

PARTIE D

La mécanique des fluides

1. Circulation d'un liquide

1.1. Fluide incompressible

Les liquides sont considérés comme des fluides incompressibles : leur volume ne dépend pas de la pression. Leur **masse volumique** est donc constante dans une canalisation.

1.2. Débits d'un liquide

Le **débit massique** Q_m d'un liquide est égal à la masse de liquide m qui traverse la section d'une canalisation par unité de temps. Il est défini par la relation suivante :

$$Q_m = \frac{m}{\Delta t}$$

- m : kg
- Δt : s
- Q_m : $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$

Il est possible d'utiliser des unités de masse et de temps différentes en fonction des applications. On peut ainsi obtenir des débits massiques en $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$, $\text{g}\cdot\text{h}^{-1}$...

Le débit massique Q_m et le **débit volumique** Q_v d'un liquide sont reliés par l'expression suivante où ρ est la masse volumique :

$$Q_m = \rho \cdot Q_v$$

- ρ : $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- Q_v : $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
- Q_m : $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$

L'unité de débit volumique dépend de celles choisies pour le débit massique et la masse volumique ; on peut ainsi aussi exprimer le débit volumique en $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$...

Les débits volumique et massique sont constants en tous points d'un circuit.

1.3. Vitesse d'un liquide

La **vitesse d'un liquide** v et le débit volumique Q_v du liquide sont reliés par l'expression suivante où S est la section de la canalisation :

$$Q_v = v \cdot S$$

- v : $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
- S : m^2
- Q_v : $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

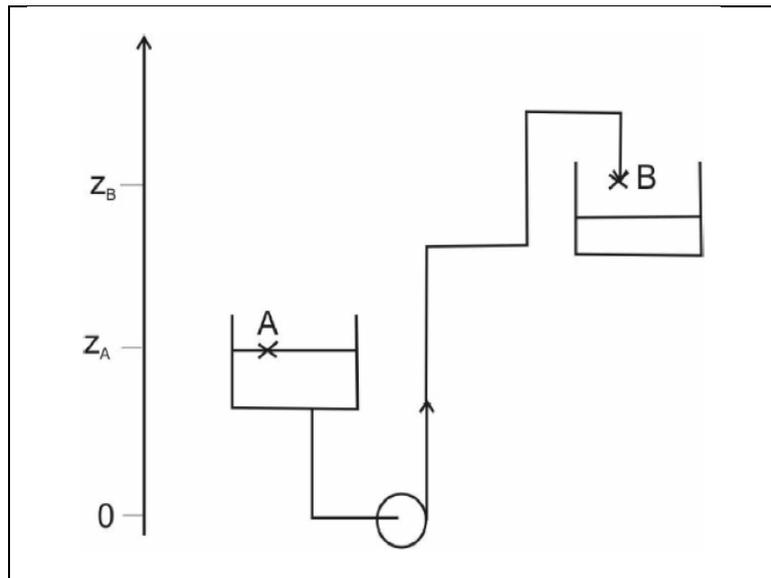
2. Circuit hydraulique

2.1. Description

Un circuit hydraulique classique comporte comme éléments :

- une pompe
- une canalisation
- des accidents (singularités) : coudes, rétrécissements et élargissements, vannes, filtres ...

Si on considère un écoulement d'un liquide entre deux points A et B, un circuit peut se décrire à l'aide de la figure suivante.



Le liquide aux points A et B est caractérisé par les grandeurs suivantes :

- les pressions P_A et P_B
- les altitudes z_A et z_B sur un axe orienté vers le haut. Les altitudes sont positives si les points sont au-dessus de l'origine du repère, négatives sinon.
- les vitesses v_A et v_B

2.2. Fonction de la pompe

La pompe est un appareil qui fournit de l'énergie au liquide. La pompe est caractérisée par une **puissance hydraulique** P_{hyd} qui s'exprime en watt.

2.3. Pertes de charge

Le liquide est soumis à des frottements quand il circule. Ces frottements sont dus au contact entre le liquide et la surface de la canalisation mais aussi entre le liquide et les accidents.

Ces frottements sont la cause d'une perte d'énergie pour le liquide nommée **pertes de charge**.

Les pertes de charge augmentent proportionnellement à la longueur des canalisations.

Les pertes de charge augmentent en fonction du débit.

3. Conservation de l'énergie d'un liquide en mouvement

3.1. Energie d'un liquide en un point

Cette énergie est composée de trois termes :

- énergie de pression (dus aux forces de pression exercées par le liquide)
- énergie potentielle de pesanteur
- énergie cinétique

3.2. Bilan en énergie

Le bilan s'écrit entre les points A et B en utilisant la conservation de l'énergie :

$$\text{Energie B} = \text{Energie A} + \text{Gain énergie entre A et B} - \text{Perte énergie entre A et B}$$

Le gain d'énergie apparaît si le circuit contient une pompe.

La perte d'énergie correspond aux pertes de charge.

3.3. Relation de Bernoulli

Le bilan peut s'écrire avec chacun des termes exprimé en énergie par unité de volume. Cette unité correspond en fait à une unité de pression.

La relation de Bernoulli traduit ce bilan sous la forme mathématique suivante :

$$P_A + \rho \cdot g \cdot z_A + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_A^2 + \frac{P_{\text{hyd}}}{Q_V} - \rho \cdot g \cdot J_{AB} = P_B + \rho \cdot g \cdot z_B + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_B^2$$

g correspond à l'accélération de la pesanteur et s'exprime en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

- termes d'énergie de pression : P_A et P_B
- termes d'énergie potentielle de pesanteur : $\rho \cdot g \cdot z_A$ et $\rho \cdot g \cdot z_B$
- termes d'énergie cinétique : $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_A^2$ et $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_B^2$

J_{AB} correspond à la perte de charge entre les points A et B : cette grandeur s'exprime en unité de longueur (m de liquide) pour des raisons historiques et pratiques.

Par contre le terme $\rho \cdot g \cdot J_{AB}$ s'exprime en une unité de pression comme le terme P_{hyd} / Q_V . L'unité de pression est le pascal.

L'application de cette relation nécessite avant tout de placer précisément les points A et B qui sont choisis en fonction des données disponibles.