

# Physiques

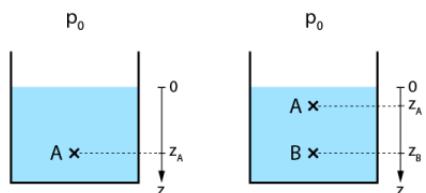
## 1. Rappel de statique

La statique des fluides concerne l'étude des fluides au repos (qui ne s'écoulent pas). Elle est régie par le principe fondamental de l'hydrostatique, dont l'application principale en génie des procédés porte sur la mesure de pressions.

Le principe fondamental de la statique des fluides :

Le principe fondamental de la statique des fluides (ou principe fondamental de l'hydrostatique, ou principe de Pascal) établit les points suivants :

La pression au sein d'un fluide statique dépend de la profondeur ; en tout point d'un même plan horizontal, la pression est identique. Dans l'hypothèse d'un fluide incompressible, le fluide transmet intégralement les efforts ; ainsi, la pression en un point A situé à une profondeur  $z_A$  résulte de la pression qu'exerce l'air en surface ( $p_0$ ) et de la pression (poids par unité de surface) exercée par la colonne de liquide au-dessus du point A ( $\rho \cdot g \cdot z_A$ ).



$$p_A = p_0 + \rho \cdot g \cdot z_A$$

$p_A$  : pression au point A (Pa)

$p_0$  : pression au sein de l'air en surface (Pa)

$\rho$  : masse volumique du fluide (kg.m<sup>-3</sup>)

$g$  : accélération de la pesanteur ( $g=9.81$  m.s<sup>-2</sup>)

$z$  : profondeur du point A (m)

De même, on peut exprimer la différence de pression entre 2 points A et B à différentes profondeurs au sein d'un fluide comme suit :

$$p_B - p_A = \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A)$$

$p_A$  : pression au point A (Pa)

$p_B$  : pression au point B (Pa)

$z_A$  : profondeur du point A (m)

$z_B$  : profondeur du point B (m)

## 2. Définition de la viscosité Dynamique

Viscosité dynamique ou (coefficient de frottement interne).

La viscosité dynamique  $\eta$  est une mesure de la ténacité ou de la viscosité d'un fluide (fluide : substance liquide, fluide). Plus la viscosité est grande, plus le fluide est épais (moins fluide) ; plus la viscosité est faible, plus il est fluide.

## 3. Différents types d'écoulement

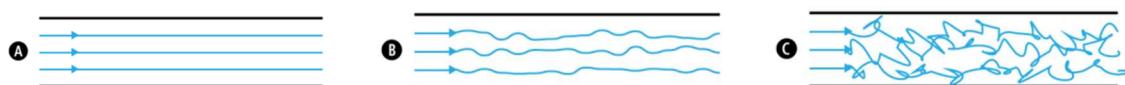
### 3.1 Régimes d'écoulement

Trois grands régimes d'écoulement ont été définis par Reynolds (1883) :

L'écoulement laminaire : écoulement rectiligne, le fluide s'écoule en filets parallèles à l'axe de la conduite, sans mélange.

L'écoulement intermédiaire : l'écoulement est plus ou moins rectiligne, avec un peu de mélange (petits tourbillons).

L'écoulement turbulent : l'écoulement se fait avec de grands tourbillons, avec un mélange important.



A : écoulement laminaire

B : écoulement intermédiaire

C : écoulement turbulent

Le régime d'écoulement dépend du débit de fluide, du diamètre de la conduite et des propriétés du fluide. Il est déterminé grâce au nombre de Reynolds, défini comme suit dans le cas d'un écoulement dans une conduite cylindrique :

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot D}{\mu} = \frac{u \cdot D}{\nu}$$

$Re$  : nombre de Reynolds (sans dimension)

$\rho$  : masse volumique du fluide ( $\text{kg.m}^{-3}$ )

$u$  : vitesse moyenne du fluide ( $\text{m.s}^{-1}$ )

$D$  : diamètre de la conduite (m)

$\mu$  : viscosité dynamique du fluide ( $\text{Pa.s}$ )

$\nu$  : viscosité cinématique du fluide ( $\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ )

#### 4. Perte en charge dans un circuit

La pression d'un liquide réel diminue tout au long d'une canalisation dans laquelle il s'écoule, même si elle est horizontale et de section uniforme, ainsi que la pression d'un fluide réel diminue après le passage à travers un coude, une vanne ou un rétrécissement.

##### Explications :

Les **pertes de charge** dépendent de la forme, des dimensions et de la rugosité de la canalisation, de la vitesse d'écoulement et de la viscosité du liquide.

La différence de pression  $p = p_1 - p_2$  entre deux points (1) et (2) d'un circuit hydraulique a pour origine :

- ✓ · Les frottements du fluide sur la paroi interne de la tuyauterie ; on les appelle **pertes de charge régulières ou systématiques**.
- ✓ · La résistance à l'écoulement provoquée par les accidents de parcours (coudes, élargissements ou rétrécissement de la section, organes de réglage, etc.) ; ce sont les **pertes de charge accidentielles ou singulières**.

Le problème du calcul de ces pertes de charge met en présence les principales grandeurs suivantes :

- ✓ Le fluide caractérisé par :
  - ☒ sa masse volumique  $\rho$ .
  - ☒ sa viscosité cinématique  $n$ .

Le tuyau caractérisé par :

- ☒ sa section (forme et dimension) en général circulaire (diamètre  $D$ ), sa longueur  $L$ .
- ☒ sa rugosité  $k$  (hauteur moyenne des aspérités de la paroi).

#### 5. Equation générale d'écoulement des fluides

Si le fluide a une densité  $\rho$ , la masse du fluide qui passe à travers la section est égale à  $m = \rho V$ .

En substituant l'équation du volume,  $V = A v T$  dans cette expression,

On obtient  $m = \rho A v T$ .

Fin.