

## Fiche de cours – Viscosité, bilan d'énergie et relation de Bernoulli

Ceci est un exemple minimal de fiche de cours concernant ce chapitre. Je vous encourage à vous en inspirer pour faire votre propre fiche (écrire votre fiche vous aidera à retenir), qui pourra être plus complète, plus personnelle, avec des schémas, des couleurs, des flèches...

### ► **Fluide parfait :**

Propriétés :

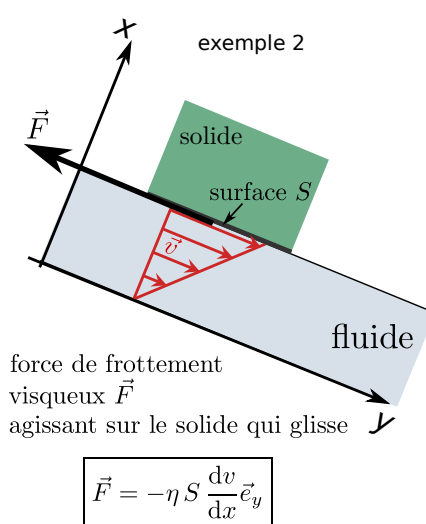
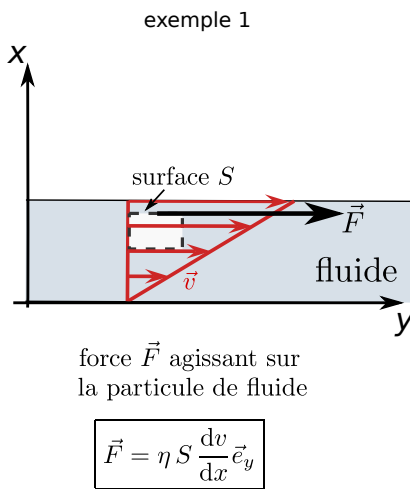
- ▷ N'adhère pas aux parois.
- ▷ Viscosité  $\eta = 0$ .
- ▷ Entropie créée nulle, l'écoulement est réversible.
- ▷  $\vec{v}$  uniforme sur une section droite.

### ► **Fluide visqueux :**

Propriétés :

- ▷  $\eta$  viscosité, unité Pa · s ou Poiseuille Pl.
- ▷ Eau :  $\eta \sim 10^{-3}$  Pl, lubrifiant hydraulique :  $\eta \sim 0.1$  Pl.
- ▷ Sur une paroi immobile :  $\vec{v} = \vec{0}$ .

### ► **Force surfacique de cisaillement :**



Remarques :

- ▷ Relation valable pour un fluide Newtonien.
- ▷ Attention : ne pas apprendre par cœur que l'on dérive par rapport à  $x$  et que la direction est  $\vec{e}_y$ , car ceci dépend de la situation.

### ► **Relation de Bernoulli**

$$\frac{p_s}{\rho} + \frac{1}{2}v_s^2 + gz_s = \frac{p_e}{\rho} + \frac{1}{2}v_e^2 + gz_e$$

Hypothèses :

- ▷ Fluide parfait + écoulement incompressible + régime stationnaire + le long d'une ligne de courant.

---

► **Relation de Bernoulli avec pertes de charges**

$$\frac{p_s}{\rho} + \frac{1}{2}v_s^2 + gz_s = \frac{p_e}{\rho} + \frac{1}{2}v_e^2 + gz_e - \frac{\Delta p_c}{\rho}$$

Hypothèses :

- ▷ Écoulement incompressible + régime stationnaire + le long d'une ligne de courant.

**Attention :** le terme de perte de charge doit être homogène avec le reste de l'équation.

**Remarque :** C'est bien un signe moins, car on a en sortie *moins* que ce qu'on aurait eu sans pertes (ce sont bien des pertes).

**Alternative :**  $\frac{p_s}{\rho} + \frac{1}{2}v_s^2 + gz_s = \frac{p_e}{\rho} + \frac{1}{2}v_e^2 + gz_e - g\Delta z_c$

---

► **Relation de Bernoulli avec éléments actifs**

**Définition :** Le **travail massique indiqué** ou travail massique utile est le travail reçu par le fluide autre que les forces de pression en amont et en aval de l'écoulement. C'est le travail fourni par les parties mobiles au sein du système.

- ▷  $w_i > 0$  : le fluide reçoit effectivement du travail.
- ▷  $w_i < 0$  : le fluide fournit du travail au milieu extérieur.
- ▷  $w_i = 0$  : il n'y a pas de parties mobiles.
- ▷  $[w_i] = \text{J/kg}$ .

On introduit aussi la puissance indiquée ou puissance utile, reçue par le fluide :

$$\Psi_i = D_m \times w_i, \quad [\text{W}] \text{ donc } [\text{J/s}].$$

Relation de Bernoulli modifiée :

$$\frac{p_s}{\rho} + \frac{1}{2}v_s^2 + gz_s = \frac{p_e}{\rho} + \frac{1}{2}v_e^2 + gz_e + w_i$$

Hypothèses :

- ▷ Les mêmes que pour la relation de Bernoulli.

**Attention :** le terme de travail utile doit être homogène avec le reste de l'équation, donc il faut écrire l'équation avec les termes en  $p/\rho$ ,  $\frac{1}{2}v^2$ , et  $gz$ .

**Remarque :** C'est bien un signe plus, car le travail  $w_i$  est reçu par le fluide et donc s'il est positif on a en sortie *plus* que ce qu'on aurait eu sans travail.

**Alternative :** tout multiplier par  $D_m$  pour faire apparaître  $D_m w_i = \Psi_i$ .