

Expérience de Reynolds ; les différents types d'écoulement

Introduction: les expériences réalisées par *Reynolds* (1883) lors de l'écoulement d'un fluide dans une conduite cylindrique rectiligne, ont montré l'existence de deux régimes d'écoulement: **laminaire et turbulent**. En utilisant des fluides divers (viscosité différente), en faisant varier le débit et le diamètre de la canalisation, Reynolds a montré que le paramètre qui permettait de déterminer si l'écoulement est laminaire ou turbulent est un **nombre sans dimension appelé nombre de Reynolds** Redonné par la relation :

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\eta}$$

ou

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Avec :

ρ = masse volumique du fluide,

v = vitesse moyenne,

D = diamètre de la conduite

η = viscosité dynamique du fluide

μ = viscosité cinématique = $\frac{\eta}{\rho}$

L'expérience montre que :

Si $Re < 2000$ le régime est laminaire

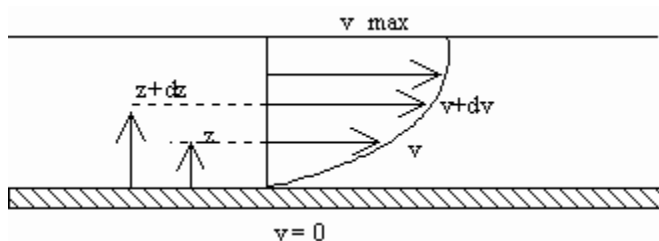
Si $2000 < Re < 3000$ le régime est intermédiaire

Si $Re > 3000$ le régime est turbulent

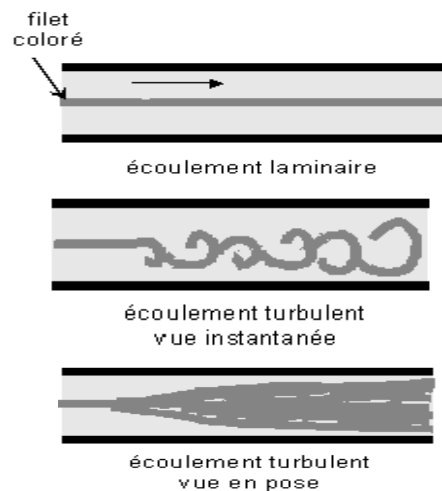
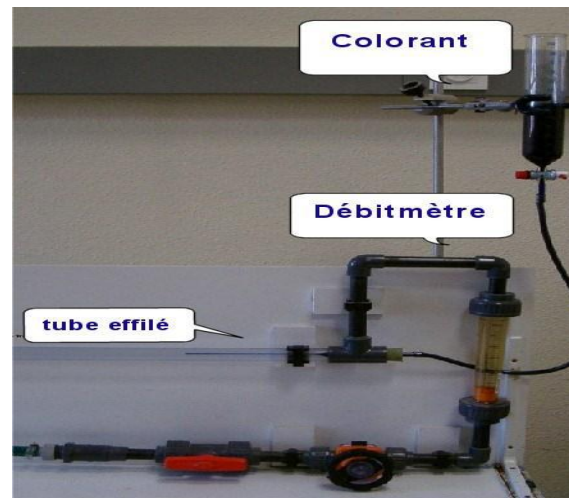
Ces valeurs doivent être considérées comme des ordres de grandeur, le passage d'un type d'écoulement à un autre se faisant progressivement (**laminaire ---> turbulent**)

Viscosité cinématique et dynamique

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: $v = v(z)$. Considérons 2 couches contiguës distantes de dz .

$$F = -\eta \cdot S \cdot \frac{dv}{dz}$$

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 dv , à leur surface S et inversement proportionnelle à dz :

Le facteur de proportionnalité η est le **coefficient de viscosité dynamique** du fluide.

Dimension : $[\eta] = M L^{-1} T^{-1}$

Unité : Dans le système international (SI), l'unité de viscosité est le **Pa.s** ou **Poiseuille (Pl)**:

$$1 \text{ Pl} = 1 \text{ kg/m.s}$$

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)** ; $1 \text{ Pl} = 10 \text{ Po} = 1 \text{ daPo} = 103 \text{ cPo}$.

Autres unités : 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.

Par rapport aux faits expérimentaux, on est conduit à considérer deux types de fluides :

- 1- D'une part **les fluides newtoniens** qui satisfont à la loi de Newton. Ces fluides ont un coefficient de viscosité indépendant du gradient de vitesse. C'est le cas des gaz, des vapeurs, des liquides purs de faible masse molaire.
- 2- D'autre part **les fluides non-newtoniens**. Ce sont les solutions de polymères, les purées, les gels, les boues, le sang, la plupart des peintures, etc ... L'étude de ces fluides relève de la rhéologie : fluides pseudo plastiques, rhéoplastiques, thixotropiques, rhéopectiques.

Viscosité cinématique : Dans de nombreuses formules apparaît le rapport de la viscosité dynamique μ et de la masse volumique ρ Ce rapport est appelé **viscosité cinématique**

Dimension : $[\mu] = L^2 T^{-1}$

Unité SI : m^2/s

Travail demandé : 1-Remplir le tableau ci-dessous et 2-Discussion des résultats

N°	Volume (Litre) (V)	Temps(s) (t)	Débit volumique (m ³ /s) (Q)	Vitesse (m/s) (v)	Nombre de Reynolds (Re)	Régime	Traces
1							
2							
3							
4							
5							
6							

On donne; $\eta_{\text{eau}} = 1,005 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ et $r = 5 \text{ mm}$ ou $D = 10 \text{ mm}$

Formules ; $Q = \frac{V}{t}$, $v = \frac{Q}{S}$, $Re = \frac{\rho v D}{\eta}$ et $S = \pi r^2$

Conversion des unités; $1 \text{ Litre} = 10^{-3} \text{ m}^3$ et $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$

Réalisé par : B. MEKHERBECHE & A. KARECHE