

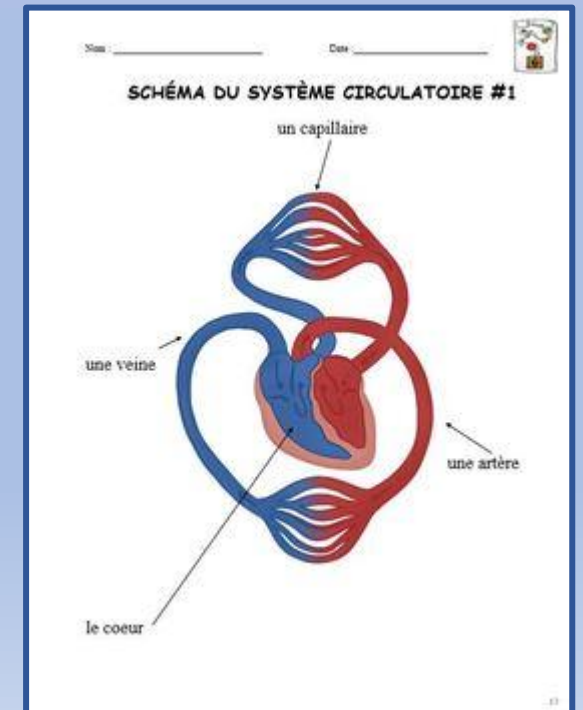


BIOPHYSIQUE DE LA CIRCULATION 1

FEAT DYDOU ET OSKOUR

INTRODUCTION

- Système cardio vasculaire = **cœur + vaisseaux**
- Favorise les échanges
- Grande surface d'échange + vitesse circulatoire lente



I) BASES PHYSIQUES

- **Fluide** = Milieu matériel **déformable**, sans forme propre, s'écoule ++
- 2 types de fluides :
 - Milieu Liquide : **Ecinétique** \approx **Eliaison**
 - Molécules à distance restreintes -> **supposé incompressible**
 - Milieu gazeux : **Ecinétique** \gg **Eliaison**,
 - Molécule à distance variable -> **COMPRESSIBLE**



2 TYPES DE FLUIDES

PARFAITS/IDEAUX = Pas de frottements (on ne prend pas compte de la viscosité)

REELS = Frottements (on tient compte de la viscosité)



2 TYPES DE SITUATIONS :

MECANIQUE STATIQUE	MECANIQUE DYNAMIQUE
<ul style="list-style-type: none">• Fluide immobile• Caractérisé par une PRESSION• Même comportement IDÉAL / RÉEL	<ul style="list-style-type: none">• Fluide en mouvement• Caractérisé par un débit• Différents comportements IDÉAL / RÉEL

STATIQUE D'UN FLUIDE

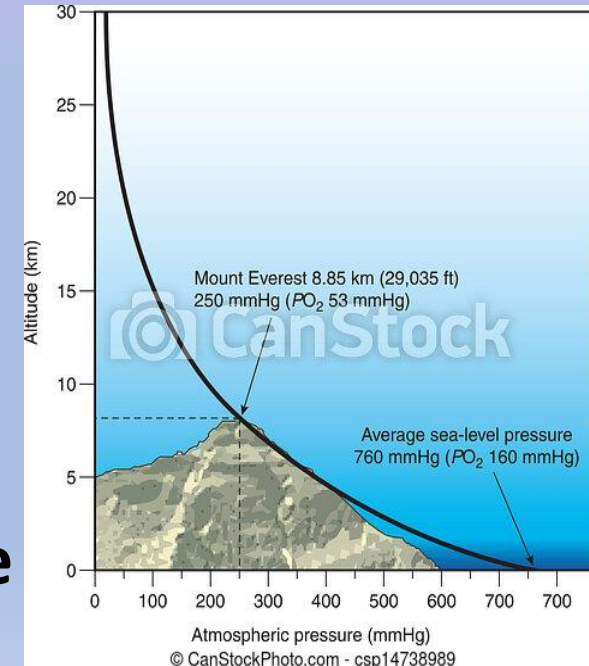
- **Pression statique P** = Poids de la colonne de liquide
- **Pression relative** : effet de la colonne de liquide uniquement
$$\Delta P = \rho g h$$
- **Pression absolue** : Effet de la colonne de liquide + la colonne atmosphérique
 - $P_{\text{absolue}} = P_{\text{relative}} + P_{\text{atmosphérique}}$
- Unité de la pression : **Pascal** (Pa) ou **bar** (1 bar = 10^5 Pa)

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.



PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

- P_{atm} = Poids de la colonne d'air atmosphérique
 - $P_{atm} = \rho gh = 1013 \text{ hPa}$
- Plus l'altitude augmente et plus la pression atm diminue



**LA PHARMACO SE FAISANT
APPELER "MEILLEURE MATIÈRE"**

LOIS DE PASCAL

Quack quack your opinion is wack

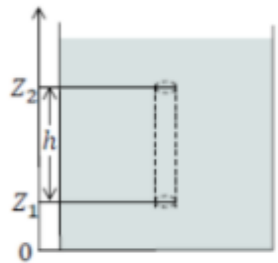


1ÈRE LOI

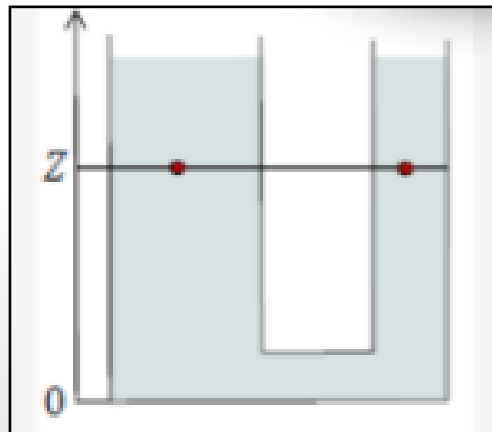
LA PRESSION EST LA MÊME DANS
TOUTES LES DIRECTIONS →
INDÉPENDANTE DE L'ORIENTATION DU
CAPTEUR.

2E LOI

La pression est la même en tout point
de même profondeur.



Δz : différence de hauteur
entre les 2 points.



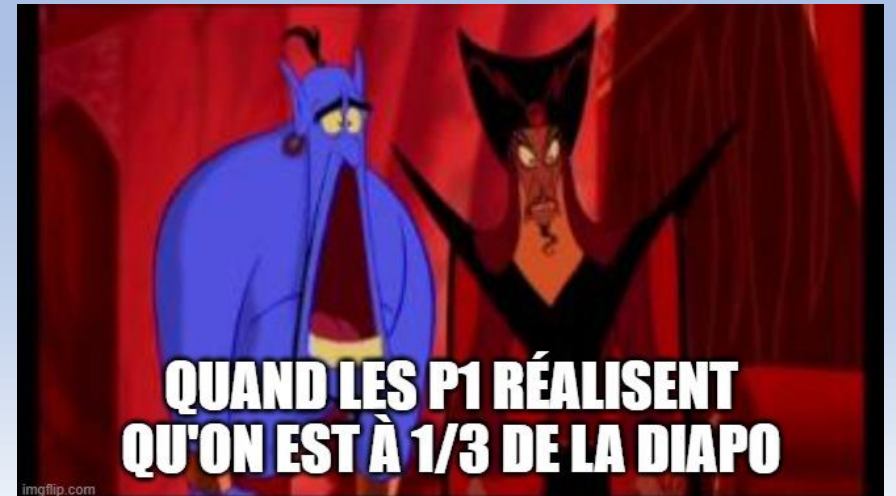
3E LOI

La différence de Pression dP entre 2 points est
proportionnelle à la différence de hauteur
entre ces 2 points

$$\Delta P = P_{z1} - P_{z2} = \rho g h = -\rho g \Delta z$$

CONCLUSION STATIQUE DES FLUIDES

- Paramètre essentiel = Pression
- Pression liée au poids de la colonne de liquide
- Indépendante de l'orientation du capteur



QCM TIME (prof)

QCM 1 : Quel(s) est (sont) le (les) facteur(s) qui influence(nt) la mesure de la pression dans un liquide immobile incompressible ?

- A) La pression atmosphérique
- B) L'orientation du capteur
- C) La hauteur de liquide au-dessus du point de mesure
- D) La masse volumique du liquide
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

REPONSES

QCM 1 : ACD

- A) Vrai
- B) Faux
- C) Vrai
- D) Vrai
- E) Faux

A classic Disney illustration of Snow White and the Seven Dwarfs in a forest. Snow White stands in the center, looking towards the dwarfs. The dwarfs are gathered around her, some sitting on the ground. The background shows a small wooden cabin and a stream.

LA SAINTE BIOPHYSIO

II) DYNAMIQUE D'UN FLUIDE IDÉAL

**LA
BDR**

L'EMBRYO

L'HISTO

L'ANAT

**LA
CHIMIE**

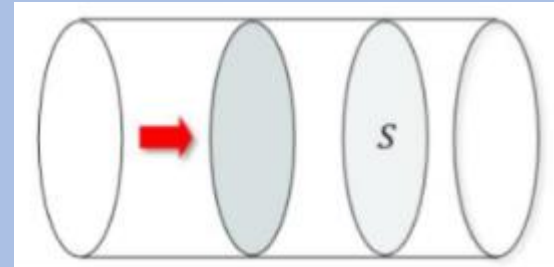
**LA
BIOCH**

**LA
PHARMACO**

NOTION DE DÉBIT

DÉBIT = Volume de fluide traversant une section S par unité de temps

$$Q = \frac{V}{dt}$$



Il y a une **relation** entre **débit** et **vitesse d'écoulement** :

$$Q = S.v = \text{Section} \times \text{vitesse} ++$$

PRINCIPE DE CONTINUITÉ DU DÉBIT

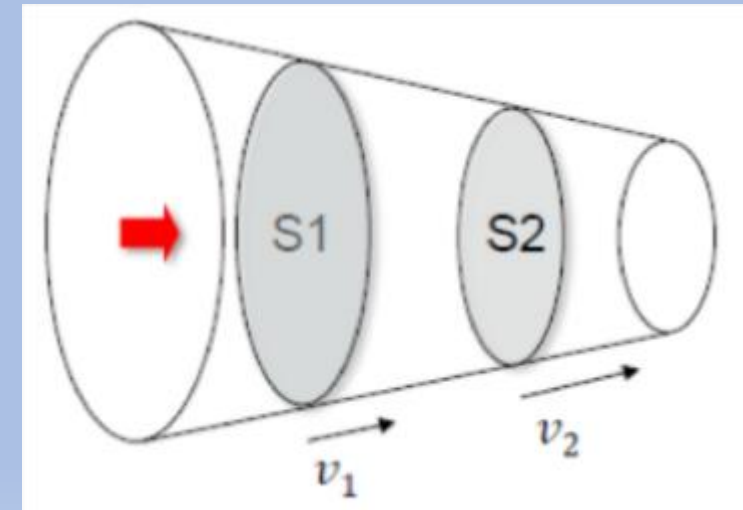
- 3 Hypothèses :

- Fluide **incompressible** -> **p** est constante
- Régime **stationnaire** -> **vitesse en un point** constante
- **Section variable**

- **Débit constant** en tout point : ++

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{constant} = Q$$



EQUATION DE BERNOULLI

- S'applique à un fluide **incompressible** et **idéal**
- 3 types d'énergies :
 - **E1 de pesanteur** (liée à la **hauteur**)
 - **E2 cinétique** (liée à la **vitesse**)
 - **E3 pression statique** (Pression = Energie / Volume donc **E3 = Pression x Volume**)
- Equation de Bernoulli : ++



$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 = mgh + \frac{1}{2}mv^2 + PV = \text{constante}$$

$$P_t = \frac{E_t}{V} = \frac{mgh}{V} + \frac{1/2 mv^2}{V} + P = \text{constante}$$

$$P_t = \rho gh + 1/2 \rho v^2 + P = \text{constante}$$

ρgh = pression de pesanteur

$1/2 \rho v^2$ = pression cinétique

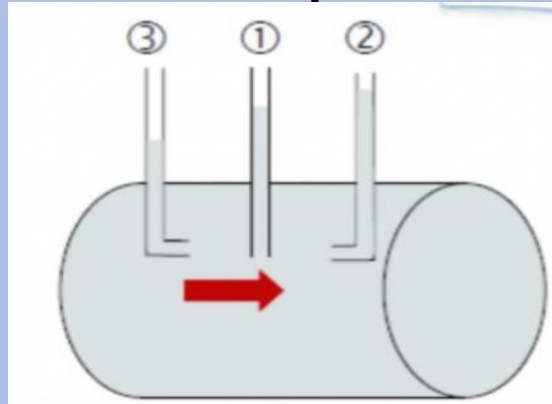
P = pression statique



Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

MESURE DES PRESSIONS

- ≠ des fluides statiques : valeurs mesurées **dépendent de l'orientation du capteur ++**



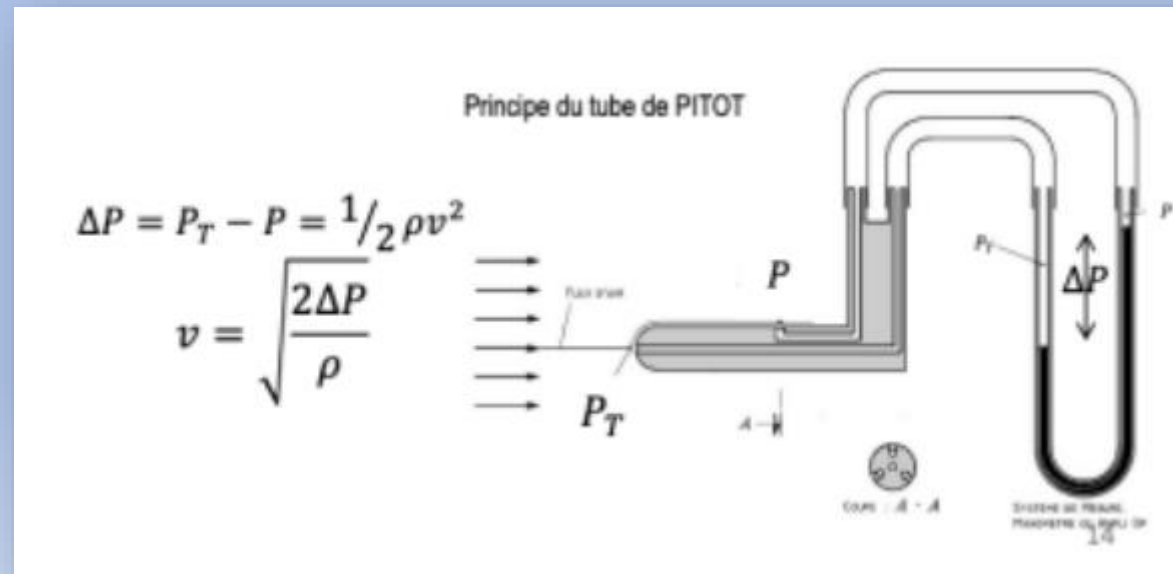
- Il existe 3 types de mesures (≠ des 3 types de pressions) : ++++

(1) Capteur **parallèle** au courant -> Pression **latérale ou statique P**

(2) Capteur **face** au courant -> Pression « **terminale** » : $P_T = P + 1/2\rho v^2$

(3) Capteur **dos** au courant -> Pression « **d'aval** » : $P_A = P - 1/2\rho v^2$

TUBE DE PITOT



ÉCOULEMENT HORIZONTAL D'UN FLUIDE IDÉAL

- P_t se répartit en la pression latérale et la pression cinétique car la pression de pesanteur est constante (conduit horizontal)

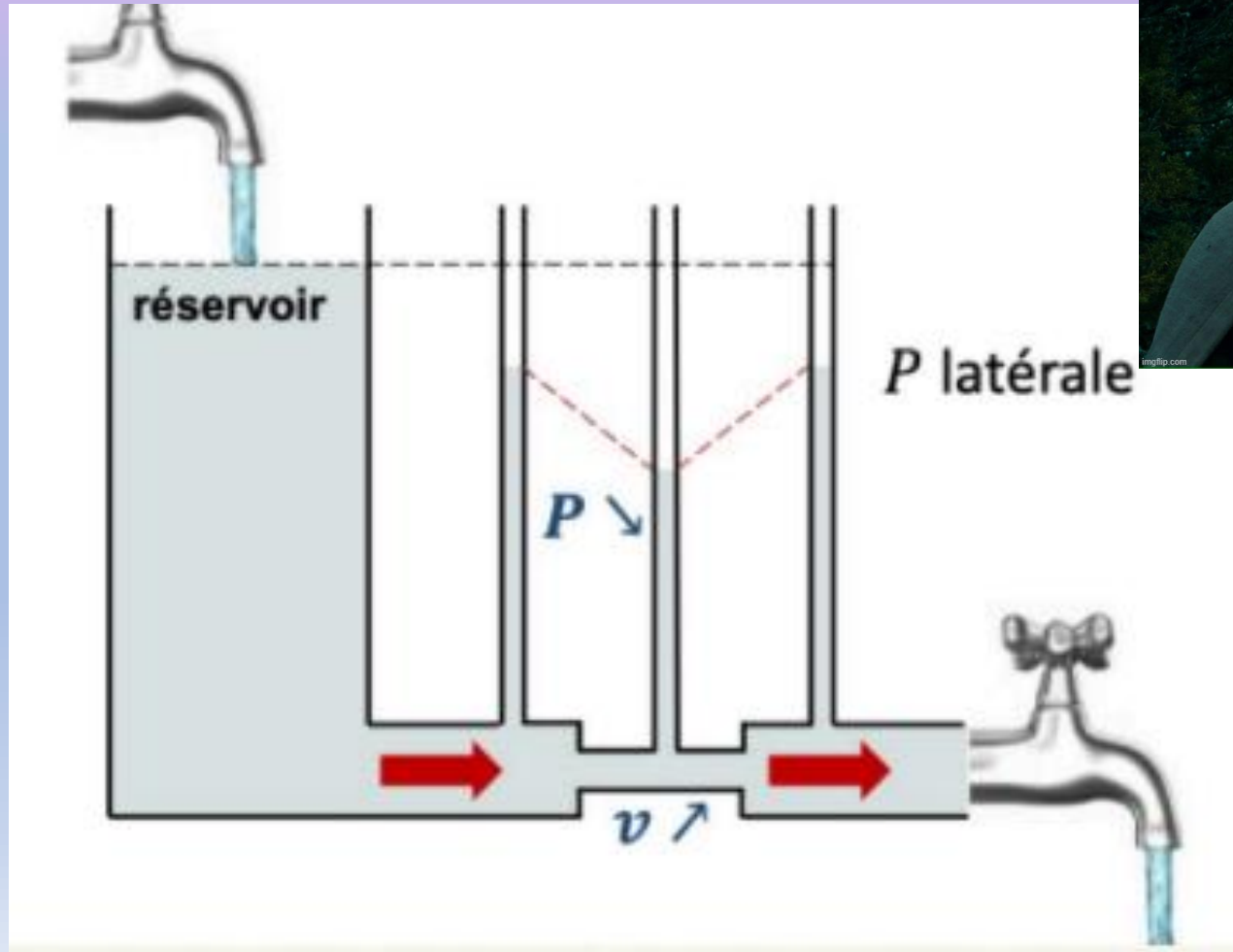
$$P_t = \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 + P = \text{Constante}$$

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + P = \text{Constante}$$

$$\text{D'où } P = \text{constante} - \frac{1}{2}\rho v^2$$

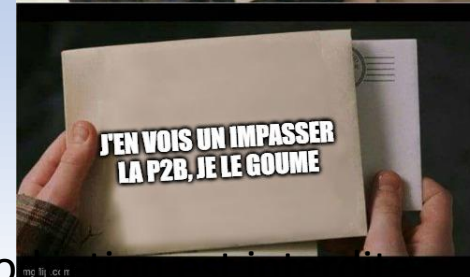
- Continuité du débit ($Q=Sv$) -> si la section diminue, la vitesse augmente -> **pression cinétique \nearrow et pression latérale \searrow**

Une diminution de la section entraîne une baisse locale de la pression latérale au niveau du rétrécissement -> C'est l'effet Venturi +++



CONCLUSION DYNAMIQUE D'UN FLUIDE IDÉAL

- Deux règles pour l'écoulement d'un fluide idéal dans un conduit :
 - **La constance du Débit**
 - La constance de la somme des pressions



QCM TIME

QCM 2 : On considère une sténose localisée au niveau d'une artère. La vitesse du sang avant la sténose est $v_1 = 1 \text{ m.s}^{-1}$. Après la sténose, on a un diamètre $d_2 = 4 \text{ mm}$ et une vitesse $v_2 = 4 \text{ m.s}^{-1}$. Quel est le diamètre avant la sténose :

- A) 4 mm
- B) 8 mm
- C) 0,8 cm
- D) 16 mm
- E) 1,6 cm

RESOLUTION

Principe de continuité du débit :

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \rightarrow \pi r_1^2 v_1 = \pi r_2^2 v_2 \rightarrow \frac{\pi d_1^2}{4} v_1 = \frac{\pi d_2^2}{4} v_2$$

On simplifie : $d_1^2 v_1 = d_2^2 v_2$

$$d_1^2 = \frac{d_2^2 v_2}{v_1} \rightarrow d_1 = d_2 \sqrt{\frac{v_2}{v_1}}$$

Application Numérique : $d_1 = 4 \times \sqrt{\frac{4}{1}} = 4 \times 2 = 8 \text{ mm}$

REPONSES

QCM 2 : BC

- A) Faux
- B) Vrai
- C) Vrai
- D) Faux
- E) Faux

A scene from the movie Pirates of the Caribbean: The Curse of the Black Pearl. Jack Sparrow is running through shallow water, looking back over his shoulder with a determined expression. He is wearing his signature red bandana and dark vest. In the background, a large group of pirates, including many children, are also running through the water, creating a sense of a large-scale chase or battle. The water is splashing around their legs.

III) DYNAMIQUE D'UN FLUIDE RÉEL

**UNE ARMÉE
DE P1 PRÉPARÉE**

LE CONCOURS

LA PERTE DE CHARGE

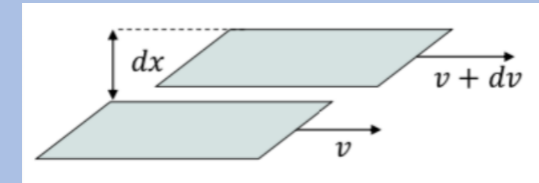
- **VISCOSITÉ** = frottements consommant de l'énergie libérée sous forme de **chaleur**
- L'équation de Bernoulli n'est plus vérifiée :

$$PT = PGH + 1/2PV^2 + P + \text{CHALEUR} = \text{CONSTANTE}$$

LA VISCOSITÉ

Deux lames de fluides circulent parallèlement à des vitesses différentes. **La force de frottement** est exprimée par :

$$F = \eta S \frac{dv}{dx}$$



S = surface commune aux 2 lames
 dv/dx = gradient de vitesse (« taux de cisaillement »)
 η = viscosité (*constante caractéristique du liquide*)



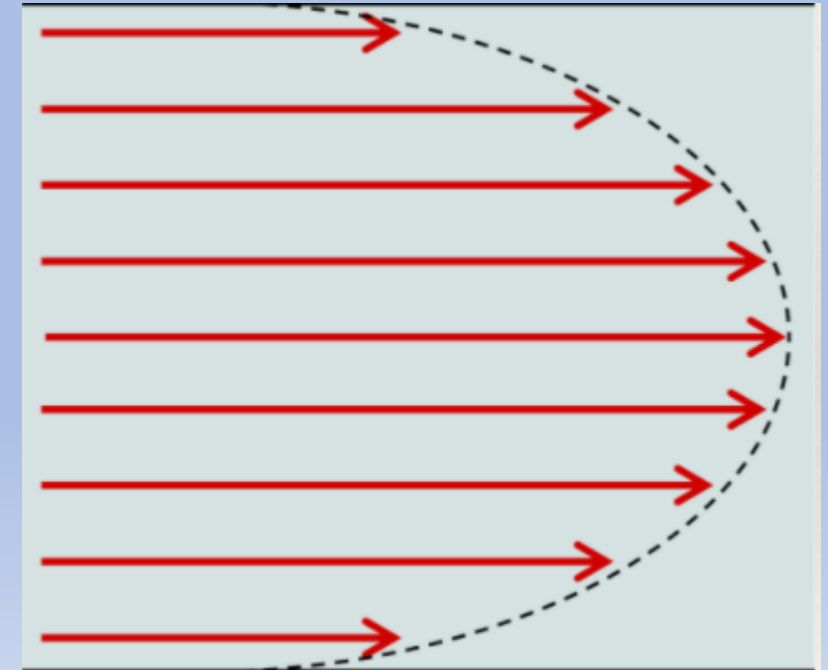
CATÉGORIES DE FLUIDES

- ❖ **NEWTONIENS** : η est une **constante caractéristique du liquide** qui varie seulement avec la **température** ($T^{\circ}\text{C} \nearrow \rightarrow \eta \searrow$)
- ❖ **NON NEWTONIENS** : η varie avec la **température** mais aussi avec le **taux de cisaillement** ($\frac{dv}{dx} \nearrow \rightarrow \eta \searrow$)

RÉGIME D'ÉCOULEMENT DES FLUIDES RÉELS

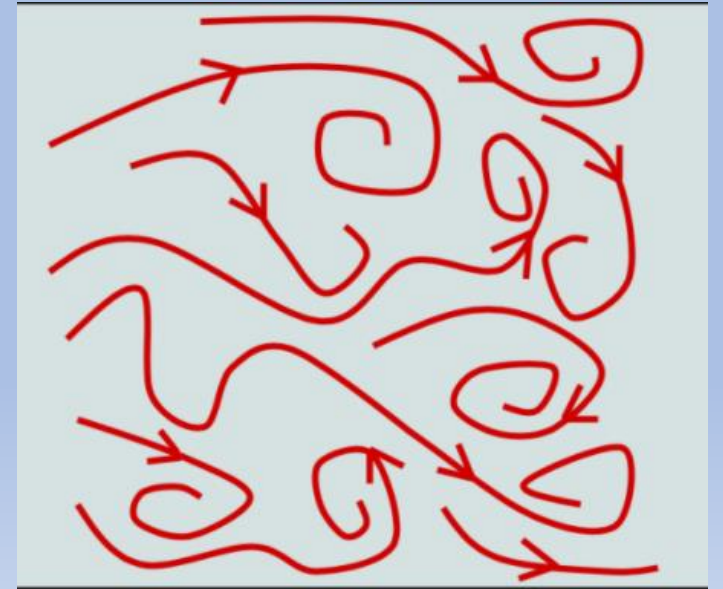
- RÉGIME LAMINAIRE

- Vitesse d'écoulement **faible**
- **Viscosité = facteur de cohérence**
- Les lignes de courant **ne se croisent pas**
- Vitesse max au centre
- Profil **parabolique**



- **RÉGIME TURBULENT**

- Vitesse d'écoulement **moyenne ou élevée**
- Viscosité **n'est plus un facteur de cohérence**
- Trajectoires désordonnées
- Pas de distribution systématisée des vitesses



FRONTIÈRE ENTRE LES DEUX RÉGIMES

Dépend de 4 paramètres simultanément :

- ✓ La **vitesse** moyenne d'écoulement v
- ✓ Le **diamètre** du conduit d
- ✓ La **masse volumique** du liquide ρ
- ✓ La **viscosité** η

si \nearrow = risque de turbulence \nearrow

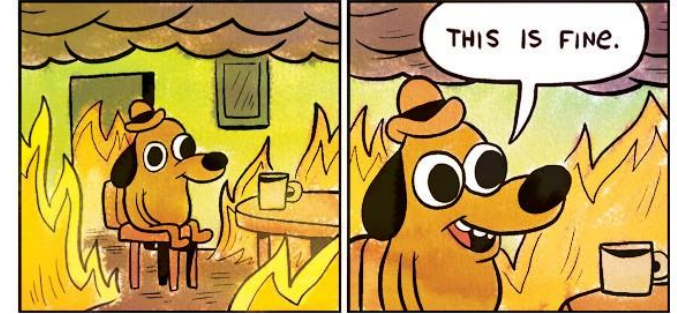
si \nearrow = risque de turbulence \searrow



NOMBRE DE REYNOLDS

$$Re = \frac{\rho dv}{\eta}$$

Fluide réel en écoulement turbulent be like :



Nombre empirique sans unités, sert à définir **le seuil entre laminaire et turbulent**

- ❖ Si **$Re \leq 2000$** : Le régime d'écoulement est **laminaire**
- ❖ Si **$Re > 10\,000$** : Le régime d'écoulement est **turbulent**
- ❖ **Entre les 2** : le régime d'écoulement est **instable** on ne peut rien conclure

- Vitesse critique

$$v = \frac{2000\eta}{\rho d}$$

Vitesse au delà de laquelle le régime laminaire n'est plus garanti



LOI DE POISEUILLE ++++

- Dans un conduit **horizontal** en **écoulement laminaire**
- Pression de pesanteur constante, section constante, vitesse constante

$$\Delta P = Q \times R \text{ avec } R = \frac{8\eta L}{\pi r^4} \text{ donc } \Delta P = Q \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

RECAP RÉGIMES D'ÉCOULEMENT

LAMINAIRE :

Toute l'énergie consommée est utilisée pour **vaincre la viscosité**,
Relation linéaire entre ΔP et le débit, Loi de Poiseuille

TURBULENT :

Peu efficace, Pas de proportionnalité entre ΔP et le débit, **Vibrations + chaleur**

QCM TIME (prof)

QCM 3 : Quelle(s) est (sont la (les) proposition(s) vraie(s) concernant les règles de circulation des différents types de fluide ?

- A) L'équation de Bernoulli s'applique à un fluide idéal
- B) La loi de Poiseuille s'applique à un fluide réel newtonien à condition que l'écoulement soit laminaire
- C) Un écoulement non-newtonien s'écoule toujours selon un régime d'écoulement turbulent
- D) La loi de Poiseuille s'applique à un fluide réel non-newtonien en régime d'écoulement turbulent si on considère sa viscosité apparente
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

REPONSES

QCM 3 : AB

- A) Vrai
- B) Vrai
- C) Faux
- D) Faux



Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.