TP 20 : Mouvement d'un fluide

Dans cette activité, on étudiera d'abord le lien entre le débit volumique d'un fluide et sa vitesse d'écoulement. Puis on testera la relation de Bernoulli qui relie les caractéristiques d'un fluide à différents endroits de son écoulement.

Etape 1 : Débit volumique et vitesse d'écoulement

L'écoulement d'un fluide peut être caractérisé par deux grandeurs :

- son débit volumique, noté D, exprimé en $m^3.s^{-1}$ ou en $L.s^{-1}$, qui représente le volume de liquide s'écoulant chaque seconde
- Sa vitesse d'écoulement, notée v, exprimée en $m.\,s^{-1}$, qui représente la distance parcourue par le fluide chaque seconde.

On peut comprendre assez facilement que les deux grandeurs sont reliées. En effet, plus la distance parcourue par le fluide chaque seconde est grandeur, plus le volume de fluide qui s'écoulera à un endroit donné de l'écoulement sera grand.

- ❑ A partir d'une burette graduée remplie d'eau, réaliser des mesures simultanée du débit volumique et de la vitesse d'écoulement pour différentes ouvertures du robinet (au moins 2 ouvertures différentes)
- ❑ En mettant en parallèle vos résultats avec ceux des autres groupes, tracer la courbe représentant l'évolution du débit en fonction de la vitesse.
- ❑ Modéliser la courbe obtenue et l'analyser pour déterminer la relation entre les deux grandeurs.E

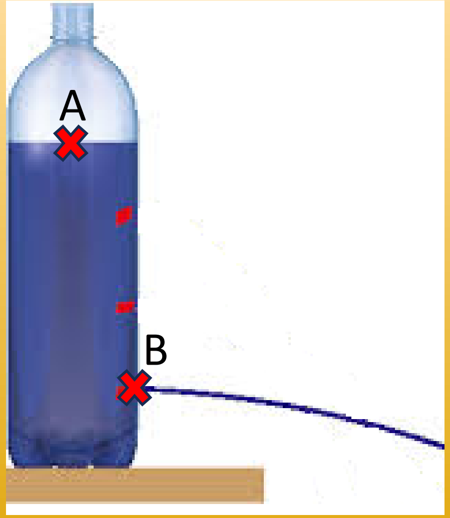
Etape 2 : Analyse de la relation de Bernoulli

Lorsqu'on décrit un fluide, on définit ce qu'on appelle des lignes de courant. Une ligne de courant est une ligne sur laquelle la vitesse de déplacement du fluide est tangente en tout point. Dans le cas d'un écoulement permanant (c'est-à-dire lorsque l'écoulement reste identique pendant une durée suffisante), la ligne de courant correspond en fait à la trajectoire qui suivent les particules de fluide.

Le théorème de Bernoulli indique que, sur une ligne de courant, l'énergie mécanique du fluide se conserve. En prenant deux points A et B d'une ligne de courant, cela se traduit par la relation :

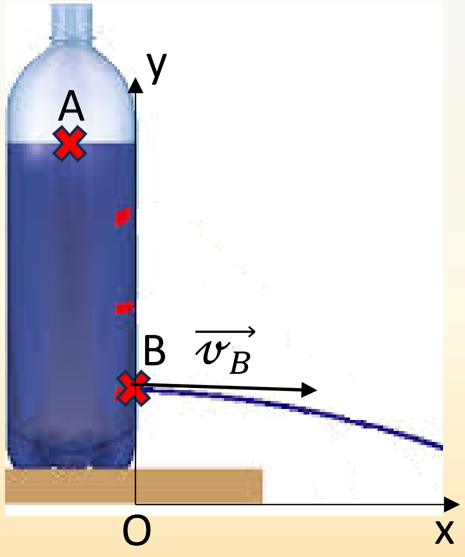
$$\frac{1}{2}\rho v_A^2 + \rho g z_A + P_A = \frac{1}{2}\rho v_B^2 + \rho g z_B + P_B$$

On s'intéresse au montage suivant :



- ❑ Reproduire le schéma sur votre cahier et tracer la ligne de courant allant de A à B
- ❑ Que peut-on dire du débit volumique en A et en B ? En admettant que la surface du fluide en A est largement supérieure à celle du fluide en B, que peut-on dire de la vitesse du fluide en A?
- ❑ Que peut-on dire de la pression en A par rapport à la pression en B?
- ❑ A partir du théorème de Bernoulli et de toutes vos réponses précédentes, donner l'expression de v_B en fonction de h, la hauteur entre A et B

Etape 3 : Tester la relation de Bernoulli



A sa sortie au point B, le fluide n'est plus soumis qu'à son poids. En appliquant la seconde loi de Newton à une particule fluide, on peut établir les expressions de x et y (démonstration à faire s'il reste du temps à la fin) :

$$\begin{cases} x(t) = v_B \cos\alpha \times t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2} g t^2 + v_B \sin\alpha \times t + y_0 \end{cases}$$

- ❑ En exprimant t en fonction de x puis en remplaçant dans l'équation de y, montrez que l'équation de la trajectoire est :

$$y(x) = -\frac{g x^2}{2(v_B \cos\alpha)^2} + \tan\alpha \times x + y_0$$

- ❑ Réaliser un montage (avec échelle) permettant de filmer l'écoulement du fluide à la sortie de la bouteille.
- ❑ Remplir la bouteille d'eau en laissant les cure-dents, et mesurer la hauteur h entre le haut de l'eau et un des trous.
- ❑ Lancer alors la capture vidéo et retirer le cure-dent du trou
- ❑ Sur la vidéo, pointer la trajectoire du fluide et tracer la courbe y = f(x)
- ❑ Modéliser cette courbe et, en comparant avec l'équation précédente, en déduire les valeurs de α et de v_B
- ❑ Reproduire la même démarche pour un autre trou de la bouteille.

- A partir des résultats de tous les groupes, déterminer la valeur du rapport $\frac{v_B}{\sqrt{2gh}}$ accompagné de son incertitude et conclure