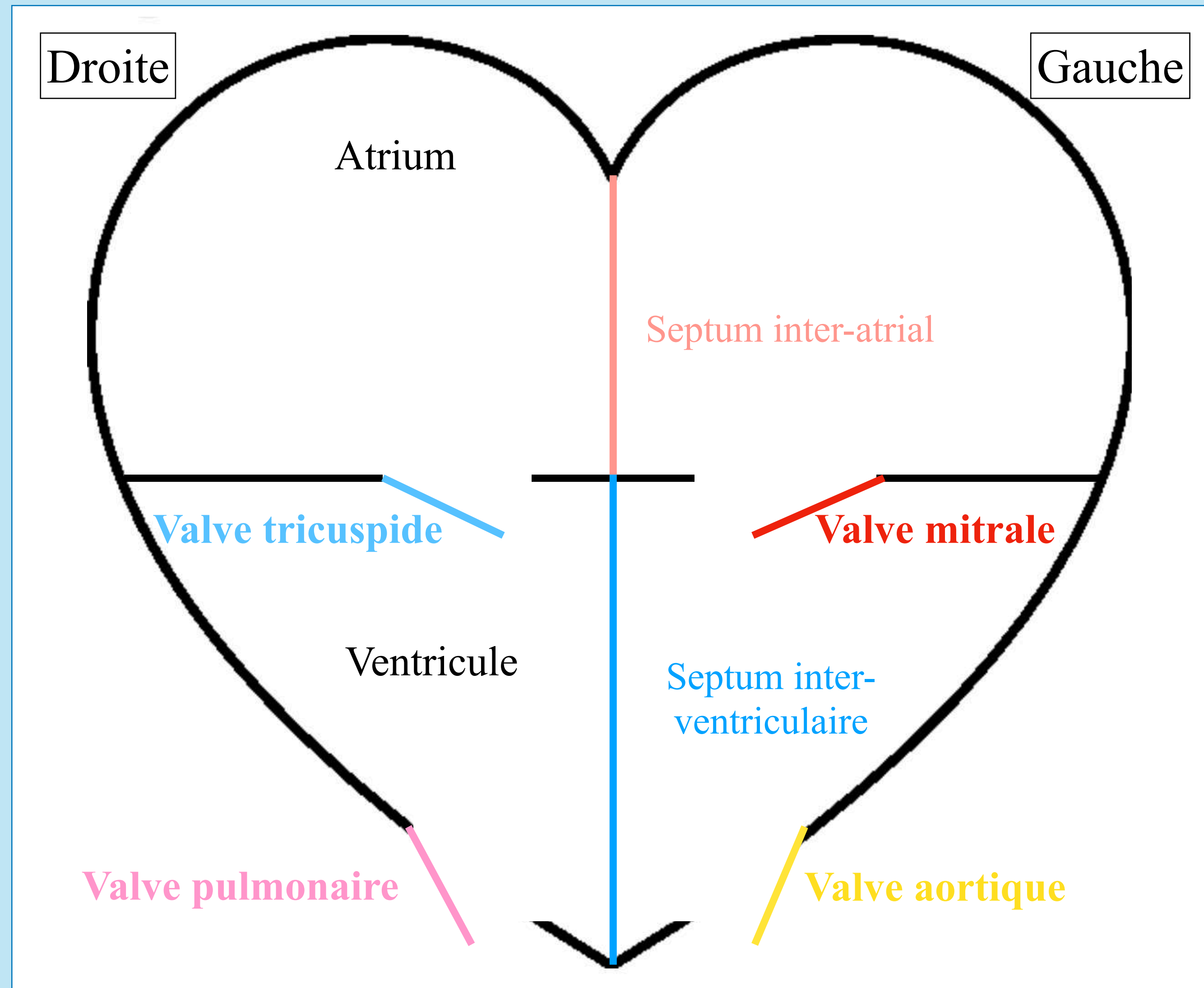


An anatomical illustration of the human heart and thoracic cavity. The heart is shown in a realistic pinkish-red color, positioned centrally within the chest. It is surrounded by a network of red and blue blood vessels. The heart is set against a translucent blue background that represents the rib cage and the underlying skeletal structure, including the spine and shoulder blades. The overall image has a soft, ethereal quality with a light blue and purple color palette.

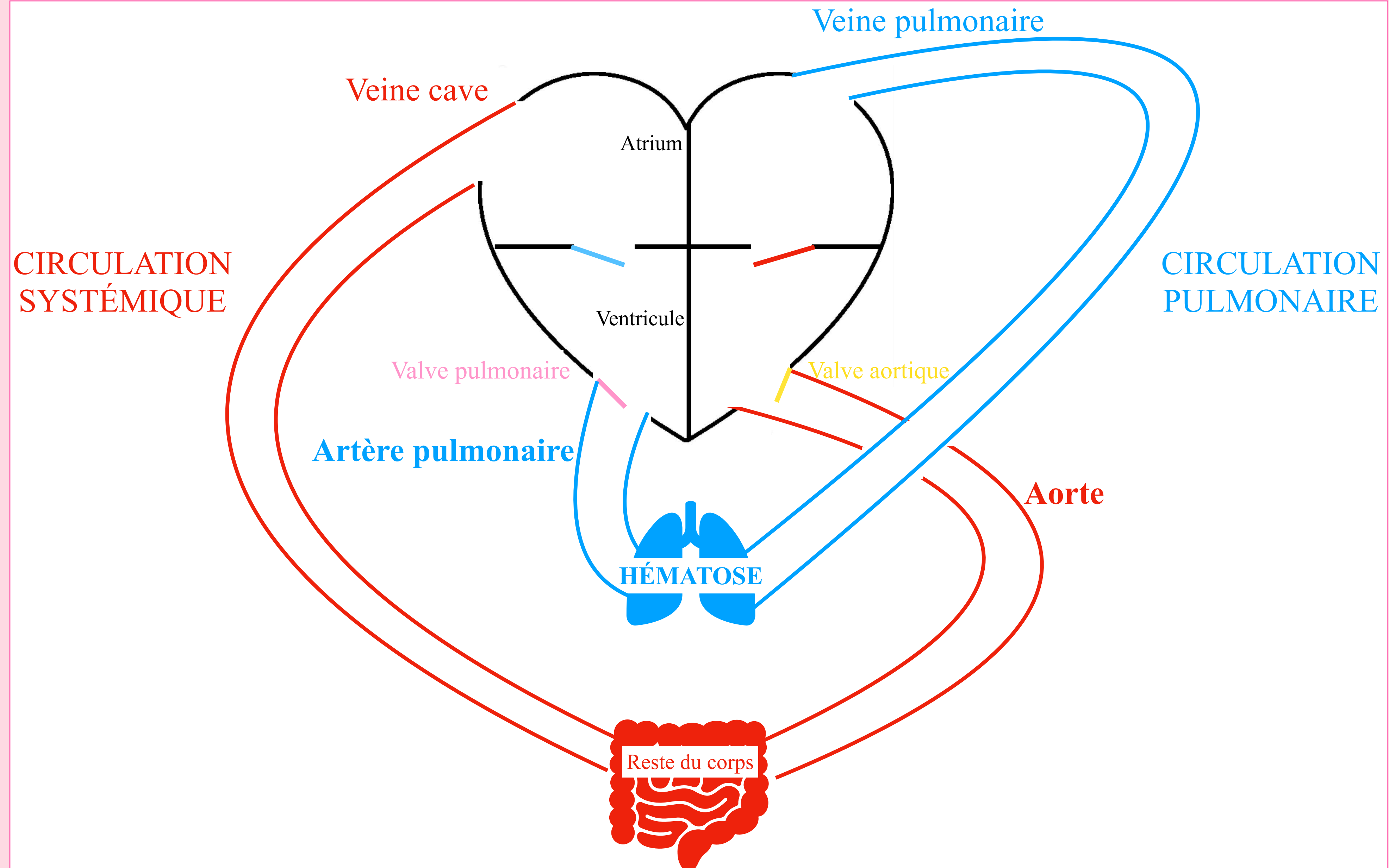
# Biophysique cardiaque



# I. Anatomie cardiaque



## II. Fonction cardiaque



## II. Fonction cardiaque

Cycle cardiaque = 2 phases

- SYSTOLE = **contraction** = 1/3 du cycle
- DIASTOLE = **remplissage** = 2/3 du cycle

Volumes cardiaques : 2 extrêmes

- VTD = **120 ml**
- VTS = **50 ml**

Volume d'éjection systolique :

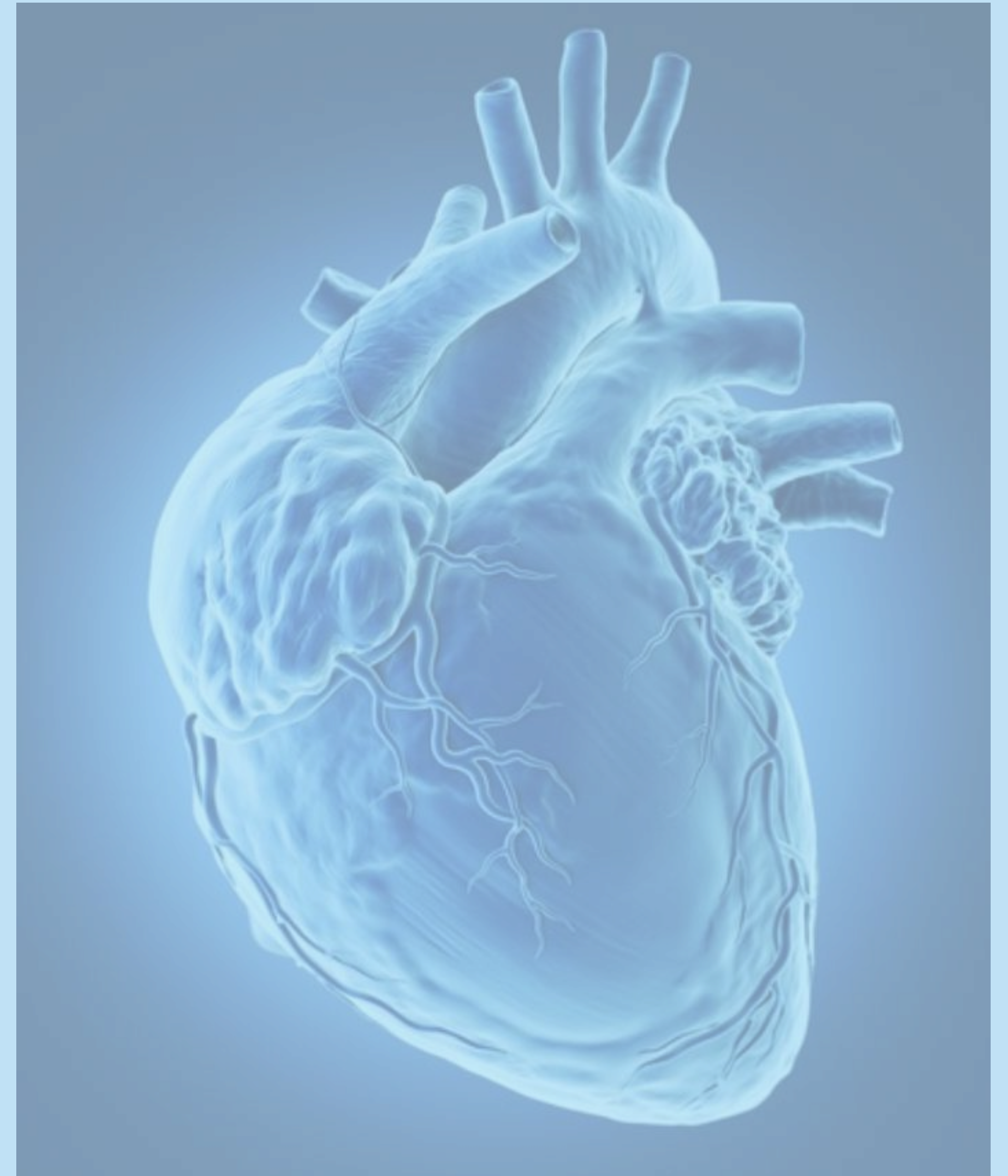
$$\mathbf{VES = VTD - VTS}$$

Fraction d'éjection :

$$\mathbf{FE = VES/VTD = (VTD-VTS)/VTD}$$

Débit cardiaque :

$$\mathbf{Q = VES \times FC = VTD \times FE \times FC}$$



### III. Physiologie contractile du myocarde

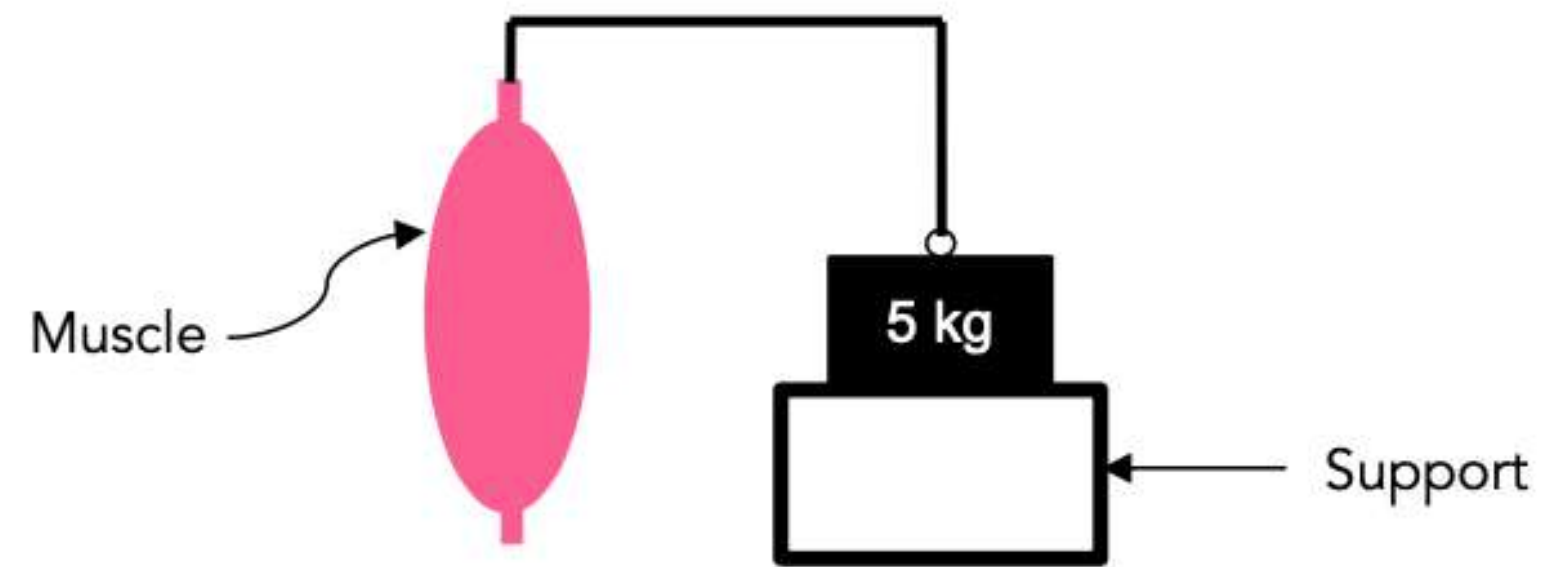
La contraction d'une fibre musculaire isolée est divisée en plusieurs étapes :

- 1) **Contraction isométrique** : mise en tension, SANS MOUVEMENT,  
**PAS de TRAVAIL** musculaire
- 2) **Contraction isotonique** : raccourcissement de la fibre musculaire,  
**TRAVAIL** musculaire
- 3) **Relaxation**

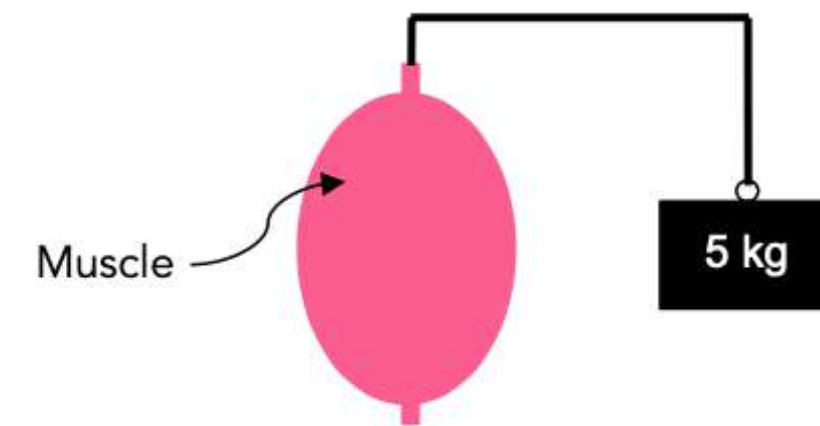


# POST-CHARGE

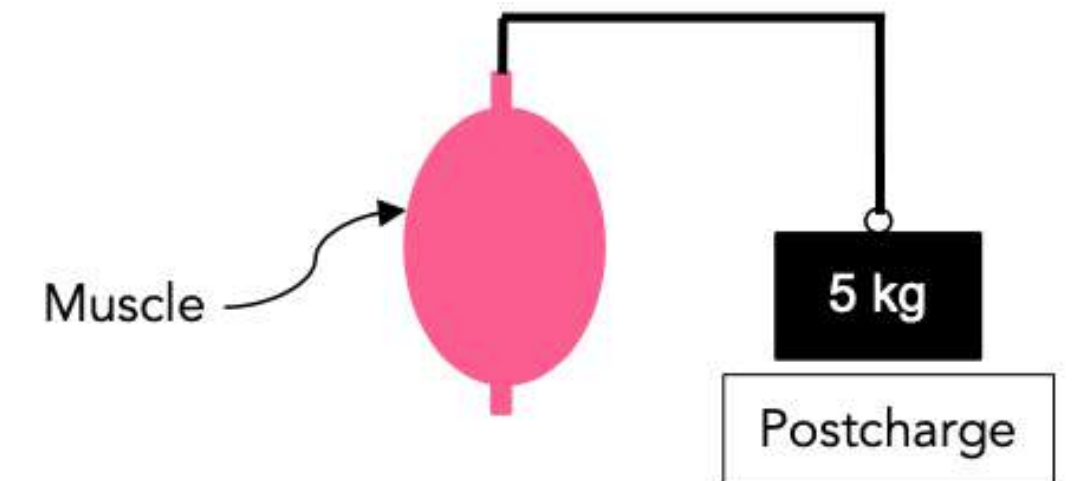
Post-charge : **force** contre laquelle travail la fibre musculaire



Au repos  
Postcharge



Contraction isométrique  
Postcharge



Repos

Contraction isométrique

Contraction isotonique

# **PRÉ-CHARGE**

Pré-charge : force **d'étirement** au moment du remplissage **diastolique**

Pré-charge est liée au **VTD**:

Si VTD ↗, pression télédiastolique ↗, l'étirement ↗

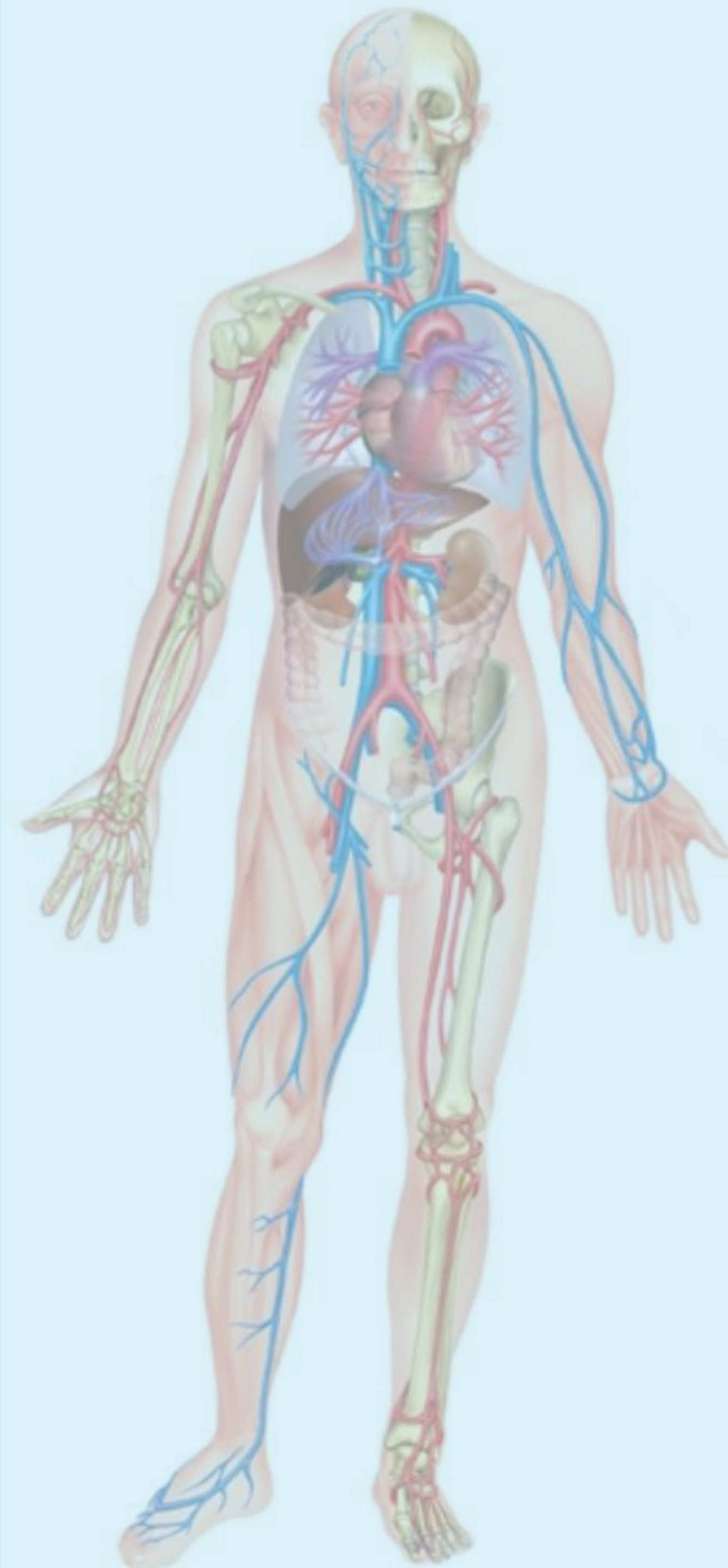
→ VTD est liée à la contraction auriculaire et au **retour veineux**

→ **Retour veineux** est lié :

→ Pompe musculaire

→ Pompe respiratoire

→ Veino-constriction



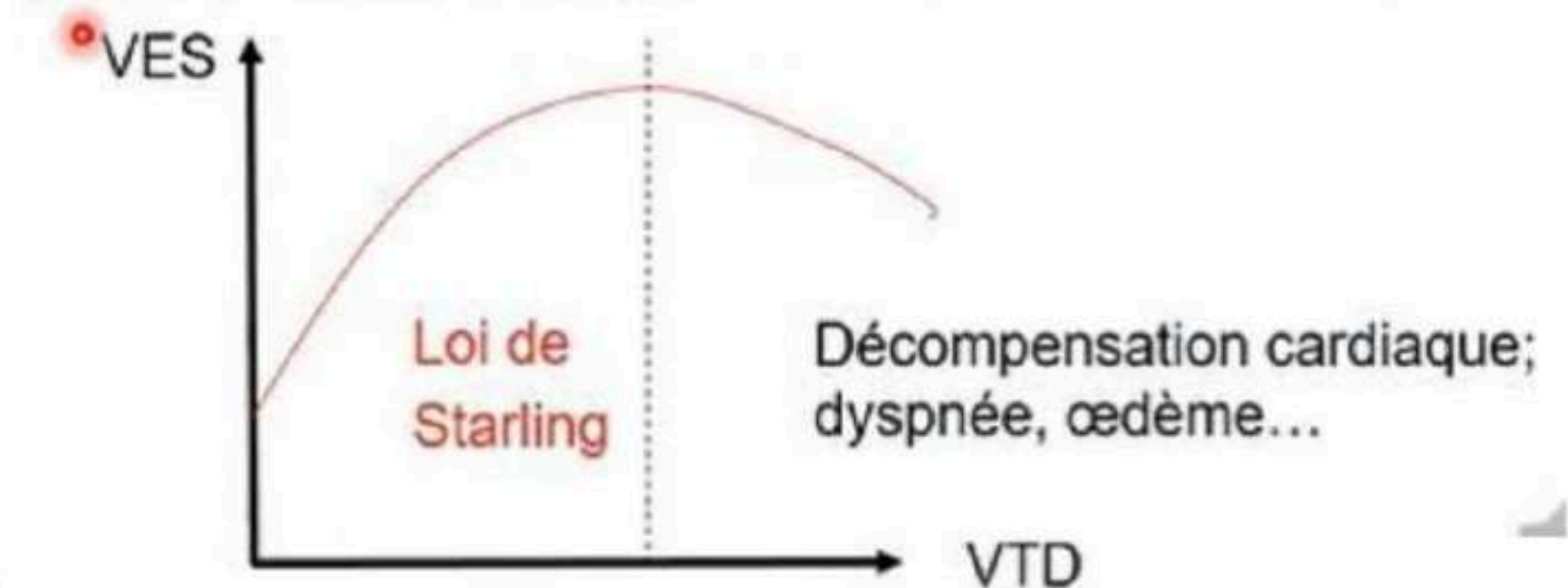
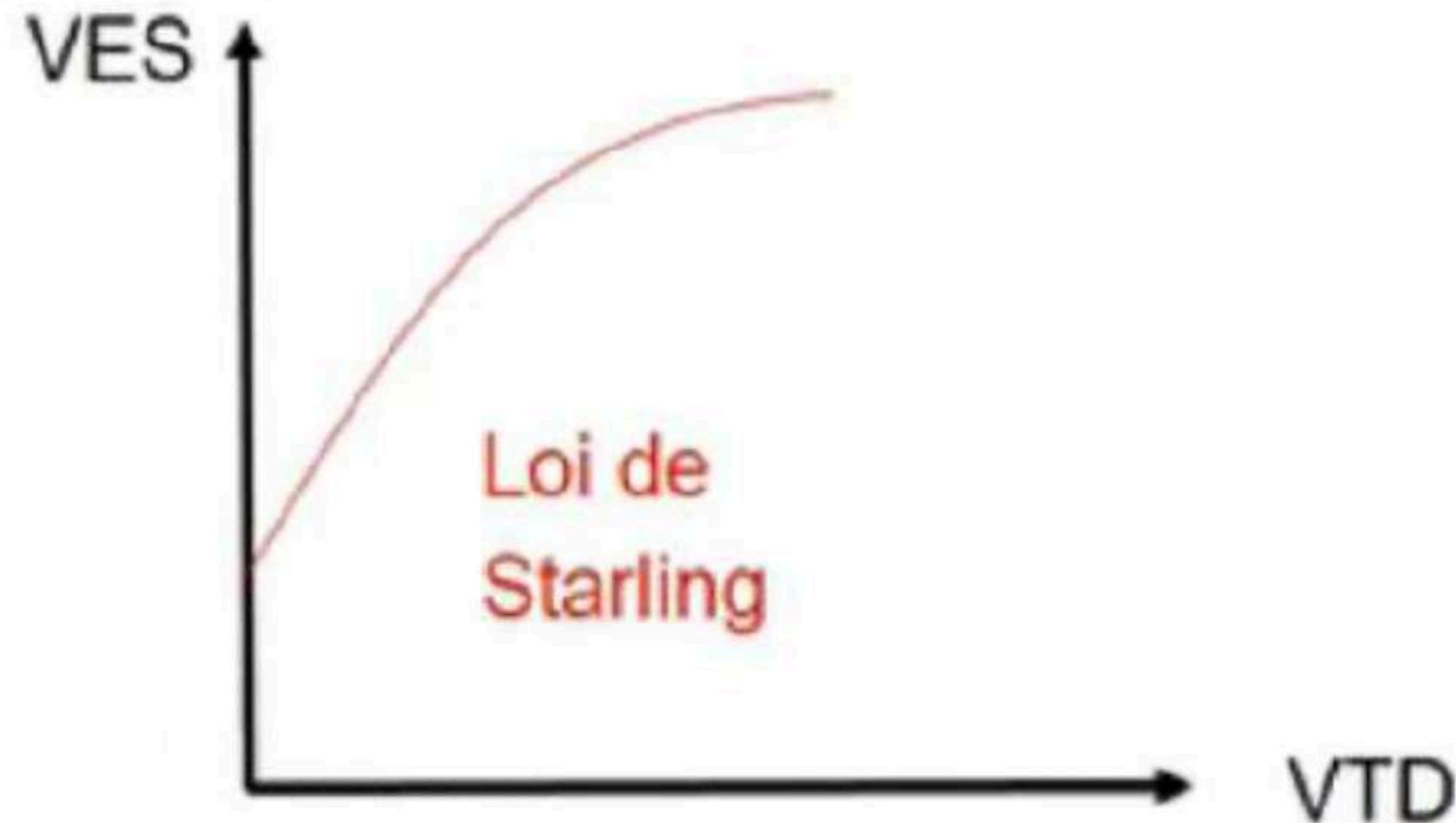
# Loi de Franck Starling

Loi de Franck Starling : La **force de contraction** du ventricule est d'autant **plus grande** que les cellules myocardiques sont plus **étirées avant** leur contraction.

→ **Adaptation instantanée** et automatique de la force de contraction en fonction du **retour veineux**

→ Ex : retour veineux ↗ = volume de remplissage ↗ = fibres + étirés = l'énergie pour éjecter le sang ↗ = VES ↗

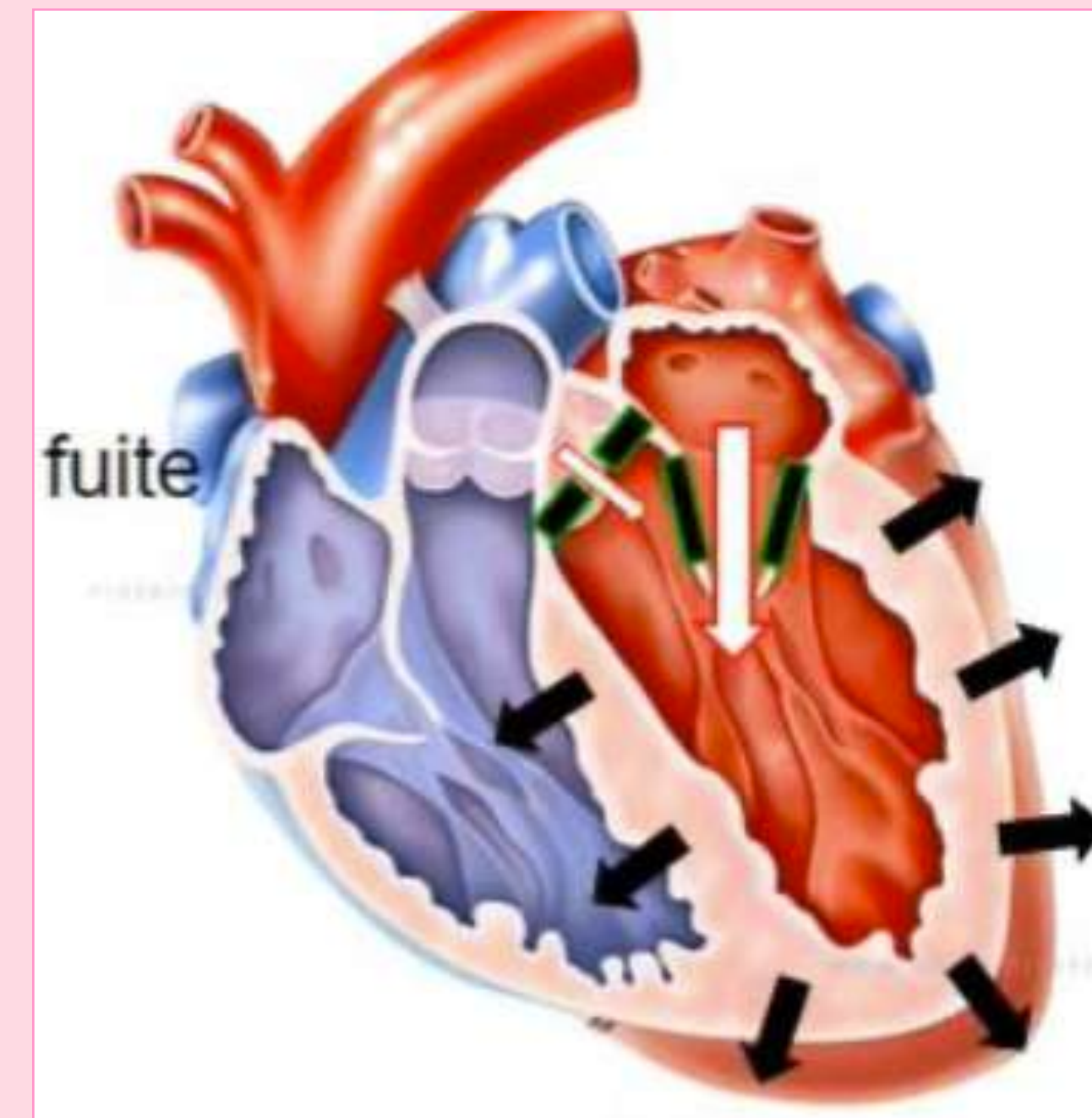
↗ **Pré charge** = ↗ **force de contraction** contre la **post charge**





## Exemple pathologie : L'INSUFFISANCE AORTIQUE

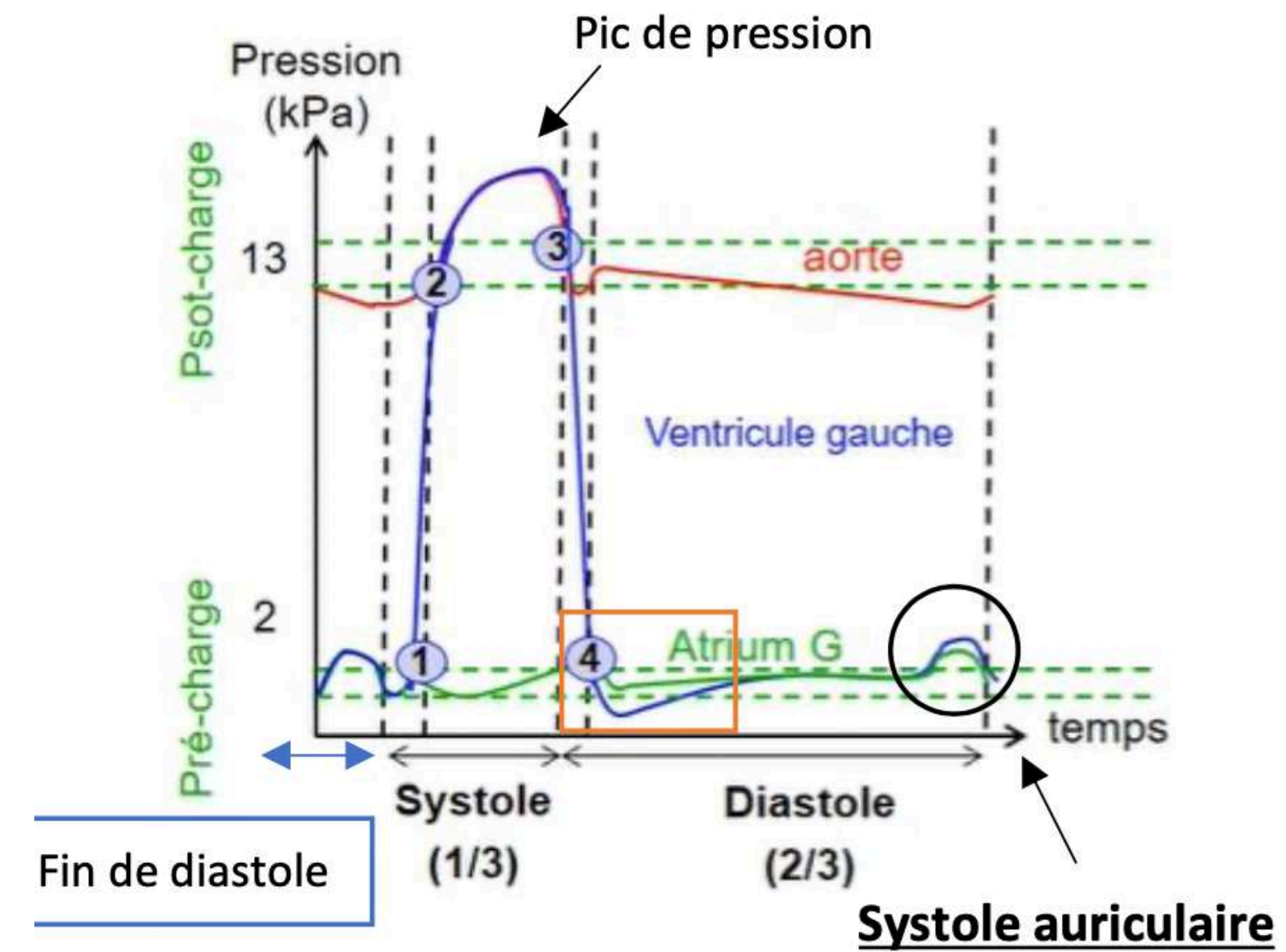
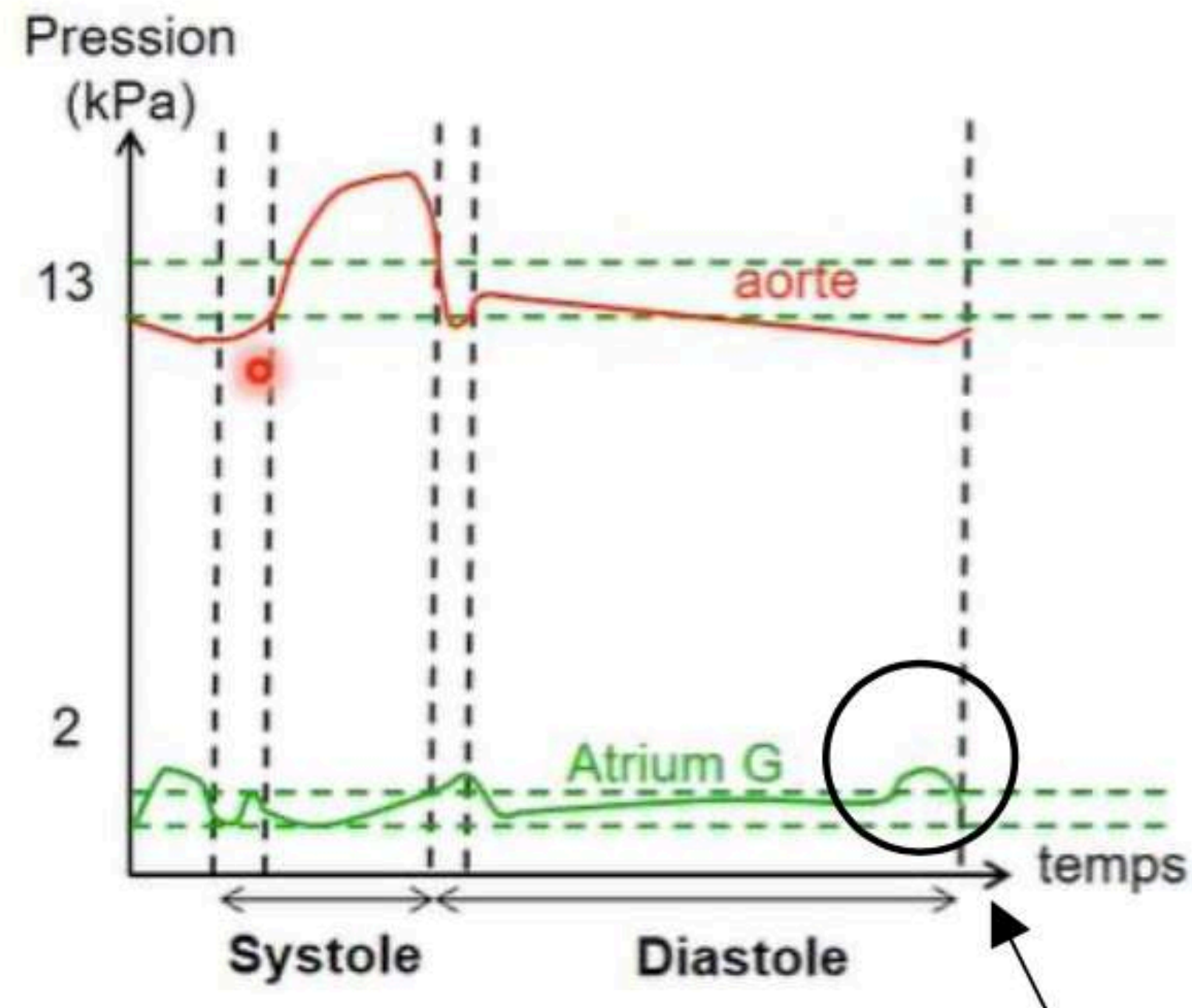
Insuffisance aortique = **fuite** de la valve aortique  
→ volume de sang qui s'ajoute au volume principale



### Conséquences :

- ↗ volume de remplissage = ↗ forces d'étirement = ↗ pré charge = dilatation du VG
- ↗ de la force de contraction systolique (loi de Franck Starling)
- ↗ de VES
- Évoluer en se majorant = on **quitte la loi de Franck Starling** = décompensation cardiaque
- VTD continue ↗ = la relation n'est **plus linéaire**
- Le **VES ne s'adapte plus**

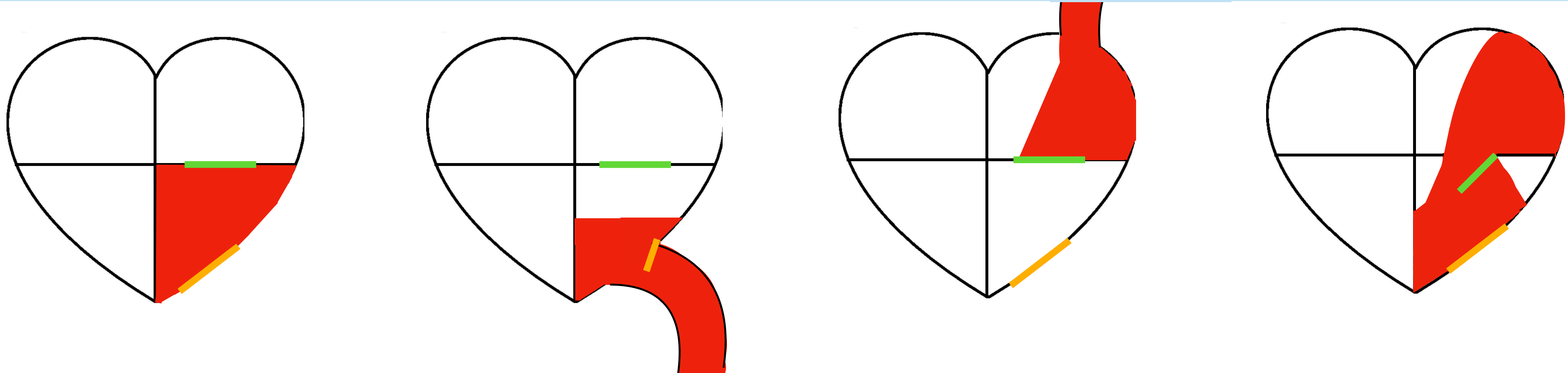
# Diagramme PRESSION en fonction du TEMPS du VG



- ① Fermeture valve mitrale
- ② Ouverture valve aortique
- ③ Fermeture valve aortique
- ④ Ouverture valve mitrale



## Cycle cardiaque = 4 phases principales



### 1. Contraction isovolumétrique

- Valve mitrale fermée
- Valve aortique fermée

### 2. Éjection

- Valve mitrale fermée
- Valve aortique ouverte

### 3. Relaxation isovolumétrique

- Valve mitrale fermée
- Valve aortique fermée

### 4. Phase de remplissage

- Valve mitrale ouverte
- Valve aortique fermée

# Étude des bruits du coeur

Bruits = **FERMETURE** des valves

2 bruits de valves:

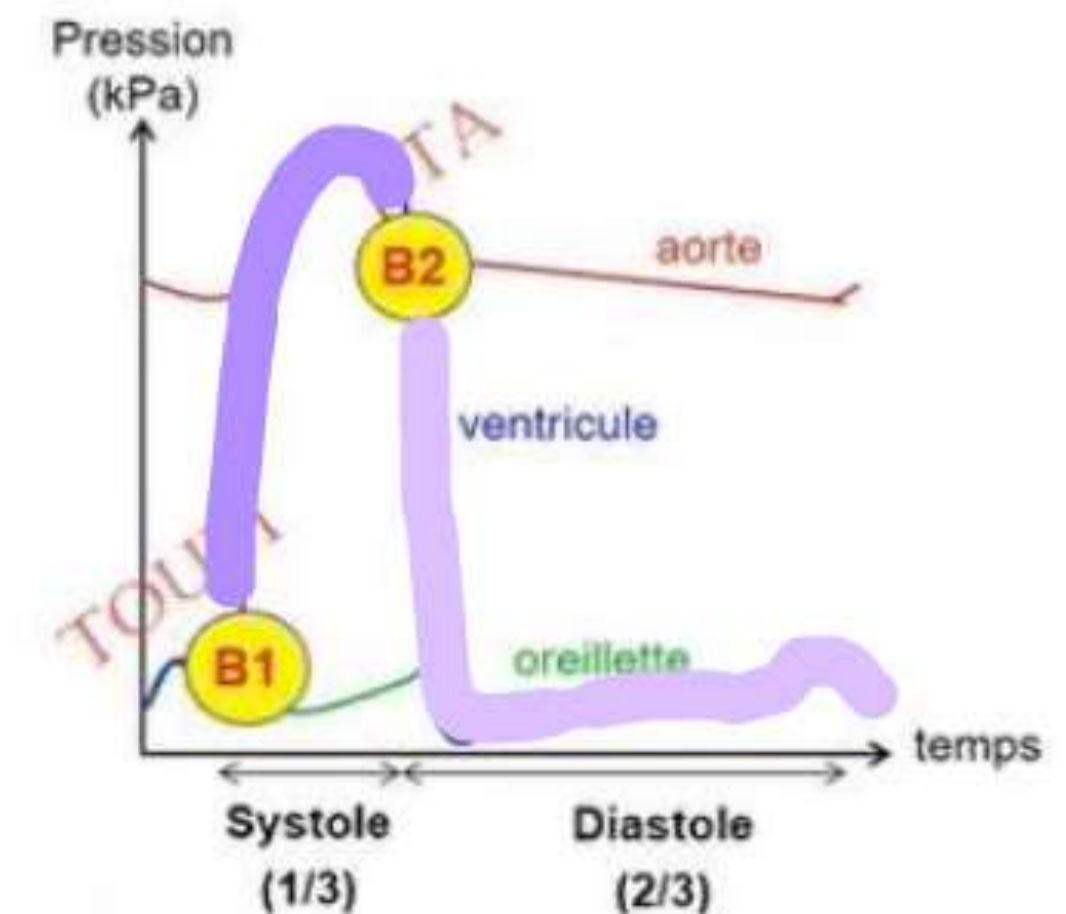
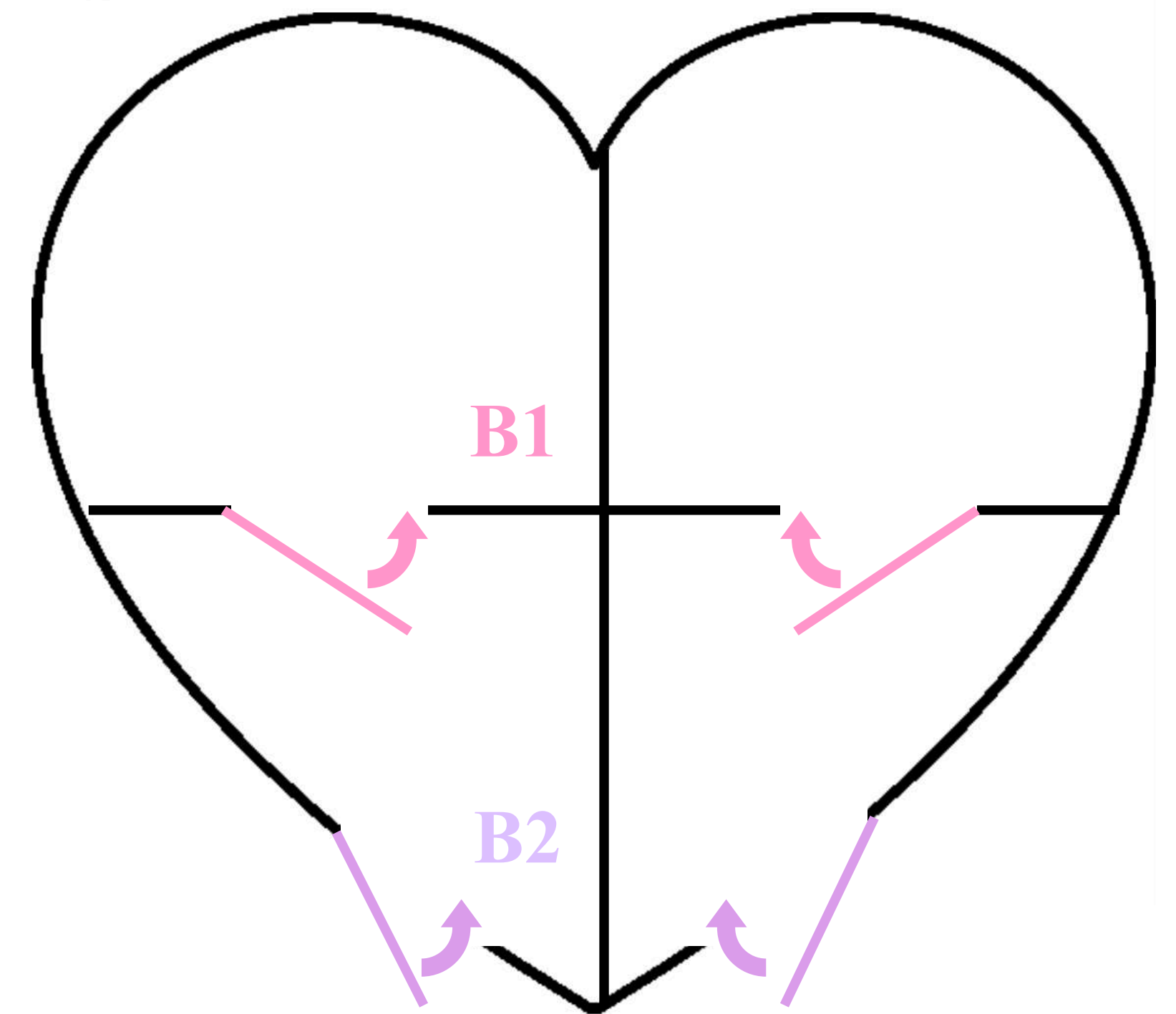
- **B1** = fermeture des **valves auriculoventriculaire** = « TOUM »
- **B2** = fermeture des **valves sigmoïdes** = « TA »

SYSTOLE : entre **B1** → **B2**

DIASTOLE : entre **B2** → **B1**

Bruits pathologiques, ex = souffles cardiaques

→ asynchronisme = **dédoublement** de B1 et B2





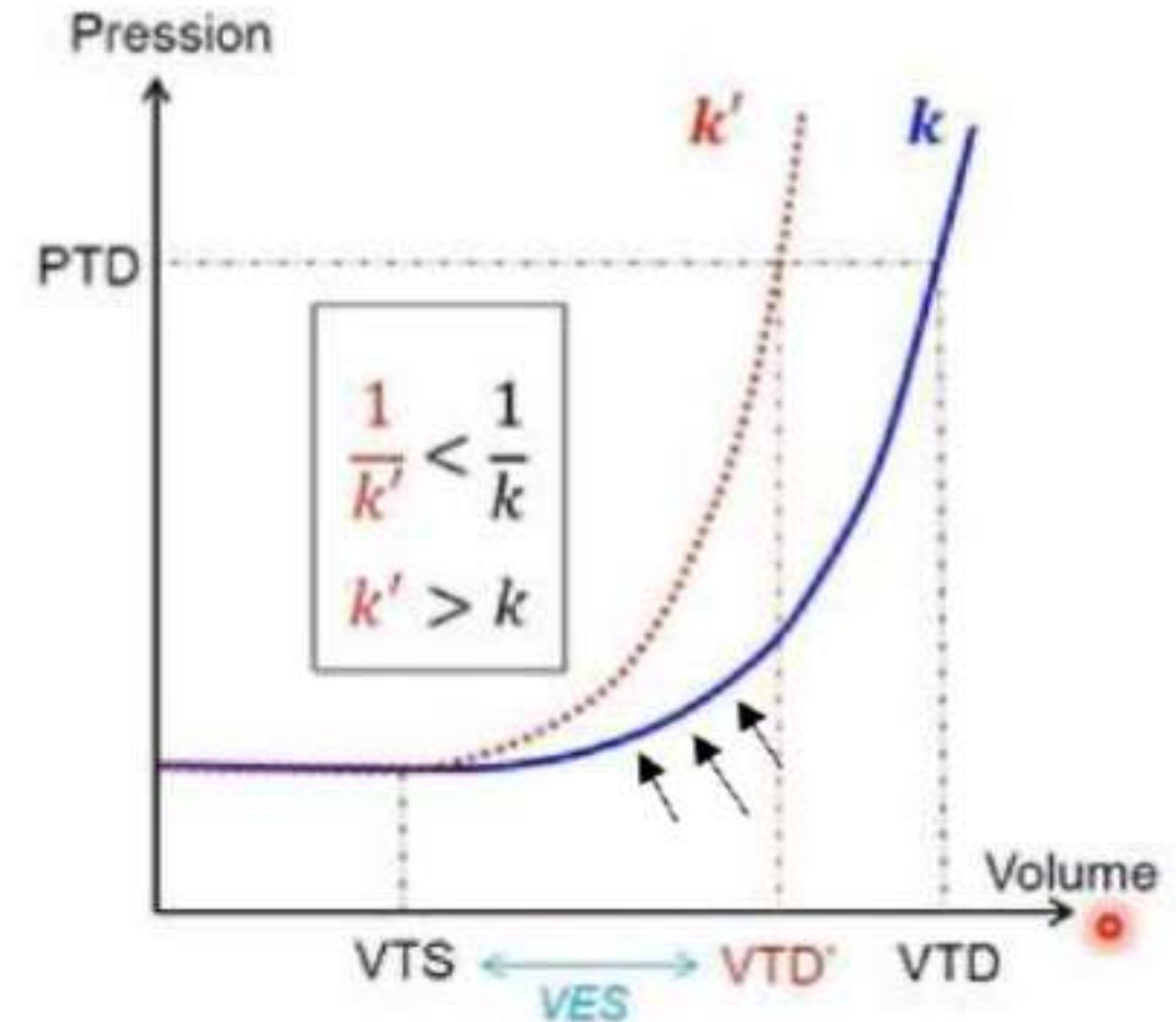
# Compliance cardiaque

Compliance : **distension** PASSIVE des fibres musculaire pendant la **DIASTOLE**

$$\text{Compliance} = 1/k$$

Si :

- $1/k$  donc la compliance  $\searrow$
- $k$  (la pente)  $\nearrow$  (on passe de la courbe bleue à la courbe rouge)
- VTD  $\searrow$
- $\text{VES} = \text{VTD} - \text{VTS}$  donc **VES**  $\searrow$



# Contractilité cardiaque

Contractilité : **force de contraction** durant la **SYSTOLE**

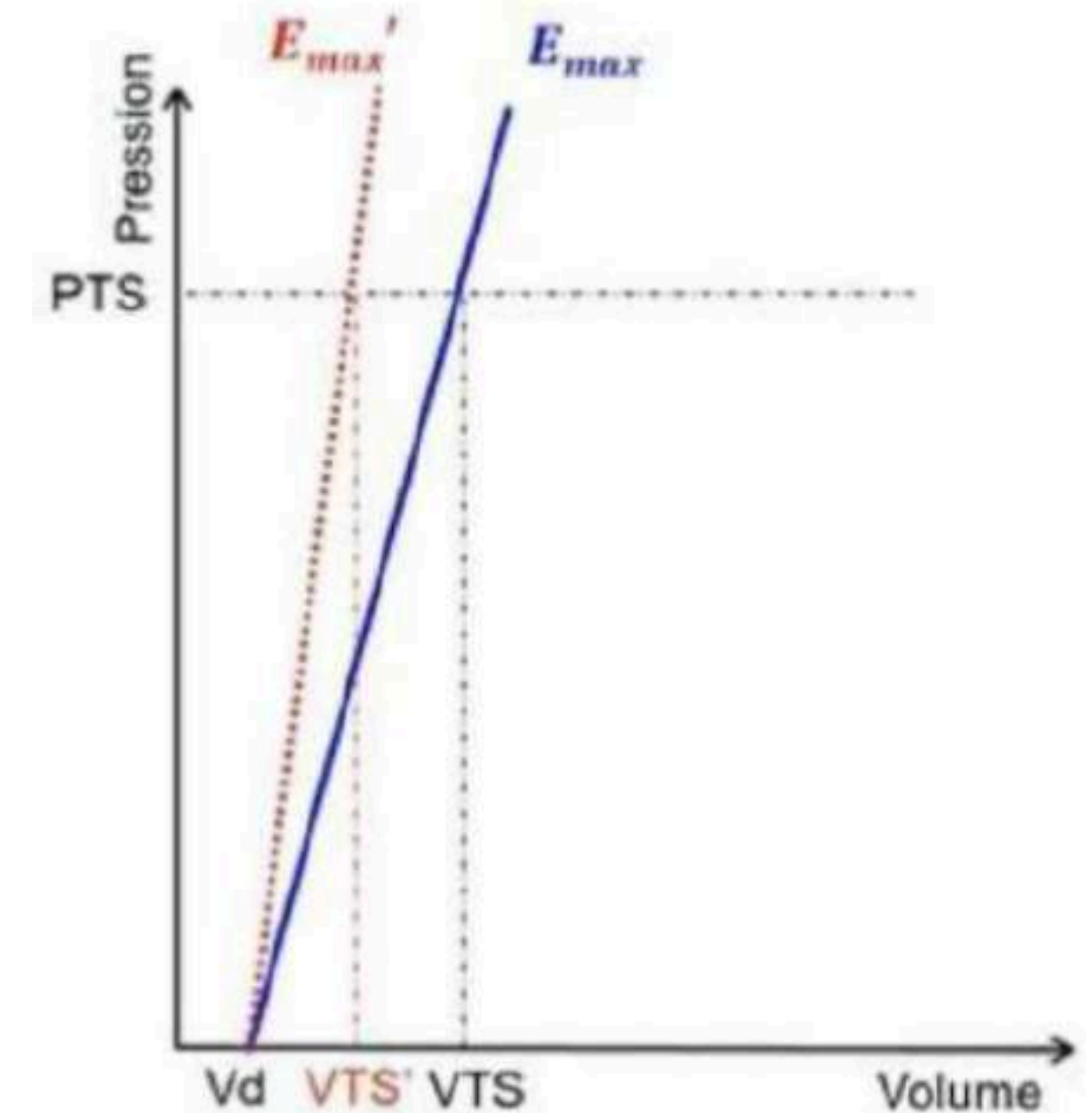
$E_{max}$  = élastance maximale c'est la pente de la droite

→  $E_{max}$  : bon indice de la contractilité ventriculaire

→ élastance ( $e_{max}$ ) **INDÉPENDANTE** de la **pré-charge** et de la **post-charge**

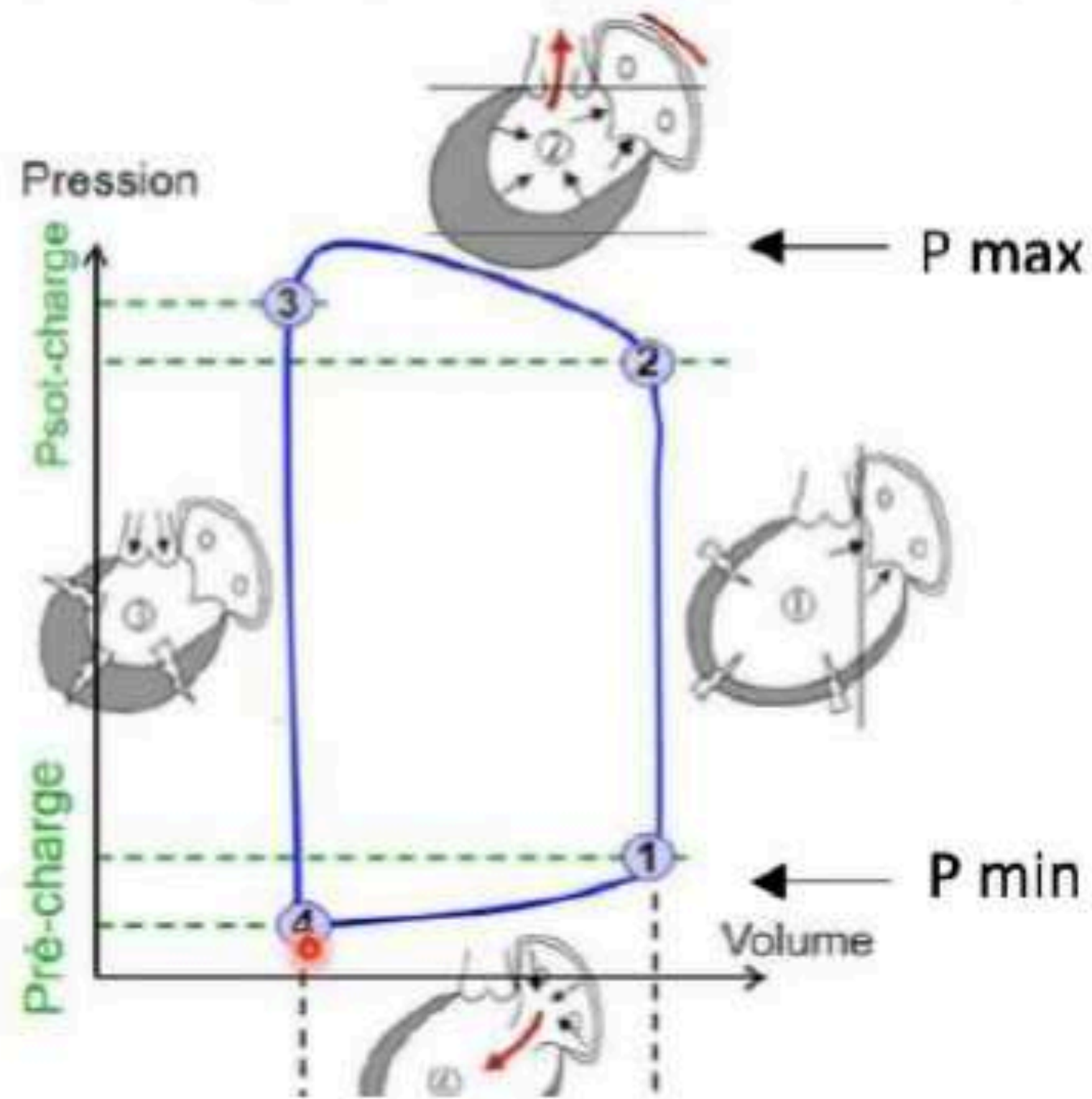
Si :  $E_{max} \nearrow$  = la pente augmente, on passe de bleu à rouge

- PTS inchangée
- VTS  $\searrow$
- VES  $\nearrow$





## IV. Diagramme PRESSION-VOLUME du VG



- ① Fermeture valve mitrale
- ② Ouverture valve aortique
- ③ Fermeture valve aortique
- ④ Ouverture valve mitrale

→ Représente le cycle cardiaque en enlevant la notion du temps

4 Phases du cycles cardiaque :

2 Phases systoliques :

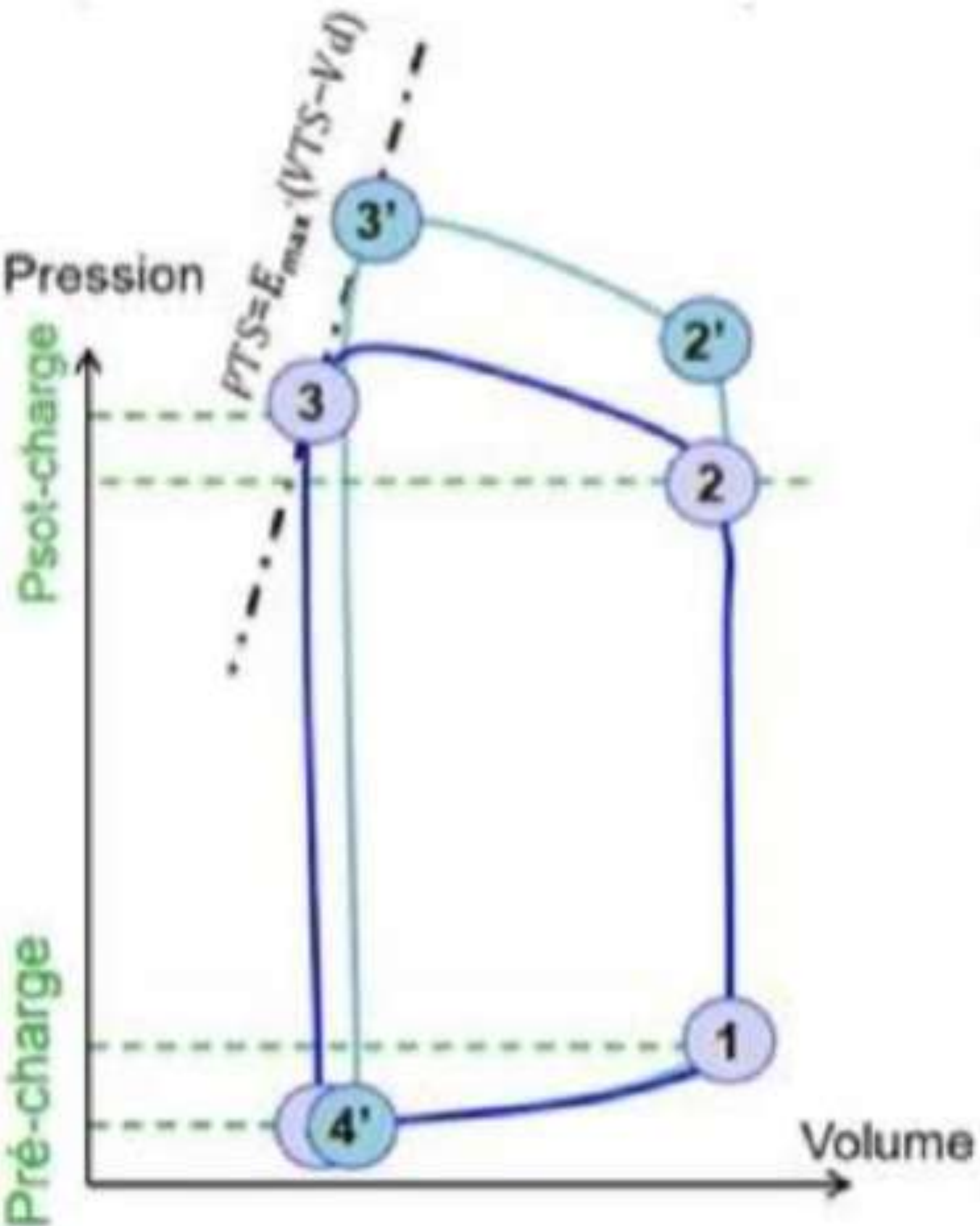
→ **Contraction isovolumétrique** : 1 à 2

→ **Ejection** : 2 à 3

2 Phases diastoliques :

→ **Relaxation isovolumétrique** : 3 à 4

→ **Remplissage** : 4 à 1



## L'influence de la post-charge sur le diagramme pression volume

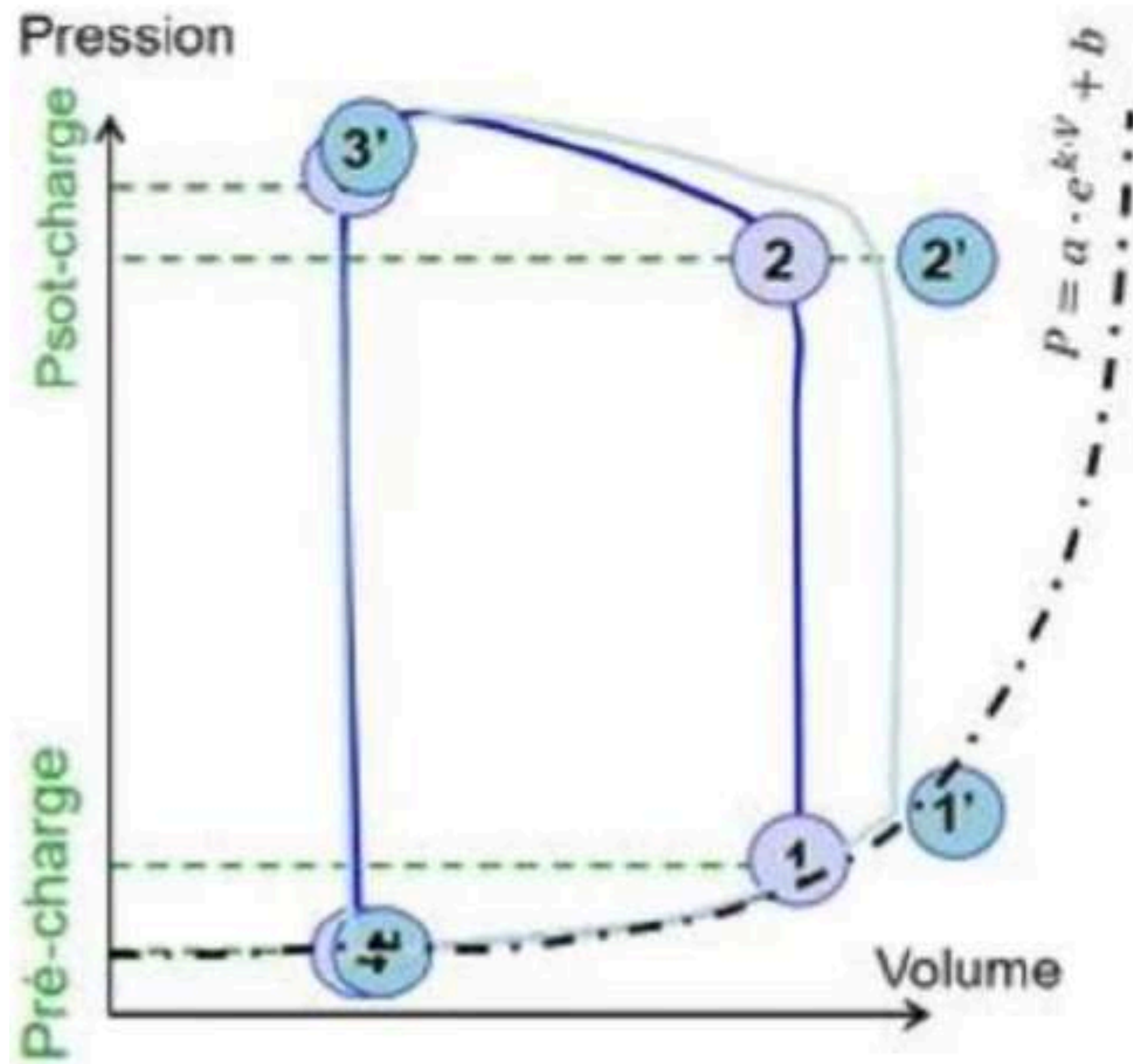
→ **Augmentation** de la post-charge

→ La **pression aortique** ↗ = la **pression systolique** doit ↗ pour ouvrir la valve aortique

→ Donc :

**PTS** ↗ = **VTS** ↗ = **VES** ↘ = **debit cardiaque** ↘





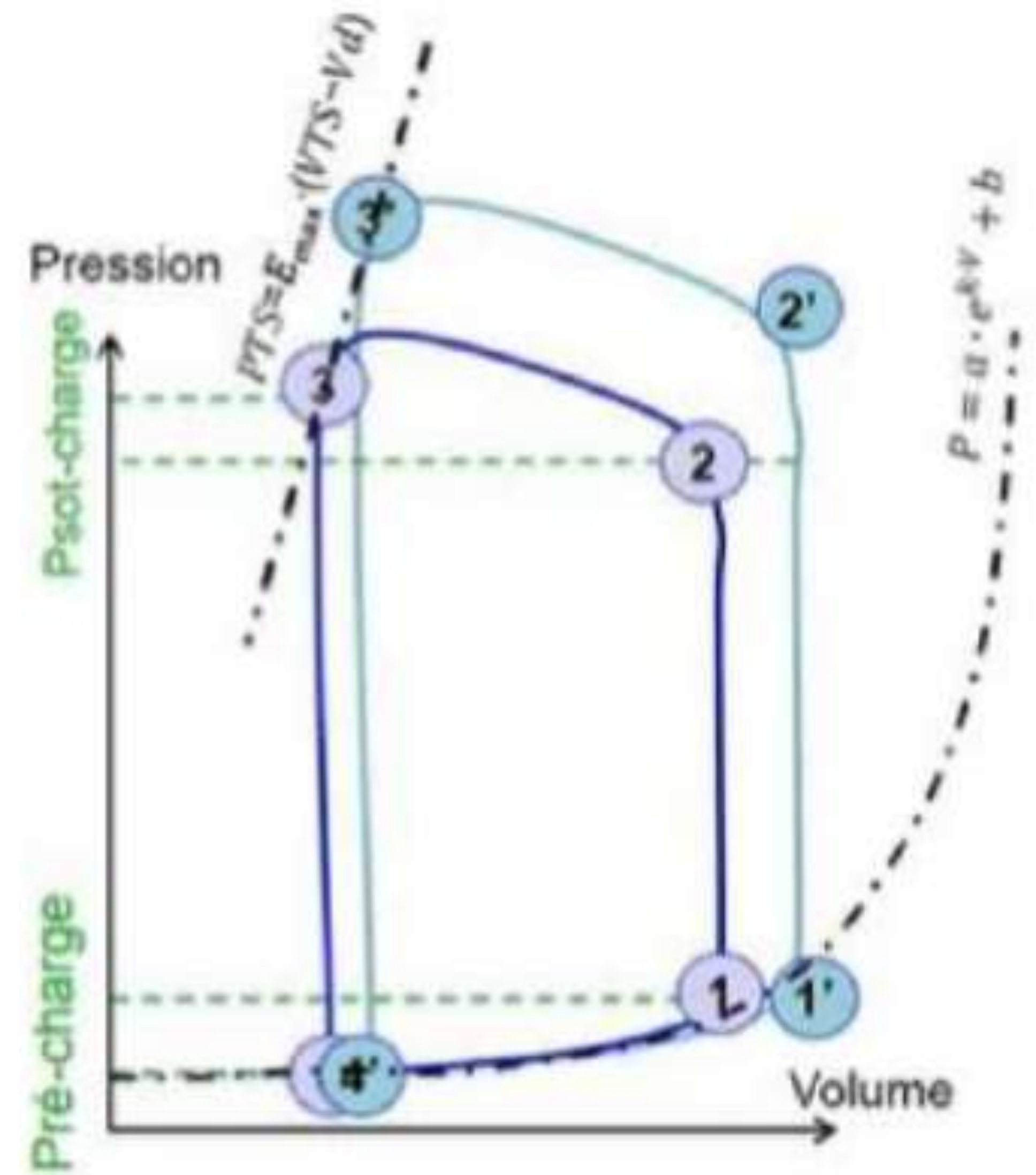
## L'influence de la pré charge sur le diagramme pression volume

→ **Augmentation** de la pré-charge

↗ de la pré charge = ↗ VTD = VTS inchangée = VES ↗

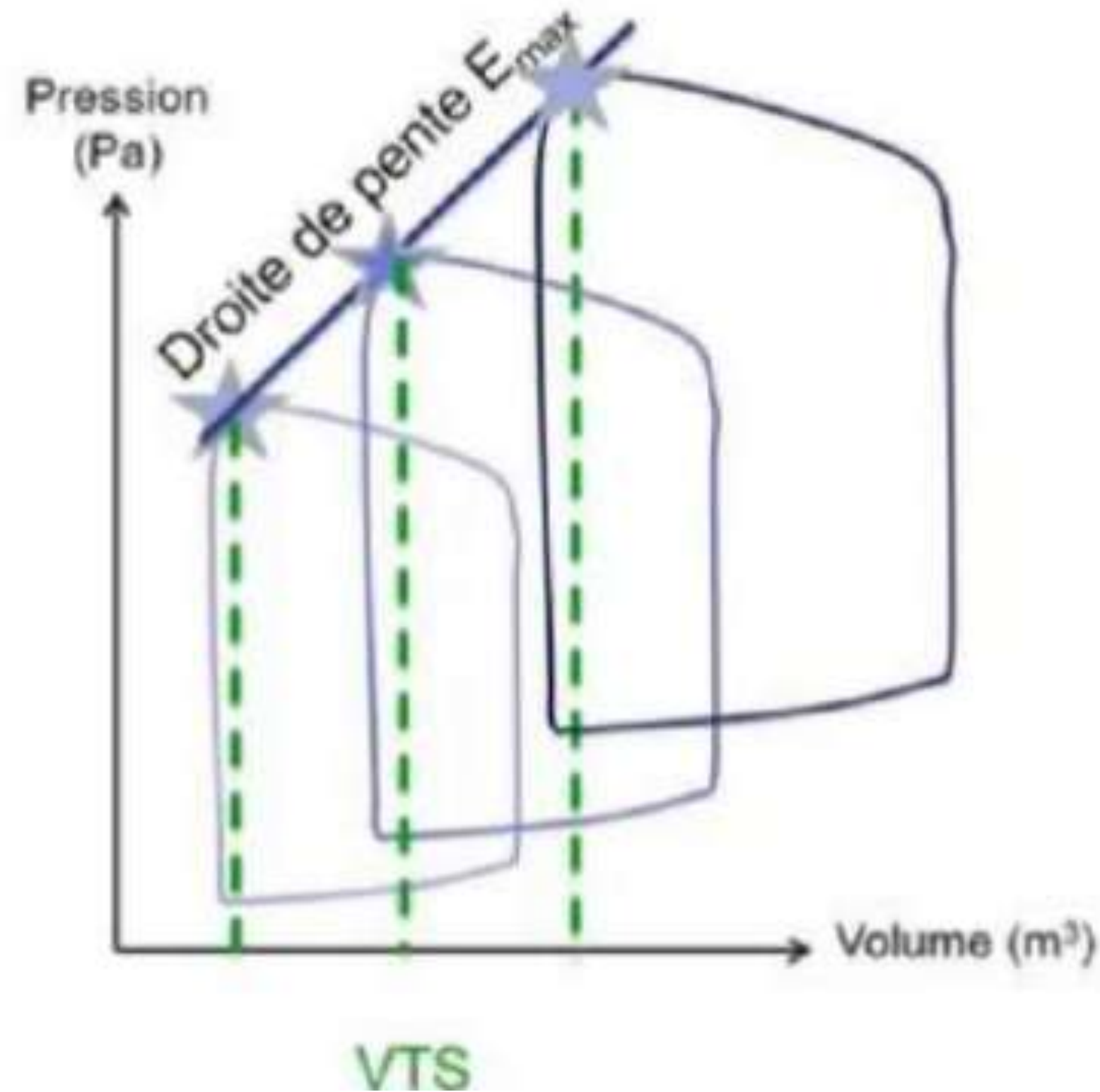
## Augmentation de la pré-charge associé à une augmentation de la post-charge

- $\nearrow$  Pré charge =  $\nearrow$  VES  
relation de franck starling  
 $\nearrow$  la pression aortique moyenne =  $\nearrow$  la post charge
- $\nearrow$  post charge =  $\nearrow$  VTS
- $\nearrow$  pré charge =  $\nearrow$  **VTD**  $>$  à  $\nearrow$  du **VTS**
- Donc **VES**  $\nearrow$





# Contractilité cardiaque



Pour un même patient:

- Au repos (premier diagramme)
- A l'effort modéré ( 2ème diagramme)
- A l'effort intense ( 3ème diagramme)

Contractilité cardiaque : **INDÉPENDANTE** de la **pré-charge** et de la **post-charge** → bon reflet des performances globales du coeur

À l'effort:

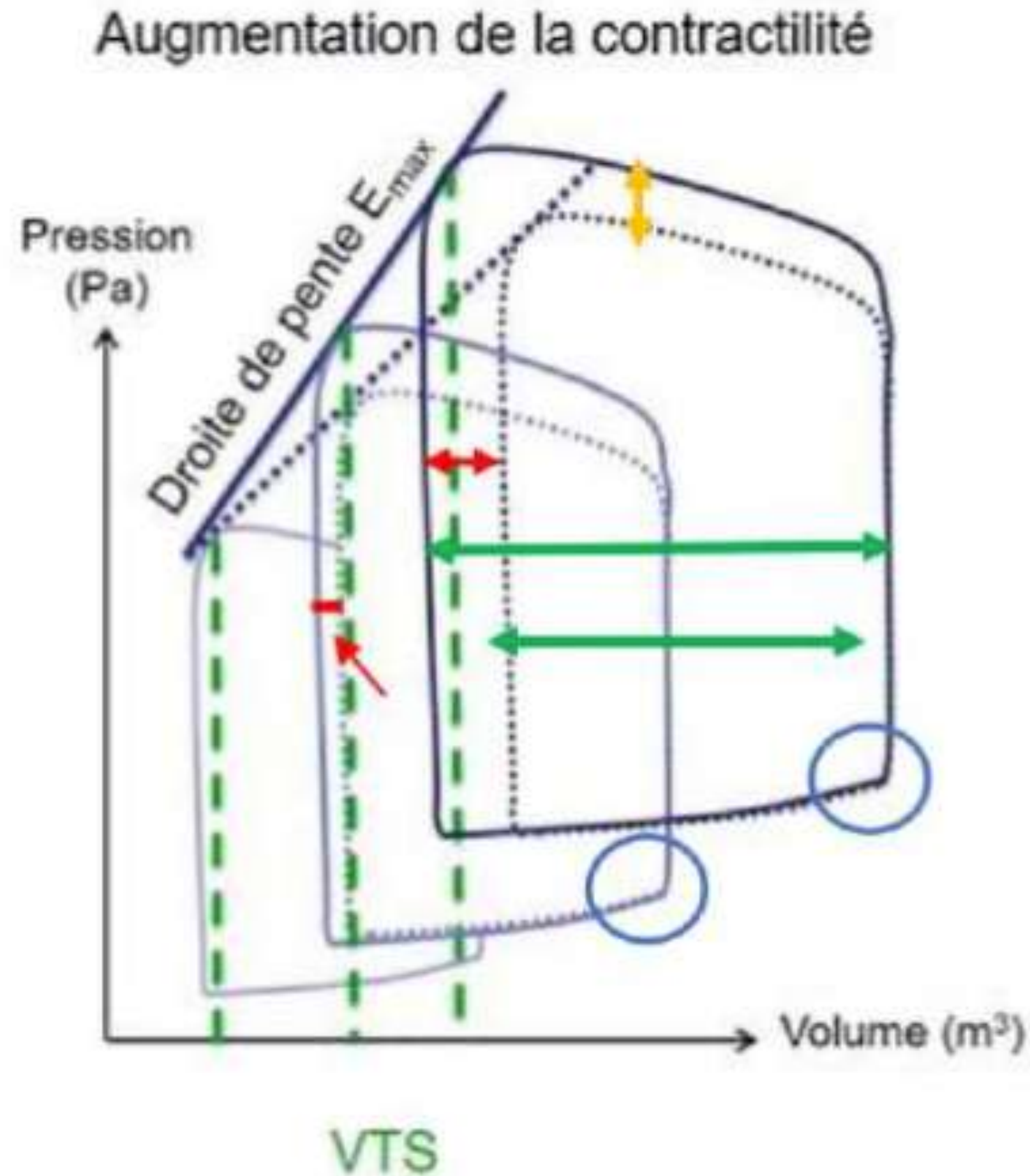
- ↗ de la pré-charge = ↗ VTD
- ↗ post-charge

Évolution des boucles : caractérisée par la **droite de la contractilité** qui les rejoint au niveau des **bords SUPÉRIEURS GAUCHES**

Contractilité cardiaque = définie par la **pente E<sub>max</sub>** permet :

- D'appréhender la capacité de contraction
- Et d'adaptation du coeur dans différentes situation (**contrairement** à la **FEVG**)

## Augmentation de la contractilité cardiaque



→ Grace à des **médicaments inotropes**  
= modifie l'élastance = augmentent la pente

Conséquence sur le diagramme pression volume :

- Modifient **PAS** le **VTD**
- Diminution du **VTS** à l'effort = ↗ du **VES** = ↗ de la **pression aortique moyenne** = ↗ de la **post-charge** et donc des **pressions systolique**

## V. Travail cardiaque

→ Le travail (W) est représenté par l'**aire de la boucle pression/volume**.

***Travail Cardiaque  $W = P$  (pression intraventriculaire)  $\times V$  (volume du sang éjecté)***

### Augmentation de la post-charge

- **L'aire augmente = augmentation du travail**
- **VES n'augmente pas**

### Augmentation de la pré-charge

- **L'aire augmente = augmentation du travail**
- **VES augmente**

### Augmentation de la contractilité

- **L'aire augmente = augmentation du travail**



## V. Travail cardiaque

- Le travail mécanique pour **1 cycle / 1 battement** = **1J**
- La **puissance** du VG = **1 Watt**
- L'énergie consommée pour **un cycle** cardiaque est d'environ **10J**

$$\text{Rendement mécanique cardiaque} = \frac{W \text{ mécanique fourni}}{\text{Energie consommée}}$$

- Au repos : le rendement = **10%**
- A l'effort : le rendement = **15 %**

**QCM 1 : À propos de la biophysique cardiaque, indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :**

- A) Le VTS correspond au volume cardiaque maximale
- B) Le VTD correspond au volume cardiaque au début de la diastole
- C) En contraction isométrique, la fibre musculaire se raccourcit, il y a donc un travail musculaire
- D) La précharge correspond aux résistances aortiques
- E) Toutes les réponses sont fausses



**QCM 1 : À propos de la biophysique cardiaque, indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :**

- A) Le VTS correspond au volume cardiaque maximale
- B) Le VTD correspond au volume cardiaque au début de la diastole
- C) En contraction isométrique, la fibre musculaire se raccourcit, il y a donc un travail musculaire
- D) La précharge correspond aux résistances aortiques
- E) Toutes les réponses sont fausses

**QCM 2 : Un patient à un VTS de 70ml et un VTD de 100ml :**

- A) Les VES du patient est égale à 70ml
- B) Le patient à un VES normal
- C) La fraction d'éjection du patient est égale à 30%
- D) Le patient est en insuffisance cardiaque
- E) Toutes les réponses sont fausses



**QCM 2 : Un patient à un VTS de 70ml et un VTD de 100ml :**

- A) Les VES du patient est égale à 70ml  
→  **$VES = VTD - VTS = 100 - 70 = 30\text{ml}$**
- B) Le patient à un VES normal
- C) La fraction d'éjection du patient est égale à 30%  
→  **$FE = VES/VTD = 30/100 = 0,3 = 30\%$**
- D) Le patient est en insuffisance cardiaque
- E) Toutes les réponses sont fausses

**QCM 3 : À propos de la biophysique cardiaque, indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :**

- A) La loi de Franck Starling indique que la force de contraction du ventricule est d'autant plus grande que les cellules myocardiote sont peu étirées avant leur contraction
- B) Lors de la contraction isovolumétrique, la pression intraventriculaire diminue
- C) Lors de la relaxation isovolumétrique, le volume du ventricule augmente
- D) La diastole auriculaire contribue de 10 à 20% au remplissage du ventricule
- E) Toutes les réponses sont fausses

**QCM 3 : À propos de la biophysique cardiaque, indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :**

- A) La loi de Franck Starling indique que la force de contraction du ventricule est d'autant plus grande que les cellules myocardiote sont peu étirées avant leur contraction
- B) Lors de la contraction isovolumétrique, la pression intraventriculaire diminue
- C) Lors de la relaxation isovolumétrique, le volume du ventricule augmente
- D) La diastole auriculaire contribue de 10 à 20% au remplissage du ventricule
- E) Toutes les réponses sont fausses





FIN <3