Identifiez les tendances, les modèles ou les observations inattendues et proposez des explications plausibles. Discutez des implications de vos résultats et de leurs limites.

Vos expériences vous ont-elles permis de conclure quant à vos hypothèses ? Expliquez

Remarque : Vous pouvez rectifier vos hypothèses si besoin. Avoir une hypothèse fautive n'est pas une erreur mais laisser une hypothèse fautive en est une !

Attention à ne pas confondre observation et interprétation : j'observe que ... (c'est l'observation) donc j'en conclus que ... (c'est l'interprétation).

N°9 : Conclusion

Faire une conclusion, elle représente un résumé de ce que l'on a découvert en TP. Résumez les principales conclusions de l'expérience et soulignez leur importance. Indiquez si les objectifs fixés au départ ont été atteints et discutez des éventuelles limites de l'expérience. Évoquez également les perspectives d'amélioration ou de développement ultérieur.

N°10 : Références

Si vous avez utilisé des sources externes, assurez-vous de les citer correctement selon les normes de citation académiques appropriées (par exemple, APA, MLA, etc.).

N°10 : Utilisation de Microsoft Word

Lors de la rédaction de votre compte rendu, suivez ces recommandations pour la mise en page et la présentation :

a. Marges : Définissez les marges de votre document selon les spécifications suivantes : 2,5 cm à gauche, 2 cm en haut, 2 cm à droite, 2 cm en bas. Cela assurera une présentation uniforme et permettra une lecture aisée.

b. Police de caractère : Utilisez la police de caractère *Times New Roman* avec une taille de police de 12 points pour le corps du texte. Utilisez une taille de police de 14 points en gras pour les titres de section afin de les distinguer clairement.

c. Interligne : Définissez l'interligne à 1,5 point pour améliorer la lisibilité du texte. Cela permettra une meilleure séparation entre les lignes et facilitera la lecture.

d. Titres des graphiques et tableaux : Pour chaque graphique ou tableau inclus dans votre compte rendu, ajoutez un titre descriptif au-dessus de celui-ci. Les titres doivent être clairs et informatifs, permettant aux lecteurs de comprendre rapidement le contenu du graphique ou du tableau.

e. Numérotation des pages : Activez la numérotation automatique des pages dans votre document. Cela permettra aux lecteurs de se repérer facilement et de naviguer dans votre compte rendu.

f. Méthode de remplissage d'un tableau : Pour remplir un tableau, utilisez la fonctionnalité de tableau de Microsoft Word. Insérez le tableau dans votre document et remplissez les cellules avec les données appropriées. En bas de chaque tableau, ajoutez un exemple d'application numérique qui illustre les données du tableau. Assurez-vous que l'exemple est clairement séparé du reste du texte et qu'il est facilement identifiable comme exemple associé au tableau correspondant.

g. Page de garde : Créez une page de garde qui comprendra les éléments suivants : le titre du travail pratique, le numéro de groupe, la spécialité, les noms et prénoms des étudiants, les noms et prénoms des enseignants, et l'année universitaire. Assurez-vous que ces informations sont clairement visibles et bien formatées.

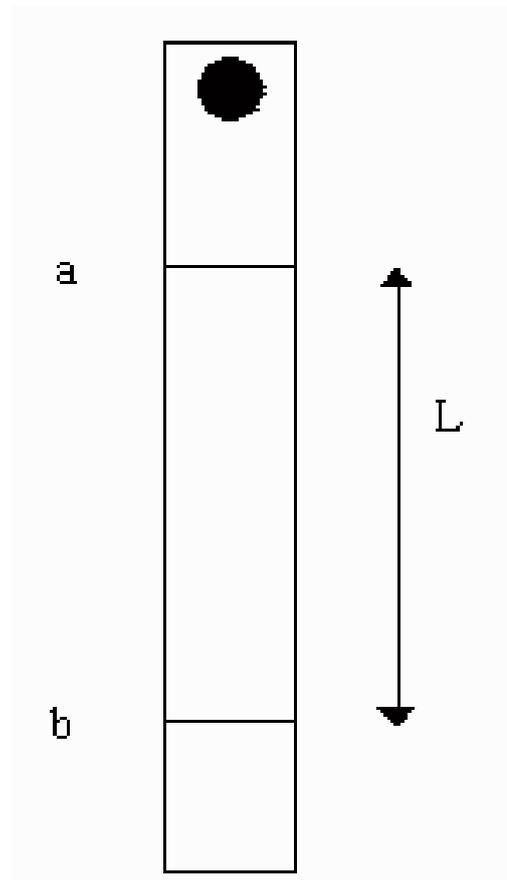
TP N°1 : Viscosité à chute de bille

I. Objectif

Déterminer la viscosité d'un fluide en mesurant la vitesse de chute d'une bille de faible diamètre à travers ce fluide.

II. Matériel

Un viscosimètre à chute de bille est un dispositif très simple à mettre en place. Il s'agit d'un long tube transparent de diamètre D qui comporte deux traits repères A et B . Le tube vertical est rempli du fluide à étudier, dans lequel chute une bille sphérique de masse m et diamètre d suffisamment petit par rapport au diamètre de l'éprouvette D .



III. Etude théorique

On considère une bille de rayon r qu'on laisse tomber dans un fluide visqueux. La bille est soumise à son poids P , à la poussée d'Archimède F_A et à la force de freinage F_f exercée par le fluide sur la bille. Cette dernière est donnée par la relation de Stokes.

TP N°1 : Viscosimètre à chute de bille

Si l'on considère un axe vertical Oz orienté vers le bas ces forces s'écrivent :

- Le poids de la bille :

$$P = m_{bille} \times g = \rho_{bille} \times V_{bille} \times g$$

m_{bille} : la masse de la bille

ρ_{bille} : la masse volumique de la bille

V_{bille} : le volume de la bille

g : L'accélération de la pesanteur

- La poussé d'Archimède:

$$F_A = -\rho_{fluide} \times V_{bille} \times g$$

ρ_{fluide} : la masse volumique du fluide.

V_{bille} : le volume de la bille.

- La force de frottement visqueuse ou force de traînée :

$$F_f = -f * \pi r^2 * (\rho_{fluide} * v^2 / 2)$$

r : le rayon de la bille

μ : la viscosité dynamique du fluide

v : la vitesse limite de chute de la bille dans le fluide.

f : est le coefficient de traînée

Application de deuxième loi de Newton (Loi fondamental de la dynamique) :

$$\sum F_{ext} = m * \vec{a}$$

$$m_{bille} * \frac{dv}{dt} = P - F_{fr} - F_A = \frac{4}{3}\pi * r^3 * \rho_s * g - f * S * \frac{1}{2} * \rho_{liq} * v^2 - \frac{4}{3}\pi * r^3 * \rho_{fluide} * g$$

$$m_{bille} * \frac{dv}{dt} = \frac{4}{3}\pi * r^3 * g * (\rho_{bille} - \rho_{fluide}) * g - f * S * \frac{1}{2} * \rho_{fluide} * v^2$$

❖ Si $\rho_{bille} \gg \rho_{fluide}$, on peut négliger la pousse d'Archimède

❖ Si l'écoulement est glissant, c-a d $Re \leq 0.1$, le coefficient de traînée $f = \frac{24}{Re}$,

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu}$$

Et la force de traînée dite force visqueuse de stockes $F_{st} = 6\mu\pi r v$

Donc,

TP N°1 : Viscosimètre à chute de bille

$m_s * \frac{dv}{dt} = m_s * g - 6\mu\pi r v$ est un équation différentiel ordinaire (EDO) de premier ordre

L'intégration de cette équation va donner :

$$v(t) = \frac{m_s * g}{6\mu\pi r} * \left[1 - e^{\left(-\frac{6\mu\pi r}{m_s} * t\right)} \right] \text{ (Equation I)}$$

La position de la bille en fonction de temps :

$$L(t) = \frac{m_s * g}{6\mu\pi r} * t + \left(\frac{m_s}{6\mu\pi r}\right)^2 * g * e^{\left(-\frac{6\mu\pi r}{m_s} * t\right)} \text{ (Equation II)}$$

L'expression de vitesse limite :

$$v_{limit} = \frac{m_s * g}{6\mu\pi r} \text{ (Equation III)}$$

❖ Mouvement uniforme

Lors que la bille, atteint sa vitesse de chute limite (vitesse maximale) : son mouvement est alors rectiligne uniforme. Le principe de la dynamique donne :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow P + F_A + F_f = 0$$

$$\rho_{bille} \times V_{bille} \times g - \rho_{fluide} \times V_{bille} \times g - 6\pi \times r \times \mu \times v = 0$$

Ce qui nous permet d'établir l'expression de la viscosité dynamique du fluide :

$$\mu = \frac{V_{bille} * g}{6\pi \times r \times v} * (\rho_{bille} - \rho_{fluide}) \text{ (Equation IV)}$$

IV. Mode opératoire

Dans ce TP on utilise une bille en matériau (Ni-Fe) de masse volumique $\rho = 8.1 \text{ g/cm}^3$ et de diamètre $d = 15.6 \text{ mm}$ pour déterminer expérimentalement la viscosité dynamique de l'huile à deux températures : $T=20^\circ\text{C}$, $T=25^\circ\text{C}$, $T=30^\circ\text{C}$, $T=35^\circ\text{C}$, $T=40^\circ\text{C}$ et $T=45^\circ\text{C}$.

La masse volumique et la viscosité dynamique théorique de la glycérine sont données dans le tableau suivant : $\rho_{huile} = 1.18 \text{ g/cm}^3$

Expérience

TP N°1 : Viscosimètre à chute de bille

Pour déterminer la viscosité dynamique d'huile à une température donnée, on suit les étapes suivantes :

- On lâche la bille, sans vitesse initiale dans l'huile contenue dans l'éprouvette cylindrique.
- A l'aide d'un chronomètre, on mesure le temps de chute de la bille Δt entre les deux repères A et B distants de ($L = 10 \text{ cm}$), ce qui nous permet de calculer la vitesse de la bille et de déterminer la viscosité dynamique en appliquant l'équation (IV).

Le repère A est placé de façon telle que la bille lorsqu'elle passe à son niveau a atteint sa vitesse de chute limite (vitesse maximale) : son mouvement est alors rectiligne uniforme.

- Nous retirons la bille de la glycérine à l'aide d'un aimant et répétons l'expérience à nouveau.

TP N°1 : Viscosimètre à chute de bille

V. Travail demandé

1. Compléter le tableau 1 :

Tableau 1

La distance: L (m)	Masse volumique de la bille (Kg/m^3)	Rayon de la Bille (m)	Volume de la bille (m^3)	Masse volumique du fluide (Kg/m^3)
0,1				

2. Pour chaque température, compléter le tableau 2 et calculer la viscosité de l'huile.

Tableau 2

Temperature ($^{\circ}C$)	Temps t (s)	La Vitesse : $v = L/t$ (m/s)	La viscosité dynamique μ ($Pa \cdot s$)

3. Vérifier que l'écoulement est glissant (Pour une seule expérience).
4. Etablir la loi de vitesse de chute de bille $v=f(t)$ (Equation I) et celle de sa position en fonction de temps $L=f(t)$ (Equation II).
5. Déduire l'expression de la vitesse limite v_{limit} (Equation III).
6. Pour chaque température, calculer la vitesse limite avec l'expression analytique et la comparer avec le résultat expérimental.
7. Tracer $\mu=f(T)$, $\ln \mu=f(1/T)$. Commenter.
8. La loi d'Eyring pour les liquides est : $\ln \mu = \alpha + \frac{B}{T}$. Déterminer les constantes α et β .
Que peut-on dire de leurs unités ?

TP N° 2 : Théorème de Bernoulli

I Objectifs

L'expérience consiste à comprendre et vérifier le théorème de Bernoulli à l'aide d'un Venturi (convergent + divergent), Les objectifs de ce TP sont :

- Etudier les caractéristiques d'une venturi ;
- Appliquer les notions fondamentales sur les écoulements ;
- Mesurer les hauteurs h_1, \dots, h_8 ;
- déterminer la vitesse moyenne et le débit d'un écoulement de fluide.

Le « premier » théorème de Bernoulli énonce que pour un écoulement stationnaire de fluide parfait incompressible avec forces de masse dérivant d'un potentiel, *la charge totale* se conserve sur chaque ligne de courant, mais peut varier d'une ligne de courant à une autre. Il s'agit donc du principe de conservation d'énergie mécanique adapté aux fluides en mouvement.

II Notions théoriques

En tenant compte des hypothèses citées précédemment, le théorème de Bernoulli peut être formulé mathématiquement à l'aide de la seconde loi de Newton. L'équation qui en résulte (équation de Bernoulli) s'écrit sous plusieurs formes dont celle recommandée dans le cas des liquides est donnée par :

$$\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z = \text{const} \dots\dots\dots(1)$$

L'application de ce principe entre deux sections d'un tube, soit (i) et (j), nous donne :

$$\frac{p_i}{\rho g} + \frac{v_i^2}{2g} + z_i = \frac{p_j}{\rho g} + \frac{v_j^2}{2g} + z_j \dots\dots\dots(2)$$

Ou encore :

$$h_i + \frac{v_i^2}{2g} = h_j + \frac{v_j^2}{2g} , \text{ avec } h_i = \frac{p_i}{\rho g} + z_i \dots\dots\dots(3)$$

Où h_1, h_2, \dots, h_n représentent les hauteurs d'eau lues sur le multi-manomètre différentiel.

Comme l'équation précédente est à deux inconnues v_i et v_j , nous pouvons ajouter une équation supplémentaire décrivant le principe de conservation de la masse (équation de continuité) qui se résume dans le cas d'un écoulement stationnaire incompressible à :

$$Q_v = V_i S_i = V_j S_j \dots\dots\dots(4)$$

III. Mode opératoire

a- Tube de Venturi

L'appareil, comportant le système Venturi, est disposé horizontalement sur le banc hydraulique, un support à pieds réglables permettant de le mettre au niveau.

L'eau, aspirée par une pompe immergée, entre dans la venturi par un tuyau flexible. Un autre tuyau flexible, branché en sortie après le robinet de réglage de débit conduit l'eau au bac de pesée du banc hydraulique.

Des prises de pression piézométriques sont percées le long du convergent et du divergent de la venturi et sont reliées à des tubes manométriques verticaux montés en face d'échelles graduées en mm.

Ces tubes manométriques sont eux aussi reliés à leurs extrémités supérieures par un collecteur équipé d'une valve purge permettant de régler la quantité d'air (contre pression P) contenue dans l'appareil.

b- Principe du Venturi

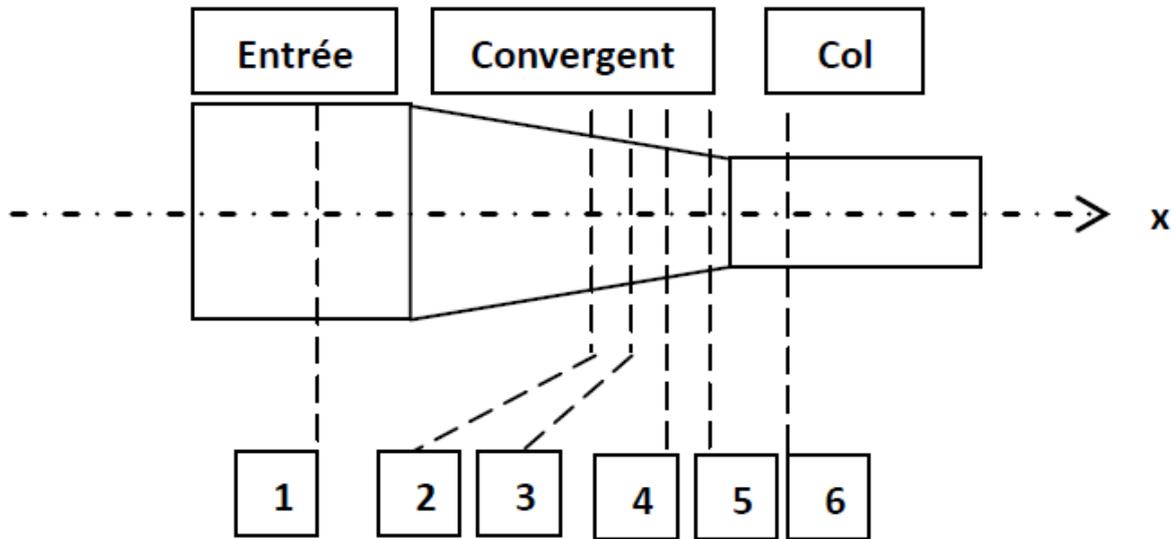
Installé sur une canalisation et dans le cas d'un écoulement de fluide incompressible (eau), la venturi peut être utilisé pour mesurer le débit dans la conduite.

Le fluide circulant dans la conduite passe dans un convergent avant d'atteindre un col de section inférieure à celle de la conduite. La vitesse de l'écoulement augmente dans ce convergent. Cette augmentation de vitesse correspond par ailleurs à une diminution de pression.

En mesurant cette diminution de pression, il est possible de déterminer la valeur du débit de l'écoulement.

Après le col, le fluide perd de sa vitesse et remonte en pression.

C- Géométrie de la venturi



S1(m ²)	S2(m ²)	S3(m ²)	S4(m ²)	S5(m ²)	S6(m ²)
3.386E-04	2.335E-04	8.460E-05	1.702E-04	2.552E-04	3.386E-04

IV. Travail demandé

1. A partir des équations (3) et (4) montrer que le débit volumique peut être donné par :

$$Q_{vol} = \frac{2g(h_1-h_3)}{\frac{1}{s_3^2} - \frac{1}{s_1^2}} \quad (5)$$

2. Remplir le tableau (1)

Tableau (1)

	Exp 1			Exp 2			Exp 3		
Volume(m3)									
Temps(s)	t1=	t2=	t3=	t1=	t2=	t3=	t1=	t2=	t3=
	tmoy=			tmoy=			tmoy=		
Débit exp(m3/s)									
Débit theo(m3/s) Eq. (5) (m3/s)									
Cq =Qme/Qth									
	hstat		htot	hstat		htot	hstat		htot
h1(m)									
h2(m)									
h3(m)									
h4(m)									
h5(m)									
h6(m)									

3. A partir des équations (3) et (4) montrer que la perte de charge adimensionnelle peut être donnée par :

$$\frac{(h_i-h_1)}{V_1^2/2g} = 1 - \left(\frac{s_1}{s_i}\right)^2 \quad (6)$$

4. Choisir l'une des expériences et remplir le tableau (2), et tracer ensuite dans le même repère orthonormé les pertes de charge théoriques et expérimentales fonction des emplacements des manomètres.

TP N° 2 : Théorème de Bernoulli

Tableau (2)

	Sections					
	1	2	3	4	5	6
Aire(m ²)						
Vitesse moyenne exp (m/s)						
Vitesse moyenne theo m/s						
Charge dynamique $\frac{v^2}{2g}$ (m)						
Charge piézométrique h(m)						
Charge totale $h + \frac{v^2}{2g}$ (m)						
Perte de charge exp $(h_i - h_1) * \frac{2g}{v^2}$						
Perte de charge théor. $1 - \left(\frac{A_1}{A_i}\right)^2$						

5. Représentez graphiquement dans le même repère orthonormé les variations des différentes pressions (**htot**, **hstat** et **hdyn**) en fonction des emplacements des manomètres. Commenter.

6. Représentez graphiquement dans le même repère orthonormé les variations des vitesses expérimentales et celle théoriques en fonction des emplacements des manomètres. Commenter.

7. Discuter les résultats. Quelles sont vos conclusions ?

TP N°3 : Régime d'écoulement

I. But

Le but de la manipulation est d'étudier et de mettre en évidence les différents régimes d'écoulements : régime laminaire, régime turbulent et régime transitoire.

II. Rappel théorique

Il existe plusieurs régimes d'écoulements présentant entre eux de différences essentielles.

Depuis longtemps, les hydrauliciens avaient constaté l'existence de ces différents régimes. Mais c'est à OSBORNE REYNOLDS qu'il appartenait de les mettre expérimentalement en évidence et de dégager le critère permettant de les différencier.

En raison de la multiplicité des conditions qui régissent un écoulement et de la diversité des solides guidant la masse liquide, il était difficile de dégager un paramètre permettant de servir de critère à un type d'écoulement donné.

Si on désigne par U la vitesse moyenne dans le tube, par D le diamètre intérieur du tube et par ν le coefficient de viscosité cinématique du liquide en mouvement, le nombre adimensionnel appelé nombre de REYNOLDS est défini comme suit :

$$\text{Re} = \frac{U \cdot D}{\nu} \quad \nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Ce nombre peut servir à caractériser le régime d'écoulement. Il représente le rapport des forces d'inertie et de turbulence aux forces de viscosité.

Un débit laminaire démontre une condition stable dans laquelle toutes les lignes aérodynamiques suivent des chemins parallèles. Dans cette condition, le colorant demeure facilement identifiable comme tout solide.

Un débit turbulent démontre une condition instable dans laquelle les lignes aérodynamiques agissent l'une sur l'autre, provoquant un effondrement de la surface et le mélange du fluide. Dans cette condition, le colorant se disperse lors de la turbulence.

Lorsque le débit augmente, la transition d'un débit laminaire à un débit turbulent est un procédé par étape. Cette zone de changement est appelée débit transitionnel. Elle prendra la forme d'un courant de colorant vagabond avant que la dispersion n'intervienne.

III. Appareillage

Appareil d'OSBORNE REYNOLDS (voir schéma), chronomètre, éprouvette graduée, thermomètre et règle graduée.

IV. Mode Opérateur

Remplir le réservoir de colorant, placer l'appareil sur banc et relier le tuyau d'entrée à l'alimentation du banc. Rabaisser l'injecteur de colorant jusqu'il soit juste au-dessus de l'entrée évasée. Remplir lentement le réservoir à hauteur constante jusqu'au niveau du déversoir, puis fermer la vanne d'entrée. Ouvrir et fermer la vanne de régulation du débit afin de faire rentrer de l'eau dans le tuyau de visualisation du débit. Attendre au moins dix minutes avant de continuer. Mesurer la température de l'eau.

Ouvrir légèrement la vanne d'entrée jusqu'à ce que l'eau s'égoutte du tuyau de sortie. Ouvrir en partie la vanne de régulation et régler la vanne de régulation du colorant jusqu'à ce que le colorant s'écoule lentement. Relever le débit.

Répéter l'opération pour des débits grandissants en ouvrant progressivement la vanne de régulation du débit. Relever la mesure du débit en condition critique.

Répéter l'opération pour des débits de plus en plus petits en relevant la mesure du débit en condition critique.

Observer et remarquer que :

- Pour les débits faibles : le colorant est amené vers le centre du tuyau et se présente sous la forme d'un filet coloré parfaitement net.
- Pour les débits plus importants le filet coloré devient sinueux, il paraît osciller et vibrer.
- Pour les débits beaucoup plus importants le filet coloré se rompt, il ne conserve plus sa forme initiale et se disperse dans l'eau de telle sorte que tout le fluide acquiert une coloration uniforme.

V. Travail demandé

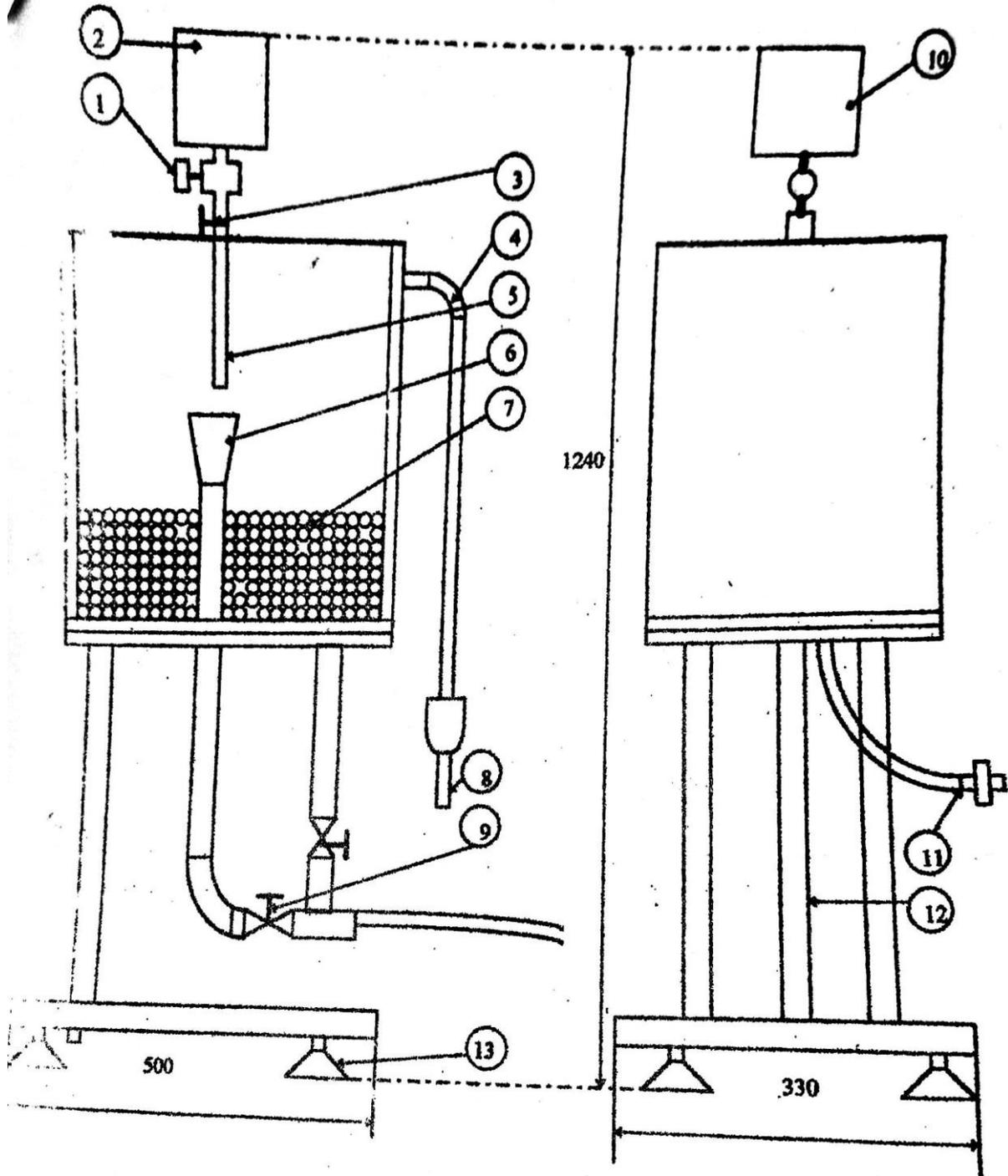
- a) Mesurer la température de l'eau
- b) Déterminer le diamètre intérieur du tube transparent en utilisant le volume occupé par l'eau dans le tube ainsi que la dimension de sa hauteur.
- c) Déterminer la viscosité cinématique de l'eau
- d) Dresser le tableau suivant :

TP N° 3 : Régime d'écoulement

Condition visuelle du colorant	Volume en litres (L)	Temps en seconde (S)	Débit Q en L/S	Nombre de Reynolds

- e) Déterminer la vitesse critique V_{1cr} : début du régime Turbulent.
- f) Déterminer le nombre de Reynolds correspondant.
- g) Déterminer la vitesse critique V_{2cr} : début du régime Laminaire.
- h) Déterminer le nombre de Reynolds correspondant.
- i) Faire un calcul d'erreurs
- j) Commenter la partie " Observer et remarquer" citée plus haut.
- k) Conclusion

SCHEMA D'INSTALLATION DE L'APPAREIL D'OSBORNE REYNOLDS



- (1) : vanne de réglage du colorant
- (2) : réservoir de colorant
- (3) : vis de réglage de la position du tube hypodermique
- (4) : tuyau de trop-plein
- (5) : tube hypodermique
- (6) : entrée ovale
- (7) : billes de verre

- (8) : tuyau de sortie flexible
- (9) : vanne de régulation de débit
- (10) : réservoir à hauteur constante
- (11) : tuyau d'alimentation
- (12) : tuyau de visualisation du débit
- (13) : pieds de réglage

TP N°4 : Mesure de débit

I. Introduction

Dans ce travail pratique, nous nous concentrons sur la mesure de débit, un élément clé dans de nombreux domaines de l'ingénierie et des sciences des fluides. Nous explorons trois méthodes populaires pour mesurer le débit : la méthode du bécher, la méthode du réservoir et la méthode du tube Pitot. Chaque méthode présente des avantages spécifiques en fonction des besoins et des conditions expérimentales. Au cours de ce TP, nous examinons les principes de fonctionnement, les équipements nécessaires et les procédures pour chaque méthode. L'objectif est de comparer ces techniques de mesure de débit et d'acquérir une meilleure compréhension de leurs applications pratiques.

II. Objectifs

L'expérience consiste à comprendre et étudier des méthodes de mesure de vitesse et de débit à l'aide d'un débitmètre. Les objectifs de ce TP sont :

1. Appliquer les notions de conservation de masse et de l'énergie.
2. Mesurer les temps de remplissage d'un tube gradué.
3. Mesurer les volumes pour chaque temps de remplissage.
4. Déterminer la vitesse moyenne et le débit volumique théorique et expérimental.
5. Déterminer l'erreur absolue moyenne pour chaque expérience.

Dans ce TP, nous abordons les méthodes de mesure des vitesses et des débits. Les deux grandeurs « vitesse » et débit sont reliées par des équations vues dans le cours de physique. Mais, à ce stade, il importe de bien distinguer la vitesse moyenne de la vitesse locale. Par exemple, connaissant la section d'un écoulement et une mesure de son débit volumique, on ne pourra en déduire que sa vitesse moyenne $V_{moy} = Q_v / S$

Inversement, une mesure de vitesse locale est insuffisante pour connaître le débit. C'est la raison pour laquelle, les deux types de mesure (de vitesse et de débit) peuvent être menés de façon dépendante, ou de façon couplée.

III. Notions théoriques

La sonde de Pitot (« Pitot tube »)

- Elle est constituée par un jeu de deux tubes : un tube qui donne accès à la pression statique en un point de la section
- Un tube qui donne accès à la pression dynamique en ce même point

La différence de ces deux pressions, mesurée par un manomètre différentiel, permet d'avoir une image de la vitesse du fluide sur la ligne de mesure.

En notant << S >> la section de la canalisation, et << ρ >> la masse volumique du fluide : $P_{tot} = P_{stat} + P_{dyn}$ Soit: $P_{dyn} = P_{tot} - P_{stat}$ ce qui donne :

$$\frac{1}{2} * \rho * V^2 = P_{tot} - P_{dyn} = \Delta P$$

D'où la mesure de la vitesse du fluide, au point d'impact du tube de Pitot :

$$V = \sqrt{2 \times \frac{\Delta P}{\rho}}$$

$$V = \sqrt{2 \times g \times \Delta h}$$

Et, si la vitesse du fluide peut être considérée comme uniforme sur toute la section S de la canalisation :

IV. Mode opératoire

- Matériel :

Chronomètre

Débitmètre

Réservoir

Appareil de Reynolds.

Pour mesurer le volume d'un liquide avec une bonne précision, on utilisera une éprouvette graduée. Attention, pour la lecture du volume, Il faut regarder où se situe le bas du ménisque formé par l'eau, en mettant son œil au niveau de ce ménisque.

ERREUR ABSOLUE

Elle est appelée absolue, car elle est le résultat de la valeur absolue de la différence entre d'une part la valeur réelle de la grandeur que l'on mesure et d'autre part une valeur de référence que nous avons choisie comme une bonne approximation de celle-ci.

Elle est donc toujours un nombre positif.

$$\text{Erreur absolue : } \Delta E_i = |Q_{v,i} - Q_{v,j}|$$

Exemple de l'expérience 1, l'erreur absolue devient sous forme suivante : on a 3 tests

$$\Delta E_1 = |Q_{v,1} - Q_{v,2}|, \Delta E_2 = |Q_{v,1} - Q_{v,3}| \text{ et } \Delta E_3 = |Q_{v,3} - Q_{v,2}|$$

$$\text{Erreur absolue moyenne : } \Delta E_{moy} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^3 \Delta E_i$$

Les résultats des mesures effectuées de la grandeur Q, doivent être présentés sous la forme :

$$Q_{v,moy} = Q_{v,moy} \pm \Delta E_{moy}$$

1. Mesurez le volume de l'eau.
2. Calculer le débit massique et volumique
3. Calculer la vitesse moyenne.
4. Calculer l'erreur absolue moyenne.

V. Travail demandé

1. Remplir le tableau (1) et (2),
2. Comparer entre les erreurs absolues moyenne de l'expérience de Bécher et de réservoir.
3. Discuter les résultats. Quelles sont vos conclusions ?

TP N° 4 : MESURE DE DÉBIT

D=10 (mm)

Tableau 1	Becher	Réservoir
Débitmètre (m ³ /s)		
Volume(m ³)		
Temps (s)		
Qi(m ³ /s)		
Qmoy (m ³ /s)		
ΔEi (m ³ /s)		
ΔEmoy		
$Q_{v,moy} \pm \Delta E_{moy}$ (m ³ /s)		
Débit massique (kg/s)		
Vitesse moyenne(m/s)		
h1(m)		
h2 (m)		
V (m/s)		
Qth (m ³ /s)		

Tableau 1	Becher	Réservoir
Débitmètre (m ³ /s)		
Volume(m ³)		
Temps (s)		
Qi(m ³ /s)		
Qmoy (m ³ /s)		
ΔEi (m ³ /s)		
ΔEmoy		
$Q_{v,moy} \pm \Delta E_{moy}$ (m ³ /s)		
Débit massique (kg/s)		
Vitesse moyenne(m/s)		
h1(m)		
h2 (m)		
V (m/s)		
Qth (m ³ /s)		