Objectifs	Vérifier la relation de Bernoulli appliquée à une vidange (en s'intéressant au temps de vidange).			
Thèmes	Dynamique des fluides – Relation de Bernoulli			
Matériel sur les paillasses 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

I.1 - Relation de Bernoulli

Relation de Bernoulli permet de s'intéresser aux variations d'énergie d'un fluide dans un écoulement. Ces variations d'énergie peuvent être de différentes natures :

- Énergie cinétique ;
- Énergie potentielle de pesanteur ;
- Énergie liée au travail des forces de pression en entrée et en sortie

En l'absence de travail indiqué et de pertes de charge dans un écoulement, on a établi en cours la relation de Bernoulli (pour un fluide incompressible de masse volumique μ_e, entre une section de conduite A et B) :

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

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

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

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

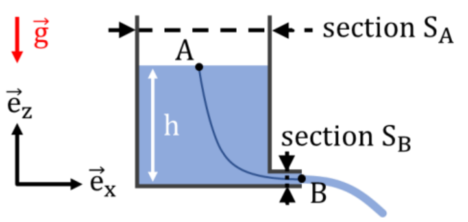
Ces relations signifient qu'en l'absence de dissipation d'énergie par viscosité, et de travail indiqué, l'énergie d'un fluide entre deux points d'un écoulement peut passer d'une forme à l'autre, mais que l'énergie totale (sous les trois formes citées plus haut) doit rester constante. Plus précisément :

$$\left(\frac{\mathbf{P_A}}{\mathbf{\mu_e}}+\frac{1}{2}\mathbf{v_A^2}+\mathbf{g z_A}\right)-\left(\frac{\mathbf{P_B}}{\mathbf{\mu_e}}+\frac{1}{2}\mathbf{v_B^2}+\mathbf{g\, z_B}\right)=0$$

Dans toute la suite de ce TP, on se place dans ce cas : on considère le fluide parfait, sans travail indiqué.

Remarque importante : 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 dès qu'un jet d'eau sort d'une conduite.

I.2 - Vidange de Torricelli : 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.**

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 (et à sa vitesse $v_A(t)$). On commencera par appliquer la relation de Bernoulli :

1. Écrire la relation de Bernoulli la section d'entrée et la section de sortie. Que peut-on dire des pressions qui interviennent dans cette relation ? Simplifier alors la relation de Bernoulli.
2. Établir une relation entre les vitesses en A, en B. Simplifier alors la relation de Bernoulli.
3. Quelle relation simple existe-t-il entre v_A et z_A ? Exprimer alors la relation de Bernoulli précédente sous une forme intégrable (on pensera à la séparation des variables).
4. En calculant la valeur numérique $(S_A/S_B)^2$, justifier qu'il est possible d'effectuer une simplification supplémentaire.
5. 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, et la mettre sous forme :

$$t_f = \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \frac{S_A}{S_B}\left(\sqrt{h_i} - \sqrt{h_f}\right)$$

C'est cette relation entre la durée t_f de vidange et la hauteur d'eau initiale qu'on se propose de vérifier dans la partie expérimentale.

II – PARTIE EXPÉRIMENTALE

II.1 – Vérification de la durée de vidange t_f déterminée par la relation de Bernoulli

Proposer et mettre en œuvre un **protocole expérimental** permettant de vérifier la relation établie entre la durée de vidange et la hauteur h_i (et ainsi confirmer la validité de l'application de la relation de Bernoulli).

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.

Dans cette partie, on essaiera de s'interroger sur les principales sources d'incertitudes, ainsi que la manière de les réduire. Dans le cas où un écart théorie-expérience est supposé digne d'intérêt, on pourra le mentionner et s'interroger à son origine.

Attendus de présentation :

- Résumé de la partie théorique concernant l'application de la relation de Bernoulli (complet, mais sans trop d'équations : les slides doivent être lisibles !)
- Description du protocole expérimental (avec schéma).
- Présentation des mesures dans un graphique, et vérification de l'accord avec le modèle.
- Discussion sur les incertitudes, les sources de désaccord modèle/expérience.