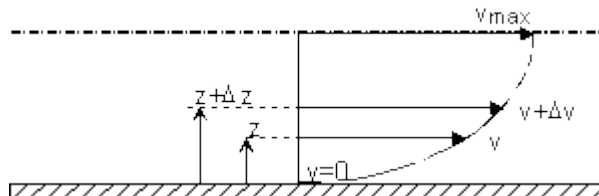


Viscosité

2 - Viscosité dynamique - Viscosité cinématique

2.1 - Profil des vitesses

Sous l'effet des forces d'interaction entre les molécules de fluide et des forces d'interaction entre les molécules de fluide et celles de la paroi, chaque molécule de fluide ne s'écoule pas à la même vitesse. On dit qu'il existe un **profil de vitesse**.



Si on représente par un vecteur, la vitesse de chaque particule située dans une section droite perpendiculaire à l'écoulement d'ensemble, la courbe lieu des extrémités de ces vecteurs représente le profil de vitesse.

Le mouvement du fluide peut être considéré comme résultant du glissement des couches de fluide les unes sur les autres.

La vitesse de chaque couche est une fonction de la distance z de cette couche au plan fixe : $v = v(z)$.

2.2 - Viscosité dynamique

Considérons deux couches de fluide contiguës distantes de Δz . La force de frottement F qui s'exerce à la surface de séparation de ces deux couches s'oppose au glissement d'une couche sur l'autre. Elle est proportionnelle à la différence de vitesse des couches soit Δv , à leur surface S et inversement proportionnelle à Δz :

$$F = \eta S \frac{\Delta v}{\Delta z}$$

Le facteur de proportionnalité est le **coefficient de viscosité dynamique** du fluide.
Dimension : $[\eta] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}$.

Unité : Dans le système international (SI), l'unité de viscosité dynamique est le **Pascal seconde** (Pa·s) ou **Poiseuille** (Pl) : $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ Pl} = 1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$

Autres unités (non légales) :

On trouve encore les tables de valeurs numériques le coefficient de viscosité dans un *ancien système d'unités (CGS)* : l'unité est le Poise (Po) ; $1 \text{ Pl} = 10 \text{ Po} = 1 \text{ daPo} = 10^3 \text{ cPo}$.

La viscosité de produits industriels (huiles en particulier) est exprimée au moyen d'*unités empiriques* : degré ENGLER en Europe, degré Redwood en Angleterre, degré Saybolt aux USA.

2.3 - Viscosité cinématique

Dans de nombreuses formules apparaît le rapport de la viscosité dynamique et de la masse volumique .

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Ce rapport est appelé **viscosité cinématique** :

Dimension : $[\nu] = L^2 \cdot T^{-1}$.

Unité : Dans le système international (SI), l'unité de viscosité n'a pas de nom particulier : (m^2/s).

Dans le système CGS (non légal), l'unité est le Stokes (St) : $1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St}$

2.4 - Ordre de grandeur ; influence de la température

Fluide	η (Pa·s)
eau (0 °C)	$1,787 \times 10^{-3}$
eau (20 °C)	$1,002 \cdot x 10^{-3}$
eau (100 °C)	$0,2818 \cdot x 10^{-3}$
huile d'olive (20 °C)	$\approx 100 \cdot x 10^{-3}$
glycérol (20 °C)	$\approx 1,0$

Viscosité

H ₂ (20 °C)	0,860 · x 10 ⁻⁵
O ₂ (20 °C)	1,95 · x 10 ⁻⁵

La viscosité des liquides diminue beaucoup lorsque la température augmente.

Il n'existe pas de relation rigoureuse liant η et T .

Contrairement à celle des liquides, *la viscosité des gaz augmente avec la température.*

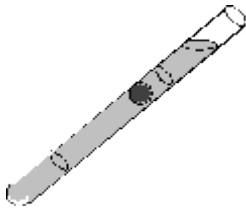
3 - Mesurage de viscosités

3.1 - Viscosimètre d'Ostwald (voir T.P.)

On mesure la durée d'écoulement t d'un volume V de liquide à travers un tube capillaire. On montre que la viscosité cinématique ν est proportionnelle à la durée t . Si on connaît la constante de l'appareil (K) fournie par le constructeur : $\nu = K \cdot t$

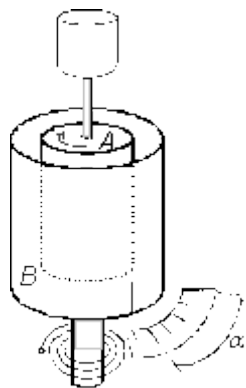
Si on ne connaît pas cette constante, on la détermine préalablement à l'aide de l'eau.

3.2 - Viscosimètre à chute de bille ou viscosimètre d'Hoeppler



Une bille sphérique tombe lentement dans un tube bien calibré renfermant le liquide visqueux. On mesure la durée t que met la bille pour parcourir une certaine distance. On montre que la viscosité dynamique η est proportionnelle à la durée t : $\eta = K \cdot t$

3.3 - Viscosimètre rotatif ou viscosimètre de Couette



Un cylindre plein (A) tourne à vitesse constante dans un liquide contenu dans un récipient cylindrique (B) ; celui-ci, mobile autour de son axe de révolution, est entraîné par le liquide. Un ressort, exerçant un couple de torsion après avoir tourné d'un angle α , retient (B) en équilibre.

On montre que la viscosité dynamique η est proportionnelle à l'angle α : $\eta = K \cdot \alpha$

3.4 - Applications ; conséquences

La propulsion par hélice d'un avion ou d'un bateau est possible grâce à la viscosité de l'air ou de l'eau.

A cause de sa viscosité, la pression d'un fluide réel diminue en s'écoulant dans une canalisation ; cela nécessite parfois d'introduire des pompes à distance régulière tout au long de la canalisation.