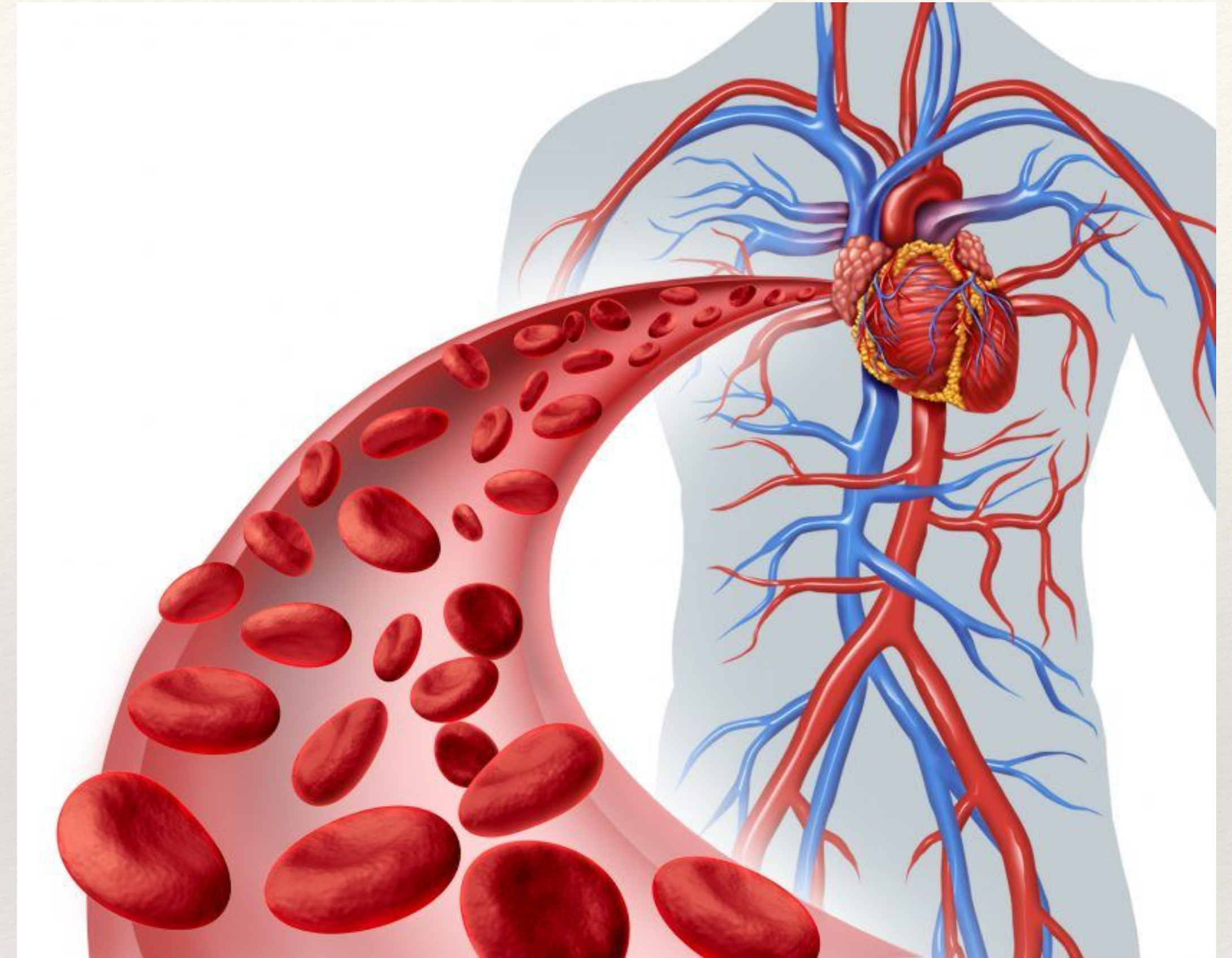

BIOPHYSIQUE DE LA CIRCULATION



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

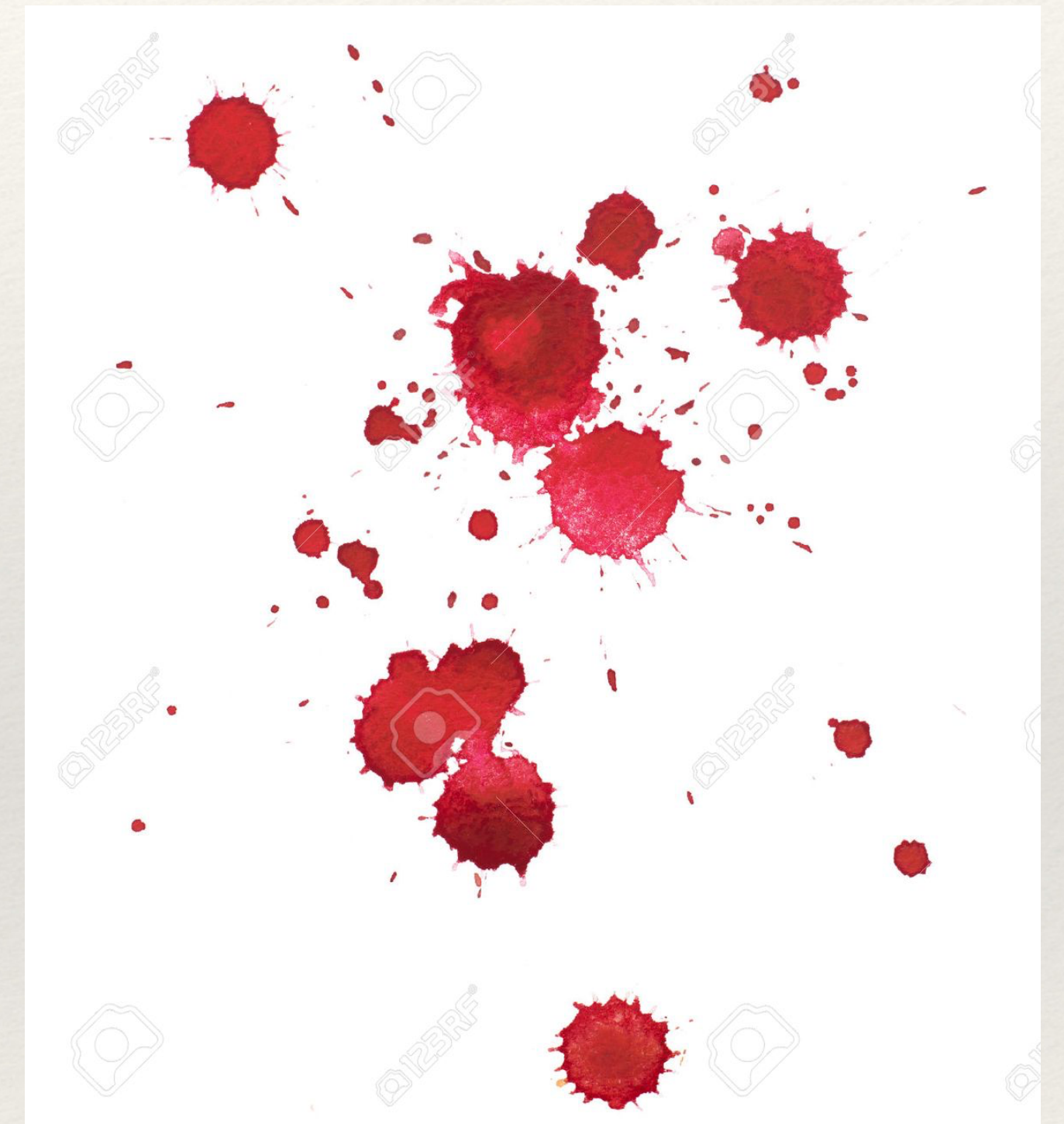
- ❖ III) PARTICULARITÉS LIÉES AU SANG

 - A. Description du sang au repos

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

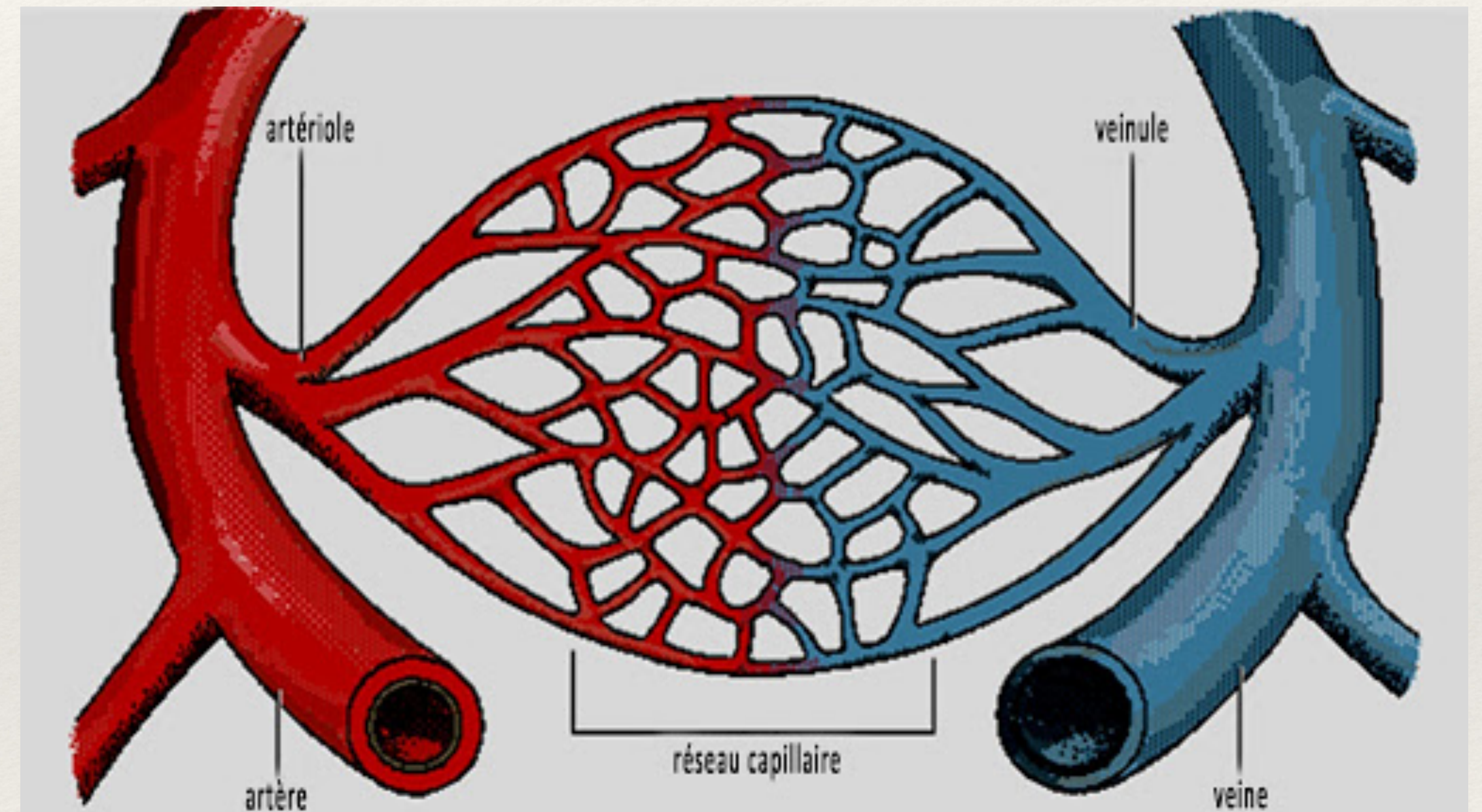
 - C. Description rhéologique du sang en écoulement dans les petits vaisseaux

- ❖ IV) PARTICULARITÉS LIÉES À L'ANATOMIE



I) INTRODUCTION

- ❖ Systeme 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 Mécanique

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**

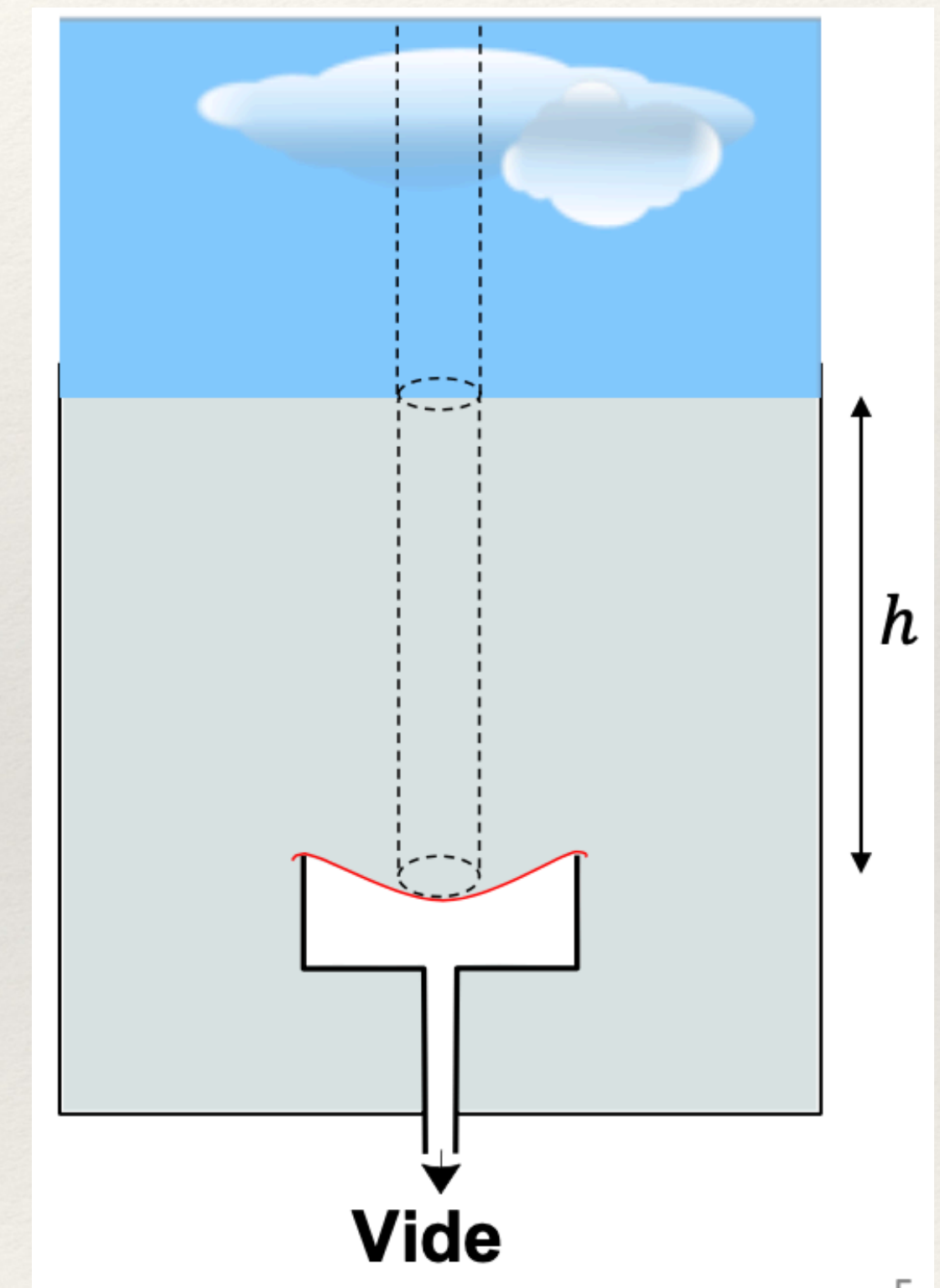
A/ Statique d'un fluide

1) Notion de pression statique P dans un fluide

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



<p>Pression RELATIVE</p>	<p>Effet de la colonne de liquide uniquement ++</p>	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"> $\Delta P = \rho g h$ </div> <p><i>ρ : masse volumique</i> <i>g : accélération de la pesanteur</i> <i>h : hauteur de la colonne de liquide</i></p>
<p>Pression <u>ABSOLUE</u></p>	<p>Effet de la colonne de liquide + Effet de la Pression Atmosphérique</p>	<p>$P_{\text{ABSOLUE}} =$ $P_{\text{RELATIVE}} +$ $P_{\text{ATHMOSPHERIQUE}}$</p>

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 Pa = 1 N.m⁻²**

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

❖ **Bar** (ancienne unité CGS)

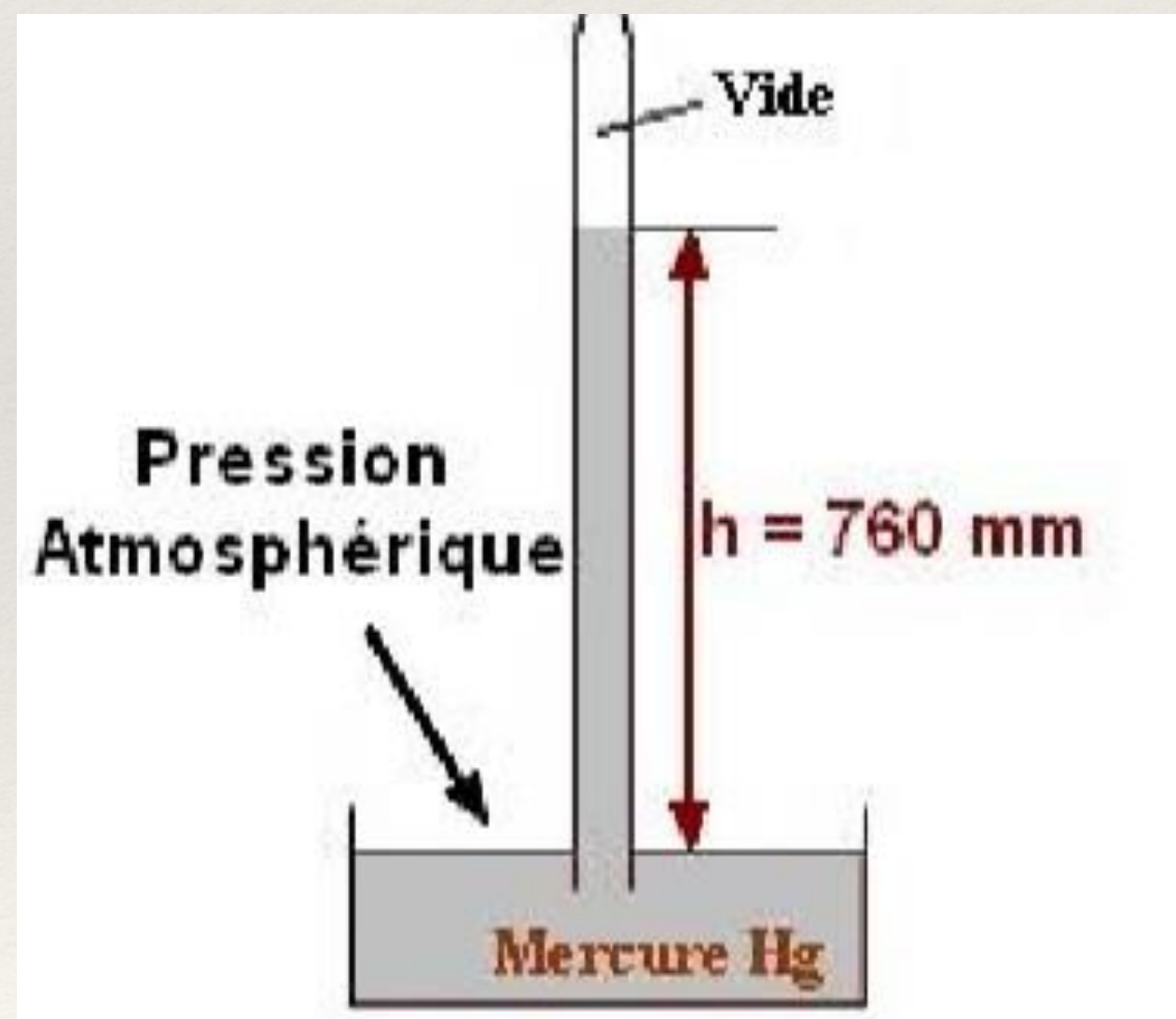
1 bar = 10⁵ Pa

mmHg, cmH₂O -> + adaptées au corps humain

4) La Pression Atmosphérique

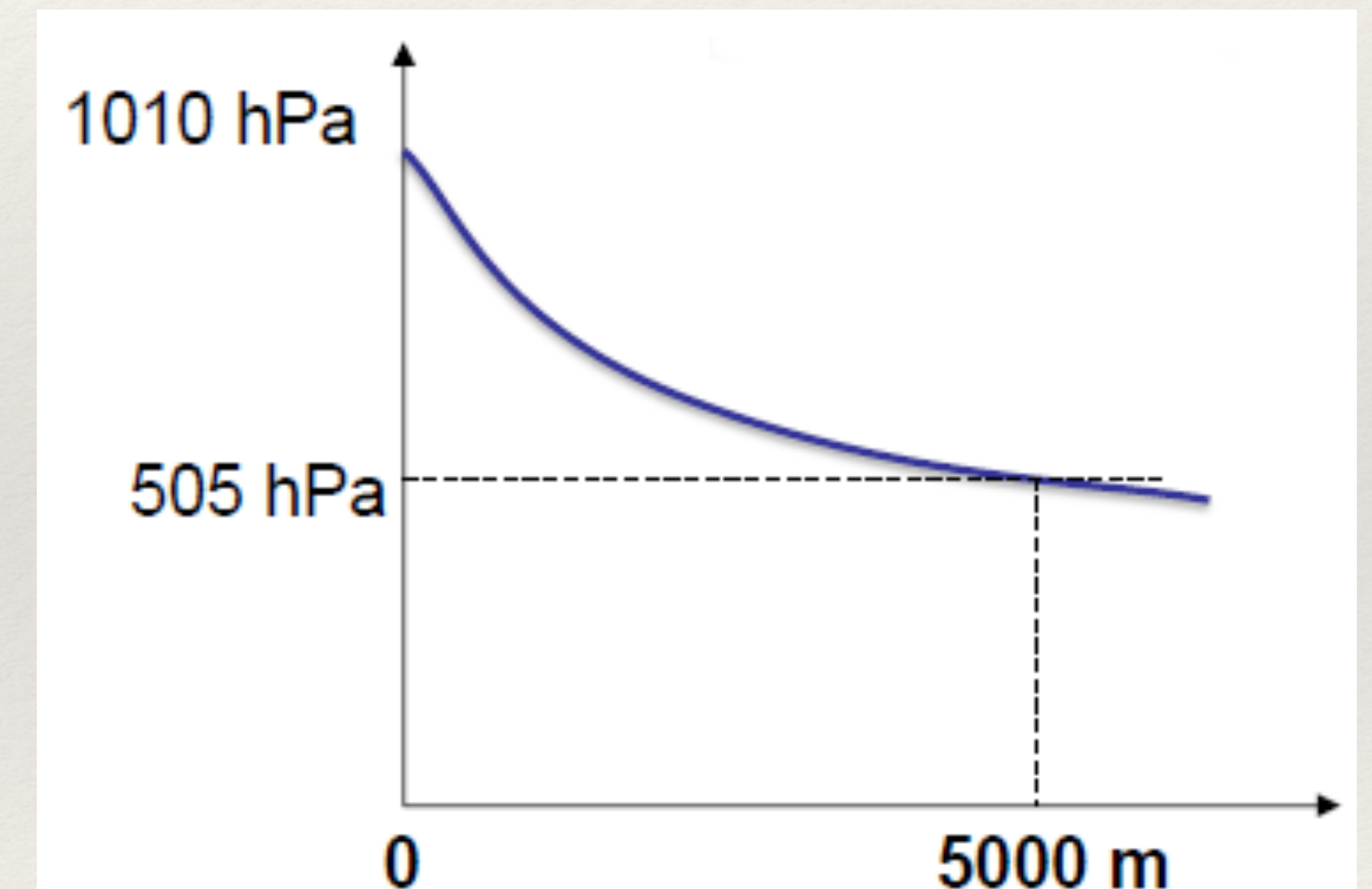
P_{atm} = poids de la colonne d'air atmosphérique

Valeur: Expérience de Torricelli (manomètre au mercure)



$$P_{\text{atm}} = \rho g h = 1013 \text{ hPa}$$

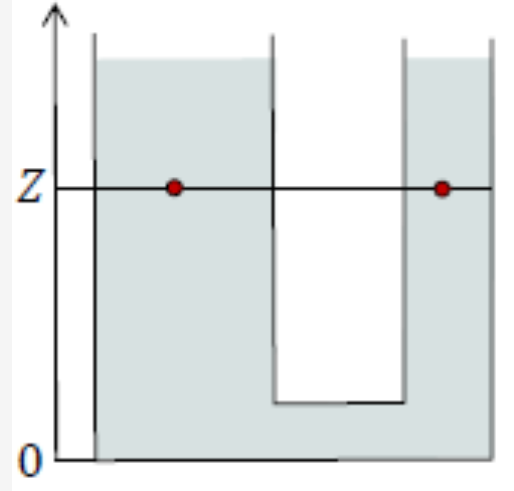
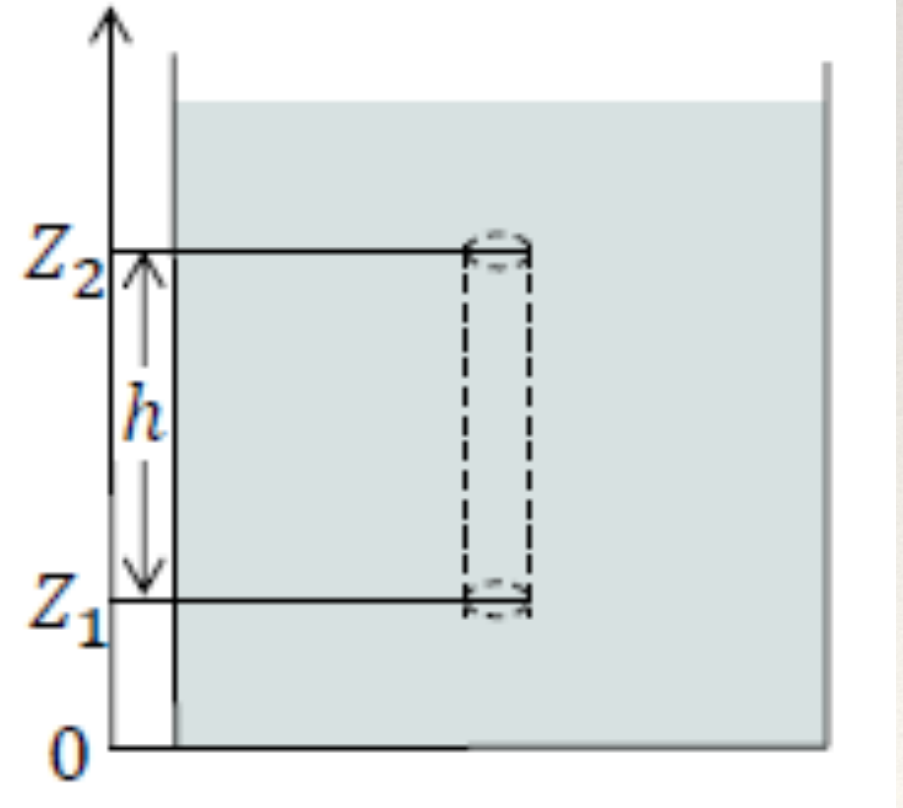
- Variations avec l'altitude



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

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

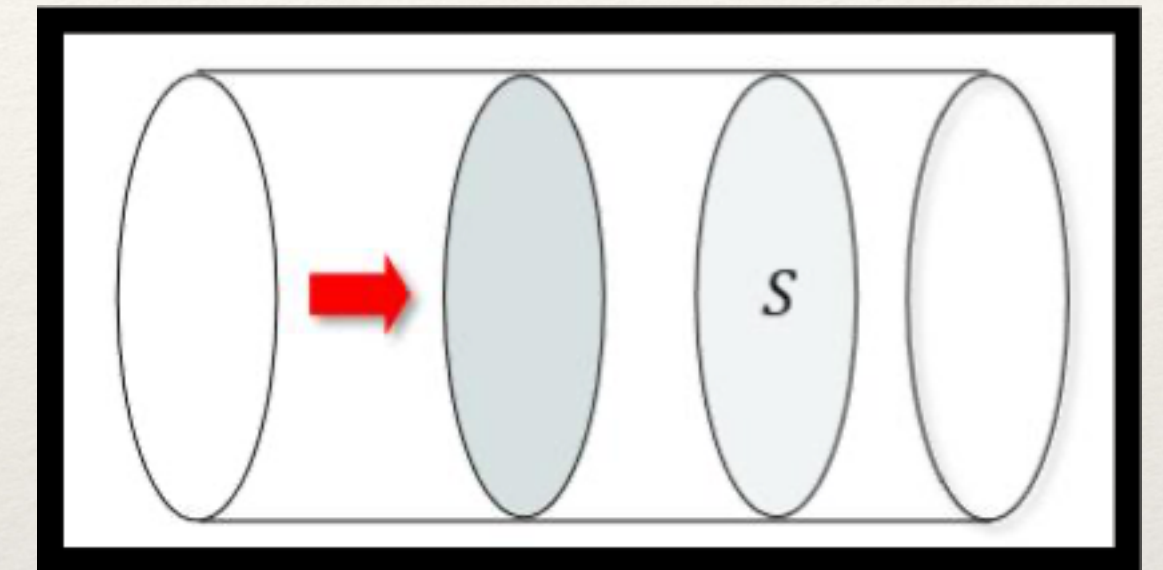
Principe: Dans un liquide **immobile incompressible**, une variation de pression se transmet **intégralement** et **dans toutes les directions**.

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



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

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

$$V : m^3$$

$$dt : s$$

++

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

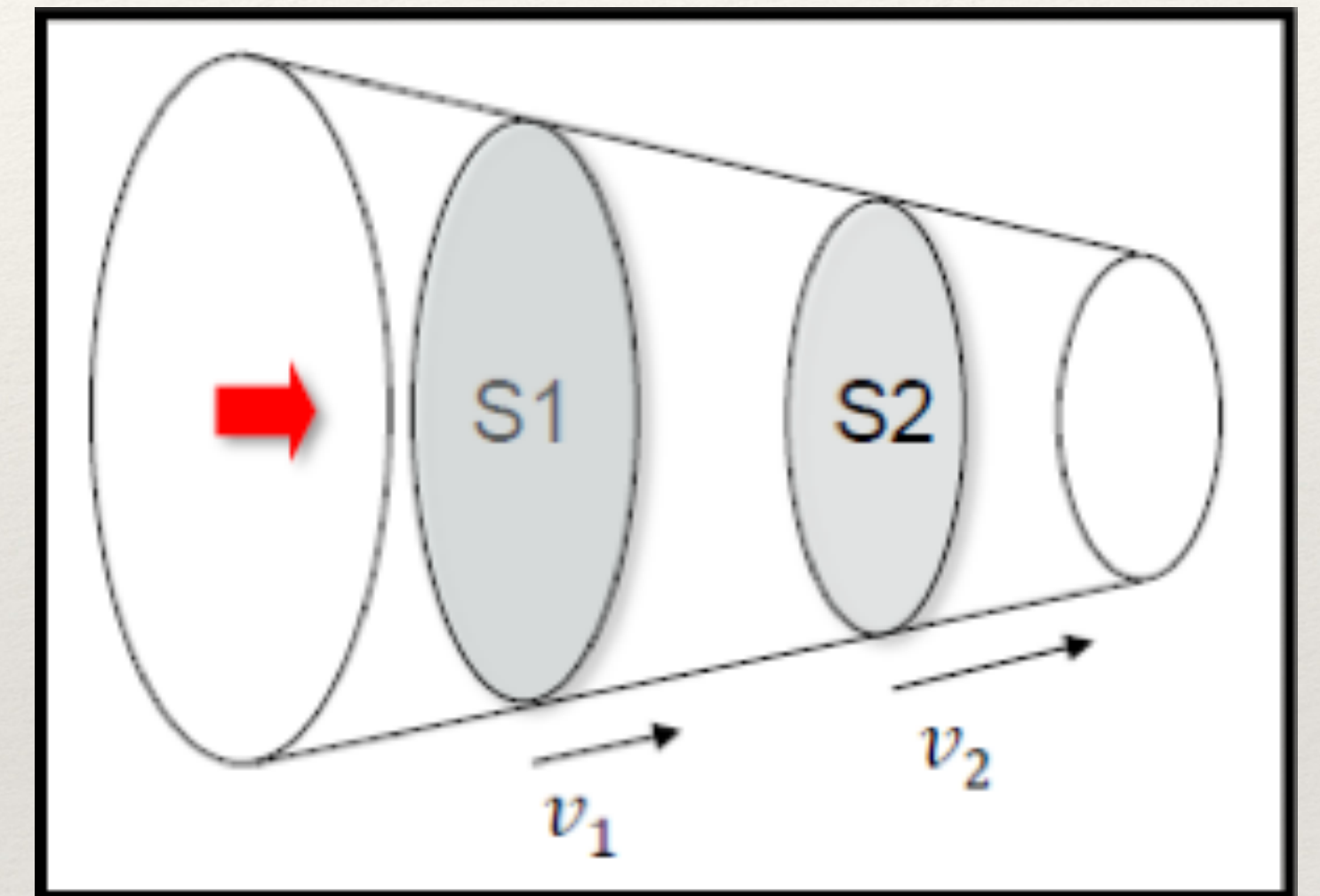
++

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 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++

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

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

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

ρgh = pression de pesanteur

$1/2 \rho v^2$ = pression cinétique

P = pression statique

4) Mesure des pressions ++

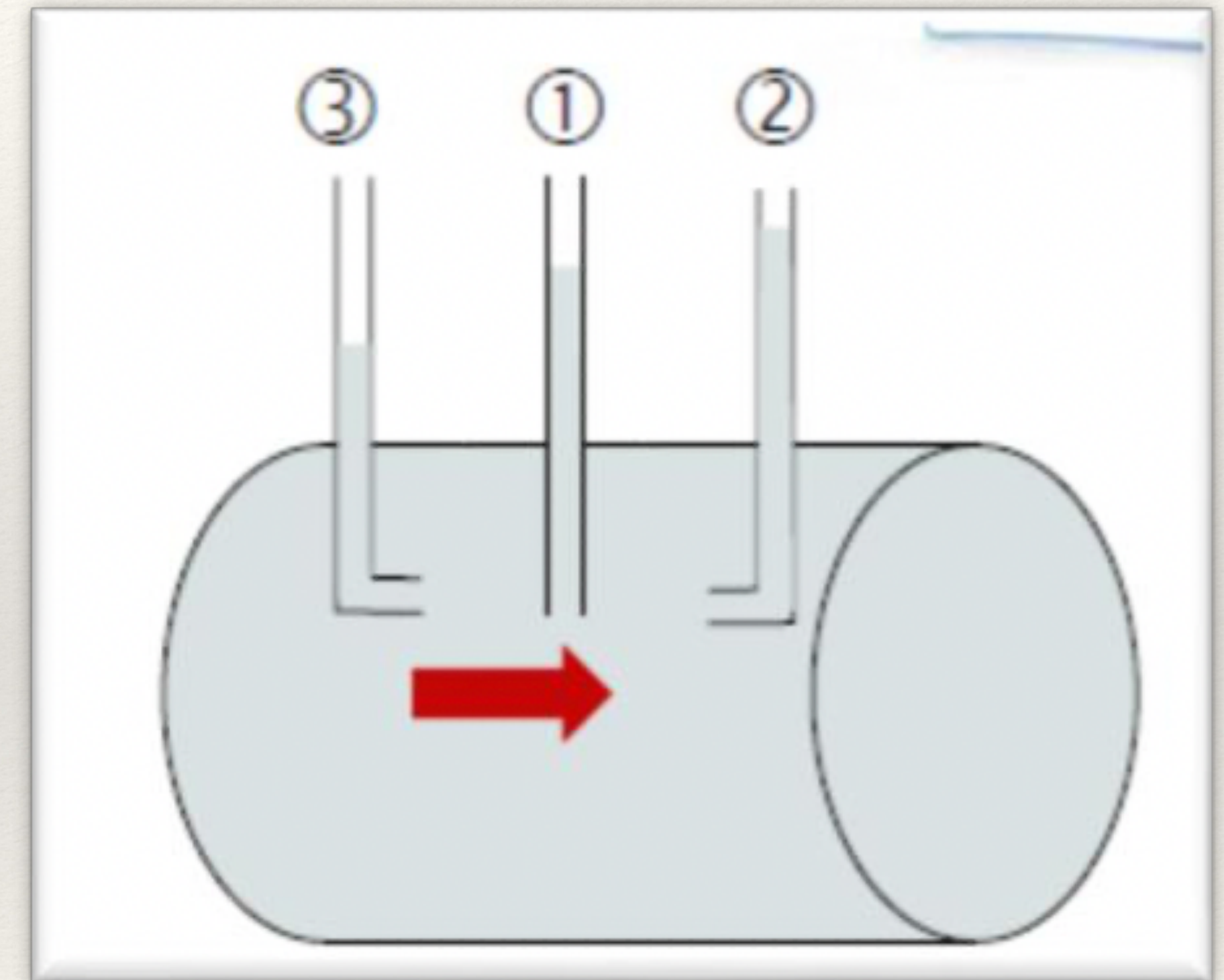
⚠ Contrairement aux fluides STATIQUES, dans un fluide EN ÉCOULEMENT, les valeurs mesurées dépendent de l'orientation du capteur++

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_{AVAL}**
 $= P - 1/2 \rho v^2$



Tube de Pitot -> Mesurer vitesses en aéronautique

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

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

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

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 ++

