

# LP3-Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.

Pré-requis :

- Cinématique des fluides, Milieux continus, Particule fluide
- Équation d'Euler
- Cinétique des gaz, Statique des fluides
- Diffusion Thermique, loi de Fourier, équation de la chaleur

# Viscosité dynamique :

## Quelques valeurs

Pour des conditions normales :  $T=20^{\circ}\text{C}$ ,  $P=1\text{atm}$

- $\eta_{\text{air}} = 1,8 \times 10^{-5} \text{ PI}$
- $\eta_{\text{eau}} = 1,00 \times 10^{-3} \text{ PI}$
- $\eta_{\text{glycérol}} = 1,49 \text{ PI}$
- $\eta_{\text{miel}} = 2\ 000 \text{ à } 10\ 000 \text{ PI}$
- $\eta_{\text{poix}} = 2,3 \times 10^{11} \text{ PI} \longrightarrow \text{Goutte : 7 à 13 ans !}$

# Viscosité dynamique : Évolution avec T

- Pour un gaz :  $\eta$  croît avec T  $\longrightarrow$  pour les GP,  $\eta \propto T^{1/2}$
- Pour les liquides :  $\eta$  décroît avec T  $\longrightarrow$   $\eta \propto e^{\Delta E/(k_b T)}$

# II – Dynamique des fluides visqueux

## 1) L'équation de Navier-Stokes (1823,1845)

Référentiel galiléen, fluide visqueux, newtonien et incompressible :

$$\rho \left[ \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \vec{\nabla}) \vec{v} \right] = -\vec{\nabla} P + \vec{f}_{vol} + \eta \Delta \vec{v}$$

Non-stationnarité

Advection de qté  
de mouvement

Forces de  
pression et  
forces  
volumiques  
extérieures

Diffusion de qté  
de mouvement

# II – Dynamique des fluides visqueux

## 2) Le nombre de Reynolds (1883)

L'équation de Navier-Stokes adimensionnée s'écrit :

$$\left[ \frac{\partial \vec{v}}{\partial \tilde{t}} + (\vec{v} \cdot \vec{\nabla}) \vec{v} \right] = -\vec{\nabla} \tilde{P} + \vec{f}_{vol} + \frac{1}{Re} \vec{\Delta} \vec{v}$$

# Re: différents régimes d'écoulement

$$Re = \frac{\rho U L}{\eta} = \frac{\rho(\vec{v} \cdot \vec{\nabla})\vec{v}}{\eta \Delta \vec{v}}$$

$$\delta = \frac{L}{\sqrt{Re}}$$

$Re \ll 1$  : Termes visqueux dominant, écoulements stables. Écoulements rampants.

$Re < \sim 1000$  : Écoulements toujours pilotés par la viscosité. Écoulements laminaires.

$Re$  très grand : Termes convectifs dominant, instabilités. Écoulements turbulents.