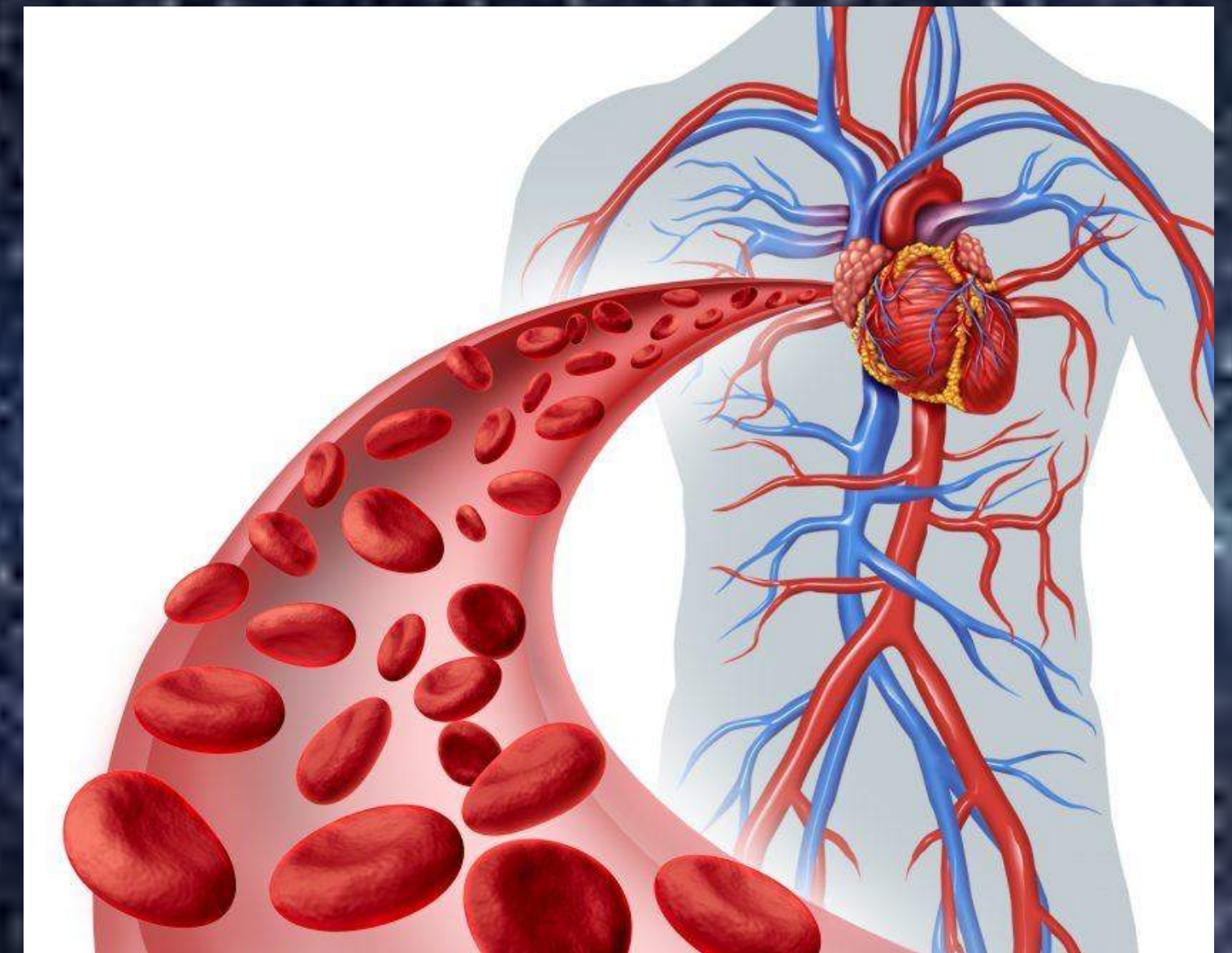


BIOPHYSIQUE DE LA CIRCULATION

PARTIE 1



Sommaire

- ❖ I) INTRODUCTION

- ❖ II) BASES PHYSIQUES

- A. Statique d'un fluide (idéal ou réel)

- B. Dynamique d'un fluide IDÉAL

- C. Dynamique d'un fluide RÉEL

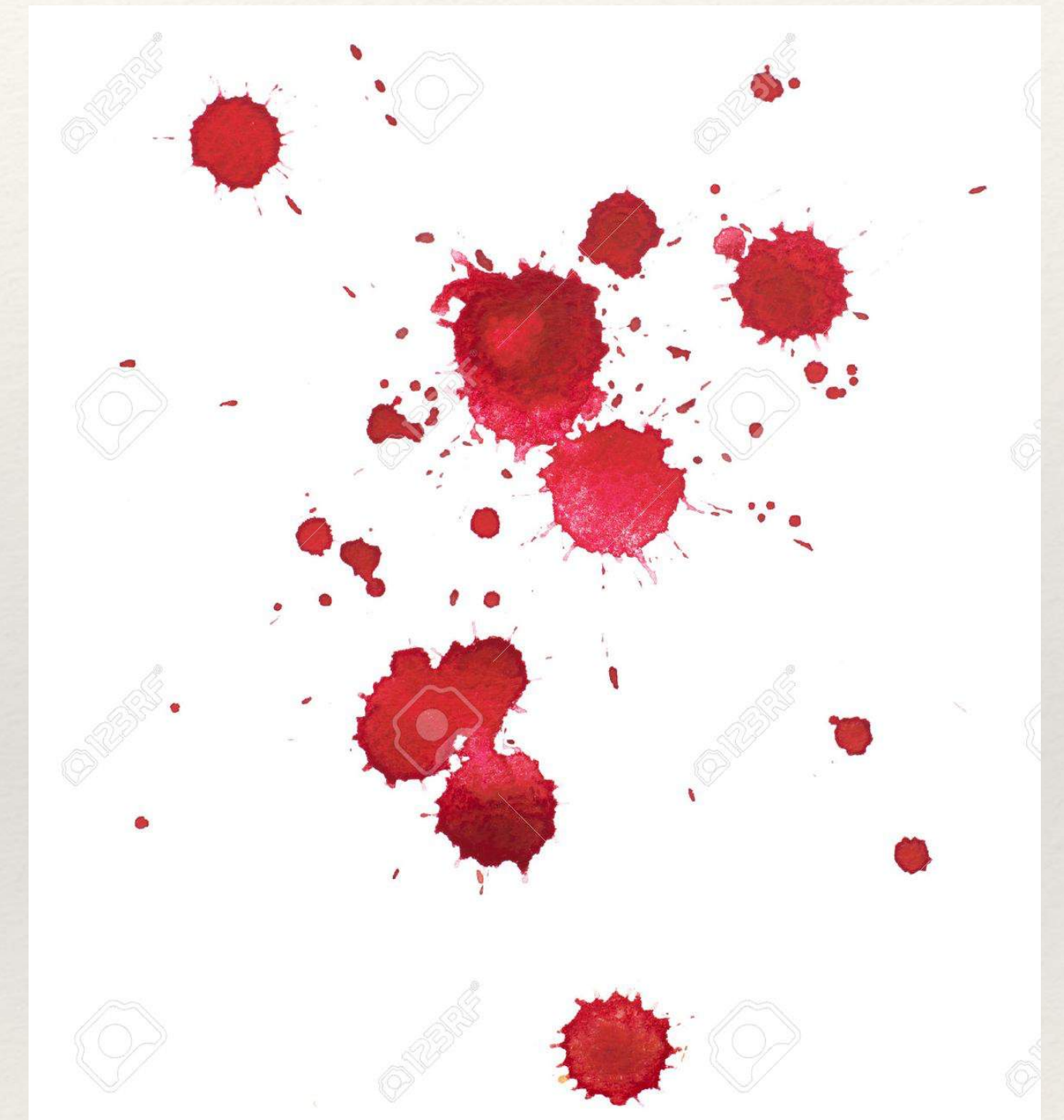
- ❖ III) PARTICULARITÉS LIÉES AU SANG

- A. Description du sang au repos

- B. Description rhéologique du sang en écoulement dans les gros vaisseaux

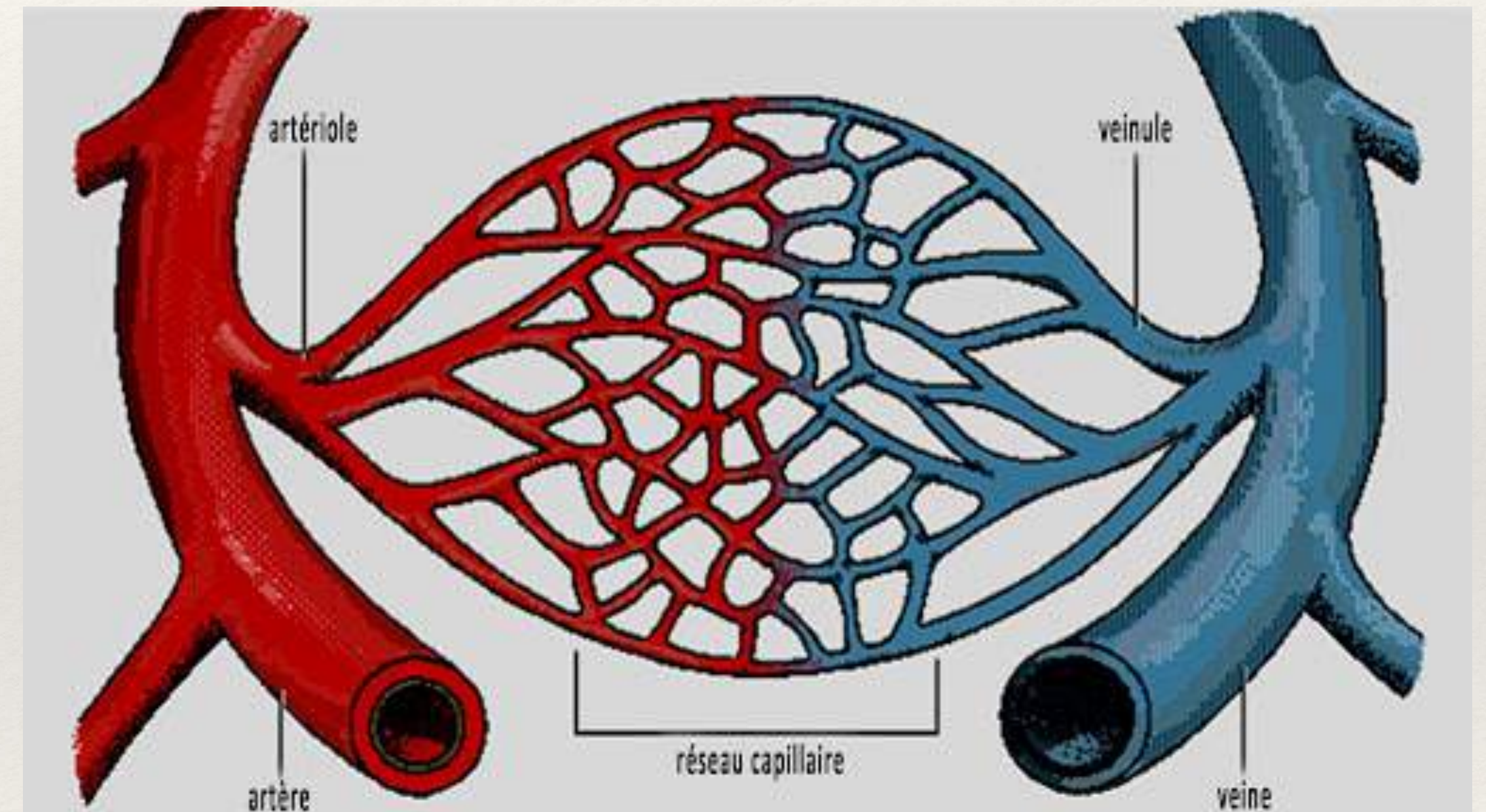
- C. Description rhéologique du sang en écoulement dans les petits vaisseaux

- ❖ IV) PARTICULARITÉS LIÉES À L'ANATOMIE



I) INTRODUCTION

- ❖ Système cardiovasculaire = Coeur + Vaisseaux sanguins
- ❖ Favoriser échanges
- ❖ **Capillaires** -> Grande surface d'échange + Vitesse circulatoire lente



II) BASES PHYSIQUES

Mécanique des fluides:

FLUIDE = Milieu matériel déformable sans forme propre. Il peut s'écouler.

Milieu **GAZEUX** : $E_c \gg E_l$

Molécules à distances variables -> **COMPRESSIBLE**

Milieu **LIQUIDE** : $E_c \approx E_l$

Molécules à distances restreintes -> **SUPPOSÉ INCOMPRESSIBLE**

2 catégories de fluides

PARFAITS = IDÉAUX

PAS de Frottements (-> La viscosité n'entre pas en jeu)

RÉELS

Frottements (-> La viscosité joue un rôle important)

2 Types de situations

MÉCANIQUE STATIQUE

Fluide:

- **IMMOBILE**
- Caractérisée par une PRESSION

Fluides Idéaux / Réels ->
MÊME COMPORTEMENT

MÉCANIQUE DYNAMIQUE

Fluide:

- **EN MOUVEMENT**
- Caractérisée par un DÉBIT

Fluides Idéaux / Réels ->
COMPORTEMENTS DIFFÉRENTS

A/ Statique d'un fluide

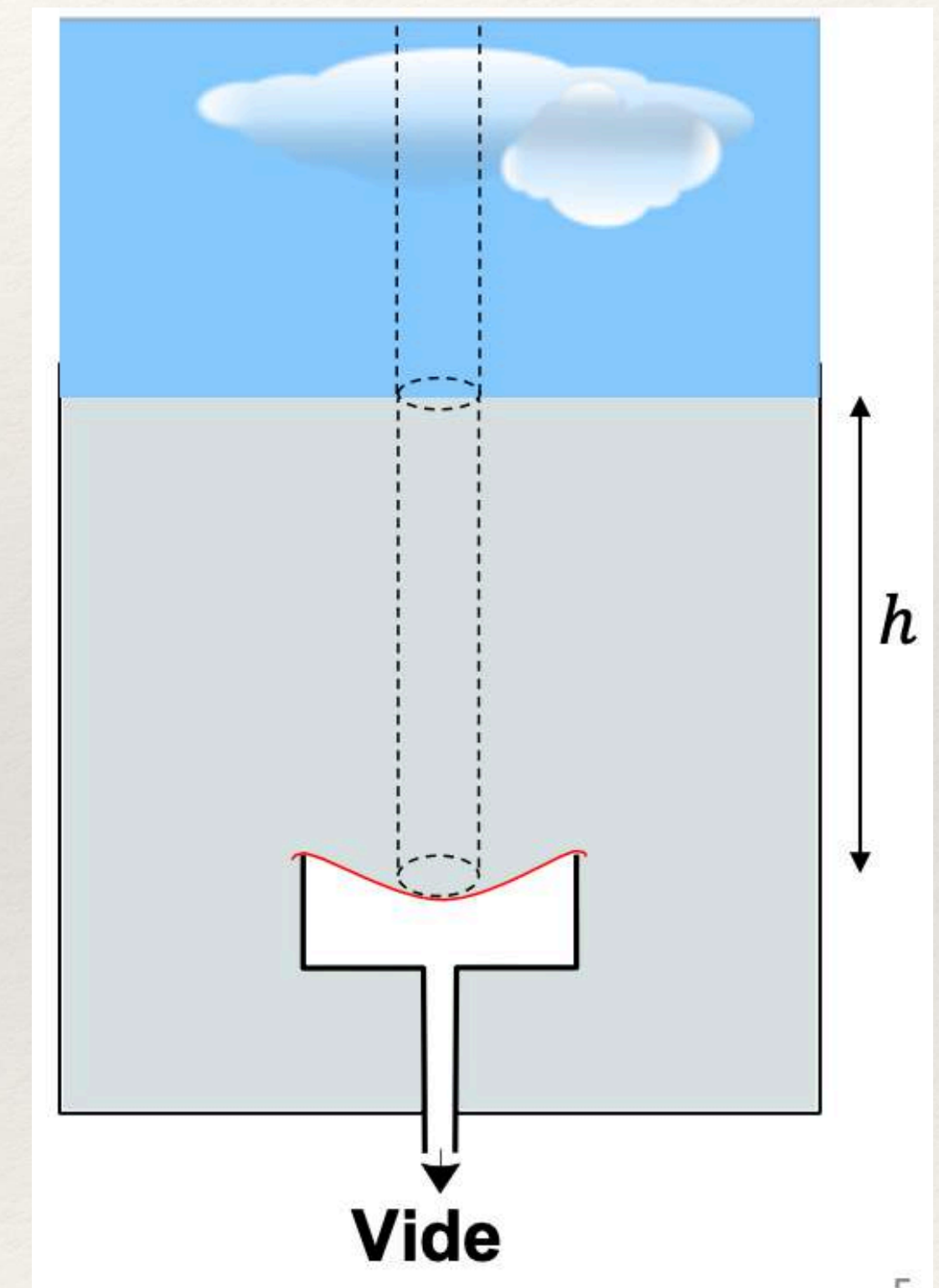
1) Notion de pression statique P dans un fluide

La statique concerne les fluides immobiles (réels ou idéaux++)

Mise en évidence expérimentale:

Soit une chambre avec une paroi déformable dans laquelle on fait le vide.
La pression P se manifeste par une déformation de cette paroi.

Pression P = poids de la colonne de fluide



Pression RELATIVE	Effet de la colonne de liquide uniquement ++	<div>$\Delta P = \rho gh$</div> <p><i>ρ : masse volumique g : accélération de la pesanteur h : hauteur de la colonne de liquide</i></p>
Pression <u>ABSOLUE</u>	Effet de la colonne de liquide + Effet de la Pression <u>Atmosphérique</u>	$P_{\text{ABSOLUE}} = P_{\text{RELATIVE}} + P_{\text{ATHMOSPHERIQUE}}$

2) Dimensions de la pression P

FORCE PAR UNITÉ DE SURFACE	ÉNERGIE PAR UNITÉ DE VOLUME
$[P] = \frac{[F]}{[S]}$ $[P] = \frac{M \cdot L \cdot T^{-2}}{L^2}$ $[P] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$	$[P] = \frac{M \cdot L \cdot T^{-2}}{L^2}$ $[P] = \frac{M \cdot L^2 \cdot T^{-2}}{L^3}$ $[P] = \frac{[E]}{[V]}$

3) Unités de Pression

❖ **Pascal** (Pa) (unité du **SI**) :

❖ $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N.m}^{-2}$

- *Unité faible*
- *Utilisation de multiples*
- **P. Atmosphérique = 1013 hPa**

❖ **Bar** (ancienne unité CGS)

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

- *Unité + grande que le Pascal*

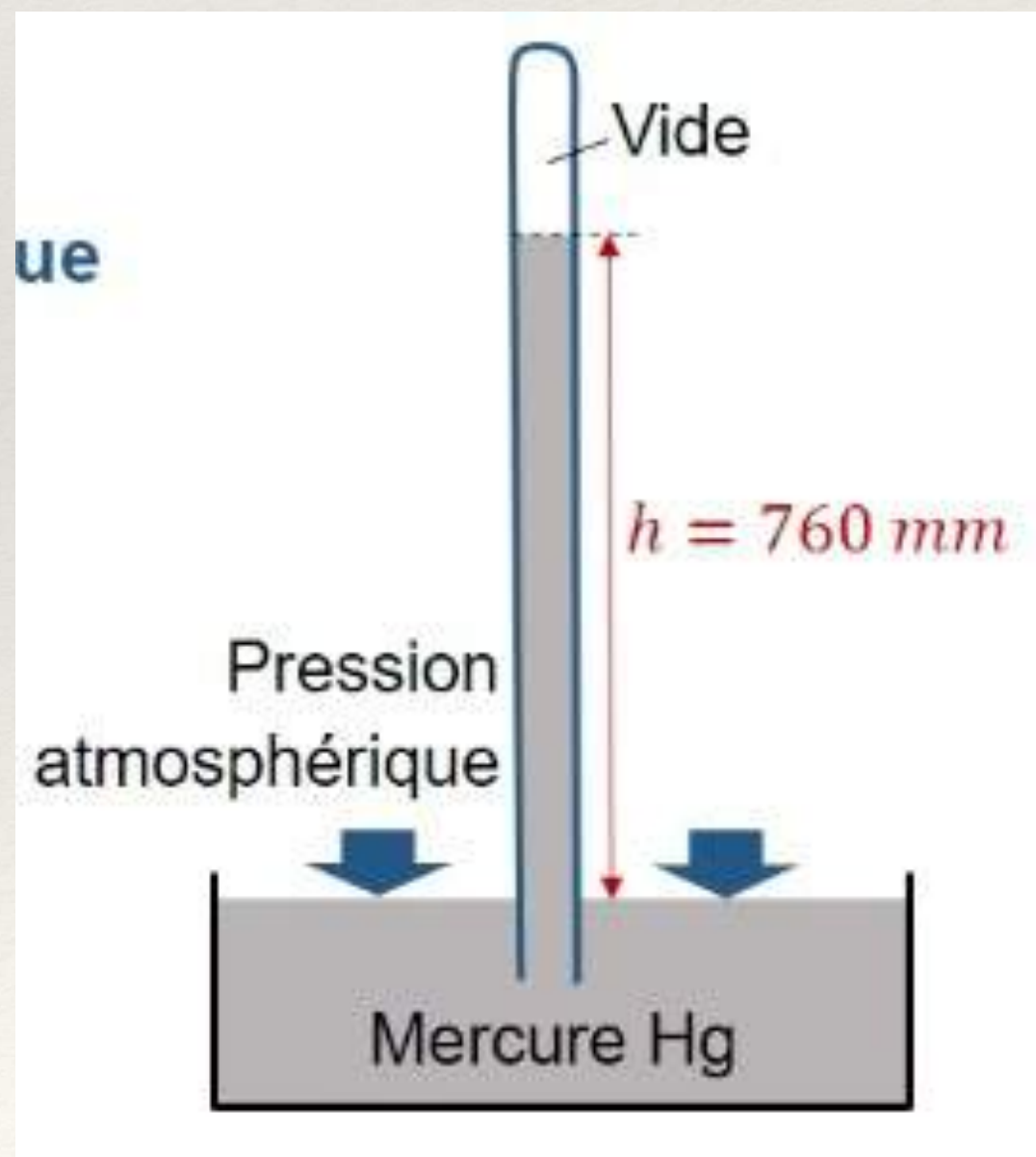
mmHg, cmH2O -> + adaptées au corps humain

4) La Pression Atmosphérique

L'air est un fluide, il exerce ainsi une pression que l'on peut mesurer.

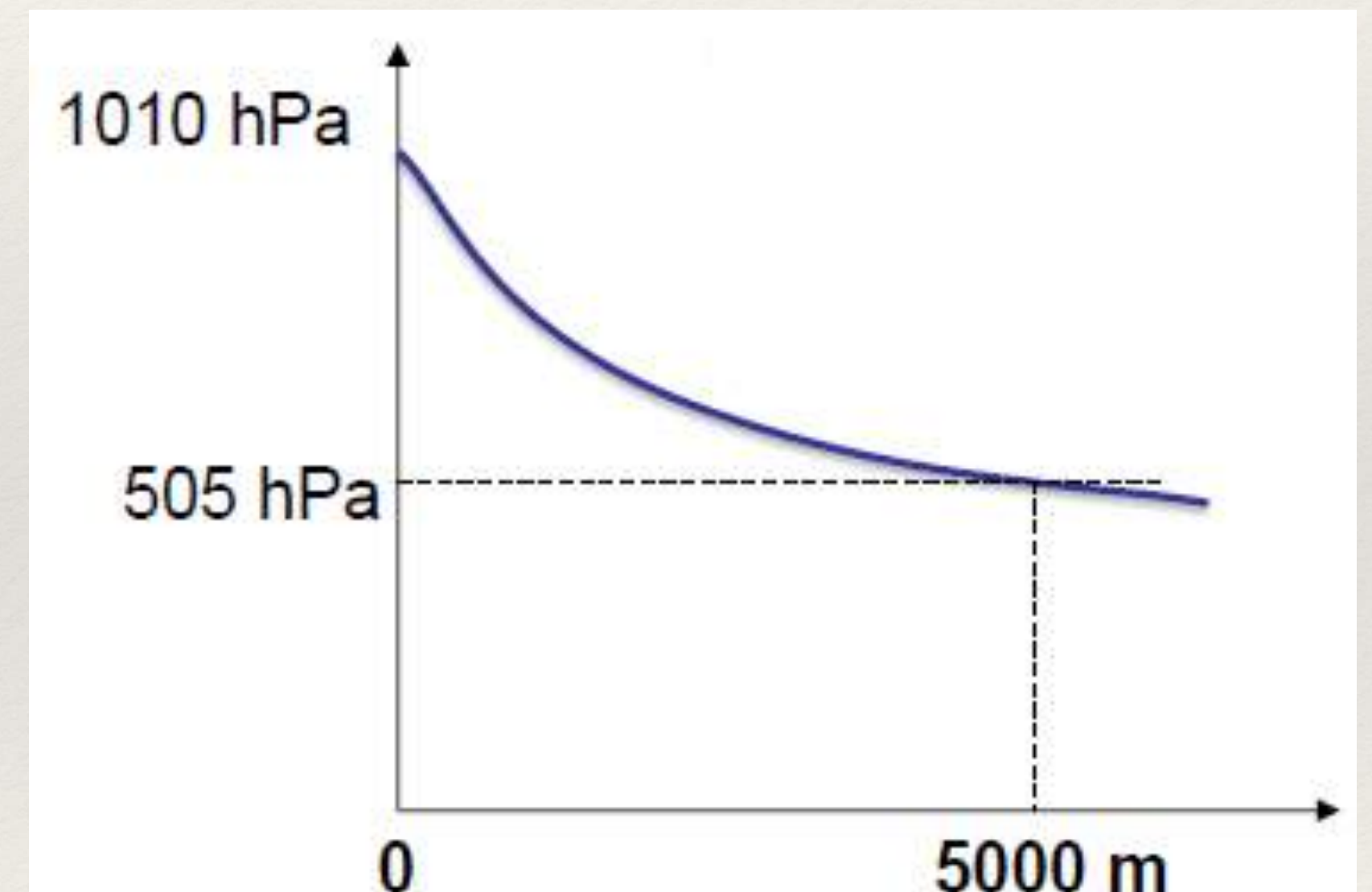
P_{atm} = poids de la colonne d'air atmosphérique

Valeur: Expérience de Torricelli (manomètre au mercure)



$$P_{\text{atm}} = \rho gh = 1013 \text{ hPa}$$

- Variations avec l'altitude

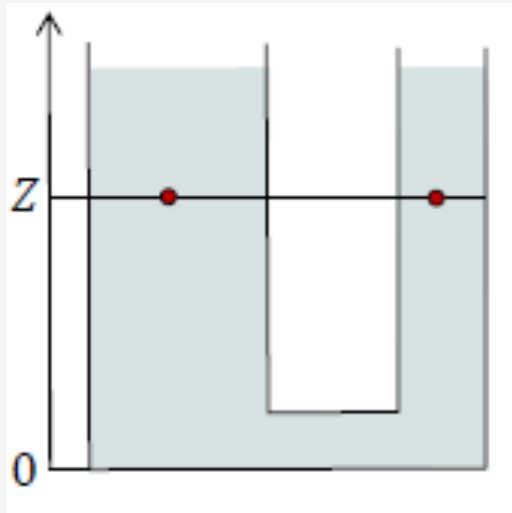
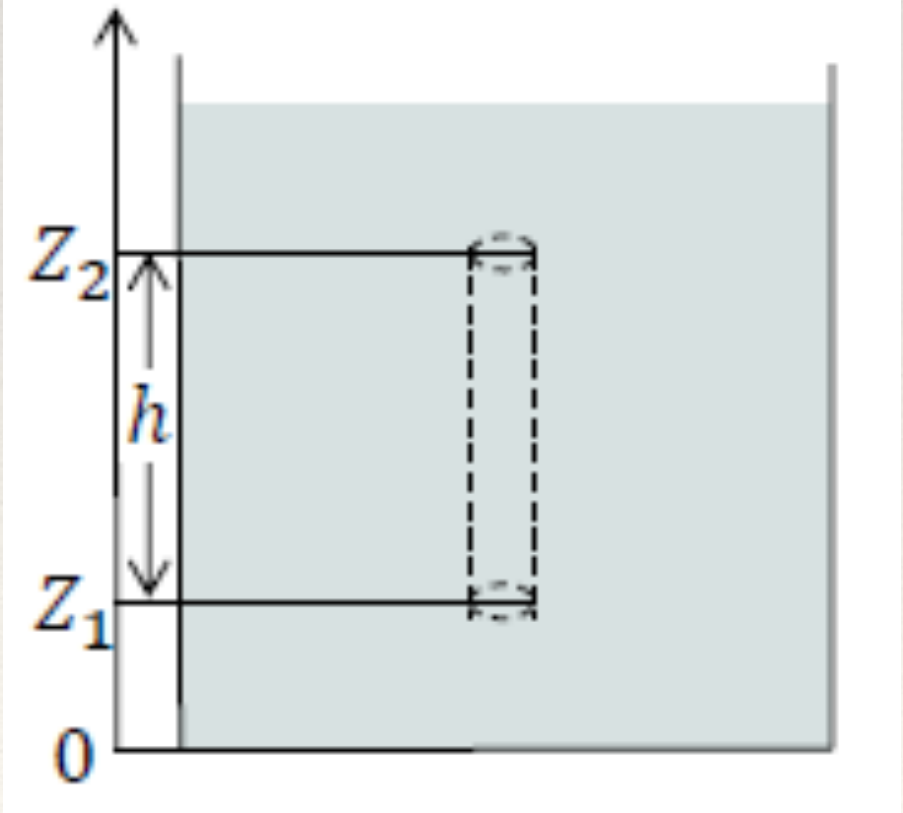


Plus on monte, plus la pression est faible

5) Principes et lois de Pascal -> Fluide STATIQUE++

Les lois de Pascal rendent compte des variations de pression avec l'altitude.

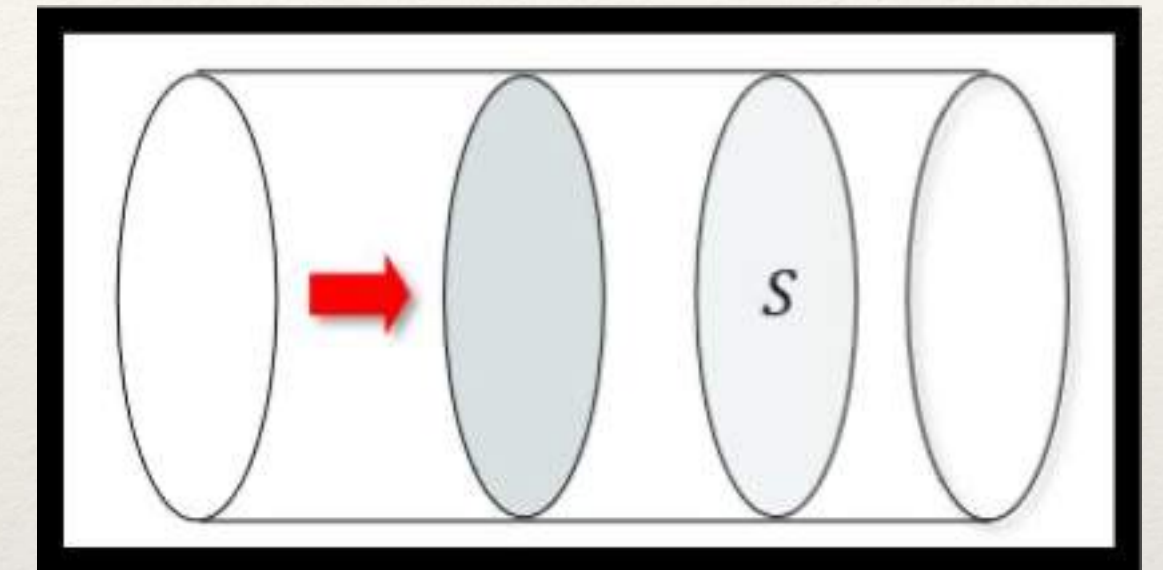
Principe: Dans un liquide **immobile incompressible**, une variation de pression se transmet **intégralement** et **dans toutes les directions**.

<u>1ère loi</u>	La pression est la même dans toutes les directions -> indépendante de l' orientation du capteur.	
<u>2ème loi</u>	La pression est la même en tout point de même profondeur (ou de même altitude).	
<u>3ème loi</u>	<p>La différence de pression dP entre 2 points est proportionnelle à la différence de hauteur entre ces 2 points.</p> <p>$\Delta P = P_{z1} - P_{z2} = \rho gh = - \rho g \Delta z$</p> <p>⚠ Si on l'exprime en fonction de la position z, on met un signe négatif pour exprimer que +Z diminue, +P augmente.</p>	

B) Dynamique d'un fluide IDÉAL

1) Notion de débit

DÉBIT Q = Volume de fluide qui traverse une section S par unité de temps.



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

$$Q : m^3 \cdot s^{-1}$$

$$V : m^3$$

$$dt : s$$

++

$$Q = S \cdot v = \text{Section} \times \text{Vitesse}$$

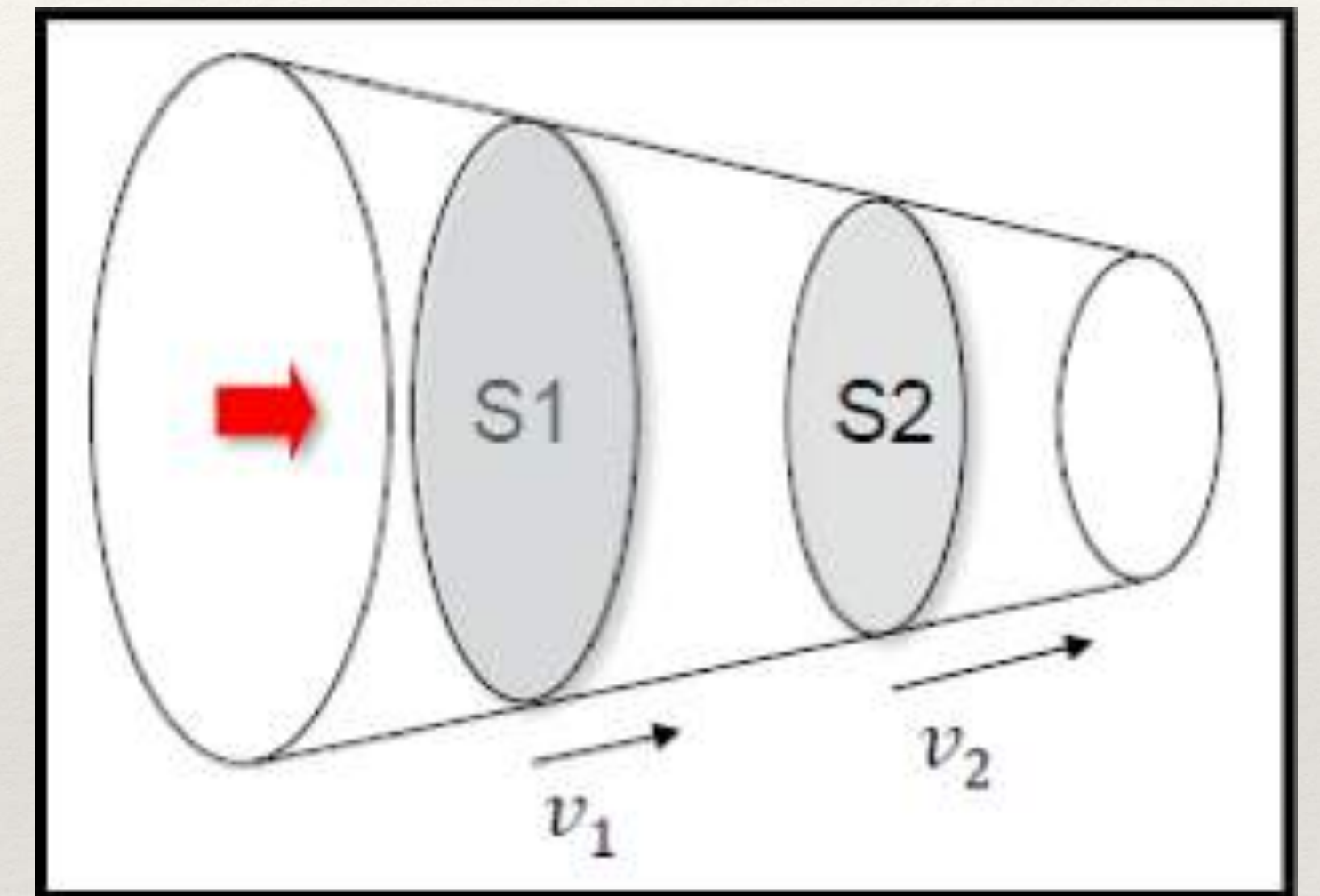
++

2) Principe de continuité du débit

Ce phénomène s'observe lorsque l'on respecte ces 3 hypothèses:

- Le fluide est **incompressible** -> ρ constante
- Le régime est **stationnaire** -> la vitesse en 1 point est constante
- La **section est variable**

Lorsqu'un fluide **incompressible** circule en régime **stationnaire** dans un conduit, le produit **Section x Vitesse** (càd le débit) est **constant** tout au long du conduit. ++



++

$$Q_1 = Q_2 = Q$$
$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{constante} = Q$$

++

3) Écoulement d'un fluide IDÉAL: équation de Bernoulli

Un fluide **idéal** s'écoule sous l'effet de 3 types d'énergies:

- ✓ **E1** de **pesanteur** (liée à la hauteur)
- ✓ **E2** **cinétique** (liée à la vitesse)
- ✓ **E3** de **pression statique**

Cette énergie totale (somme des 3 énergies) est constante tout au long du tuyau (mais possibilité de redistribution)

/!\ ATTENTION: Bernoulli s'applique pour un fluide idéal et non réel++ on ne peut donc pas parler d'écoulement laminaire/turbulent++

$$E_{\text{totale}} = E_{\text{pesanteur}} + E_{\text{cinétique}} + E_{\text{pression statique}} = mgh + \frac{1}{2} mv^2 + PV = \text{constante}$$

Réécriture de l'équation de Bernoulli en terme de pressions

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

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

ρgh = **pression de pesanteur**

$1/2 \rho v^2$ = **pression cinétique**

P = **pression statique**

4) Mesure des pressions

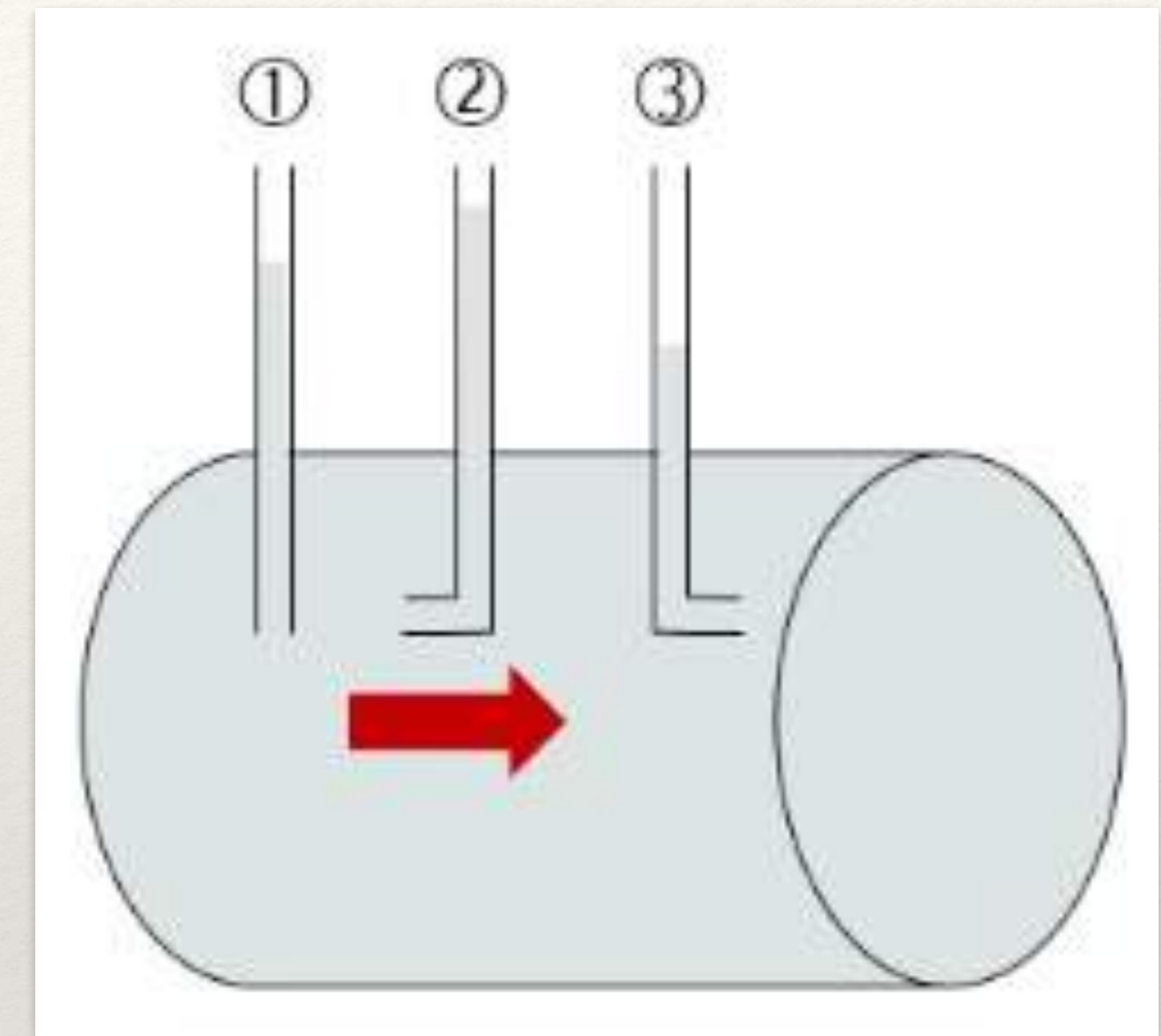
⚠ Contrairement aux fluides STATIQUES, dans un fluide EN ÉCOULEMENT, les valeurs mesurées dépendent de l'orientation du capteur++

Il existe 3 types de mesures:

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

✓(2) Capteur face au courant -> **Pression « terminale » :**
 $P_{\text{TERMINALE}} = P + 1/2 \rho v^2$

✓(3) Capteur dos au courant -> **Pression « d'aval » :**
 $P_{\text{AVAL}} = P - 1/2 \rho v^2$



○ **$P_{\text{terminale}} = \text{Pression latérale} + \text{Pression cinétique}$**

○ **$P_{\text{aval}} = \text{Pression latérale} - \text{Pression cinétique}$**

Tube de Pitot -> Mesurer vitesses en aéronautique

$$\Delta P = P_T - P = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

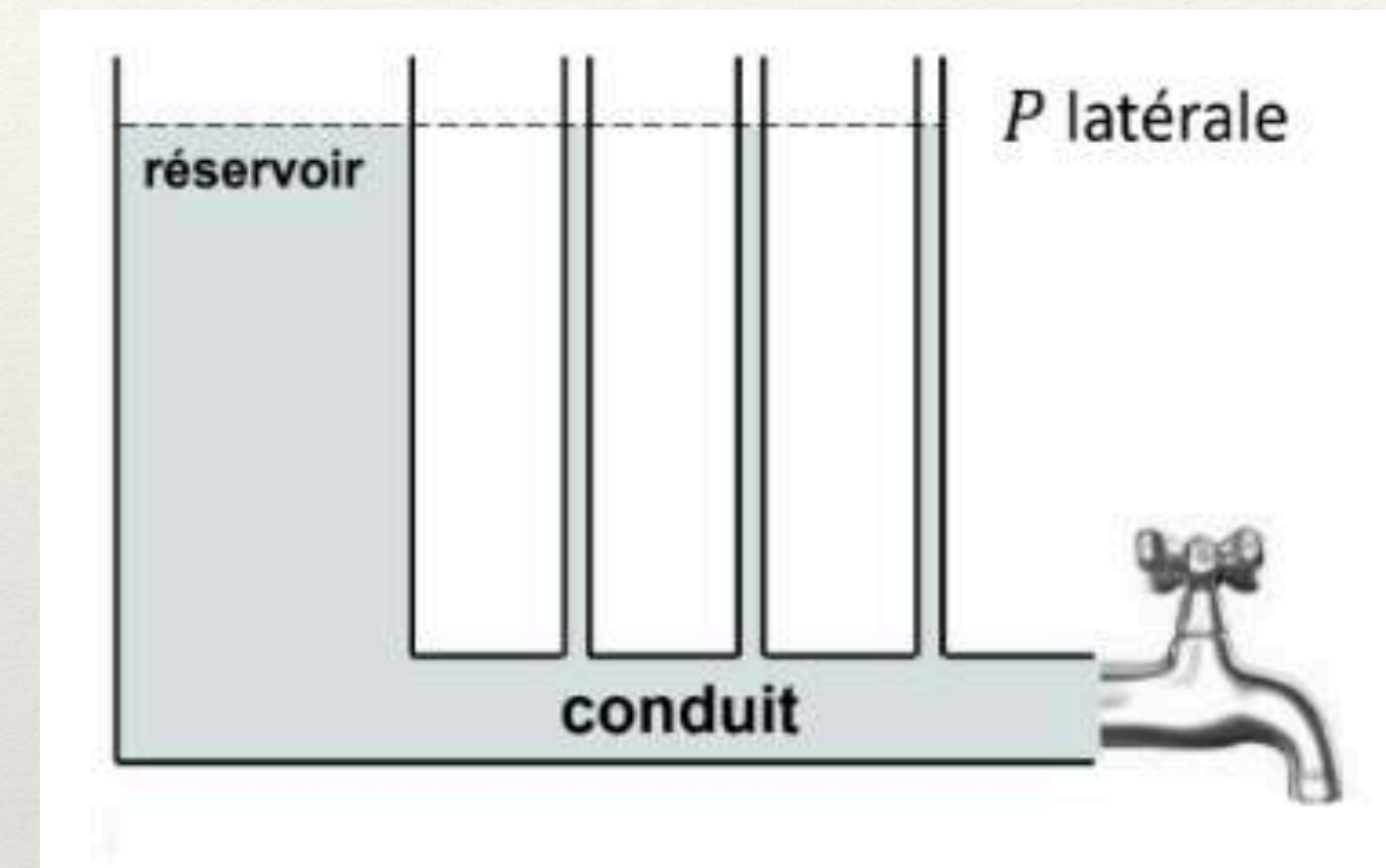
5) Cas particulier de l'écoulement horizontal ++ (fluide IDÉAL)

-> EN CONDITION STATIQUE

2ème loi de Pascal: La pression est la même en tout point de même profondeur ou de même altitude.

Liquide -> **même hauteur** dans les 3 tubes

=> La **pression latérale** est **identique** quelque soit l'emplacement du tube.



-> EN ÉCOULEMENT

Réservoir principal -> même hauteur lorsque le robinet coule

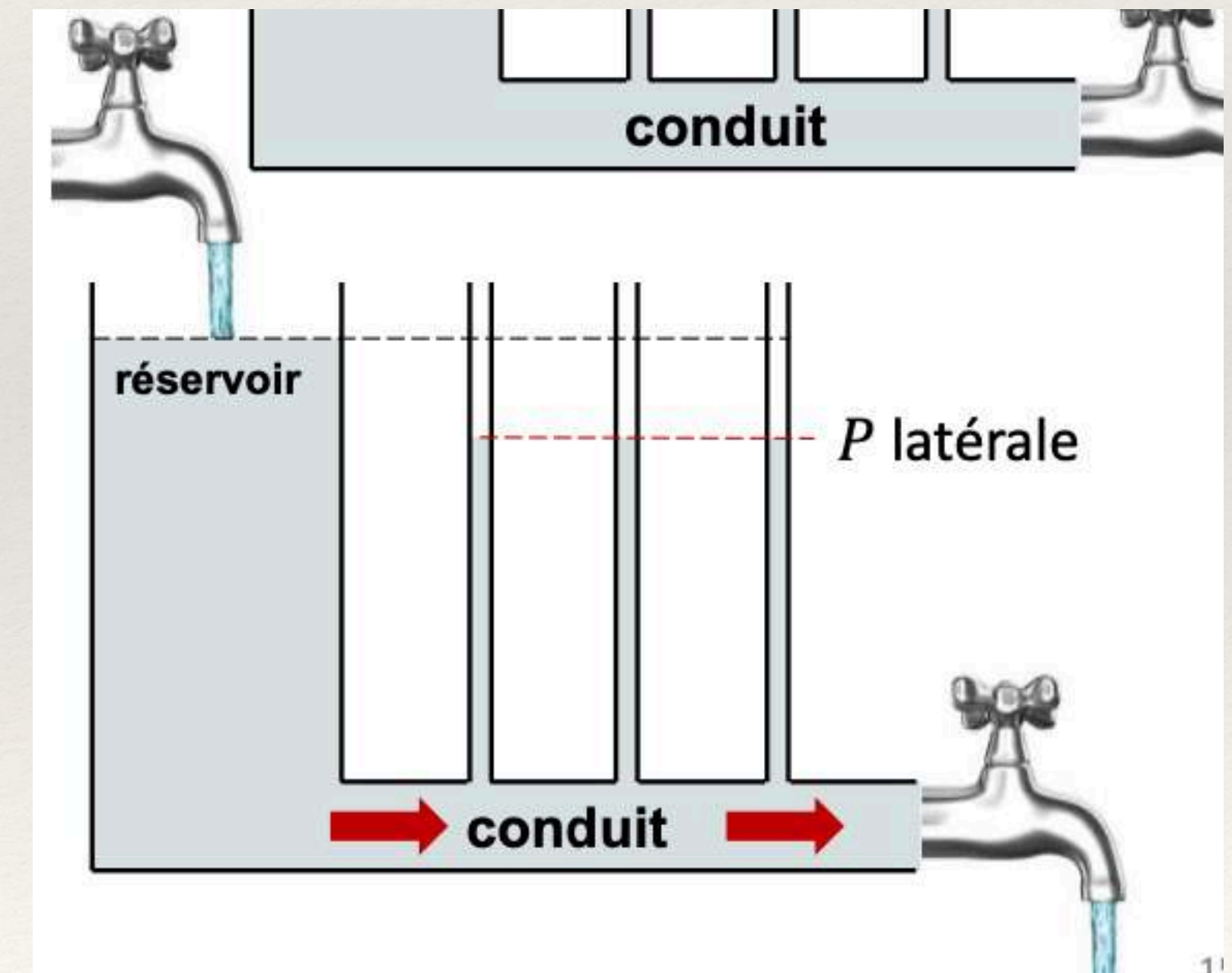
=> il n'y a **pas de variation d'altitude** -> **$h = \text{cste}$** -> donc la **pression de pesanteur (pgh)** reste **identique**

La **pression latérale diminue** dans les **3 tubes**.

D'après l'équation de **Bernoulli**:

$$P_{\text{tot}} = pgh + \frac{1}{2}pv^2 + P = \text{constante}$$

$$\rightarrow \frac{1}{2}pv^2 + P = \text{constante} \quad \text{d'où} \quad P = \text{constante} - \frac{1}{2}pv^2$$



Le système est dynamique

=> Il y a donc de la vitesse!

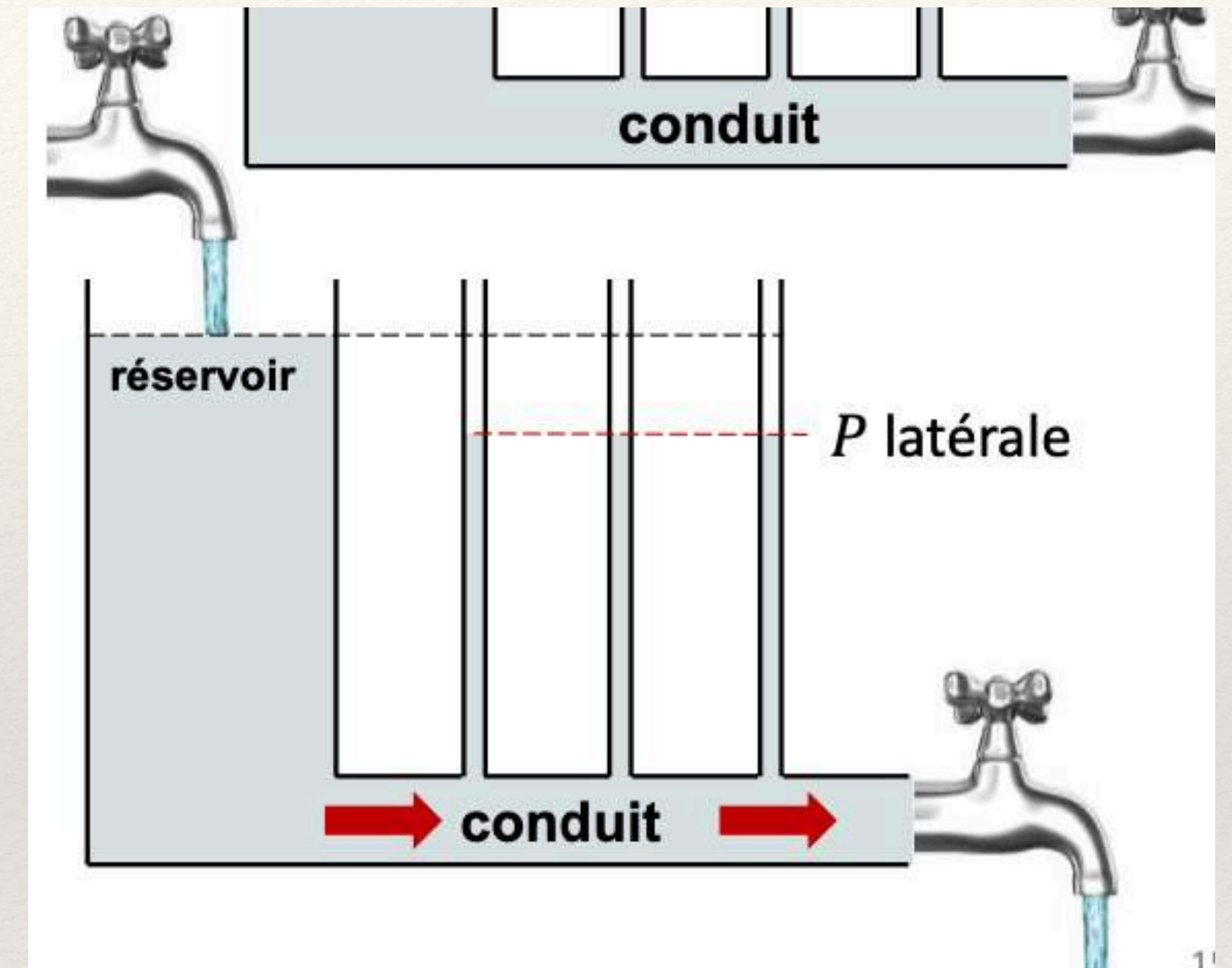
D'où:

Pression cinétique est augmentée

Or: la somme de la pression cinétique et de la pression latérale doit être **inchangée**

=> **Pression latérale diminue.**

La pression totale se répartit donc entre la
 $P_{\text{latérale}}$ et la $P_{\text{cinétique}}$.



-> EFFET DE LA VARIATION DE SECTION

La pression totale se répartit entre : **pression cinétique** + **pression latérale**, car la **pression de pesanteur reste constante**.

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

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

✓ Lors d'une variation de section, on a une variation de la vitesse du fluide, pour maintenir un **débit constant**. (principe de continuité du débit)

- Effet de la variation de section

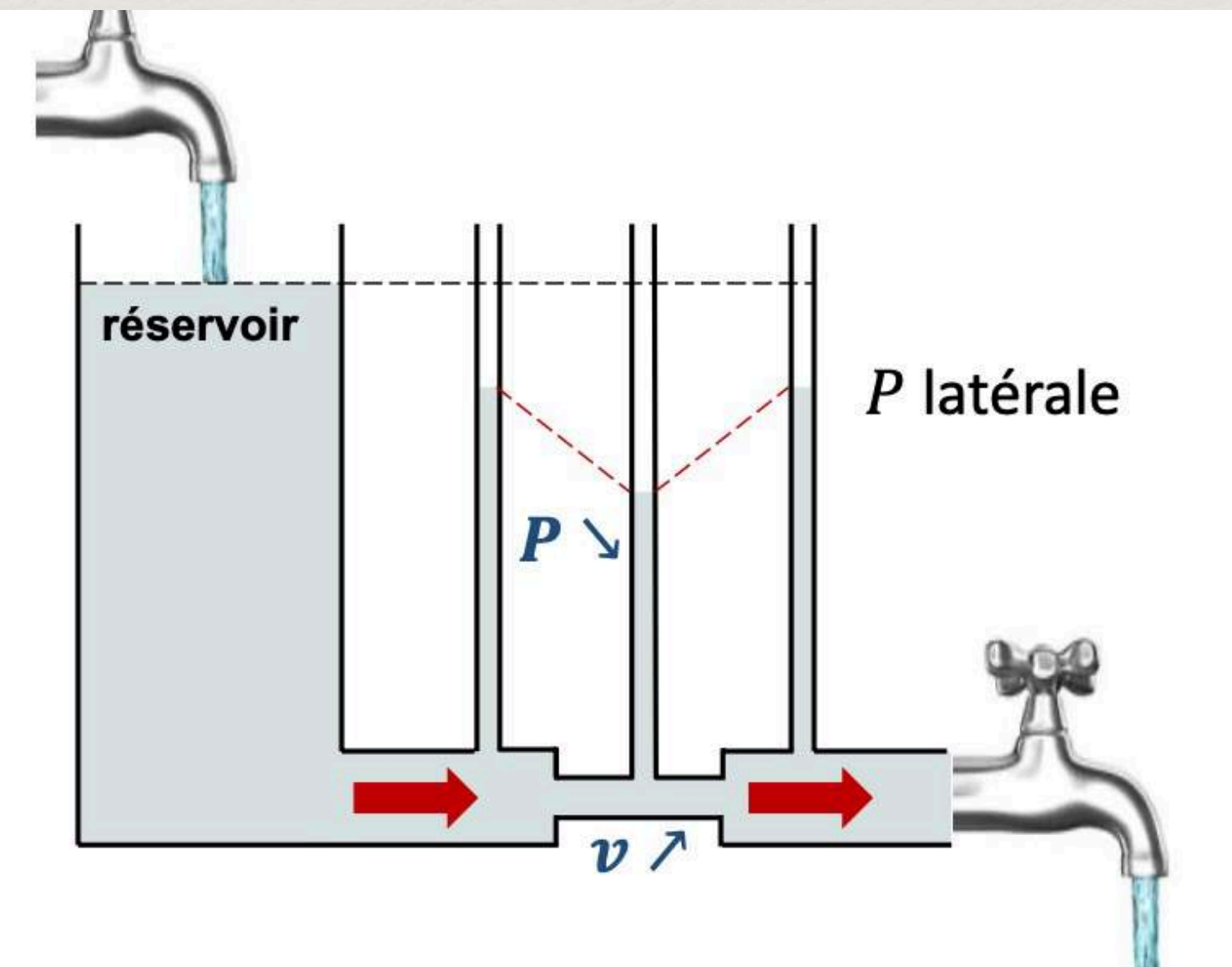
$$P = \text{constante} - 1/2 \rho v^2$$

Si la section \searrow ($Q = Sv$) \Rightarrow la vitesse \nearrow

La pression cinétique \nearrow

La pression latérale \searrow

++ C'est l'effet Venturi ++



C) Dynamique d'un fluide RÉEL

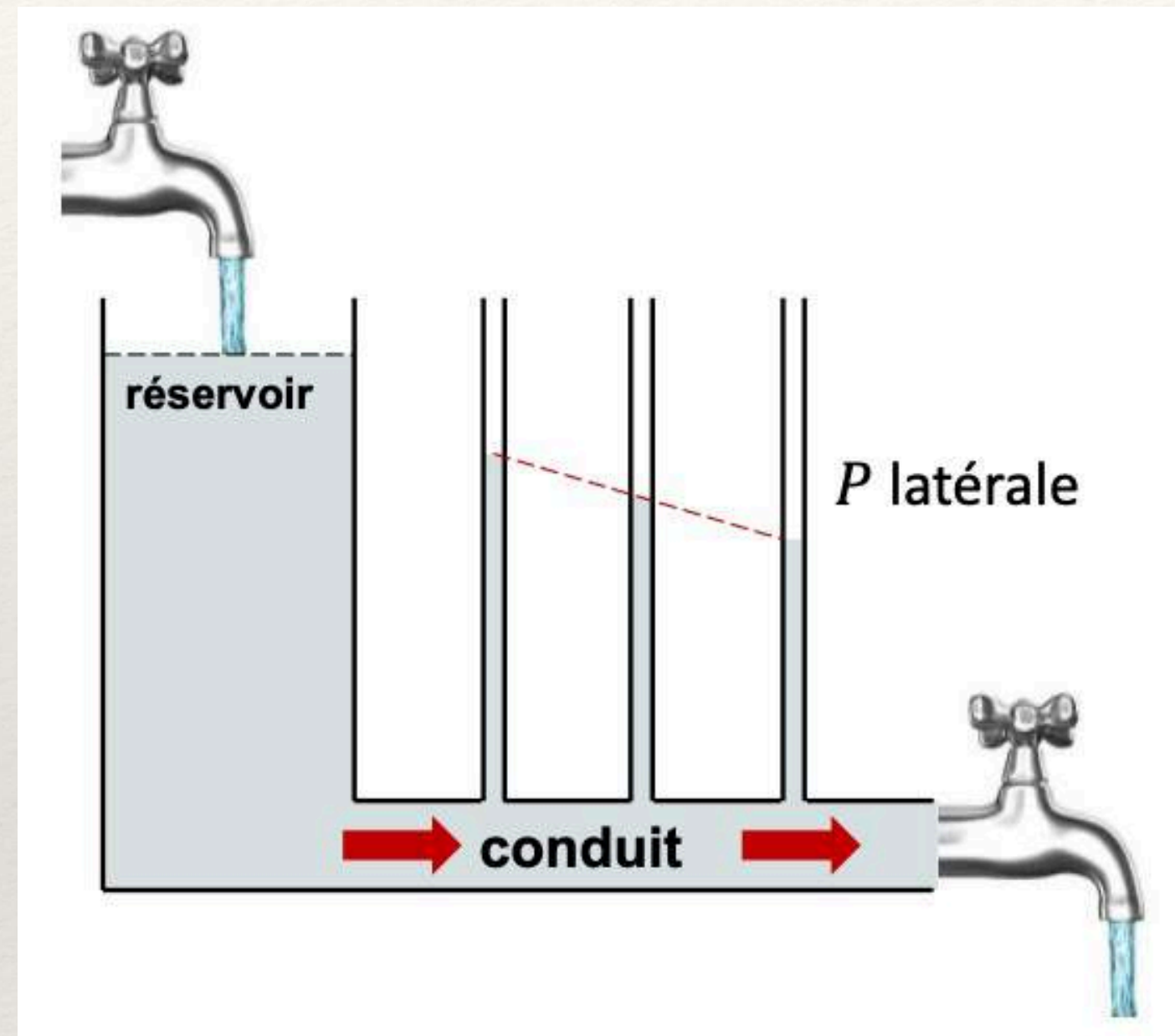
✓ **Viscosité** => frottements (entre les molécules de fluide) -> consomme de l'énergie libérée sous forme de chaleur -> perte de l'énergie utilisable lors de l'écoulement (« **perte de charge** »)

++L'ÉQUATION DE BERNOULLI N'EST PLUS VÉRIFIÉE++

$$\begin{aligned} E_t &= mgh + 1/2 mv^2 + PV \neq \text{constante} \\ P_t &= \rho gh + 1/2 \rho v^2 + P \neq \text{constante} \end{aligned}$$

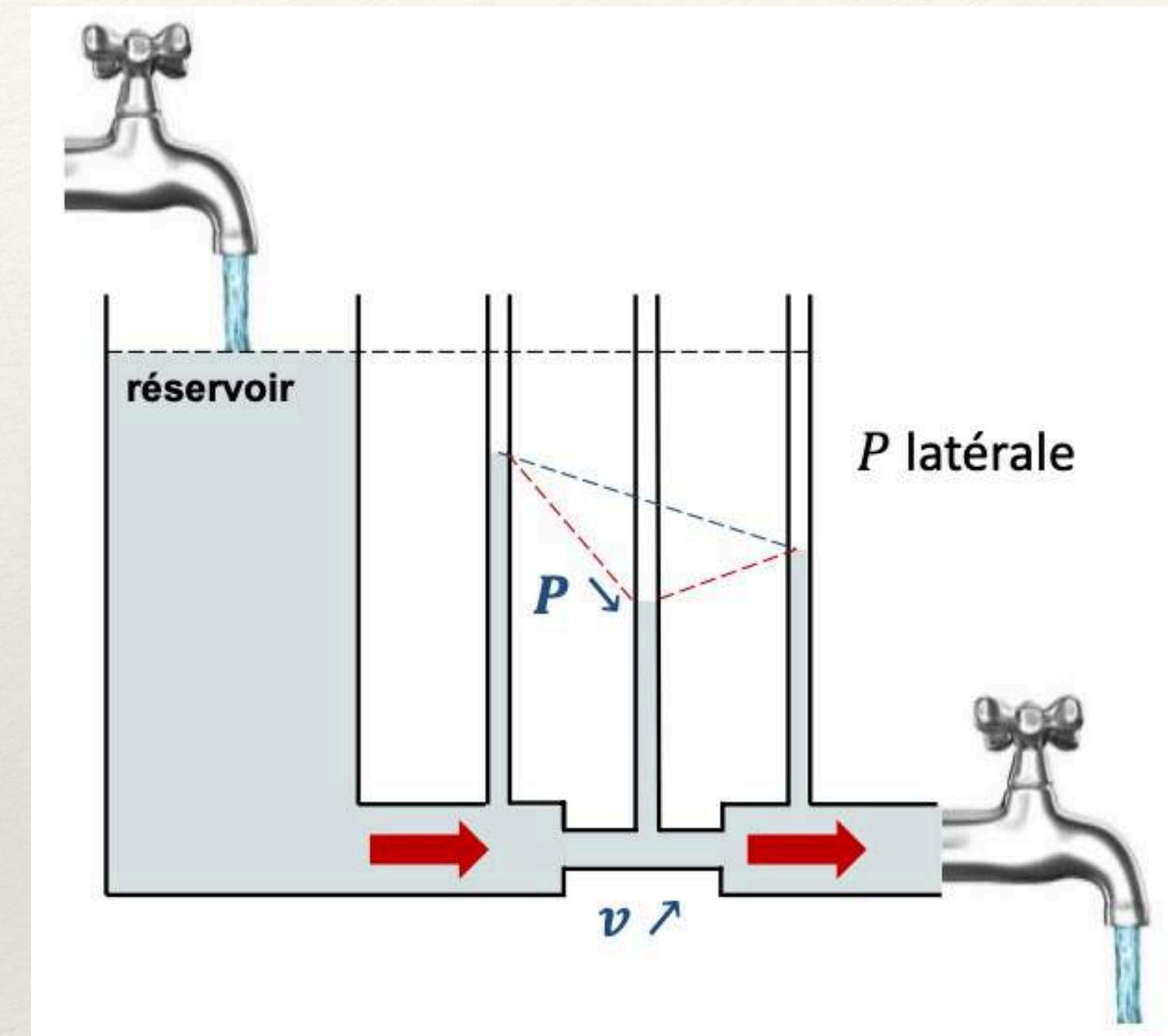
$$P_t = \rho gh + 1/2 \rho v^2 + P + \text{CHALEUR} = \text{CONSTANTE}$$

=> Evolution de la Pression Latérale pour un fluide réel en écoulement:



Pression latérale diminue tout au long du conduit

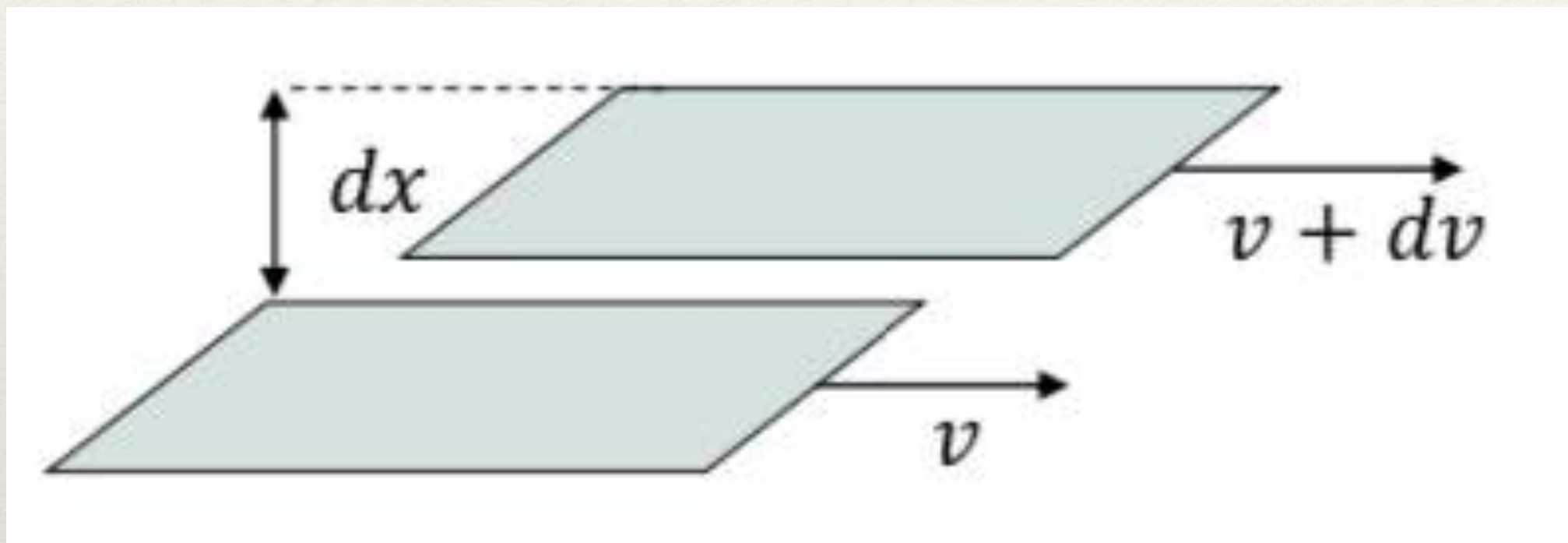
=> Effet VENTURI pour un fluide réel en écoulement (rétrécissement):



La pression latérale du tube 3 est supérieure à celle du tube 2 mais tout de même inférieure à celle du 1er

1) La Viscosité

Entre 2 lames de fluides



$$\eta = \text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1} = \text{Pa.s} = \text{Poiseuille (PI)}$$

→ Si le taux de cisaillement
augmente, la viscosité **diminue**

$$F = \eta S dv/dx \quad (\text{Newton})$$

S = surface commune aux 2 lames

dv/dx = gradient de vitesse (« taux de cisaillement »)

η = viscosité (constante caractéristique du liquide)

Elle individualise 2 types de liquides réels:++

NEWTONIENS

✓ η est une **constante** caractéristique du liquide

✓ η varie avec la température ; mais est **constante à une température donnée.**

✓ ($T \nearrow \rightarrow \eta \searrow$)



NON NEWTONIENS

✓ η varie avec la **température** et le **taux de cisaillement**

✓ ($dv/dx \nearrow \rightarrow \eta \searrow$)

✓ Utilisation d'une **viscosité apparente** : celle qu'aurait un fluide newtonien avec le même Q et la même ΔP

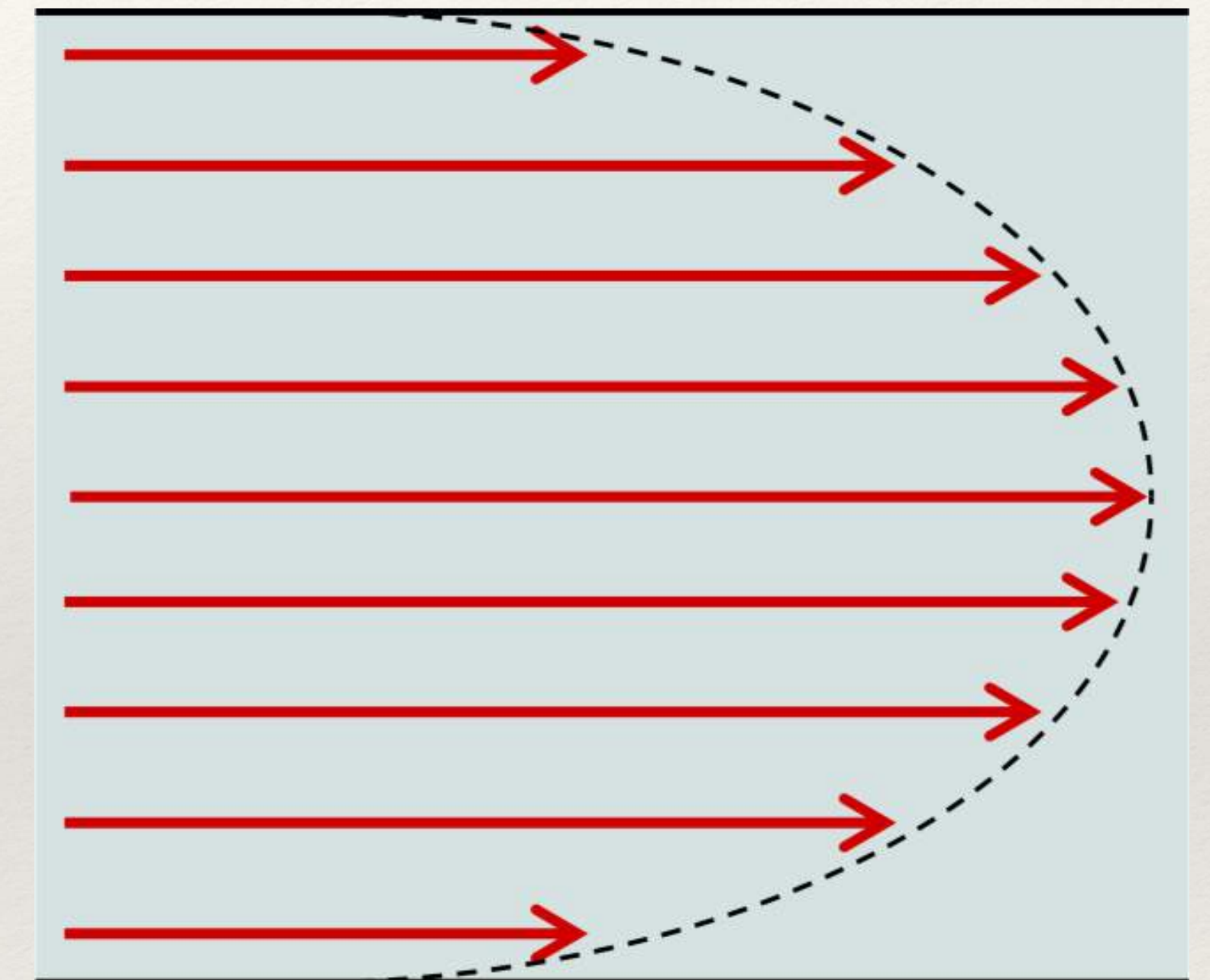
✓ ex : le sang $\rightarrow \eta$ augmente (rouleaux de GR) lorsque dv/dx diminue

2) Régimes d'écoulement d'un fluide réel

Fluide IDÉAL	Toutes les molécules se déplacent à la même vitesse (pas de frottements)
Fluide RÉEL	<u>Viscosité</u> -> les molécules se déplacent à des vitesse différentes selon les interactions entre-elles et avec les parois

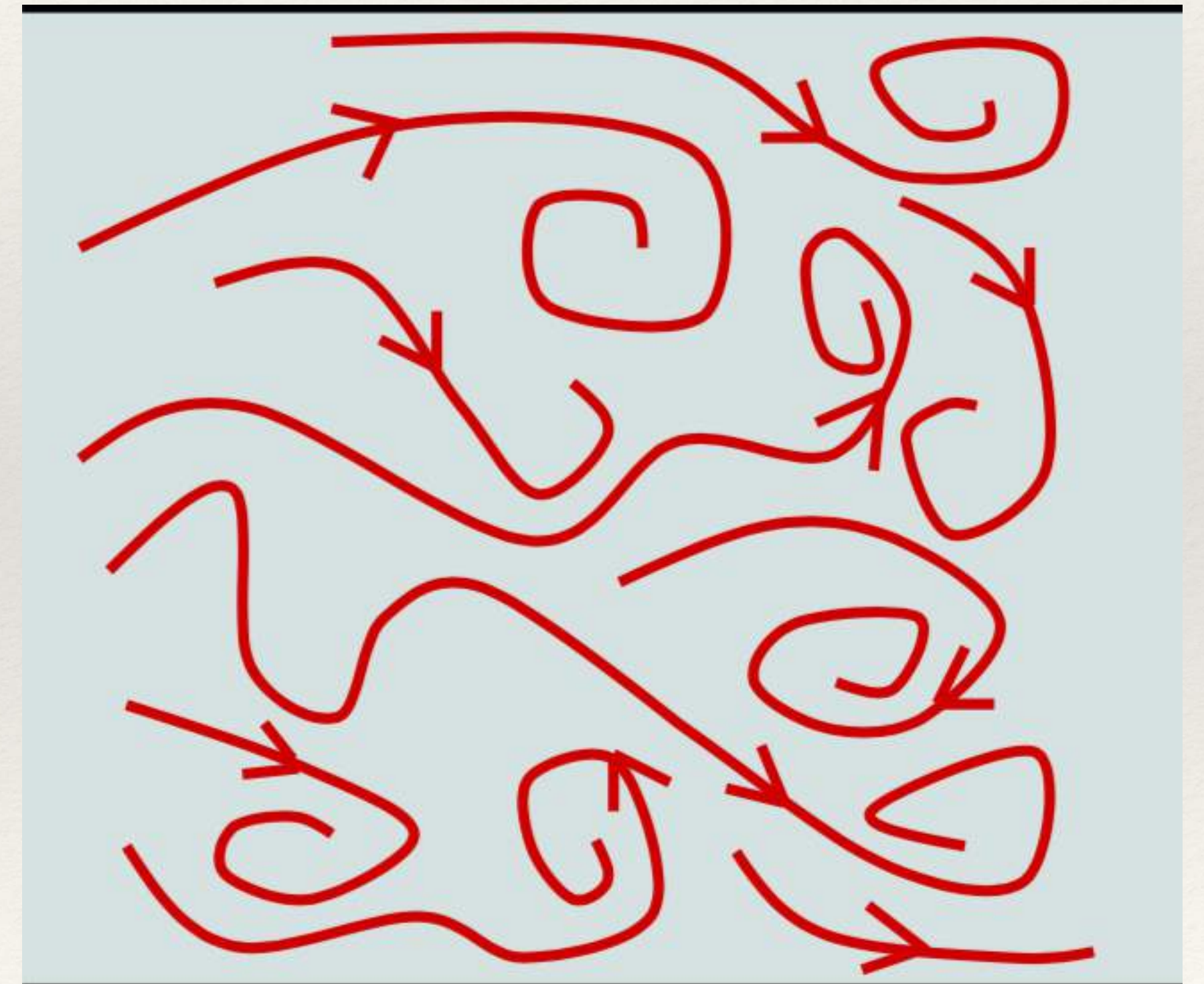
ÉCOULEMENT LAMINAIRE

- ✓ Quand la vitesse d'écoulement est **faible**
- ✓ **Viscosité** -> devient un **facteur de cohérence**:
 - Une couche infiniment mince au contact de la paroi ne se déplace pas
 - Les lignes de courant ne se croisent pas
 - La vitesse est maximale au centre
 - Profil parabolique des vitesses



ÉCOULEMENT TURBULENT

- ✓ Quand la vitesse d'écoulement est moyenne ou élevée
- ✓ Viscosité -> n'est **PLUS** un facteur de cohérence:
 - Les trajectoires individuelles tourbillonnent
 - Les lignes de courant se croisent
 - Pas de distribution systématisée des vitesses



3) Frontière entre 2 régimes d'écoulement

- 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
- $\nearrow \Rightarrow$ risque de turbulence \nearrow
- $\longrightarrow \Rightarrow$ risque de turbulence \searrow

++

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

++

Nombre de **Reynolds** -> définir seuil entre les régimes d'écoulement laminaire et turbulent.

- Si **Re ≤ 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** -> Impossibilité de conclure.

Vitesse critique = vitesse au-delà de laquelle le régime laminaire n'est plus garanti toutes choses étant égales par ailleurs

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

4) Loi de Poiseuille

Conduit horizontal cylindrique : fluide **réel** en écoulement **laminaire**++

$$P_t = \rho g h + \frac{1}{2} \rho v^2 + P + \text{chaleur} = \text{cte}$$

- Horizontal $\Rightarrow \rho g h = \text{cte}$
- Section constante $\Rightarrow \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{cte}$
- Seul P peut varier

C'est P qui compense la perte de charge due à la viscosité.

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

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

Q = débit

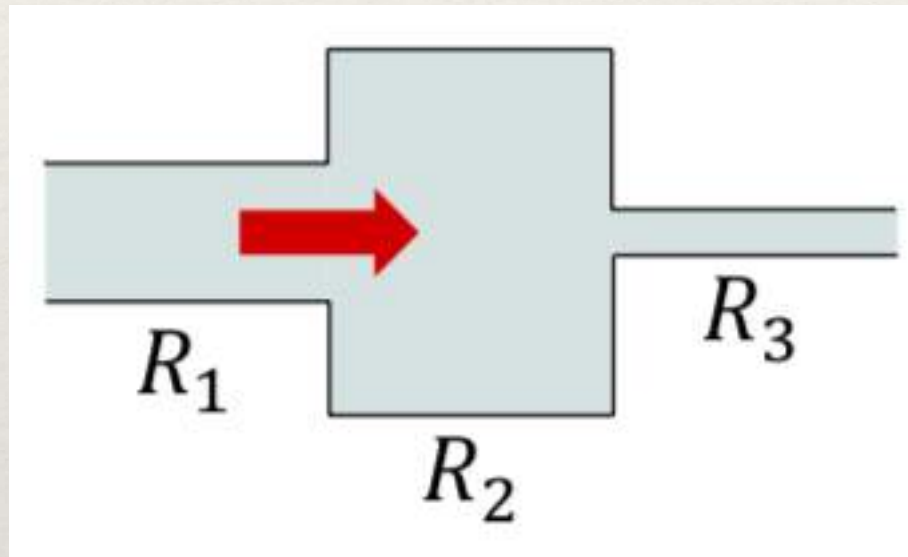
L = distance

η = viscosité

r = rayon du conduit

CONDUITS EN SÉRIE

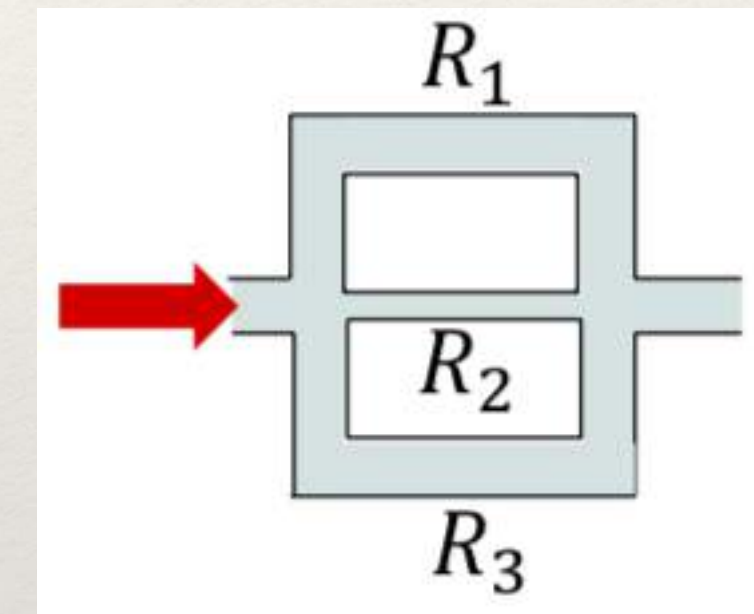
$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_1^n R_i$$



→ Les résistances s'ajoutent

CONDUITS EN PARALLÈLES

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



→ Les inverses des résistances s'ajoutent

→ **Ce système est celui des capillaires sanguins!**

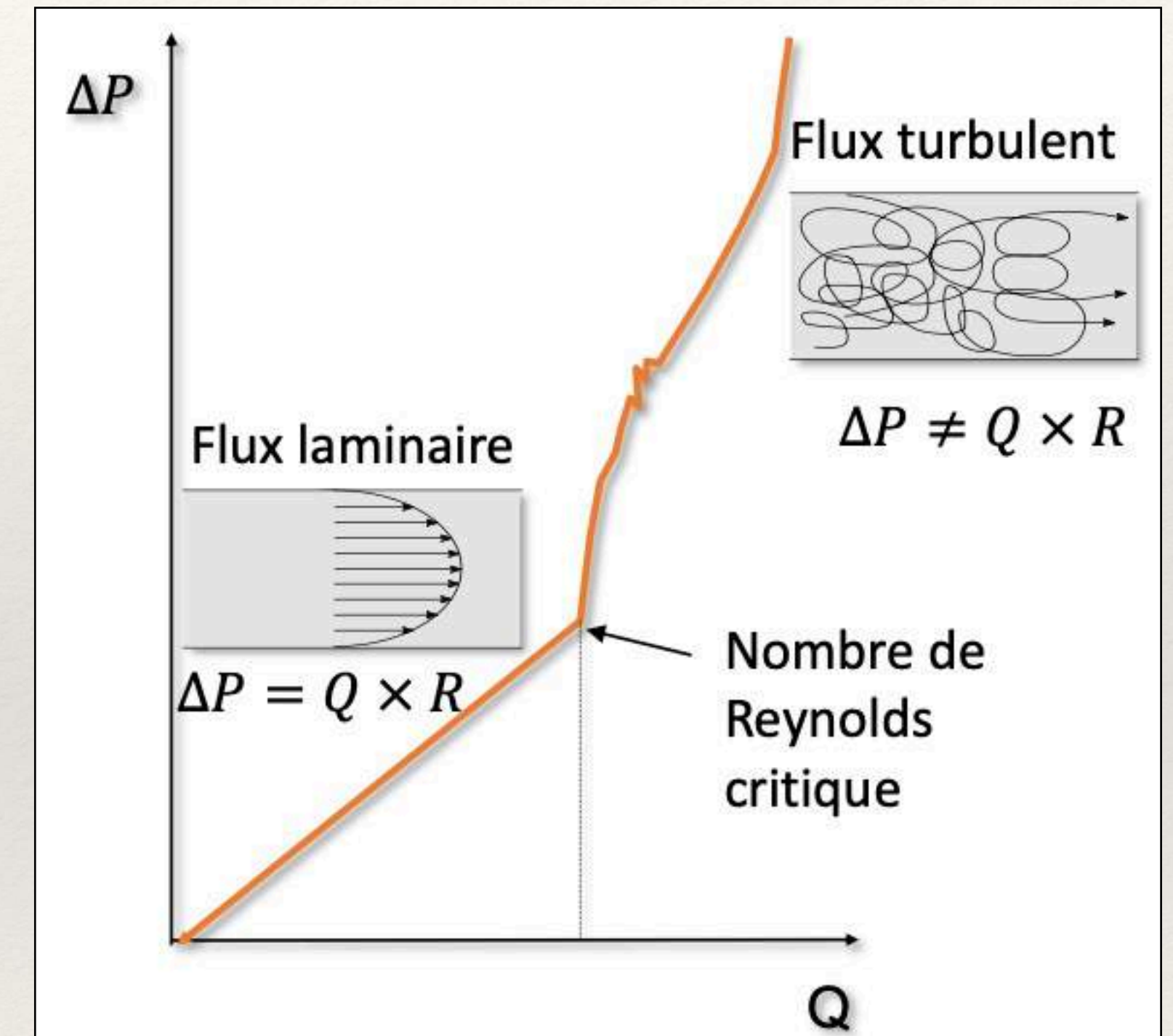
5) Récap. Régimes d'écoulement

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**
- Tourbillons: consommation d'énergie
- Vibrations+Chaleur: perception d'un souffle et/ou bruit.



III) PARTICULARITÉS LIÉES AU SANG

A/ Description du sang au repos

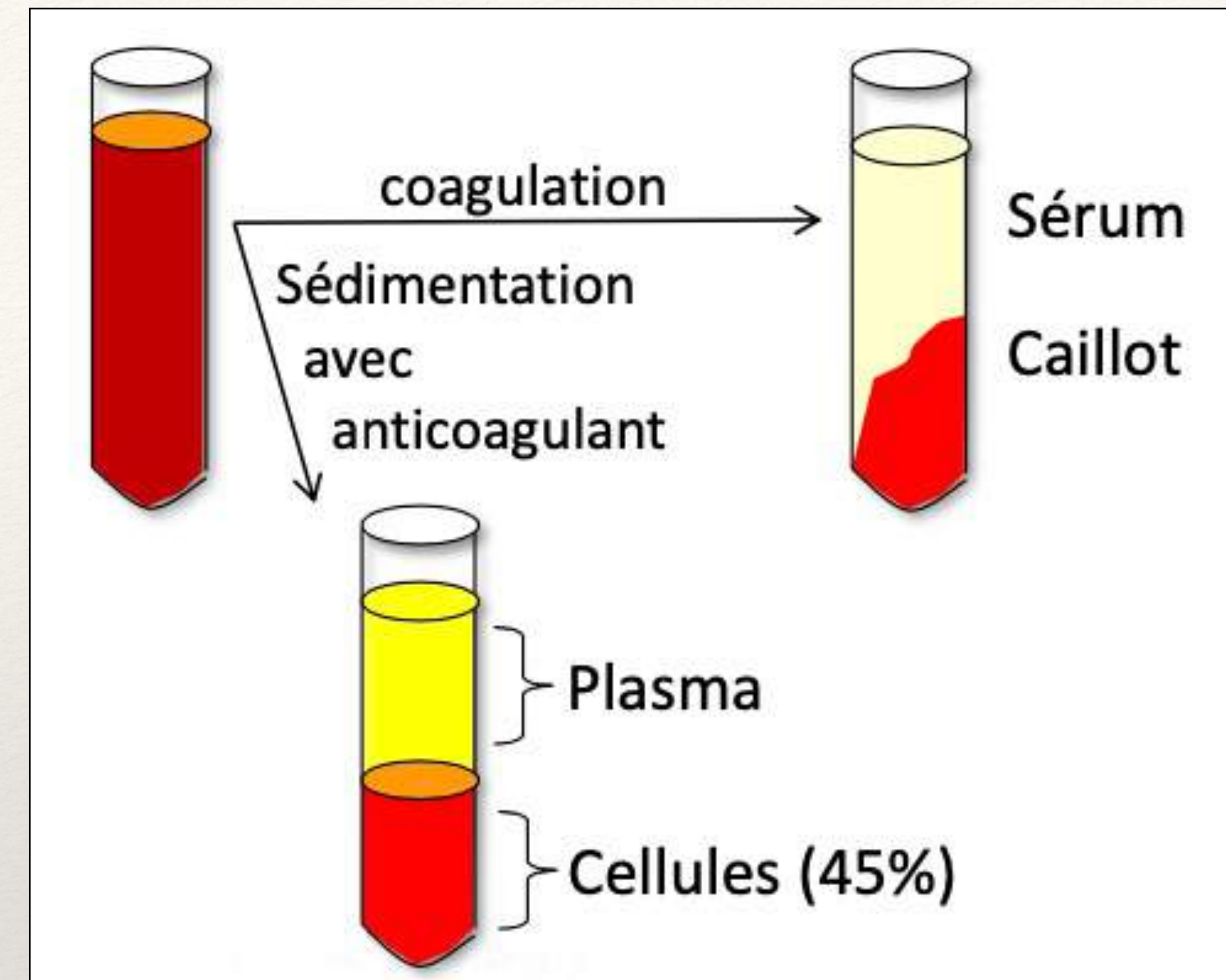
❖ **SANG** = Suspension de cellules dans une solution macromoléculaire (le plasma)

Hématocrite = Volume de cellules / Volume total de la solution = 0.45

SÉRUM = plasma - les éléments figurés du sang piégés dans le caillot (=éléments coagulants)

PLASMA = sérum + éléments coagulants
=> Fluide **NEWTONIEN**

CELLULES SANGUINES (dont les GR)
=> Fluide **NON-NEWTONIEN**



Le sang est globalement un fluide non-newtonien!++

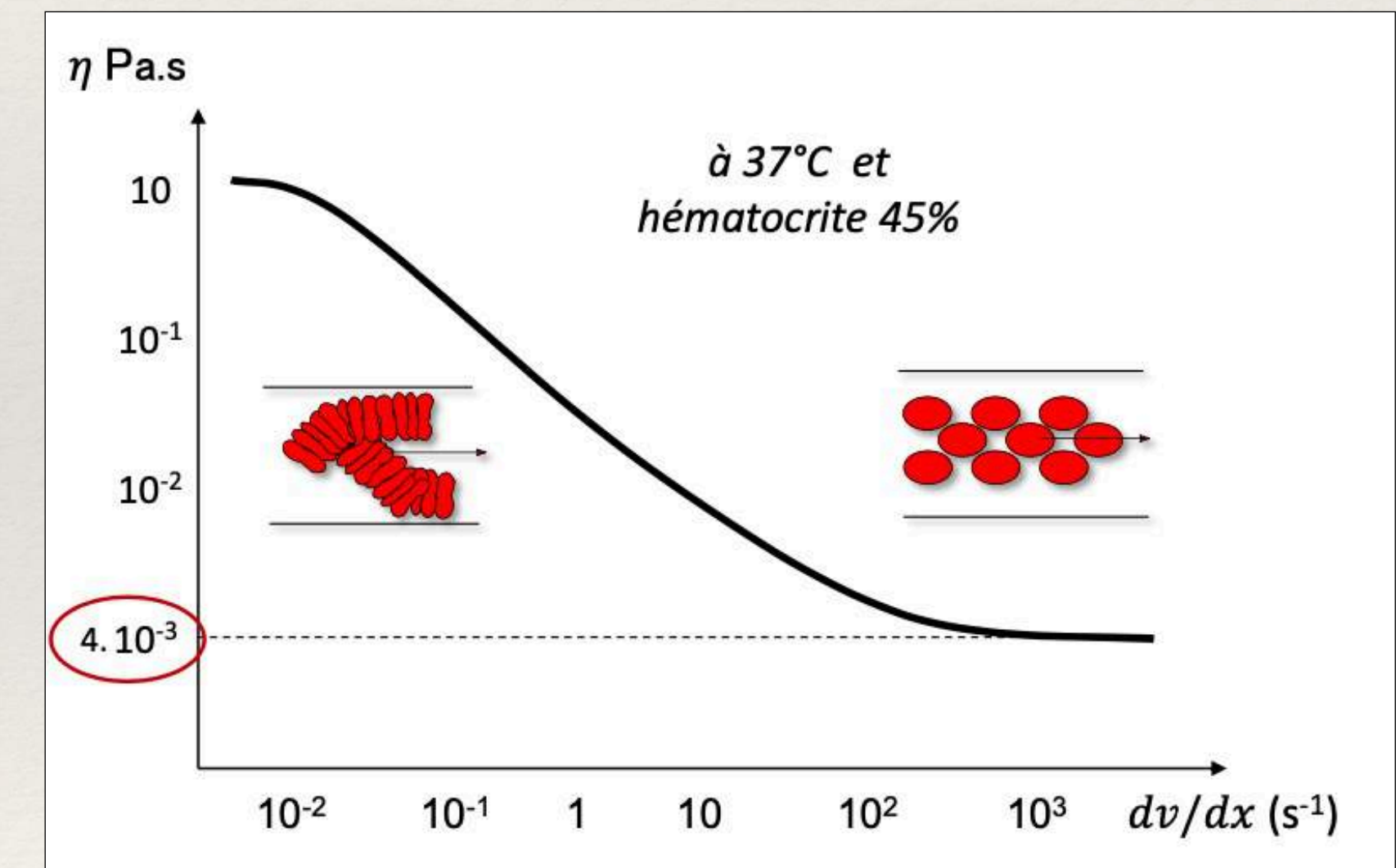
B/ Description rhéologique du sang en écoulement dans les gros vaisseaux

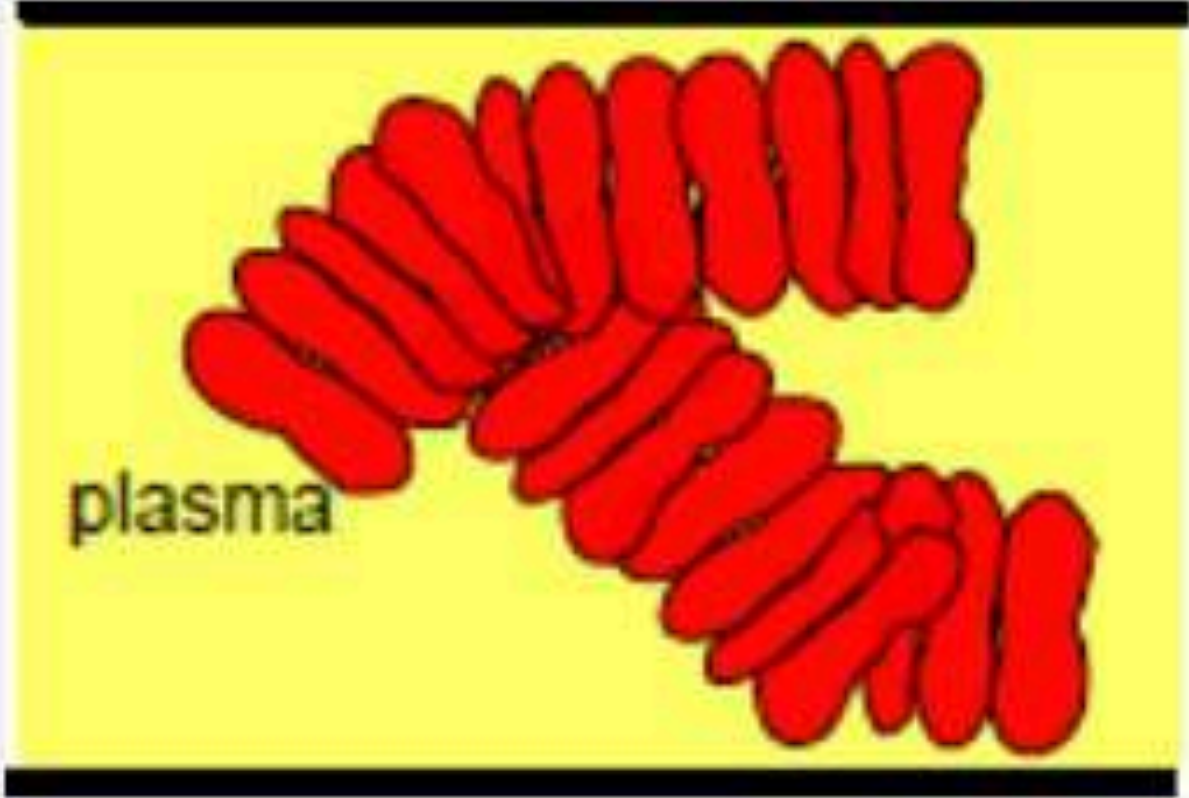
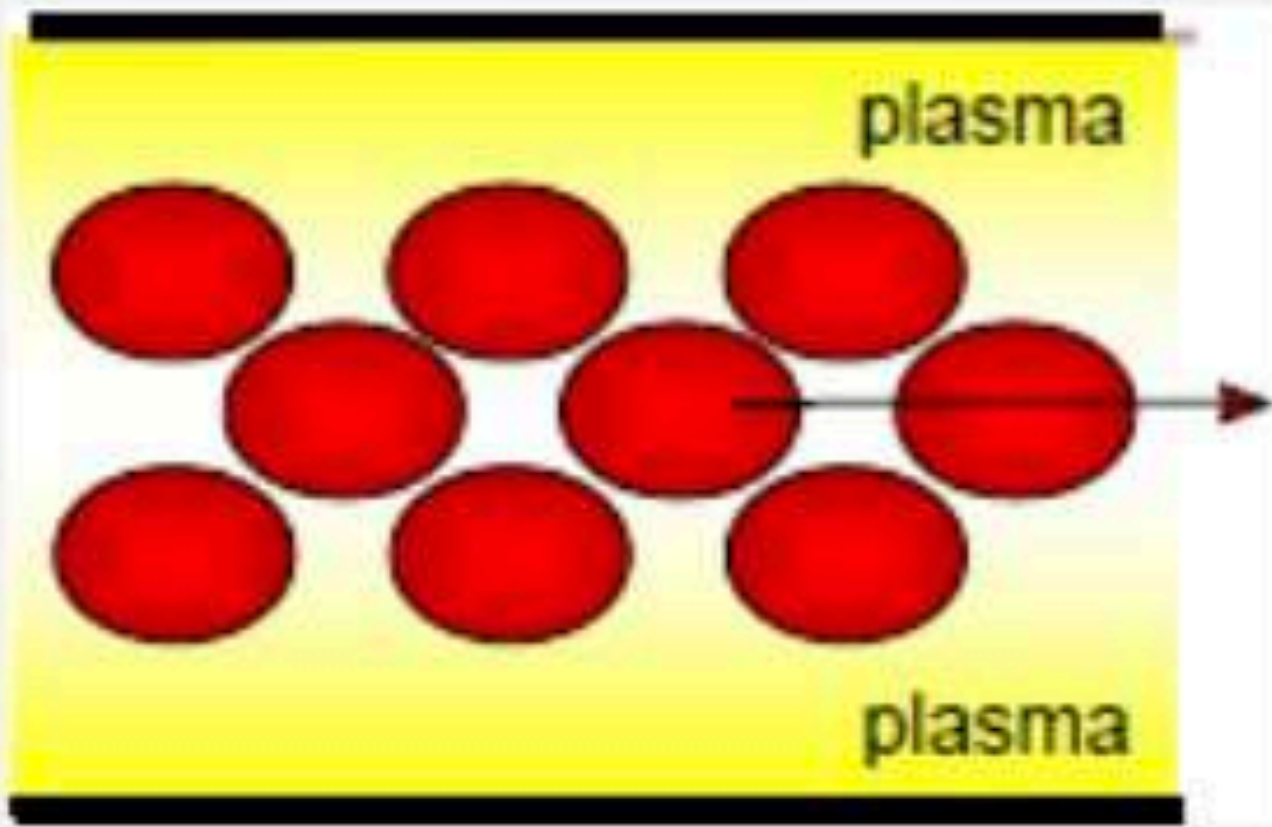
❖ Rhéologie : étude des déformations de la matière en écoulement

Interactions INTERCELLULAIRES —>
VISCOSITÉ DU SANG —> comportement
rhéologique complexe: FLUIDE NON
NEWTONIEN

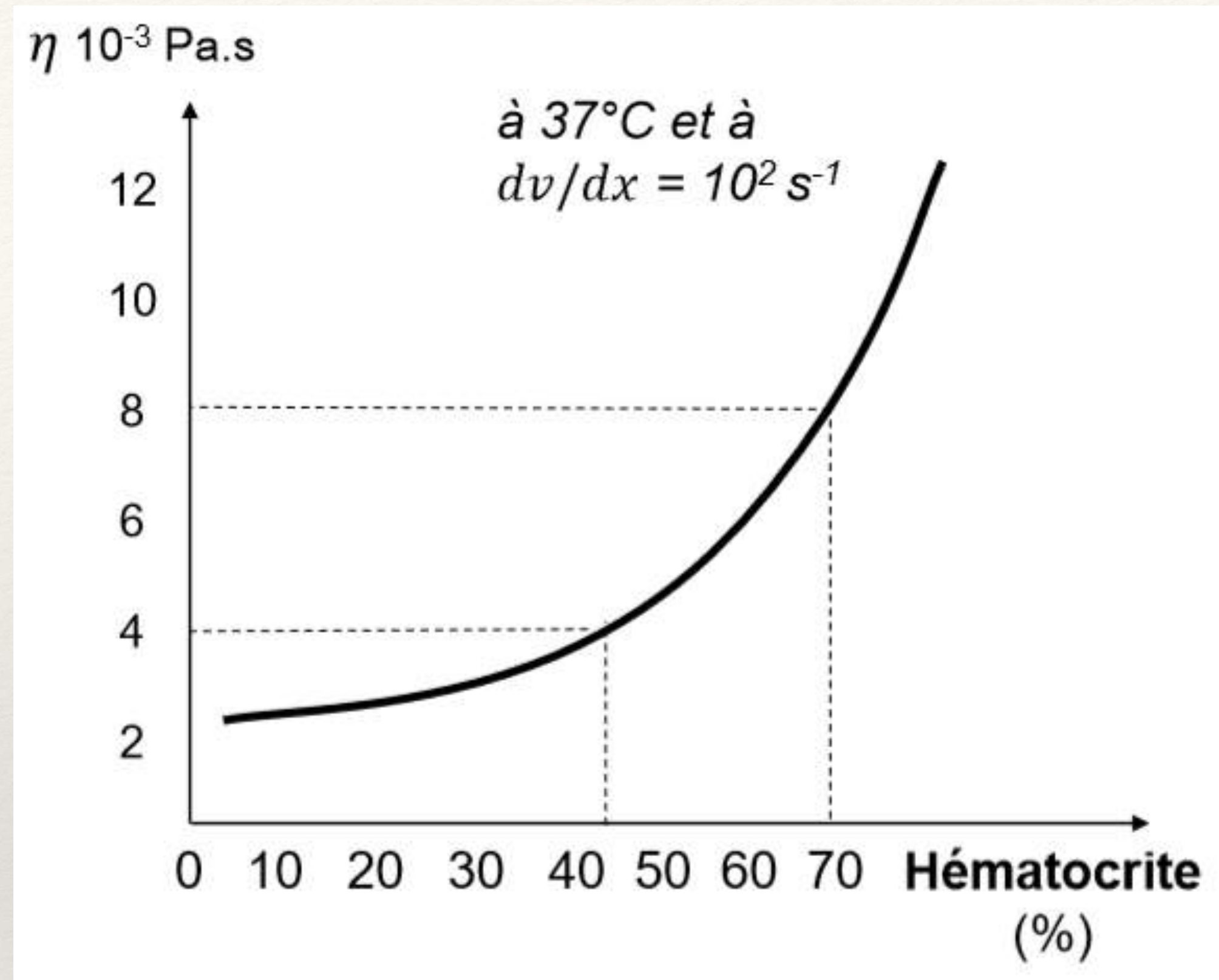
- η varie avec dv/dx (taux de cisaillement)
- η diminue quand dv/dx augmente :

« rhéofluidification » ++



Débit faible	Débit élevé
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les globules rouges forment des rouleaux ✓ <u>Conséquence directe</u> : ↗ de la viscosité  <p>The diagram shows a cross-section of a blood vessel with a yellow plasma layer. Red blood cells are arranged in two parallel rows, one against the top wall and one against the bottom wall, with their ends facing each other, forming a 'rouleau' (roll) structure. The word 'plasma' is written in the yellow area on the left.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les globules rouges ont une circulation axiale : on parle de manchon plasmatique ✓ Rhéofluidification → ↘ viscosité  <p>The diagram shows a cross-section of a blood vessel with a yellow plasma layer. Red blood cells are arranged in a single row in the center of the vessel. A white arrow points from the center towards the right wall, indicating axial flow. The word 'plasma' is written in the yellow area at the top and bottom right.</p>

Nb : à 37°C et Hte=0.45, La viscosité η vaut 4.10^{-3} Pa.s (poiseuille)

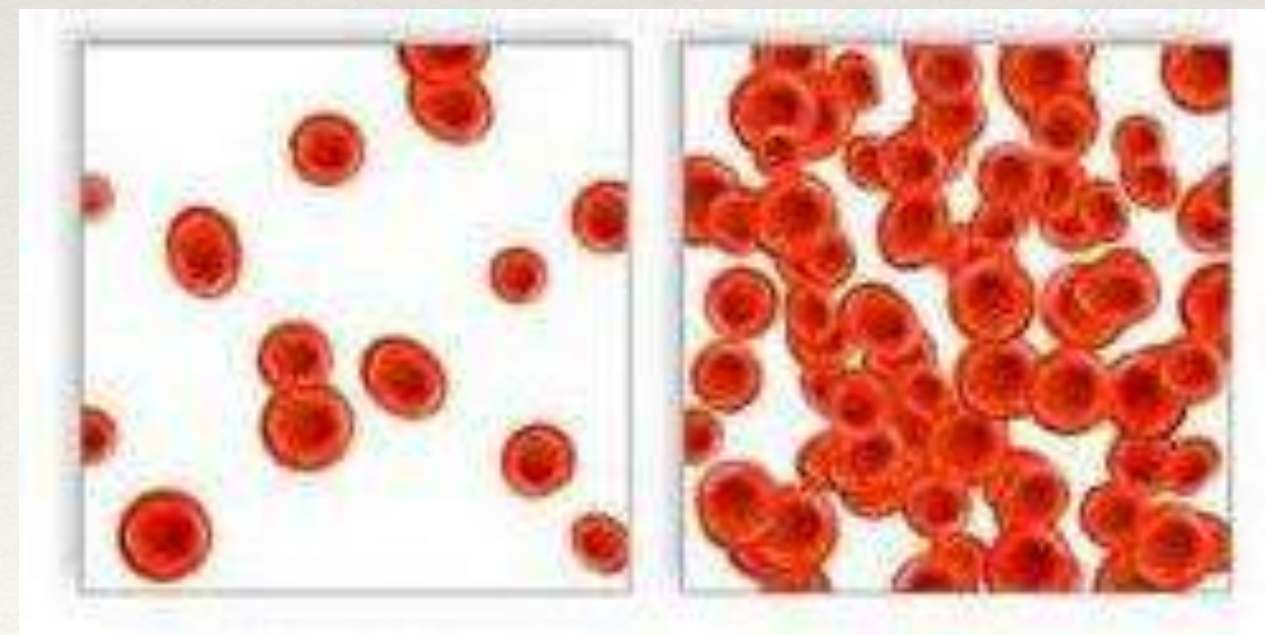


=> Lorsque l'hématocrite passe de 45% à 70%, la viscosité a doublé.

→ La viscosité augmente avec l'hématocrite

PATHO: Polyglobulie primitive = Maladie de Vaquez

- ✓ Maladie rare
- ✓ Patients fabriquent trop de GR
- ✓ Viscosité inter-cellulaire augmentée
- ✓ Nombre GR augmente -> Hématocrite augmente
- ✓ Thromboses par hyperviscosité du sang (-> ischémie/nécrose)

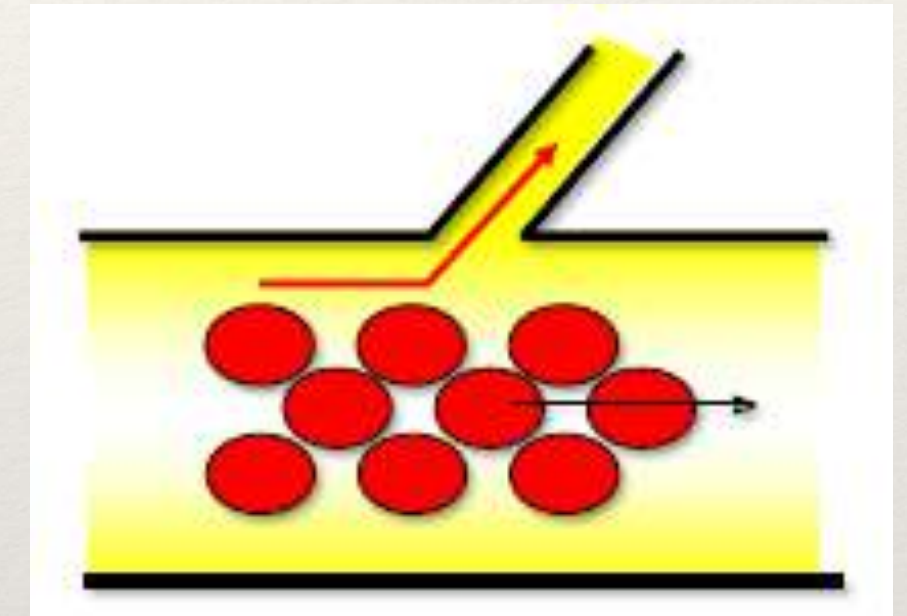


C/ Description rhéologique du sang en écoulement dans les petits vaisseaux

Artérioles

Circulation **axiale** des GR

- Phénomène d'écroulement au niveau des vaisseaux latéraux
- **Diminution** locale de l'hématocrite



Capillaires

Diamètre < 8 μm

- Déformation des GR
- Intervention de la viscosité **intracellulaire**



PATHO: Drépanocytose

✓

Maladie génétique

✓

Viscosité intra-cellulaire **augmentée**

✓

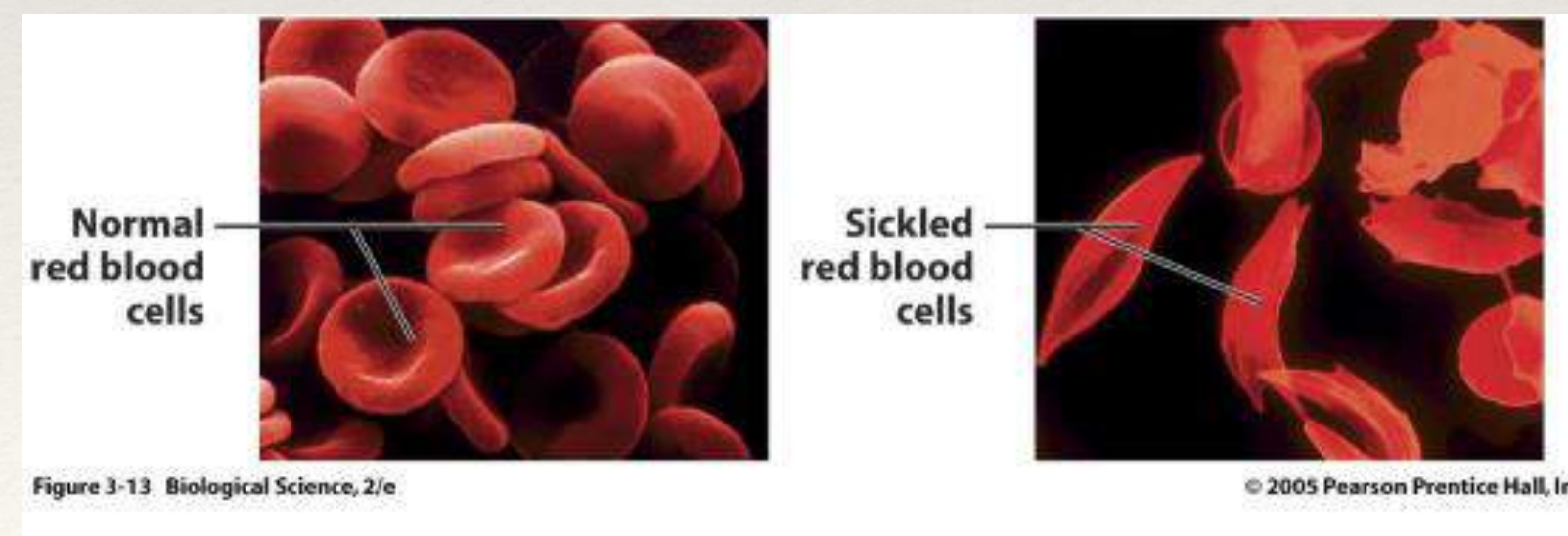
Falciformation des GR

✓

Diminution de la déformabilité

✓

Thromboses capillaires



IV) PARTICULARITÉS LIÉES À L'ANATOMIE

A/ Anatomie de l'arbre vasculaire

1) Les 2 circulations et les 3 secteurs

Volume de sang chez l'adulte \approx 5L

2 CIRCULATIONS

	P Artérielle moy kPa (mmHg)	% vol total ¹
Systémique	13 (98)	70
Pulmonaire	2,6 (20)	20

La circulation systémique a une pression **5 fois supérieure** à la pulmonaire!

3 SECTEURS

	<i>Volume</i>	<i>%</i>	<i>mL</i>
○ Artériel		10	500
○ Capillaire		5	250
○ Veineux		55	2750

✓ **Veineux** (Volume le + important, sert de réserve en cas d'hémorragie)

2) Un système ramifié

-> ramifications parallèles

La Résistance globale R diminue au fur et à mesure qu'on avance dans le réseau vasculaire.

La section globale représente la somme des sections des n vaisseaux situés en parallèle.

Aorte: section individuelle = section globale

De l'aorte vers les capillaires:

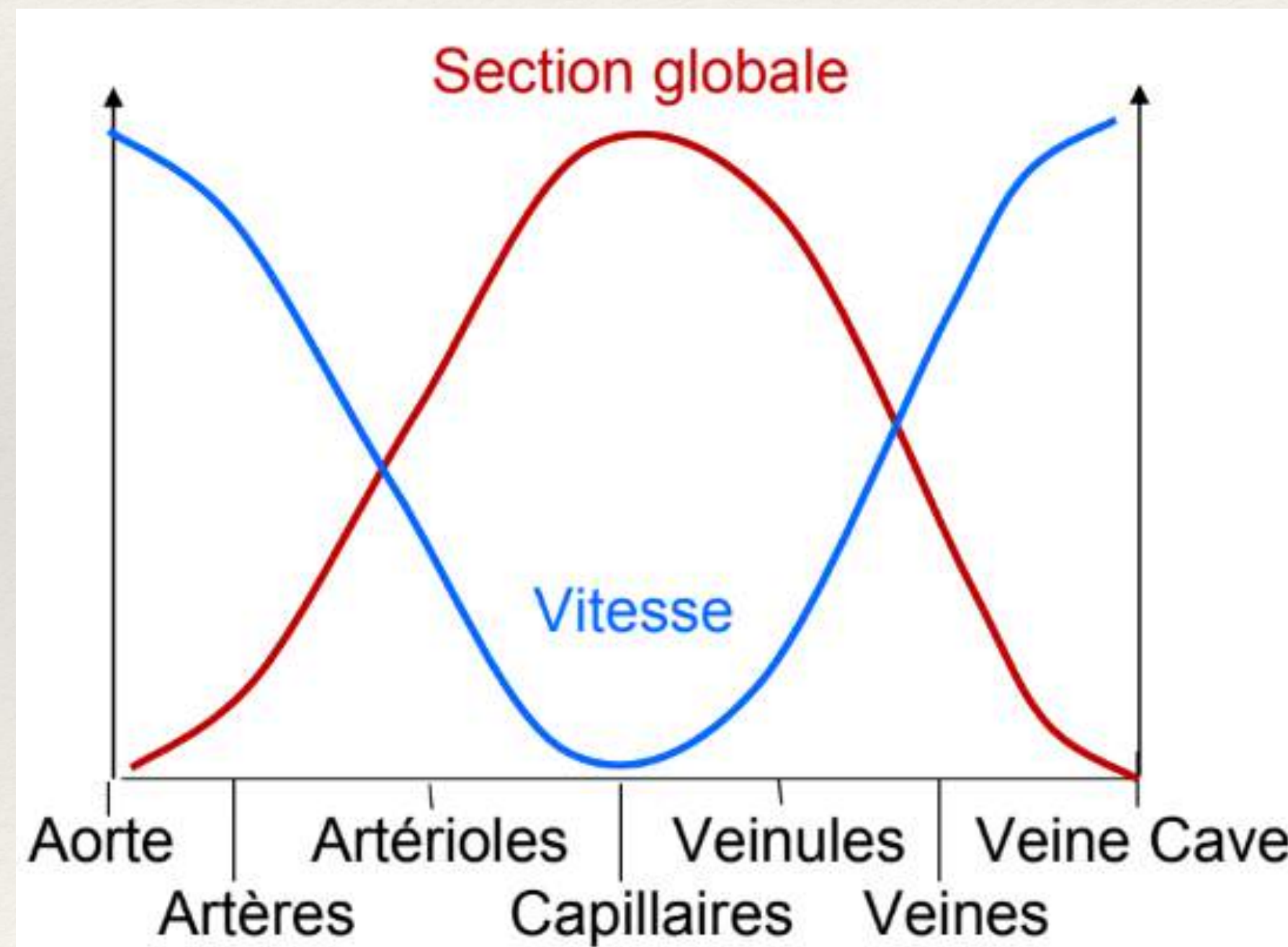
- Les **sections individuelles diminuent** (les vaisseaux étant de + en + petits)
- La **section globale augmente** (puisque le nb de vaisseaux augmente)
- => échanges++

Inversement des capillaires vers la veine cave.

B/ Conséquences sur la dynamique de circulation

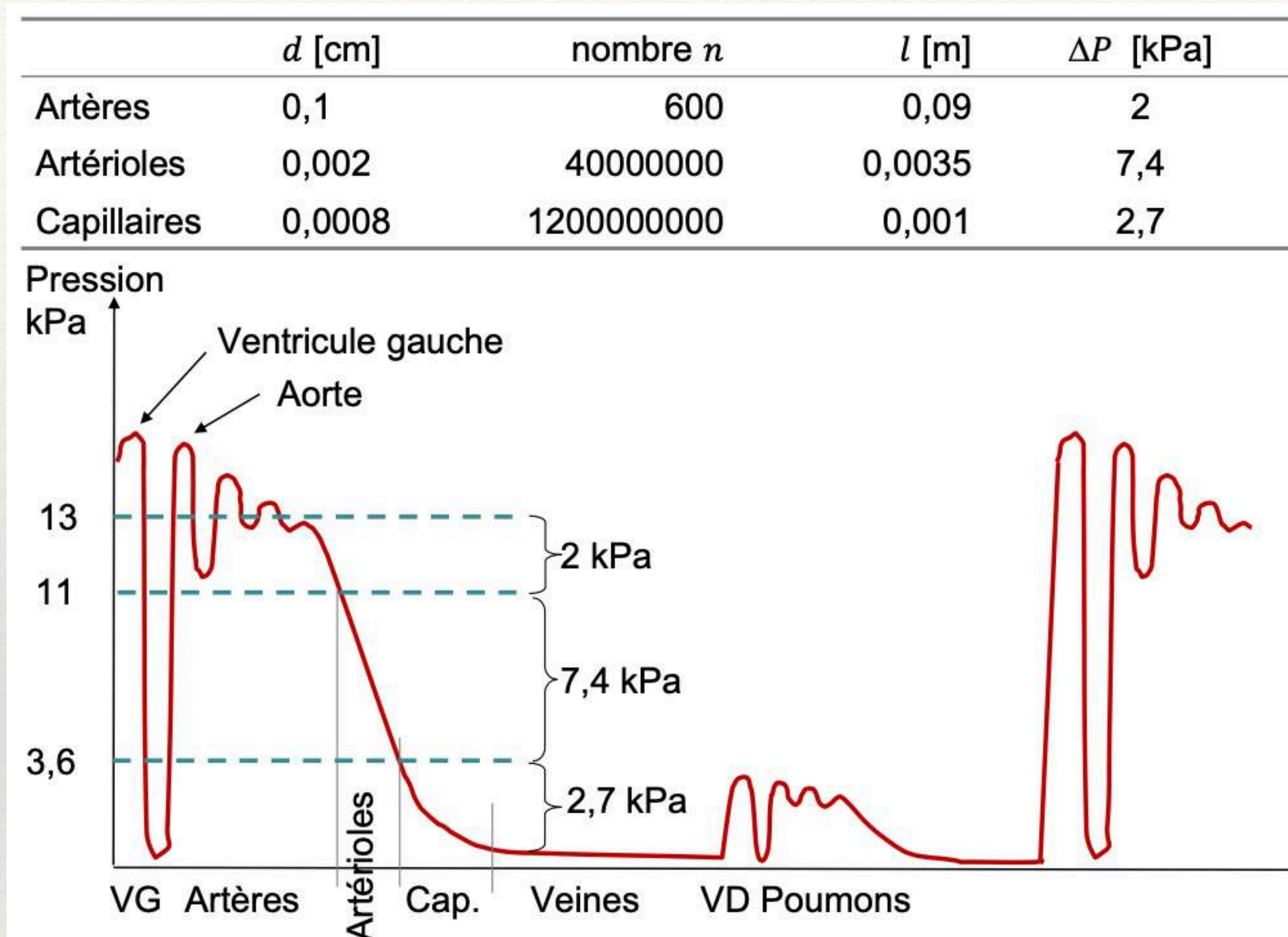
Notion de section INDIVIDUELLE - GLOBALE

Le système étant fermé, et le débit constant, la vitesse varie selon la section (globale)



La vitesse minimale au niveau des capillaires permet de maximiser les échanges

Notion de PRESSION



La pression est donc particulièrement **élevée** dans le **VG** et dans les **artères**, elle **chute fortement** à partir des **artérioles** pour **ré-augmenter** un peu au niveau de la **circulation pulmonaire** (tout de même 5 fois inf.)

QCM1: On mesure par cathétérisme les pressions dans le tronc artériel brachio-céphalique dans des conditions d'écoulement horizontal en considérant la masse volumique du sang égale à 10^3kg.m^{-3} (on néglige la perte de charge). Les pressions terminale et latérale sont respectivement mesurées à 3 650 Pa, et à 35,25 hPa.

Quelle est, en m/s, la valeur de la vitesse d'écoulement?

- A) 2,5
- B) 0,5
- C) 0,25
- D) 5
- E) 25



Toi quand tu vois qu'on va ENFIN faire un petit qcm de calcul hihi :)

$$P_T = 3\,650 \text{ Pa}$$

$$P = 35,25 \text{ hPa} = 3\,525 \text{ Pa}$$

On sait que:

$$P_T = P_L + P_{\text{cinétique}}$$

$$P_T = P_L + \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$\frac{1}{2} \rho v^2 = P_T - P_L$$

$$\frac{1}{2} \rho v^2 = \Delta P$$

$$v^2 = \frac{2 * \Delta P}{\rho}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 * \Delta P}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 * (3650 - 3525)}{10^3}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 * 125}{10^3}}$$

$$v = \sqrt{\frac{250}{10^3}}$$

$$v = \sqrt{0,25}$$

$$v = 0,5 \text{ m/s}$$

=> B

QCM TIIIIME

QCM: On considère une artériole avec un débit de $6 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$. Elle se divise en 1000 capillaires de longueur $l = 12 \text{ mm}$ et de rayon $r = 0,2 \text{ mm}$.

On considère une viscosité apparente du sang $\eta = 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$; $\pi = 3,14$

Quelle est la chute de pression entre l'entrée et la sortie de ce réseau capillaire?

- A) 36 Pa
- B) 1,6 kPa
- C) 6 Pa
- D) 6 kPa
- E) 36 hPa

TOI À PEINE TU
VOIS L'ÉNONCÉ (non
en vrai ça va aller
tqt<3)



$$\Delta P = \frac{Q * R}{n} \quad \text{avec}$$

$$R = \frac{8 * \eta * l}{\pi * r^4}$$

$$\Delta P = \frac{Q * 8 * \eta * l}{\pi * r^4 * n}$$

$$Q = 6 \text{ mL.min}^{-1} = 10^{-7} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$$

$$\eta = 3,14.10^{-3} \text{ Pa.s}$$

$$l = 12\text{mm} = 12.10^{-3} \text{ m}$$

$$r = 0,2 \text{ mm} = 2.10^{-4} \text{ m}$$

$$n = 1000 = 10^3$$

$$\Delta P = \frac{10^{-7} * 8 * 3,14 * 10^{-3} * 12 * 10^{-3}}{3,14 * (2 * 10^{-4})^4 * 10^3}$$

$$\Delta P = \frac{8 * 12}{2^4} * \frac{10^{-7} * 10^{-3} * 10^{-3}}{(10^{-4})^4 * 10^3}$$

$$\Delta P = \frac{8 * 12}{16} * \frac{10^{-13}}{10^{-16} * 10^3}$$

$$\Delta P = \frac{8 * 12}{2 * 8} * \frac{10^{-13}}{10^{-13}}$$

$$\Delta P = 6 \text{ Pa}$$

=> C

QCM: Votre tutrice de biophysique Emiliepothèse rentre légèrement pompette (après avoir bu la moitié d'un Monaco), et décide de bosser son cours de biophy circu' mais a du mal à retrouver les réponses correctes..

Aide ta gentille tutrice<3 (donnez lui de l'eau aussi svp)

- A) La pression absolue correspond à l'effet de la colonne de liquide uniquement.
- B) Les lois de Pascal s'appliquent pour un fluide immobile incompressible.
- C) L'unité du SI (=Système international) de la pression est le bar.
- D) La pression est dépendante de l'altitude: + on monte en altitude, + la pression diminue.
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses.

QCM: BD

- A) Faux : La pression ~~absolue~~ **RELATIVE** correspond à l'effet de la colonne de liquide uniquement. $\Rightarrow P_{\text{ABSOLUE}} = P_{\text{RELATIVE}} + P_{\text{ATMOSPHERIQUE}}$
- B) Vrai : +++
- C) Faux : C'est le **PASCAL** l'unité du SI++
- D) Vrai : Bonus : elle est divisée par 2 à 5000m d'altitude ;)
- E) Faux



QCM : A propos de ce qcm vraiment relou, donnez-la (les) proposition(s) vraie(s) :

- A) La pression est une force par unité de volume.
- B) La pression est une énergie par unité de surface.
- C) La tension est une force par unité de surface.
- D) La tension est une énergie par unité de longueur.
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

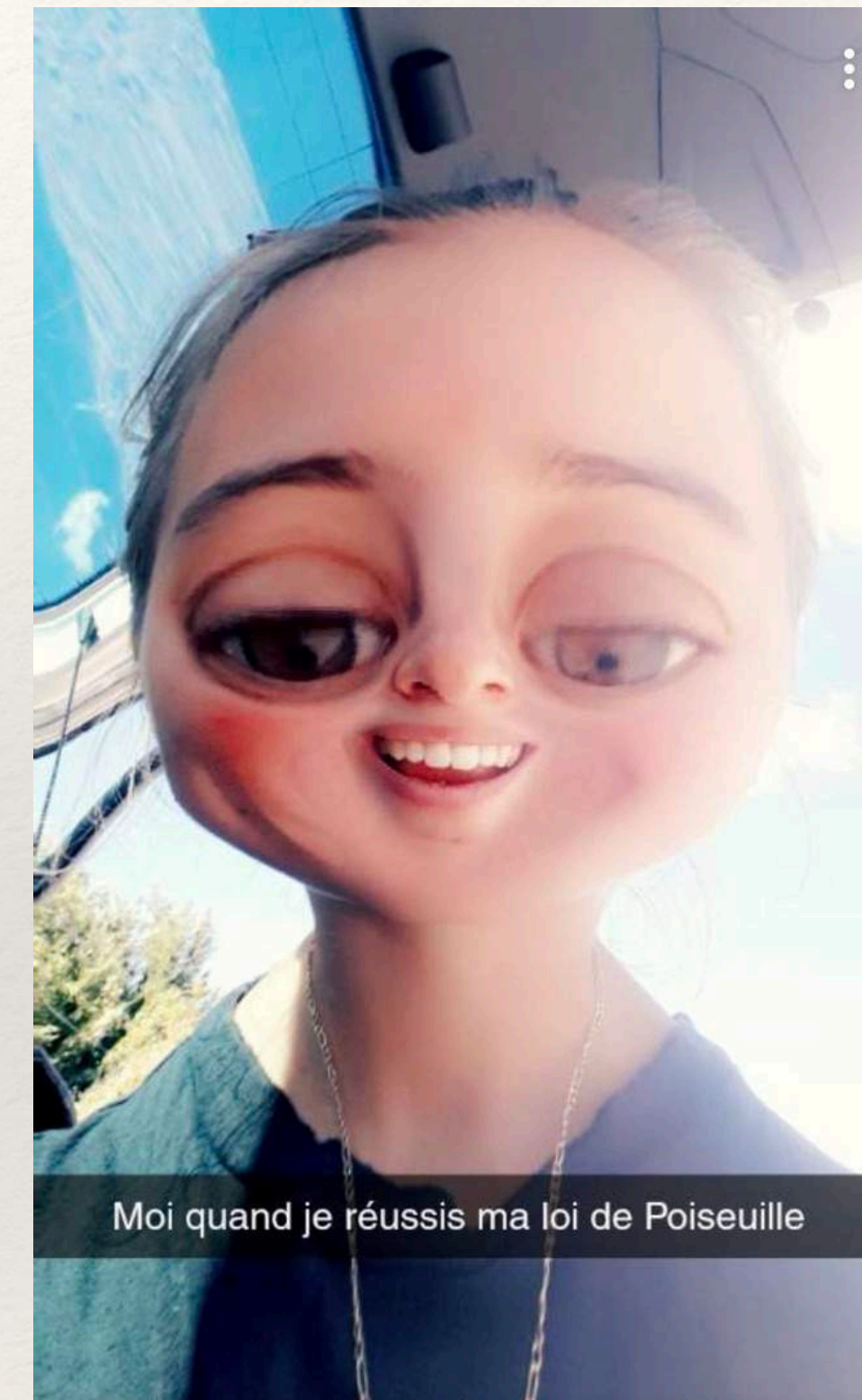
WTF
pas gentil de
faire ça



QCM : E

- A) Faux: Pression = **Force par unité de Surface OU Énergie par unité de volume**
- B) Faux : cf.A
- C) Faux : Tension = **Force par unité de longueur OU Énergie par unité de surface**
- D) Faux : cf.C
- E) Vrai

MERCI POUR VOTRE ATTENTION ;)



LA BIOPHYSIO' VOUS FAIT DES BISOUS