

* Dynamique Des Fluides réels :

- Dans le cas de la dynamique des Fluides réels, on doit tenir compte des frottements internes entre les molécules $\Rightarrow$ Une partie de l'énergie se dissipe en chaleur.

$$\Rightarrow \boxed{P + \rho g z + \frac{1}{2} \rho v^2 + \text{chaleur dégagée} = \text{cte}}$$

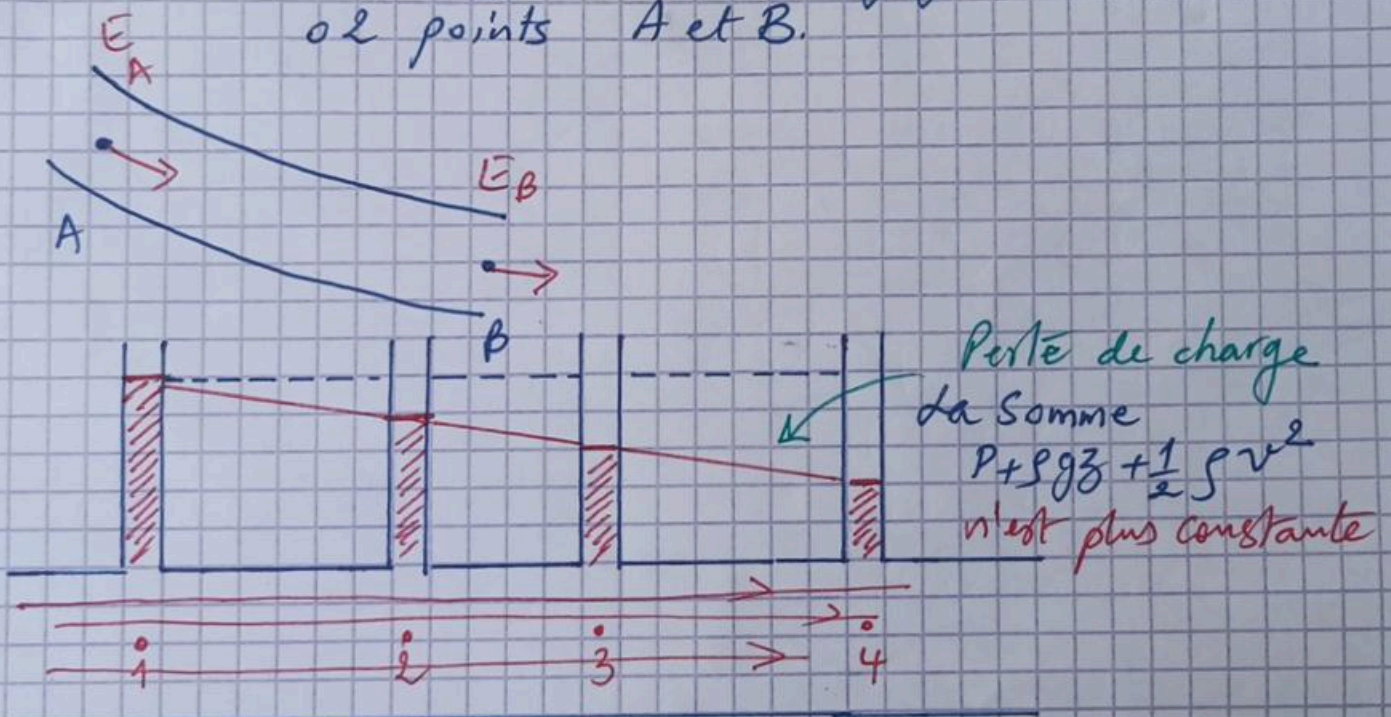
Autrement dit, la charge

$$E = P + \rho g z + \frac{1}{2} \rho v^2 \text{ n'est plus constante.}$$

Elle diminue progressivement le long de la conduite

$\Rightarrow$ On parle de perte de charge

$$E_A - E_B = \text{chaleur dégagée entre les 02 points A et B.}$$



il y'a diminution de la Pression statique tout au long de la conduite pendant l'écoulement $\Rightarrow$ on n'a plus la même hauteur h dans les manomètres.

Viscosité, facteur de résistance à l'écoulement:

* La viscosité d'un fluide crée une force de frottement F qui s'oppose au mouvement.

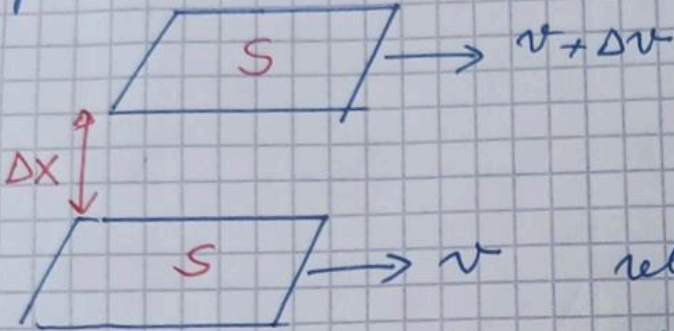
S : surface commune des 2 lames

Δx : la distance qui sépare les 2 lames

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

Formule proposée par Newton

soient 2 lames de fluide // qui glissent l'une sur l'autre avec une vitesse



relative Δv

$\frac{\Delta v}{\Delta x}$: gradient de vitesse (taux de cisaillement)

η : coefficient de viscosité
اللزوجة

$$[\eta] = 1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ Poiseuille} = 1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

existe aussi Poise $\rightarrow 1 \text{ Poiseuille} = 10 \text{ Poises}$

Remarque:

Le coefficient de viscosité η d'un fluide décroît quand la température T augmente.

$\eta \downarrow T \uparrow$
Pourquoi?

On peut distinguer 2 types de liquides.

① Fluides Newtoniens:

Les Fluides pour lesquels (*) s'applique d'une façon satisfaisante $\Rightarrow \eta$ est indépendant du taux de cisaillement $\frac{\Delta v}{\Delta x}$

L'eau est un fluide Newtonien

② Fluides non Newtoniens:

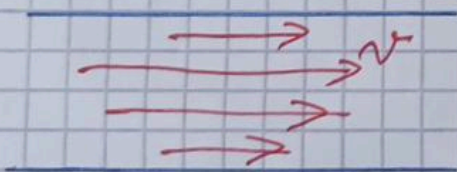
Les Fluides pour lesquels la mesure de η donne
des valeurs variables selon la valeur de $\frac{\Delta v}{\Delta x}$
exemple : Le sang, les solutions macromoléculaires

* Les 02 régimes d'écoulement d'un liquide visqueux:

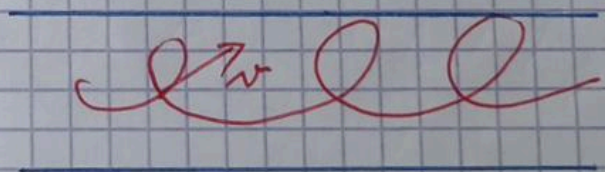
L'expérience montre qu'un même fluide visqueux
peut avoir 02 régimes d'écoulement dans une même
conduite.

* Pour un débit faible $\Rightarrow$ toutes les particules
ont une vitesse parallèle au sens général de
l'écoulement $\Rightarrow$ les lames liquides glissent l'une
sur l'autre $\Rightarrow$ Régime laminaire طبيعي

* Pour un débit fort $\Rightarrow$ apparaissent des tourbillons
 $\Rightarrow$ les particules ont un vecteur vitesse non parallèle
au sens général de l'écoulement
 $\Rightarrow$ Régime turbulent عكس



Régime laminaire



Régime turbulent

* Pour préciser les conditions d'installation de
l'un ou de l'autre régime, le physicien anglais
Reynolds $\Rightarrow$ Nombre de Reynolds (sans dimension)

$$Re = \frac{\rho \bar{v} d}{\eta}$$

Remarque: vérifier que Re est sans dimension.

ρ : masse volumique
 $\bar{v}$: vitesse moyenne de l'écoulement
 d : diamètre de la conduite.

η : coefficient de viscosité.

Si $Re < 2000 \Rightarrow$ écoulement toujours laminaire

Si $Re > 10000 \Rightarrow$ " " turbulent

Pour $Re \in [2000, 10000] \Rightarrow$ on a un régime instable

Des conditions extérieures peuvent faire basculer le régime de laminaire à turbulent

Loi de Poiseuille:

Dans une conduite horizontal où l'écoulement d'un fluide réel est laminaire $\Rightarrow$ perte d'énergie (perte de charge) due aux forces de frottements $\Rightarrow$ une chute de pression ΔP tq:

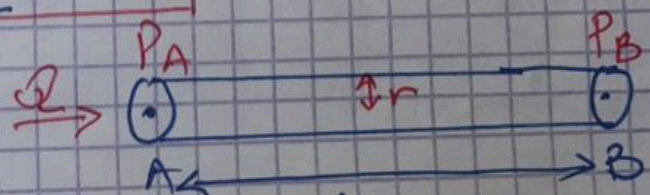
$$\Delta P = \frac{8\eta L}{\pi r^4} Q$$

ou bien le débit

$$Q = \frac{\pi r^4}{8\eta L} \Delta P$$

Loi de Poiseuille
 chute de pression

r : rayon de la conduite
 L : Longueur
 η : coeff de viscosité



(17)

$\Delta P = P_A - P_B$ chute de pression

Analogie avec l'électricité

Hydrodynamique	Electricité
coeff de Débit $Q = \frac{dV}{dt}$	Intensité $I = dq/dt$
$\Delta P = \frac{\text{Energie}}{\text{volume}}$	$\Delta V = \frac{\text{Energie}}{\text{charge}}$
$\Delta P = R_{\text{méc}} Q$	$\Delta V = R I$

$$\Delta V = R I$$

↓
Résistance
électrique:
résistance
au mouvement
des e^-

$$\Delta P = R_{\text{méc}} Q$$

↓
chute de pression

↓
Résistance mécanique
à
l'écoulement
des particules
du fluide

Par analogie avec l'électricité
la Puissance $P = R I^2$

↳ la puissance dépensée par l'écoulement en
régime laminaire s'écrit:

$$\boxed{\text{Puissance} = R_{\text{méc}} Q^2 = \Delta P Q}$$

↓
Résistance
à l'écoulement

↓
chute de pression

$$R = ?$$

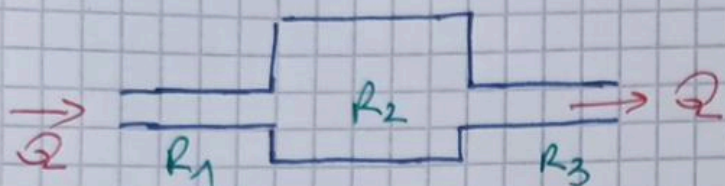
A partir de la loi de Poiseuille $Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 \eta L}$
 ⇒ elle permet de définir la
 Résistance mécanique à l'écoulement en régime
 laminaire

(18)

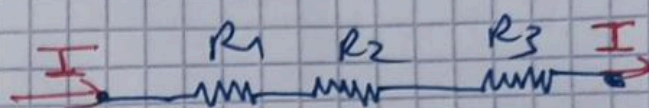
$$R_{\text{mec}} = \frac{\Delta P}{Q} = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

Commenter la relation?

* La résistance mécanique d'un ensemble de conduites en série est la somme des résistances mécaniques.



Analogie avec l'électricité:



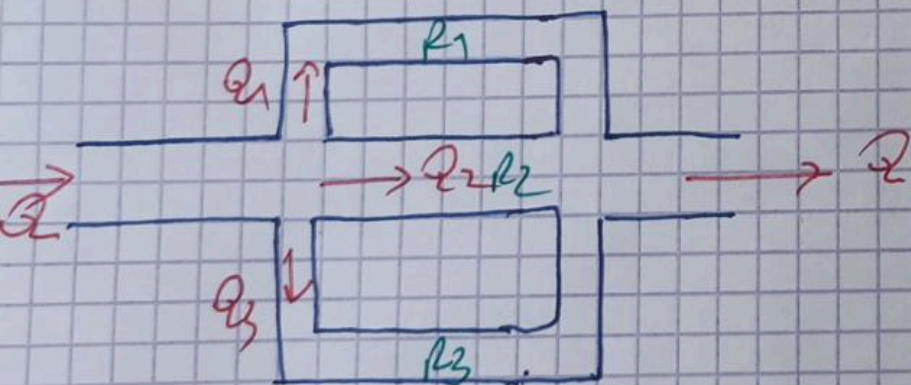
$$R_{\text{ép}} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{\text{mec}} = R_1 + R_2 + R_3$$

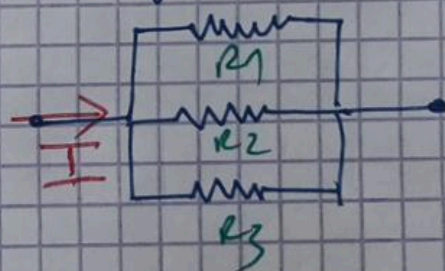
Démonstration?

** La résistance mécanique d'un ensemble de conduites en parallèle est telle que:

$$\frac{1}{R_{\text{mec}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{Démonstration?}$$



Analogie avec l'électricité:



Remarques:

* Pour un régime laminaire

* " " " Turbulent

$$\Delta P = R_{\text{mec}} \times Q$$

$$\Delta P \neq R_{\text{mec}} \times Q$$

vitesse critique $\bar{v}_c$:

Définition: c'est la vitesse au delà de laquelle l'écoulement laminaire devient instable avec possibilité de devenir turbulent

$$Re = 2000 = \frac{\rho d \bar{v}_c}{\eta}$$

$$\Rightarrow \bar{v}_c = \frac{2000 \eta}{\rho d}$$

