

Dynamique des fluides réels

L'écoulement d'un **fluide réel** est plus complexe que celui d'un fluide idéal. En effet, il existe des forces de frottement, dues à la viscosité du fluide, qui s'exercent entre les particules de fluide et les parois, ainsi qu'entre les particules elles-mêmes. Pour résoudre un problème d'écoulement d'un fluide réel, on fait appel à des résultats expérimentaux, en particulier ceux de l'ingénieur et physicien britannique **Osborne Reynolds**.

1. Viscosité d'un fluide.

On appelle **viscosité cinématique** ν le rapport de la viscosité dynamique μ d'un fluide à sa masse volumique ρ , soit $\nu = \mu/\rho$. Unités : μ en Pa.s, ρ en kg/m³, ν en m²/s.

| Quelques valeurs de μ | | | |
|---------------------------|--------------------------|---------|--------------------------|
| Huiles | 0,01 à 0,4 Pa.s | Essence | 6.10 ⁻³ Pa.s |
| Air | 18.10 ⁻⁶ Pa.s | Mercure | 16.10 ⁻³ Pa.s |
| Glycérine | 0,8 Pa.s | Eau | 10 ⁻³ Pa.s |

2. Nombre de Reynolds

Le nombre de Reynolds R , est exprimé en fonction de différents paramètres de l'écoulement; il permet de différencier ses aspects. Son expression est:

$$R = Vd / \nu = \rho v d / \mu$$

R : nombre de Reynolds (sans dimension)

V : vitesse moyenne de l'écoulement (m/s)

ρ : masse volumique du fluide (kg/m³)

3. Différents types d'écoulements

Observations :

Observons l'écoulement de l'eau à la sortie d'un robinet.

Si le robinet est très peu ouvert, nous observons un écoulement lisse et régulier sur une certaine hauteur: on dit que l'écoulement est **laminaire**. La surface de l'écoulement se met à vibrer dans la partie inférieure du filet d'eau. On dit que l'écoulement est **turbulent lisse**. la vitesse du fluide est encore plus importante, L'écoulement devient bruyant, sa surface rugueuse est très instable. On dit que l'écoulement est **turbulent rugueux**.

On constate approximativement que :

si $R < 2\,000$: l'écoulement est laminaire

si $2\,000 < R < 100\,000$: l'écoulement est turbulent lisse

si $R > 100\,000$: l'écoulement est turbulent rugueux.

4. Pertes de charges dans un circuit hydraulique :

4.1. Pertes de charges singulières :

Un circuit hydraulique comporte souvent des singularités telles que des variations brusques de section sur les canalisations, des coudes, des vannes, clapets, soupapes etc... Des turbulences se produisent en leur voisinage. Ces mouvements désordonnés, localisés, consomment une partie de l'énergie hydraulique de l'écoulement. Ce phénomène s'appelle **perte de charge singulière** : J_S s'exprime en joule par kg de fluide écoulé (J/kg).

On pose : $J_S = - K_S V^2/2$

V : vitesse moyenne d'écoulement dans la plus petite section de passage ou à la sortie de la singularité

K_S : coefficient de perte de charge singulière évalué par expérimentation

4.2 Pertes de charges régulières : *(ou linéaires)*

La viscosité d'un fluide engendre une résistance passive qui s'oppose au mouvement relatif de deux couches fluides. Le fluide est également freiné au contact des parois de la canalisation.

Cette déperdition d'énergie hydraulique qui en résulte s'appelle: **perte de charge régulière**: J_R (J/kg).

La perte de charge régulière J_R s'exprime par : $J_R = - \lambda * l/d * V^2/2$

Écoulement à une vitesse V dans une conduite de longueur l et de diamètre d .

λ : coefficient de perte de charge régulière (sans unité) dépend du type d'écoulement

5. Expression générale du théorème de Bernoulli.

Considérons un écoulement entre deux points (1) et (2) d'un fluide réel dans une conduite. On suppose éventuellement, qu'il existe entre (1) et (2) une machine hydraulique. *de puissance P_n* .

L'équation de Bernoulli généralisée permet de décrire l'écoulement d'un fluide réel dans une tuyauterie réelle en prenant en compte :

- La viscosité du fluide
- Les turbulences dans les accidents de parcours
- La rugosité des parois de la tuyauterie

$$\frac{1}{2} [V_2^2 - V_1^2] + g (z_2 - z_1) + \frac{1}{\rho} (p_2 - p_1) = \frac{P_n}{\rho g l_m} + \sum_{S1 \text{ à } S2} J_R + \sum_{S1 \text{ à } S2} J_S$$