

TP N° 1

Etude des pertes de charges et étalonnage du diaphragme débit
(Relation de Bernoulli)

1. Préambule:

Dans toute installation hydraulique , la circulation du fluide engendre des pertes de charges qu'il faut déterminer par avance lors de l'élaboration du projet. Ces pertes de charges qui dépendent de plusieurs paramètres, notamment la vitesse d'écoulement? la viscosité du fluide, l'état de rugosité des parois de la conduite, les singularités présentées dans le circuit ...La connaissance des pertes de charge permet de dimensionner de manière optimale le circuit et de prévoir les équipements de transfert adéquats.

2. Objectif du TP

Dans ce travail pratique, on se fixe deux objectifs:

- Le premier objectif consiste à étalonner le dispositif qui sert à mesurer le débit du fluide (débitmètre à diaphragme).
- Le seconde objectif consiste à vérifier expérimentalement l'existence d'une perte d'énergie (théorème de Bernoulli). lorsqu'un fluide réel passe à travers des conduites rectilignes de section constante ainsi les différents composants constituant le circuits hydraulique (incluant dans notre cas, élargissements ou rétrécissements brusques, coudes et vannes)

3. Dispositif expérimental:

pour réaliser ce travail, on fait circuler de l'eau dans un circuit hydraulique comportant, entre autre, un diaphragme et une conduite en plastique de longueur déterminée puis on mesure les pertes de charge à l'aide de manomètre à colonne d'eau (figure 1 et 2)

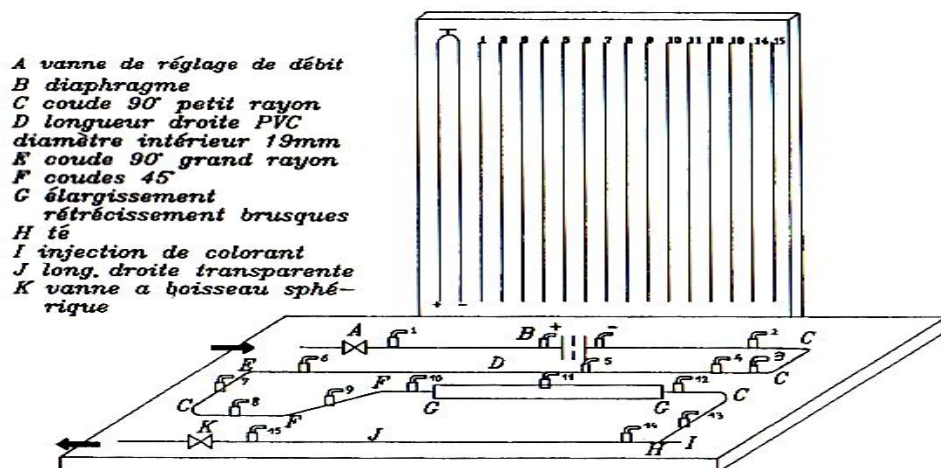


Figure 1

- A** : vanne de réglage du débit
(vanne à opercule).
- B** : diaphragme
- C** : coude à 90° de petit rayon
- D** : longueur droite
 $\Phi = 19 \pm 0,5$ mm
- E** : coude à 90° grand rayon
- F** : coude à 45°
- G** : élargissement et rétrécissement brusque
- H** : té

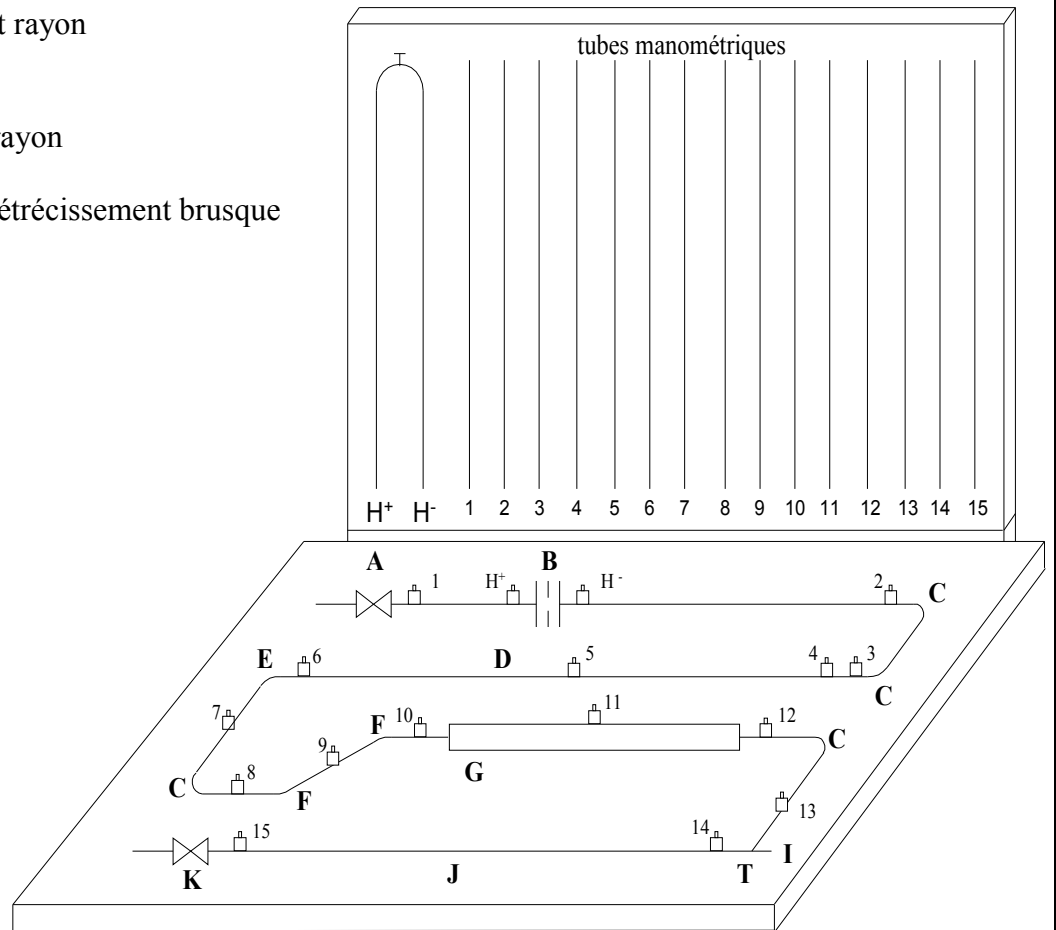
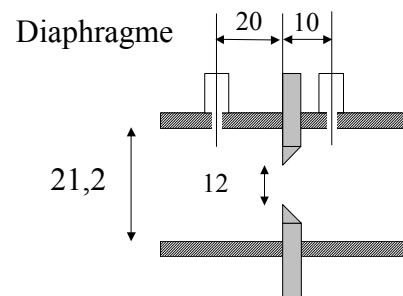
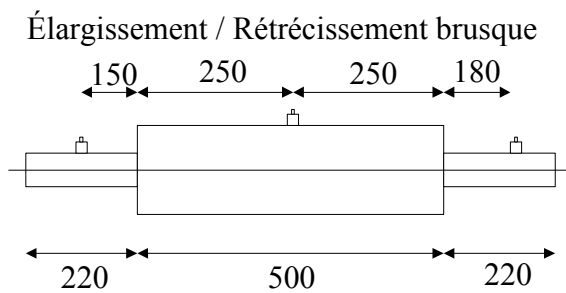


Figure 2

- I** : injection de colorant
 - J** : longueur droite $\Phi = 21,2 \pm 0,5$ mm
 - K** : vanne de réglage de la pression (vanne à boisseau sphérique 1/4 de tour)
- 1 à 15** : prises de pression



4. Principe du débitmètre à diaphragme

Comme indiqué sur la figure 3, l'élément principal du débitmètre à diaphragme est un disque percé en son centre, L'écoulement du fluide à travers l'orifice de diamètre (d) engendre une différence de pression de part et d'autre du diaphragme. Il en résulte une haute pression en amont et une basse pression en aval, proportionnelle au carré de la vitesse d'écoulement. C'est le dispositif le plus simple, le moins encombrant et le moins coûteux.

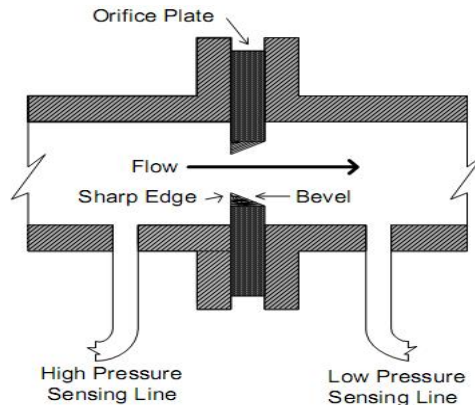


Figure 3 Débitmètre à diaphragme

5. Équation de continuité

Le liquide utilisé est de l'eau ; elle est incompressible. Le débit d'eau est le même à travers toutes les sections des tubes.

On peut écrire : $Q = S_1 \cdot v_1 = S \cdot v = S_2 \cdot v_2$ d'où $v_1 = \frac{S}{S_1} \cdot v$

6. Relation de Bernoulli

On considère un fluide parfait ce qui permet d'utiliser l'équation de Bernoulli pour exprimer la conservation de l'énergie dans l'eau.

La forme énergétique de la relation de Bernoulli est : $\frac{1}{2} m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot z + m \cdot \frac{p}{\rho} = Cste$

En divisant chaque terme de cette équation par mg , on obtient des termes homogènes à des hauteurs.

C'est la forme en hauteur **piezométrique** : $\frac{v^2}{2g} + z + \frac{p}{g \cdot \rho} = Cste$

On applique la relation de Bernoulli exprimée en hauteur piezométrique en A et B.

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v^2}{2g} + z + \frac{p}{\rho g}$$

Le tube est horizontal $z_1 = z = z_2$

On obtient : $\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g}$ ou encore $\frac{p_1 - p}{\rho g} = \frac{v^2 - v_1^2}{2g} = \Delta H$

ΔH est la différence de hauteur piézométrique.

ΔH est la différence de hauteur dans les tubes avant et après le diaphragme.

Interprétation graphique

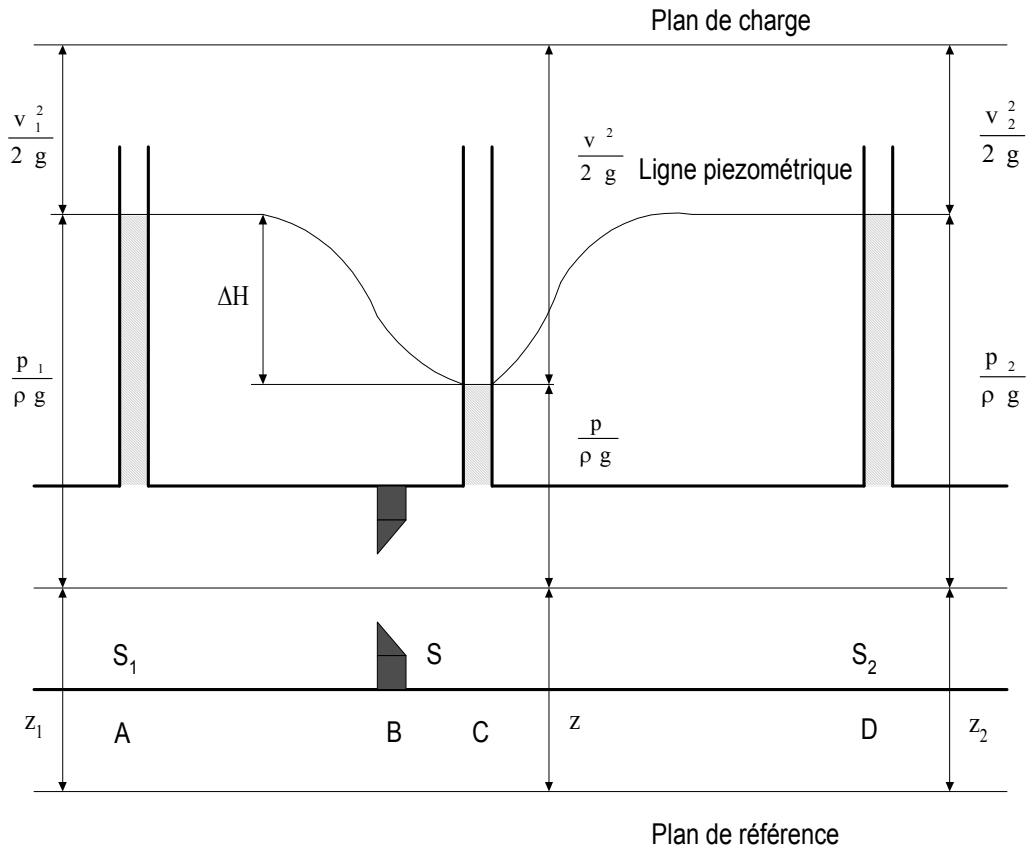


Figure 3

7. Expression du débit théorique

La synthèse de l'équation de Bernoulli et de l'équation de continuité permet d'exprimer le débit théorique Q_{th} dans le diaphragme : **$Q_{th} = S \cdot v$**

L'équation de Bernoulli est : $\frac{v^2 - v_1^2}{2g} = \Delta H$ soit $v^2 - v_1^2 = 2g \Delta H$

L'équation de continuité permet d'exprimer v_1 en fonction de v : **$v_1 = \frac{S}{S_1} \cdot v$**

On obtient : $v^2 - \left(\frac{S}{S_1} v\right)^2 = 2g \Delta H$ soit $v^2 - \left(\frac{S}{S_1}\right)^2 v^2 = 2g \Delta H$

puis $v^2 \left(1 - \left(\frac{S}{S_1}\right)^2\right) = 2g \Delta H$ d'où $v = \sqrt{\frac{2g \Delta H}{1 - \left(\frac{S}{S_1}\right)^2}}$

L'expression du débit devient **$Q = \frac{S}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{S_1}\right)^2}} \sqrt{2g \Delta H}$**

La mesure n'a pas lieu en B où il se produit une contraction de la veine fluide, mais en C. Pour tenir compte de la section en C, il faut utiliser un coefficient de contraction C_c .

Le débit théorique s'écrit finalement :

$$Q_{th} = C_c \cdot \frac{S}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{S_1}\right)^2}} \sqrt{2 g \Delta H}$$

Application numérique

Diamètre du diaphragme $D = 12 \text{ mm}$ d'où une section du diaphragme

$$S \approx 1,131 \text{ cm}^2$$

Diamètre du tube $D_1 = 21,2 \text{ mm}$ d'où une section du tube $S_1 \approx 3,530 \text{ cm}^2$

Coefficient de contraction de la veine fluide $C_c = 0,62$

L'expression du débit est la forme : $Q_{th} = K \sqrt{\Delta H}$

La valeur calculée de K est environ : $K \approx 32,79$

Ce qui donne : $Q_{th} = 32,79 \sqrt{\Delta H}$

Tracé du graphe $Q_{th} = f(\sqrt{\Delta H})$

Relation entre $\sqrt{\Delta H}$ et v^2 : $v^2 = \frac{K^2}{S^2} \cdot \sqrt{\Delta H}$

8. Mode opératoire :

1. Brancher la conduite d'arrivée de l'eau (entrée de La vanne **A**).
2. Brancher la conduite d'évacuation de l'eau (sortie de La vanne **K**) et placer l'autre extrémité dans le bac.
3. Mettre en route la pompe d'alimentation (actionner le bouton rouge).
4. purger soigneusement le circuit et les tubes du tableau de mesure en agissant sur les vannes **A** et **K**, de façon à faire écouler l'eau par les tubes de mesure.
5. régler les vannes **A** et **K** pour obtenir un débit important, c'est à dire une différence de hauteur maximale dans les tubes piézométrique du diaphragme (tube **01** et **02**).
6. Lire et porter sur le document de travail les hauteurs dans les tubes de prise de pression du débitmètre à diaphragme (tube **01** et **02**) pour ce débit.
7. **Chronométrer le temps** de remplissage du bac de mesure de débit jusqu'à atteindre le niveau qui correspond à une capacité de **5 Litres**. Porter e temps sur le document de travail.
8. Lire et porter sur le document de travail les hauteurs piézométrique H_4 , **H5** et **H6**.
9. Réduire le débit en agissant sur la vanne **A**.
10. Répéter six à dix fois les étapes **6** à **9**..
11. Arrêter la pompe.
12. Compléter les tableaux du document de travail.
13. Tracer les courbes expérimentaux $Q_{exp} = f(\Delta H)$ sur le même graphe que la courbe théorique (en utilisant le données du tableau 1), Comparer les deux courbes et conclure.
14. Tracer les courbes expérimentaux $Q_{exp} = f(\Delta H)$ pour les prises **4/5**, **5/6**, **4/6** (en utilisant le données du tableau 2).
15. Donner vos conclusions et commentaires.

a. Tableau de d' étalonnage du diaphragme (N°01)

Les notations suivantes sont adoptées :

H^+ et H^- : hauteurs manométriques dans le tube en U ; V : volume recueilli ;

ΔH : différence de hauteurs manométriques ; t : durée du remplissage ;

Q_{exp} : débit expérimental.

Essai	H^+ (cm)	H^- (cm)	ΔH (cm)	V (cm ³)	t (s)	Q_{exp} (cm ³ .s ⁻¹)
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						

b. Tableau de Mesure des pertes de charges (N°02)

Essai	Q_{exp} (cm ³ .s ⁻¹)	Mesure des hauteurs piézométrique H4, H5 et H6					
		Longueur 0.33 m			Longueur 0.66 m		Longueur 1 m
		H4	H5	$\Delta H(4-5)$	H6	$\Delta H(5-6)$	$\Delta H(4-6)$
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							