

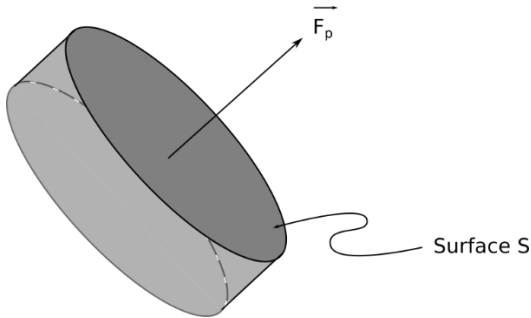


# Fiche de synthèse n° 6

## Transport des fluides

### 1. Forces de pression et principe fondamental de la statique des fluides

#### 1.1. Pression dans un fluide



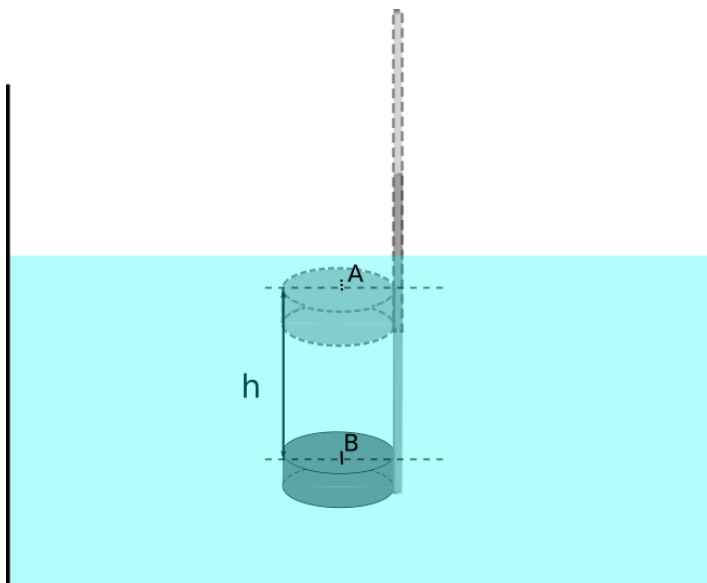
Le fluide à l'intérieur de cylindre exerce une force pressante  $\vec{F}_p$  sur la membrane de section S.

La pression à l'intérieur du cylindre est définie par la relation :

$$p = \frac{F_p}{S}$$

- P : Pascal (Pa)
- F<sub>p</sub> : Newton (N)
- S : m<sup>2</sup>

#### 1.2. Principe fondamental de la statique des fluides



La différence de pression entre deux points A et B dans un fluide au repos dépend de la hauteur h entre ces deux points.

$$p_B - p_A = \rho gh$$

Conséquences :

- La pression est plus importante au fond du récipient.
- La pression dans un plan horizontal est constante.

### 2. Circulation d'un liquide

#### 2.1. 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.



## 2.2. 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
- $\Delta t$  : 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 volumique**  $Q_v$  d'un liquide est égal au volume de liquide  $V$  qui traverse la section d'une canalisation par unité de temps. Il est défini par la relation suivante :

$$Q_v = \frac{V}{\Delta t}$$

- $V$  :  $\text{m}^3$
- $Q_v$  :  $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

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

$$Q_m = \rho Q_v$$

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

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.

## 2.3. 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 l'aire de la section de la canalisation :

$$Q_v = v \times S$$

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

## 3. Circuit hydraulique

### 3.1. Description

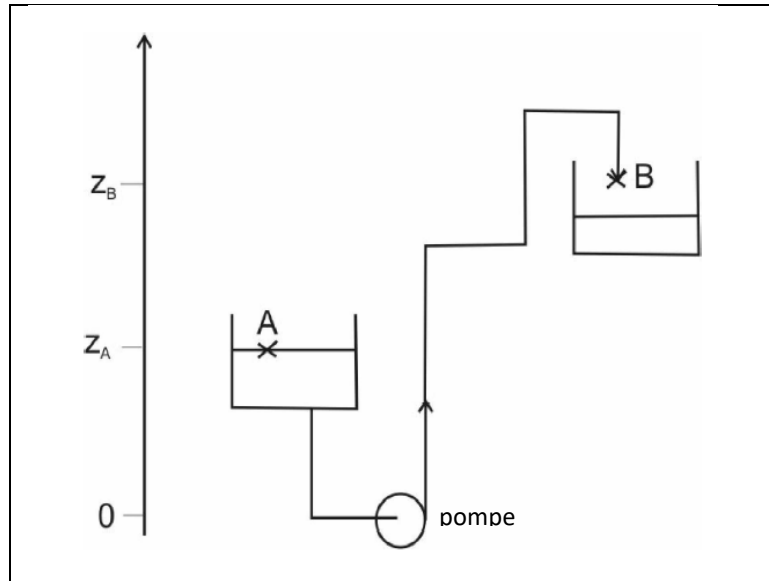
Un circuit hydraulique classique comporte comme éléments :

- une pompe



- une canalisation
- des 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  $v_B$

### 3.2. 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.

Pour fonctionner la pompe absorbe de l'énergie. On définit le rendement  $\eta$  d'une pompe par le rapport de la puissance hydraulique  $P_{hyd}$  (appelée puissance utile) sur la puissance absorbée  $P_{abs}$ .

$$\eta = \frac{P_{hyd}}{P_{abs}}$$

### 3.3. 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 avec la longueur des canalisations.

Les pertes de charge augmentent lorsque le débit augmente et lorsque la section de la canalisation diminue.



## 4. Conservation de l'énergie d'un liquide en mouvement

### 4.1. 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

### 4.2. 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.

### 4.3. Relation de Bernoulli

Le bilan peut s'écrire avec chacun des termes exprimé en **énergie par unité de volume ( $\text{J.m}^{-3}$ )**. Cette unité correspond en fait à une unité de pression (Pa).

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

$$P_A + \rho g z_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \frac{P_{hyd}}{Q_V} - \Delta p_{charge} = P_B + \rho g z_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$$

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

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

$\Delta p_{charge}$  correspond à la perte de charge entre les points A et B : cette grandeur s'exprime en  $\text{J.m}^{-3}$  ou en Pa.

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