

Objectifs	Mesurer une vitesse d'écoulement – Utiliser la relation de Bernoulli avec pertes de charge			
Thèmes	Dynamique des fluides – Relation de Bernoulli – Pertes de charge			
Matériel sur les paillasse élèves	Récipient percé Bécher 500 mL	Pied à coulisse Chronomètre	Chiffon	
Sécurité	Manipulation de jets d'eau : orienter les jets du côté de l'évier, et mettre les cahiers du côté opposé.			

## TABLE DES MATIERES

I - PARTIE THÉORIQUE	1 -
I.1 - Relation de Bernoulli	1 -
I.2 - Vidange de Torricelli en présence de pertes de charges : durée de vidange	1 -
II - PARTIE EXPÉRIMENTALE	2 -

## I - PARTIE THÉORIQUE - MODÈLE DE VIDANGE

### I.1 - Relation de Bernoulli avec pertes de charges

On a établi en cours la relation de Bernoulli généralisée :

Exprimée avec la puissance visqueuse  $\mathcal{P}_v$  et la puissance indiquée  $\mathcal{P}_i$ , en faisant apparaître le débit massique :

$$D_m \left[ \left( \frac{P_B}{\mu_e} + \frac{1}{2} v_B^2 + g z_B \right) - \left( \frac{P_A}{\mu_e} + \frac{1}{2} v_A^2 + g z_A \right) \right] = \mathcal{P}_v + \mathcal{P}_i$$

Exprimée avec les travaux massiques  $w_i$  et  $w_v$  (c'est-à-dire par **kg** de fluide traversant) :

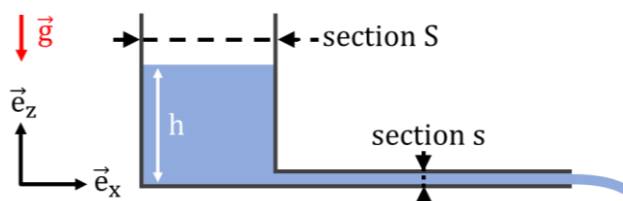
$$\left( \frac{P_B}{\mu_e} + \frac{1}{2} v_B^2 + g z_B \right) - \left( \frac{P_A}{\mu_e} + \frac{1}{2} v_A^2 + g z_A \right) = w_i + w_v$$

Ces relations signifient qu'en l'absence de dissipation d'énergie (par viscosité), l'énergie d'un fluide entre deux points d'un écoulement peut passer d'une forme à l'autre, mais que l'énergie totale (sous les trois formes citées plus haut) doit rester constante. Pour les fluides réels, la viscosité dissipe une partie de la charge hydraulique.

**Remarque** : dans un jet libre, c'est-à-dire n'étant pas contraint par les parois d'une conduite, la pression est égale à la pression extérieure au jet (le plus souvent,  $P_{atm}$ ). C'est le cas des jets d'eau de tuyau d'arrosage, des jets de robinets, etc. Cela permet souvent de simplifier certains termes de la relation de Bernoulli.

### I.2 - Vidange de Torricelli en présence de pertes de charges : durée de vidange

Grâce à la relation de Bernoulli, il est possible de décrire la vitesse d'écoulement d'un récipient percé (voir schéma ci-contre). On considère que la vidange de ce récipient est un écoulement dans une conduite (passant d'une section  $S$  à une section  $s$  au niveau du coude). On peut donc appliquer la **relation de Bernoulli dans les conduites**.



On considérera que les pertes de charges en pression, dans un tuyau de longueur  $L$ , de diamètre  $d$ , parcouru à la vitesse  $v$ , s'expriment  $\Delta P_f = \alpha \frac{L}{d} v^2$  où  $\alpha$  est un coefficient de perte de charge positif. Dans les quelques questions qui suivent, on s'intéresse à la loi d'évolution de la hauteur d'eau  $z_A(t)$  du récipient lors d'une vidange via un long tuyau dans lequel ces pertes de charges ne peuvent être négligées.

- Écrire la relation de Bernoulli entre un point de la surface et un point de la sortie (on considérera que la sortie est à  $z_B = 0$ ). Quelle est la valeur des pressions qui interviennent dans cette relation ? Simplifier alors la relation de Bernoulli. Quel est l'ordre de grandeur de  $v_A^2/v_B^2$  ? Simplifier alors la relation de Bernoulli.
- Simplifier ensuite la relation de Bernoulli en faisant disparaître  $v_B$  au profit de  $v_A$ .
- Isoler  $v_A$  de la relation précédente, puis en se rappelant que  $v_A = dz_A/dt$ , établir la relation intégrable permettant de déterminer  $z_A(t)$ .
- On considère une vidange partielle du récipient, telle que  $z_A(0) = z_i$  et  $z_A(t_f) = z_f$ . Déterminer l'expression du temps  $t_f$  nécessaire à réaliser cette vidange.

## II - PARTIE EXPÉRIMENTALE

### II.1 - Durée de vidange et détermination du paramètre de perte de charges

Proposer et mettre en œuvre un **protocole expérimental** permettant de vérifier la relation établie concernant la durée de vidange. Si la relation semble être confirmée, déterminer la **valeur du coefficient de perte de charge  $\alpha$** .

Le protocole devra comporter **plusieurs mesures**, et on pourra représenter les données pertinentes dans un logiciel de traitement de données afin de vérifier la relation établie et déterminer la grandeur physique recherchée.

#### Attendus de présentation :

- Résumé de la partie théorique concernant l'application de la relation de Bernoulli avec les pertes de charge.
- Description du protocole expérimental (avec schéma).
- Présentation des mesures dans un graphique, vérification de l'accord avec le modèle, détermination du paramètre  $\alpha$ .
- Discussion sur les incertitudes, les sources de désaccord modèle/expérience.