

TP N° : 02

## Vérification expérimentale du théorème de Bernoulli

### 3.1. But :

Vérification expérimentale du théorème de Bernoulli.

### 3.2. Description de l'installation

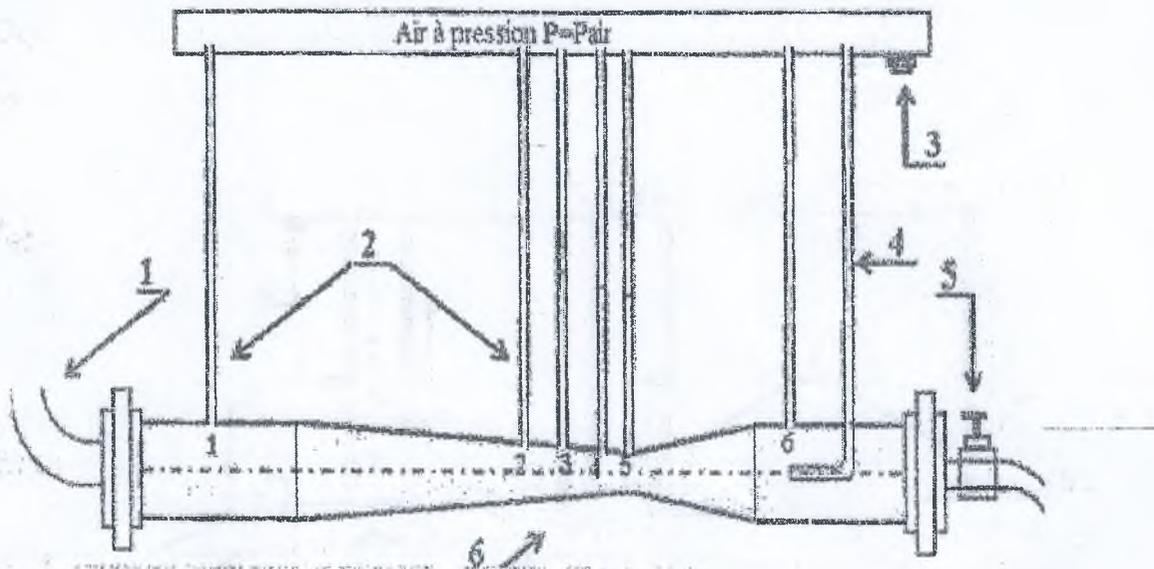


Figure 3.1: Schéma de l'installation

- |    |                           |    |                                |    |                      |
|----|---------------------------|----|--------------------------------|----|----------------------|
| 1  | Alimentation              | 2. | Prises des pressions statiques | 3. | Purgeur              |
| 4. | Prise de pression d'arrêt | 5. | Robinet de réglage             | 6  | Convergent-divergent |

L'appareil est constitué d'une conduite test « convergent-divergent » fabriquée avec un matériau très lisse (pertes dues aux frottements sont négligeables). La conduite est fixée au reste de l'installation par deux brides et elle est équipée de 7 manomètres dont une prise de pression totale réglable (manomètre no.4, figure 3.1).

### 3.3. Théorie :

Le théorème de Daniel Bernoulli énonce que l'énergie mécanique totale d'un fluide en écoulement demeure constante en l'absence des pertes d'énergie par frottement. En d'autres termes, ceci peut être littéralement formulé d'une manière analytique comme suit (cf. figure 3.1) :

$$\frac{P_i}{\rho g} + Z_i + \frac{V_i^2}{2g} = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} \quad \text{avec } i = 2..6 \quad (3.1)$$

Dans la présente expérimentation on a, (cf. figures 3.1 & 3.2):

$$\frac{P_i}{\rho g} = h_i + \frac{P_{air}}{\rho_{air} g} \quad \text{pour } i = 1..6 \quad (3.2)$$

En substituant l'équation (3.2) dans (3.1) et prenant la référence horizontale au niveau de l'axe de la conduite (i. e.  $Z_i = 0$ ), on tire

$$h_{r_{en } i} = h_i + \frac{V_i^2}{2g} = \text{Const} \quad \text{pour } i = 1..6 \quad (3.3)$$

$$V_i = \frac{4Q}{\pi d_i^2}$$

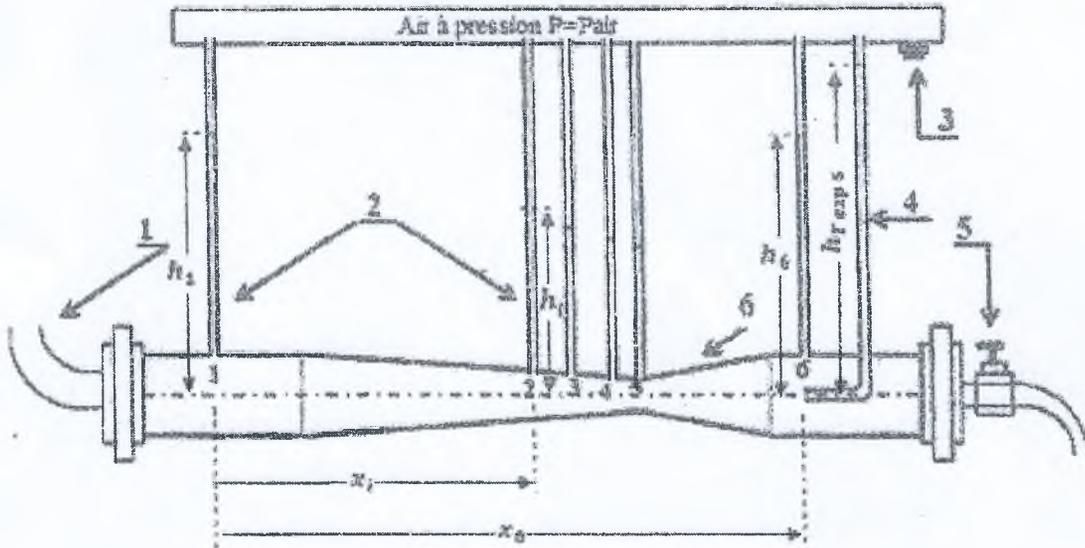


Figure 3.2: Ecoulement dans un convergent-divergent

### 3.3. Théorie :

Le théorème de Daniel Bernoulli énonce que l'énergie mécanique totale d'un fluide en écoulement demeure constante en l'absence des pertes d'énergie par frottement. En d'autres termes, ceci peut être littéralement formulé d'une manière analytique comme suit (cf. figure 3.1) :

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{avec } i = 2..6 \quad (3.1)$$

Dans la présente expérimentation on a, (cf. figures 3.1 & 3.2):

$$\frac{P_i}{\rho g} = h_i + \frac{P_{atm}}{\rho_{air} g} \quad \text{pour } i = 1..6 \quad (3.2)$$

En substituant l'équation (3.2) dans (3.1) et prenant la référence horizontale au niveau de l'axe de la conduite (i. e.  $Z_i = 0$ ), on tire

$$h_{r_{ch} i} = h_i + \frac{V_i^2}{2g} = \text{Const} \quad \text{pour } i = 1..6 \quad (3.3)$$

$$V_i = \frac{4Q}{\pi d_i^2}$$

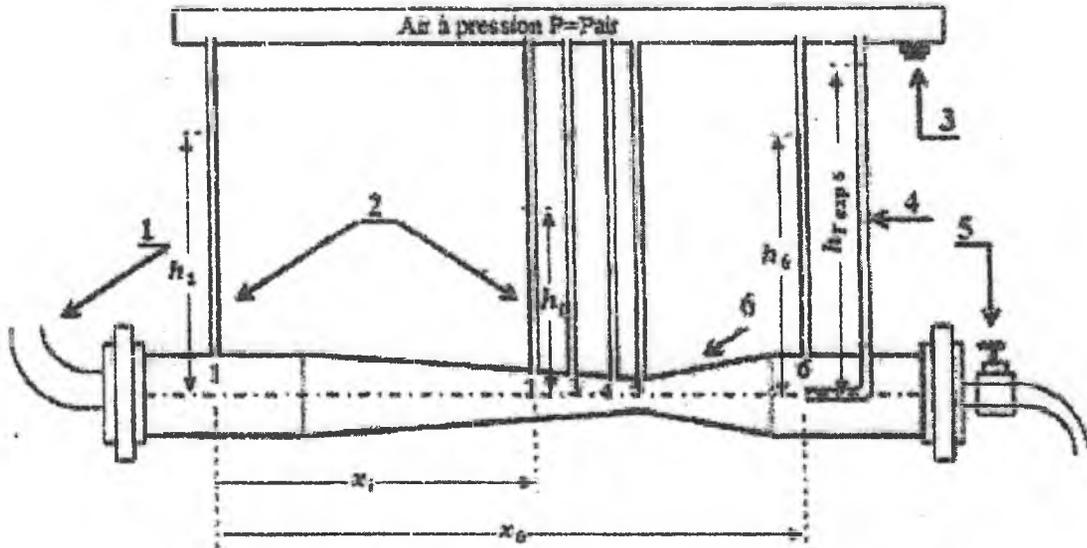


Figure 3.2: Ecoulement dans un convergent-divergent

### 3.4. Mode opératoire :

1. Ajustez l'appareil dans le plan horizontal sur le banc hydraulique,
2. Branchez l'appareil à l'alimentation et remplissez d'eau les manomètres de telle sorte à chasser toutes les bulles d'air.
3. Fermez le robinet d'alimentation et le robinet de réglage et faites descendre le niveau d'eau dans les manomètres en se servant éventuellement de la pompe à main,
4. Réglez le débit maximum en fonction de la lecture maximale dans les manomètres en manipulant les robinets d'alimentation et celui de réglage,
5. Enregistrez le débit, les niveaux d'eau dans les six manomètres, le niveau d'eau dans le manomètre no.7 pour les 6 sections et portez les valeurs dans le tableau 3.1 suivant,
6. Reprenez le point (5) pour différents débits en manipulant le robinet de réglage.

**Tableau 3.1 : Résultats expérimentaux**

Débit $Q$ (l/s)	Section	Diamètre $d$ (mm)	Lecture prise statique $h$ (mm)	Lecture prise d'arrêt $h_{T_{ext}}$ (mm)
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			

### 3.5. Calculs et résultats :

1. Complétez le tableau ci-après,
2. Tracez  $h_{Th}(x)$  et  $h_{Texp}(x)$  sur le même graphe,
3. Est-ce que la charge totale théorique est la même pour chaque section que celle mesurée expérimentalement par le monomètre no.7,  $h_{Texp}(x)$ . Si les estimations théoriques et expérimentales diffèrent dites pourquoi.
4. Discutez la validité de l'équation de Bernoulli, pour le :
  - a. Convergent
  - b. divergent