

# Kappel

## Loi de BERNOULLI

$$P_A + \rho g h_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B + \rho g h_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$$

## Equation de continuité

$$Q = S v$$

$$S_A v_A = S_B v_B$$

## Loi de Poiseuille (fluide visqueux)

$$Q = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \frac{R^4}{l} \cdot \Delta P$$

$$v_{moy} = \frac{Q}{S} = \frac{v_{max}}{2}$$

## La Perte de Charge

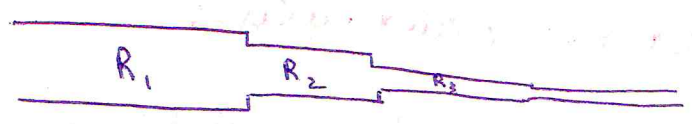
- $\Delta P = R \times Q$
- $R = \frac{8 \eta l}{\pi R^4}$

## Loi du frottement

$$F = \eta S_{lat} \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x}$$

↓  
gradient de la vitesse

## Cas des conduits en série

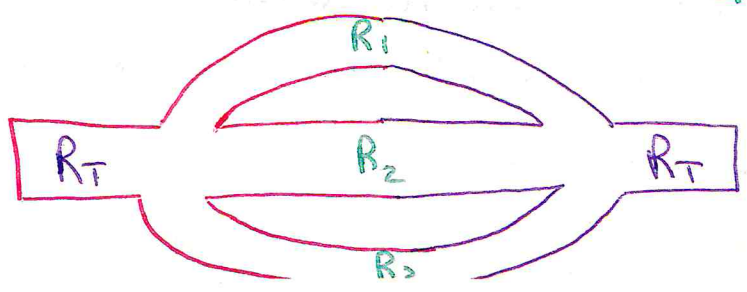


$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

## Cas des conduits en parallèles



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$\Delta P_T = \Delta P_1 = \Delta P_2 = \Delta P_3$$

## Hémodynamique :

(2)

- Est l'étude de la dynamique du sang, elle applique les lois de l'hydrodynamique à la circulation sanguine.

## Viscosité sanguine :

♦ elle est fortement variable avec la [C] en globules rouges (hématocrite)

♦ En absence de GR, la  $\eta$  est très proche de celle de l'eau à 20°C

Sérum : 1,1 à 1,3  $\times 10^{-3}$  Pas.s (Pl)

Plasma : 1,4  $\times 10^{-3}$  Pas.s (Pl)

## ≠ Sérum et Plasma

♦ Plasma : obtenu par simple centrifugation

♦ Sérum : obtenu par centrifugation + coagulation

## C-à-dire :

le sérum est du plasma dépourvu de facteurs de coagulation

## fluide newtonien et non newtonien :

Fluide newtonien :  $\eta$  est constante quel que soit le gradient de

fluide non newtonien :  $\eta$   $\downarrow\downarrow$  lorsque la  $\dot{\gamma}$   $\uparrow\uparrow$

Ex : le sang est un fluide non newtonien, alors que les liquides purs et les solutions micromoléculaires sont en général newtoniens

graphes + définition

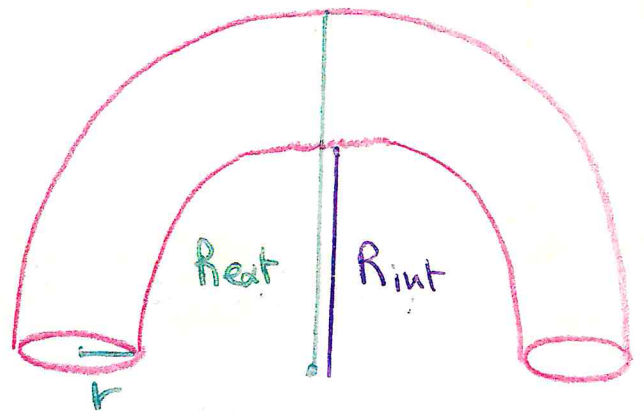
## ③ Relation (Tension - Pression) dans les structures élastiques de l'organisme.

### F élastique :

- C'est la force qui s'exerce pour contraindre l'allongement d'un fil
- De point de vue biophysique, on peut dire que l'élasticité est la Tension superficielle

### ③ Pour le versant ext (concave) :

$$P = T_{\text{ext}} \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{R_{\text{ext}}} \right) \text{ --- (a)}$$



### ③ Pour le versant inf convexe :

$$P = T_{\text{int}} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R_{\text{int}}} \right) \text{ --- (b)}$$

(a) et (b) pour une même pression dans le  $\sqrt{x}$

$$T_{\text{int}} > T_{\text{ext}}$$

on dit donc :

le versant sup est plus fragile ( $T_{\text{ext}} \downarrow$ ), ce qui explique que l'**ANEVRISME** ne touche que la partie sup de la crosse de l'aorte.

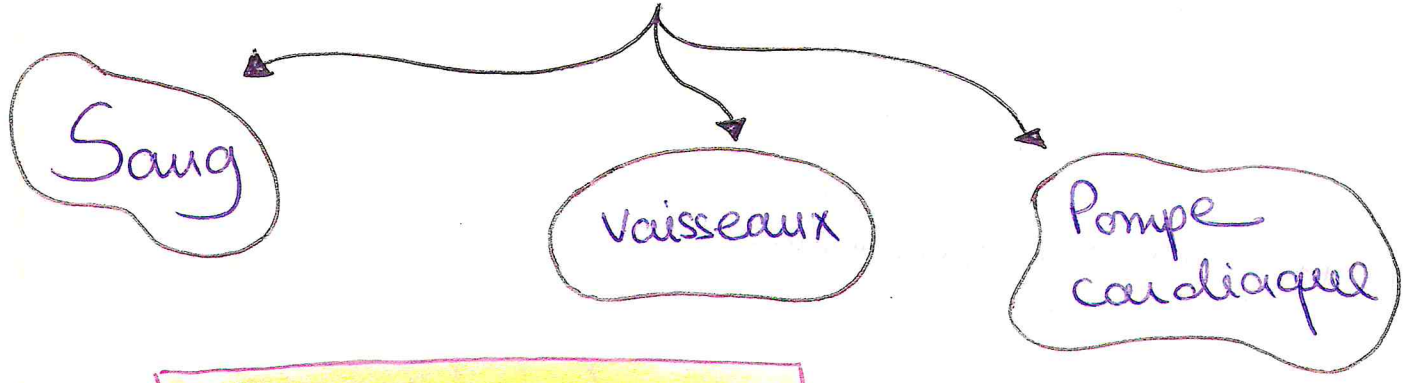
# Bio physique de la circulation

4

- I- Particularité du système circulatoire.
- II- Travail cardiaque.
- III- Control biophysique du débit cardiaque.

## I- Particularité du sys circulatoire

Particularité liée au



### (A) liée au sang

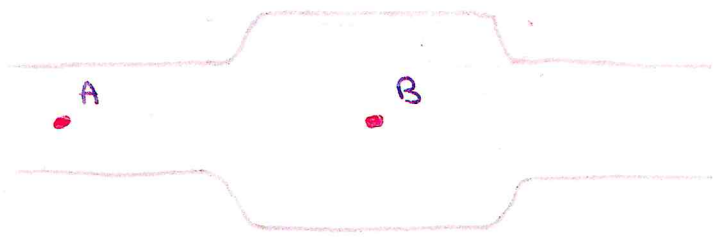
- le sang est un fluide non newtonien.
- Dans les petit vx, la  $\eta \uparrow \uparrow$  de fait de l'agglomération <sup>véhicule</sup> des érythrocytes
- si  $\eta \uparrow \uparrow$  de façon durable  $\Rightarrow$  polyglobulie  $\Rightarrow$  Bonne oxygénation de l'organe

les petits vx  $\Rightarrow$  Rôle de perfusion  
les gros vx  $\Rightarrow$  Rôle vecteur

NB Dans certaines interventions chirurgicales, on  $\downarrow \downarrow \eta$  pour améliorer les performance de coeur par technique de l'Hemodilution (sérum physiologique)

② lié e aux vx

Anévrisme

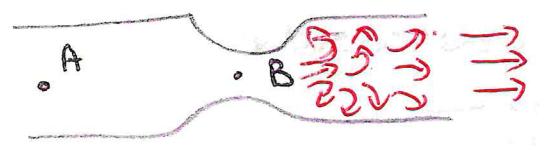


$\bullet P_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$   
 $\bullet v_B < v_A$

}  $P_B > P_A$

lors de l'anévrisme :  
 ↑↑ de la pression et ↓↓ de la vitesse

STENOSE



$P_B < P_A$   
 $v_B > v_A$

lors d'une sténose :  
 ↓↓ de la pression avec  
 ↑↑ de la vitesse

Type d'écoulement

Gros vx

Turbulent  
 (psq le nbr de Reynolds est très élevé  
 $Re = \frac{\rho v L}{\eta}$ )

vx moy calibre

Laminaire (bilaminaire)

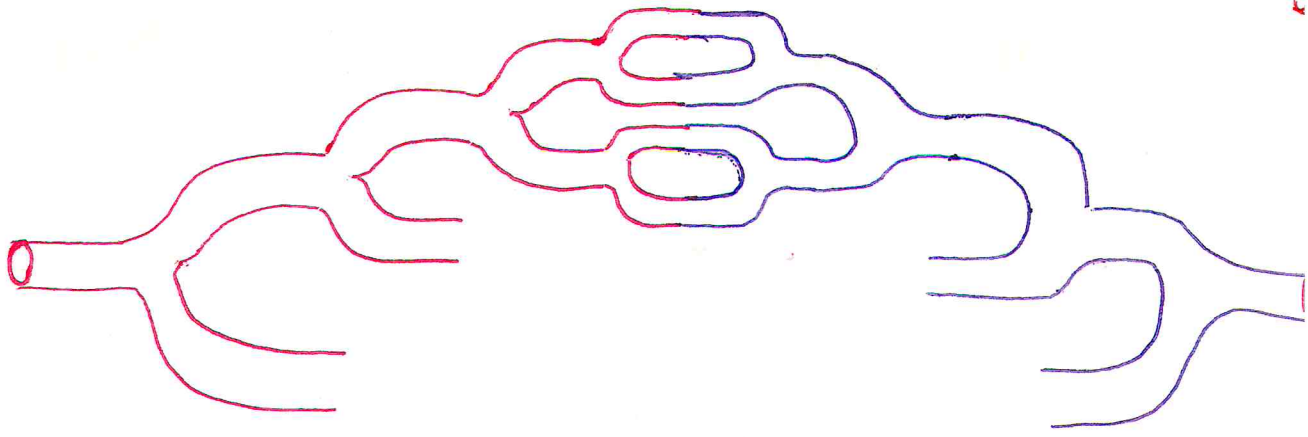


petits vx

On peut pas franchir psq il y a déformation des éléments du sang

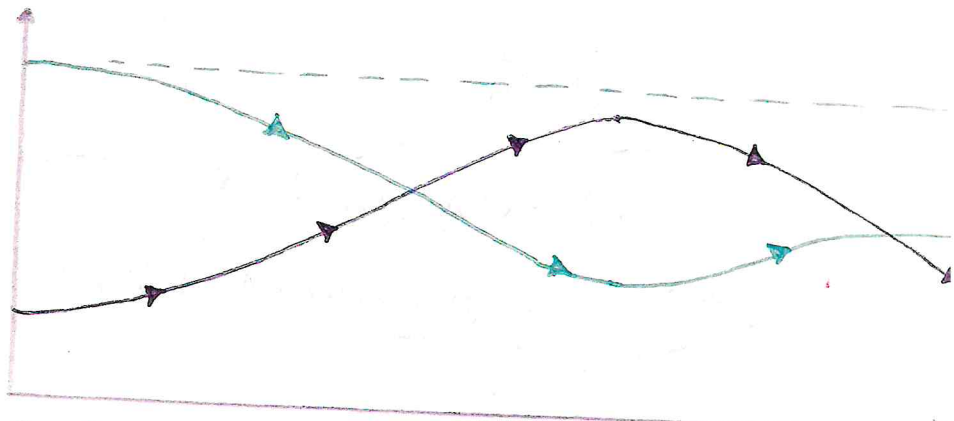
# Variation de la $\bar{v}$ d'écoulement.

6



La section

La vitesse



Aorte - ART - ARTERIOLE - CAPILLAIRE - VEINULE - VE

Conséquence de la loi de Laplace

## Compartiment artériel

• La force élastique d'un vx pour contraindre son allongement est la Tension superficielle.

$$P = \frac{T}{r}$$

Influence de T

• à un âge avancé l'élastine est remplacé par le collagène

↓ élastique

↑ T

Influence de r

• dépôt de graisse

• vasoconstriction

↓ r

↑ P

## Compartment veineux

7

- Compression veineuse extrinsèque
  - Caillot qui boucle la lumière
- ↑ P en amont de l'obstacle

### NBS

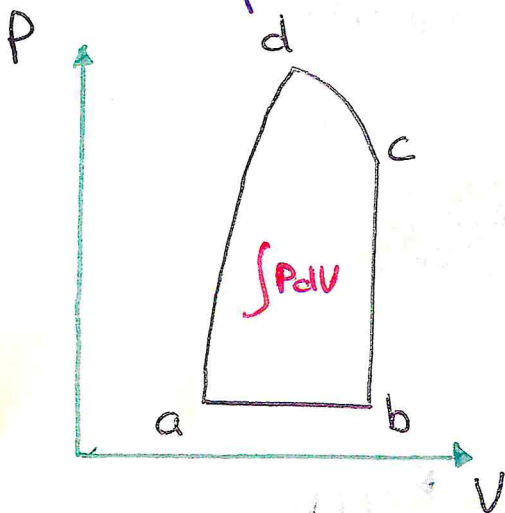
- Caillot dans une veine : Phlébite (Thrombose veineuse)
- la migration de ce caillot vers une ART, il donne une embolie

### © Lié à la pompe cardiaque

- le sang est propulsé d'une manière discontinue
- l'élasticité des vx le rend continu

## II - Travail c cardiaque

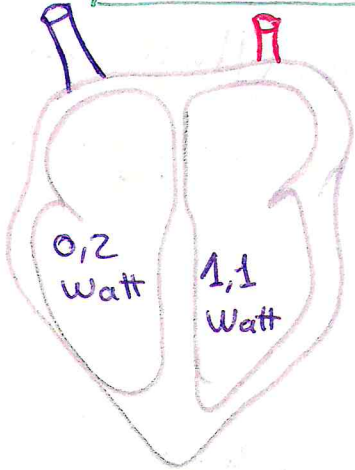
**NBS** E produite par le cœur ne sert pas à 100% pour la propulsion du sang, une bonne partie se perd sous forme de chaleur.



- [ab] Remplissage
- [bc] contraction iso-volumétrique
- [cd] éjection
- [da] Relâchement iso-volumétrique

Travail cardiaque = Travail mécanique + Travail de mise en tension du muscle cardiaque

$$W_T = \int P dV + \int \alpha T dt$$



facteur de Proportionalité lié au performance du myocarde

$$R = \frac{\int P dV}{W_T} \begin{matrix} .3\% \\ .15\% \text{ à l'effort} \end{matrix}$$

- 1,3 watt dans les conditions du repos.
- Ça peut être multiplié  $\times 6$  lors de l'effort.

### III - Contrôle biophysique du débit cardiaque

Rappel:  $Q = 5 \text{ l/min}$

$$Q = f_c \times VES$$

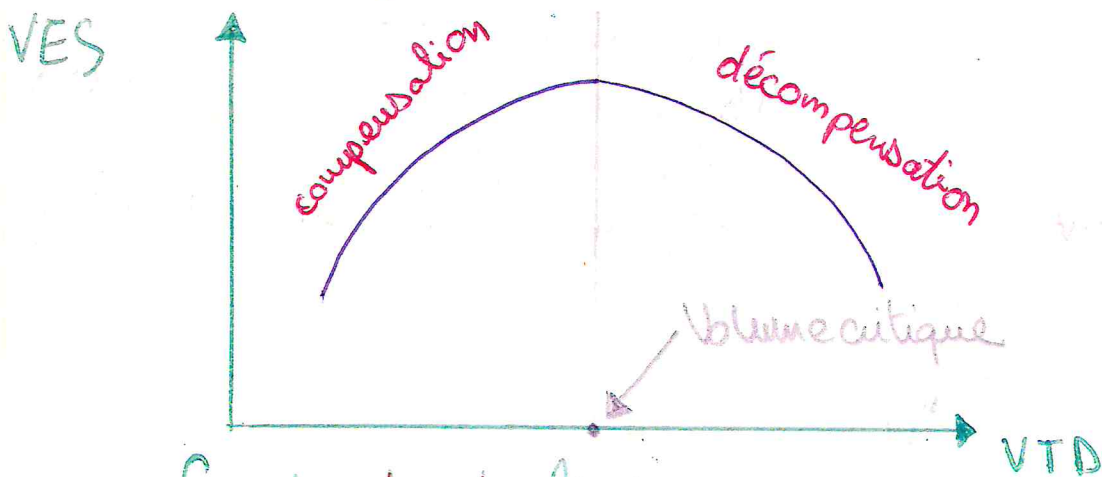
$$VES = VTD - VTS$$

$$f = \frac{VTD - VTS}{VTD} = \frac{VES}{VTD}$$

- si  $f \downarrow \Rightarrow$  altération du muscle cardiaque.

#### Expérience de Starling

- il a montré que le VES est lié au VTD.

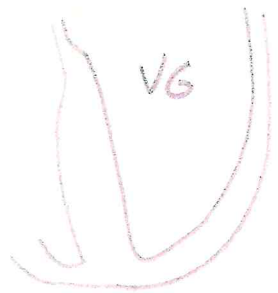


Courbe de Starling



- Première partie de la courbe (Clair et logique)
  - 2<sup>ème</sup> partie de la courbe
- Explication

9



VTD ↑↑

VG se dilate

$R_1$  et  $R_2$  ↑↑

$$P = T \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

pour assurer une même  $P \Rightarrow T$  ↑↑

Inuffisance cardiaque

Si la dilatation persiste

hypertrophie ventriculaire

épaississement musculaire (développement de la masse musculaire)

$Q$  ↓↓ (VES ↓)

en aval du coeur

en amont

mauvaise vascularisation

(Ça peut traverser une ANGINE DE POITRINE)

o mauvaise oxygénation des ART coronaires

engorgement veineux

VD Oedème

dans les membres

VG

"dyspnée" Pulmonaire (Essoufflement)

