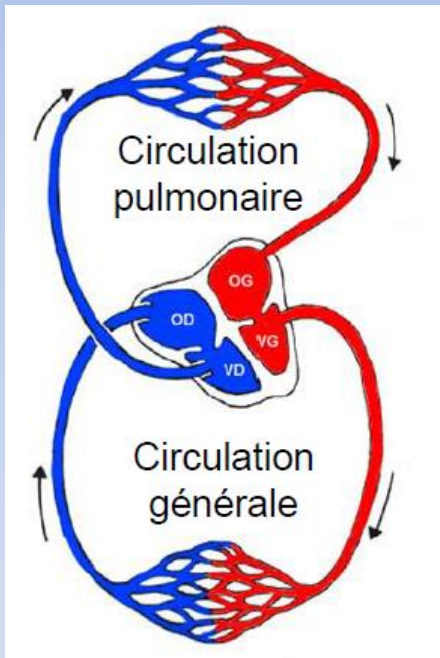


# Biophysique cardiaque

- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

# Débit cardiaque



- Systole : contraction des fibres musculaires, éjection du sang
- Diastole : relaxation des fibres musculaires
- Le débit cardiaque est constant au repos, identique dans les deux circulations, proportionnel au gradient de pression.

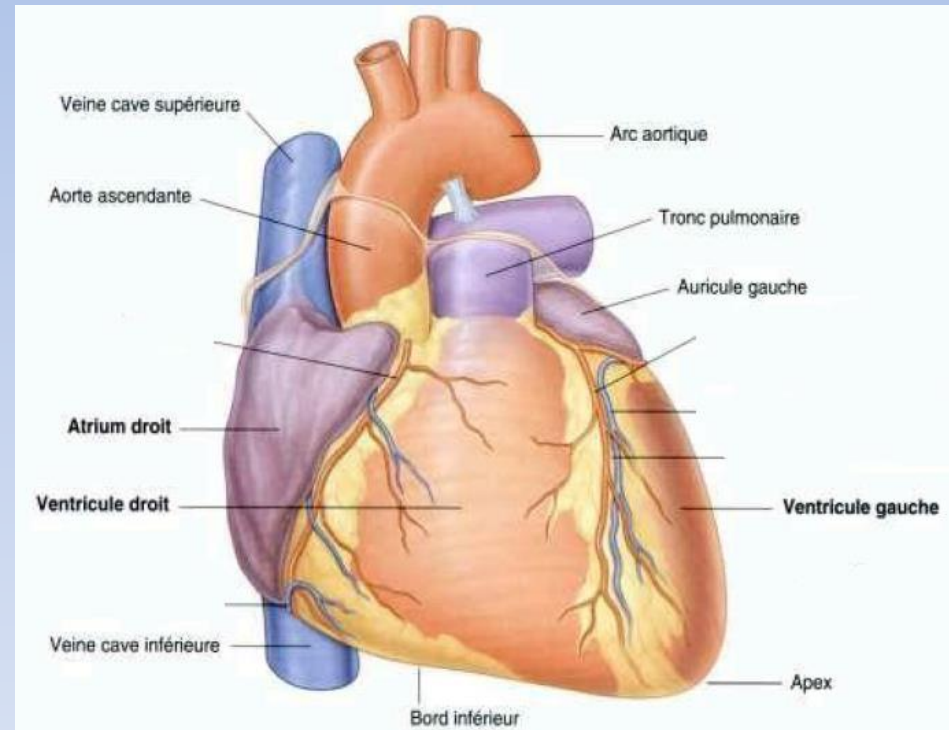
# I-Hémodynamique intracardiaque

# A)Introduction

- **Rappels:**

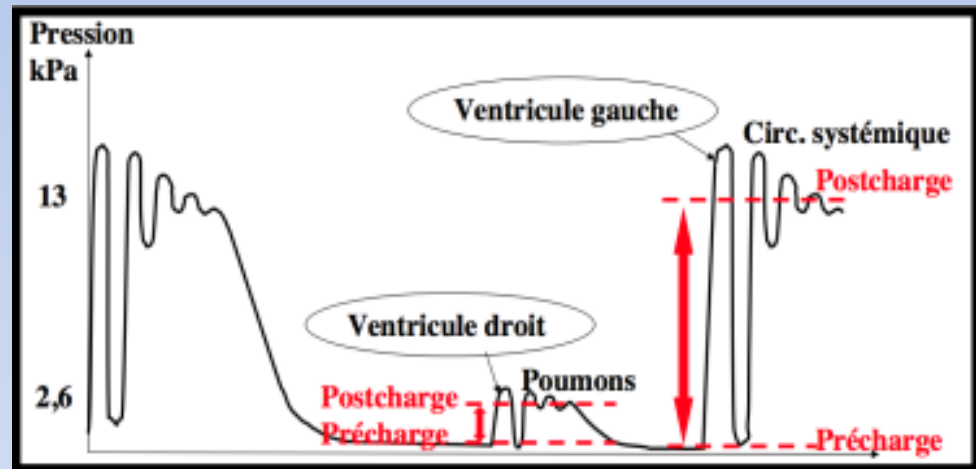
Le cœur est divisé en deux:

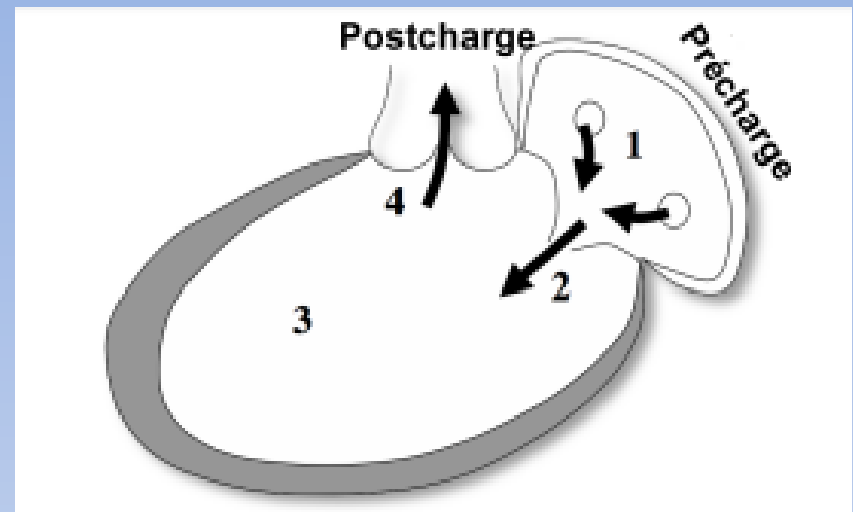
- Cœur droit: amène sang désoxygéné aux poumons
- Cœur gauche: assure la distribution du sang oxygéné (circulation systémique)
- Les deux cœurs se contractent simultanément



## B) Principe de fonctionnement

- Il s'agit de deux pompes en série
- **Précharge:** 1kPa
- **Postcharge:**
  - Systémique: 13kPa
  - Pulmonaire: 2,6kPa





Pour chaque pompe on a:

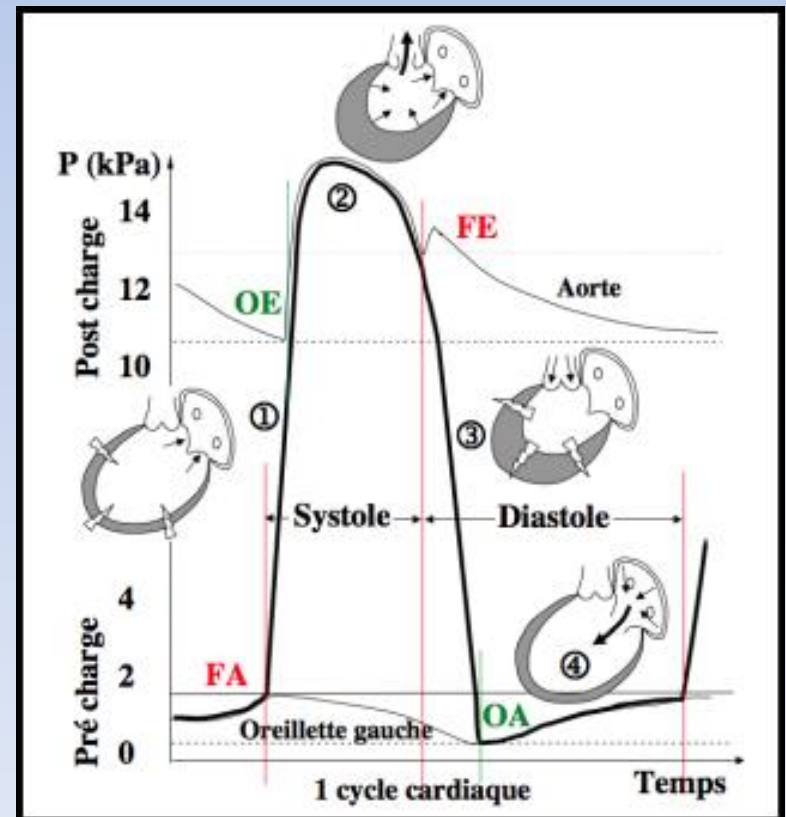
- Une **chambre d'admission** (oreillettes) = 1
- Une **valve d'admission** (tricuspide à droite et mitrale à gauche) = 2
- Un **ventricule** = 3
- Une **valve d'éjection** (pulmonaire à droite et aortique à gauche) = 4

NB: Les valves sont **unidirectionnelles** (sauf pathologie)

# C) Courbes pression-temps et volume-temps

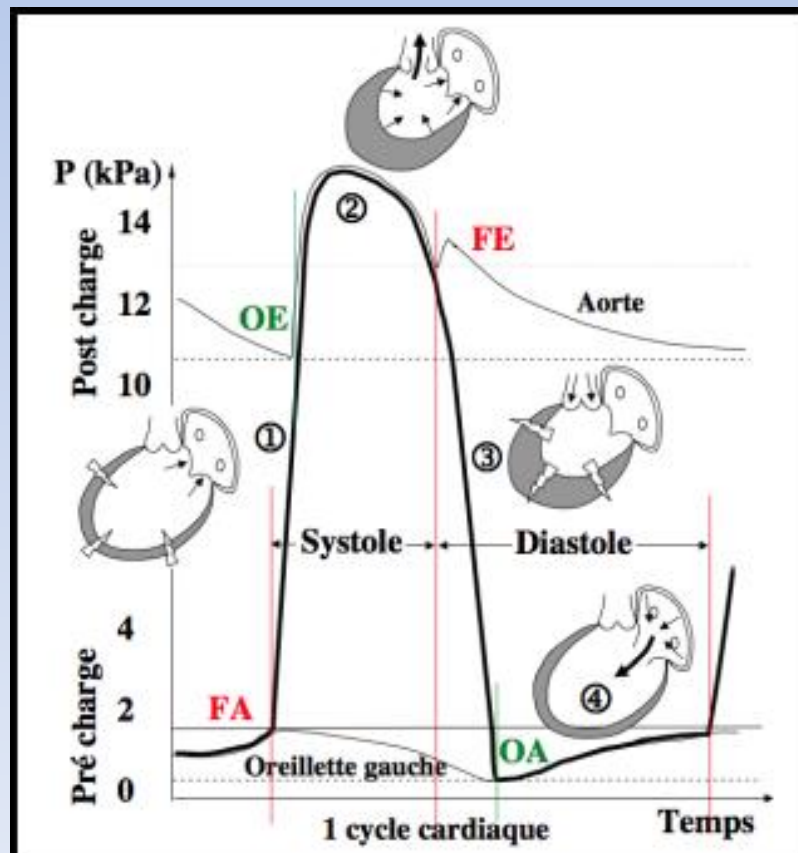
## 1. Courbe pression-temps:

- En ordonnée: la **pression**
  - Postcharge: au niveau de l'aorte
  - Précharge: au niveau de l'oreillette
- En abscisse: le **temps**



## La systole: de FA à FE

- Contraction isovolumétrique (de FA à OE)
- Ejection (de OE à FE)

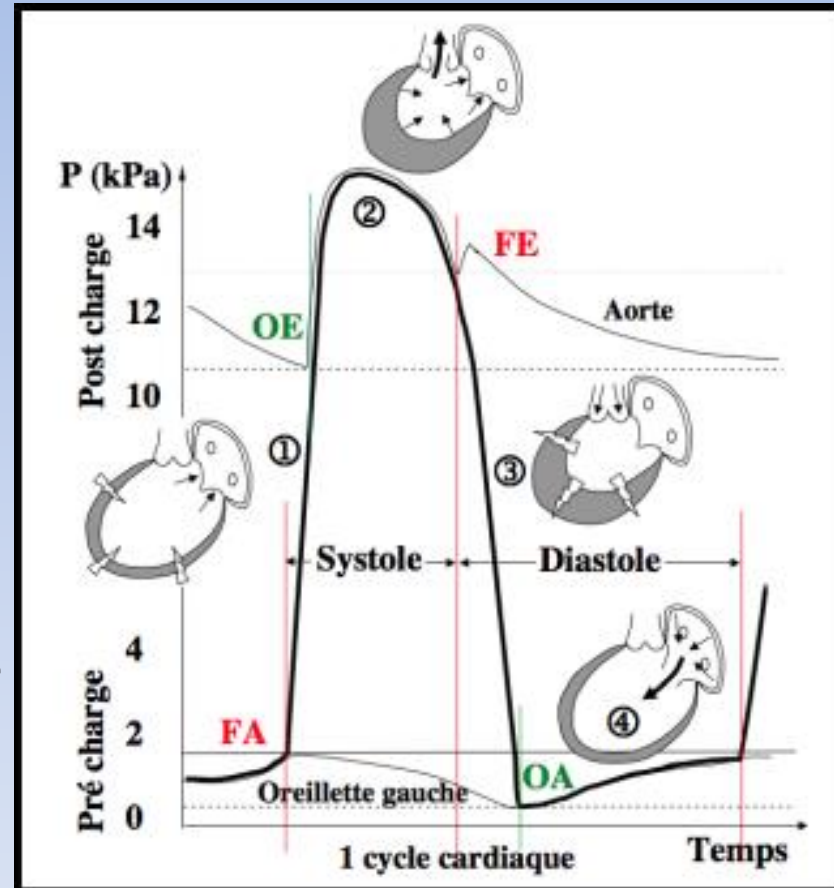




# La diastole: de FE à FA

- Relaxation isovolumétrique (de FE à OA)
- Remplissage (de OA à FA)

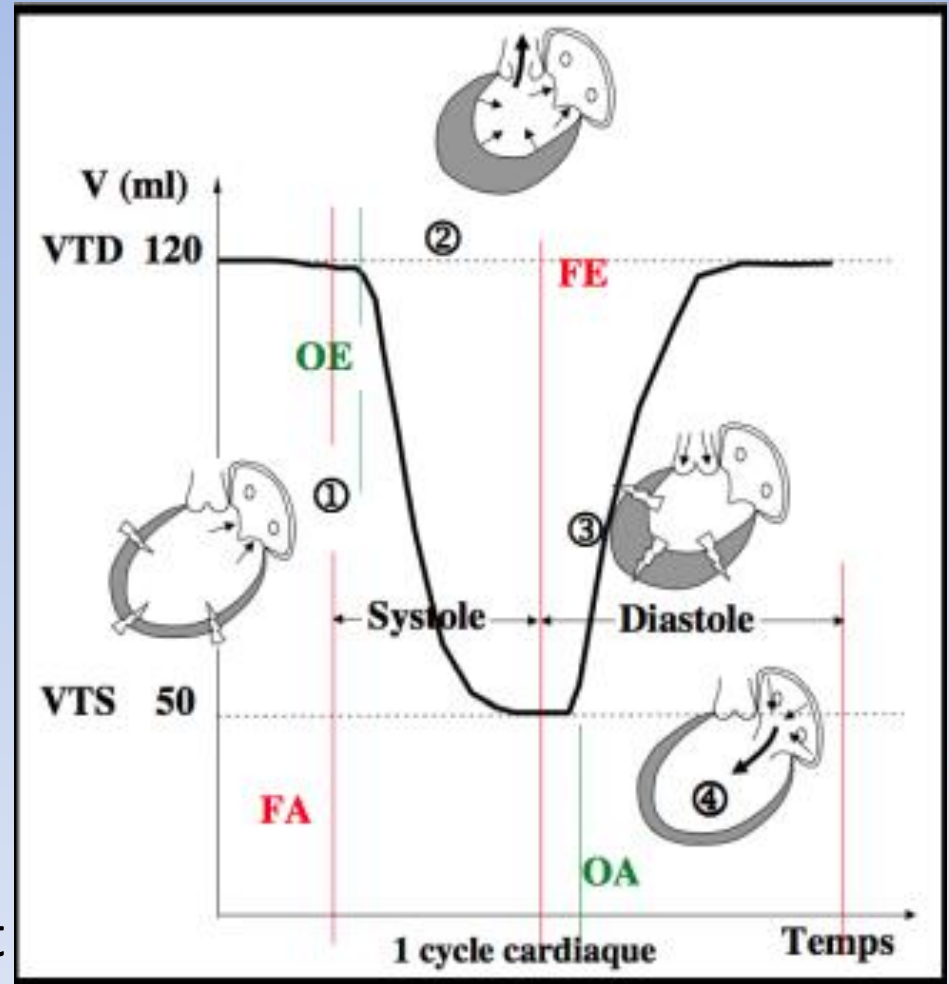
NB: En terme de durée on a 2/3 de diastole pour 1/3 de systole (conditions physiologiques)



## 2. Courbe volume-temps:

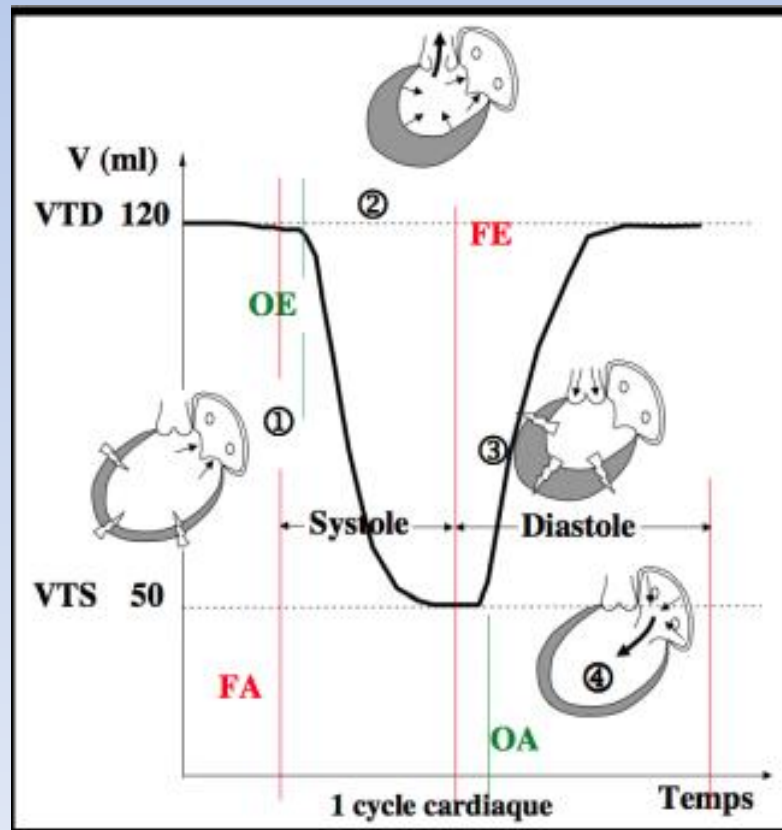
- En ordonnée: le **volume ventriculaire**
  - Le volume télédiastolique (VTD): 120mL
  - Le volume télésystolique (VTS): 50mL
- En abscisse: le **temps**

Le volume d'éjection systolique est donc de 70mL



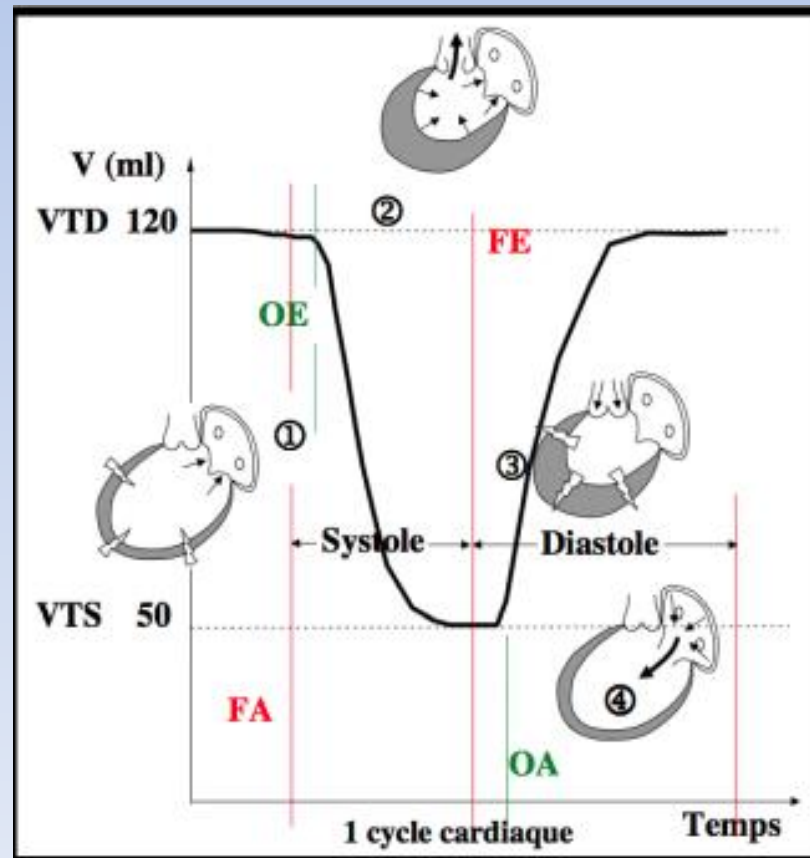
# La systole: de FA à FE

- Contraction isovolumétrique (de FA à OE)
- Ejection (de OE à FE): reste le VTS



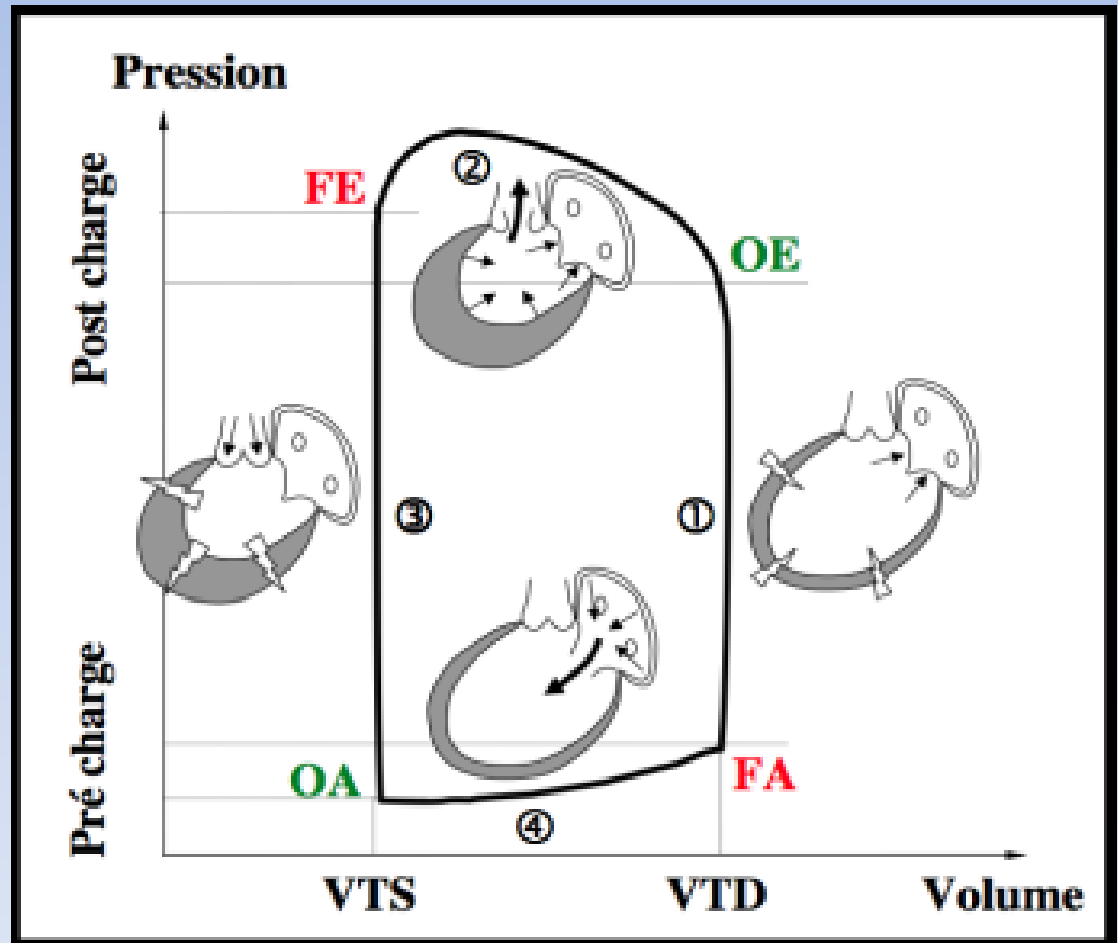
## La diastole: de FE à FA

- **Relaxation isovolumétrique (de De FE à OA)**
- **Remplissage (de OA à FA): jusqu'à atteindre le VTD**



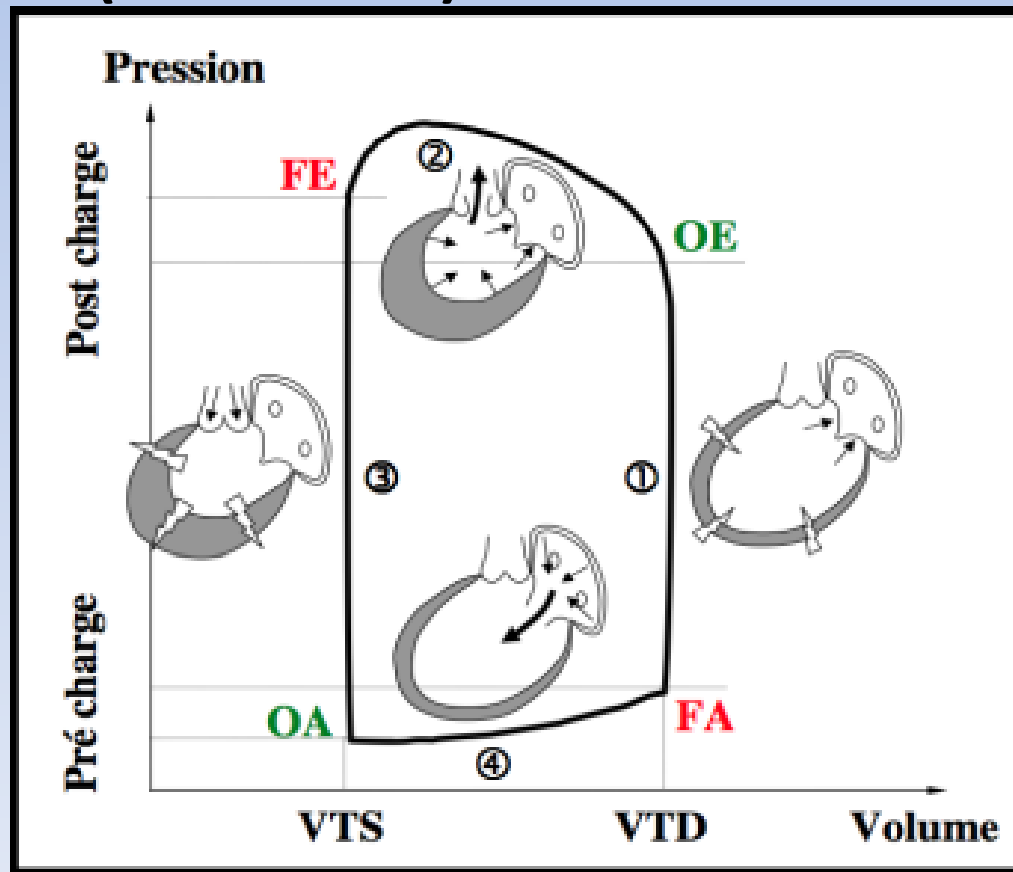
## D) Courbe pression-volume

- En ordonnée: la **pression**
- En abscisse: le **volume**



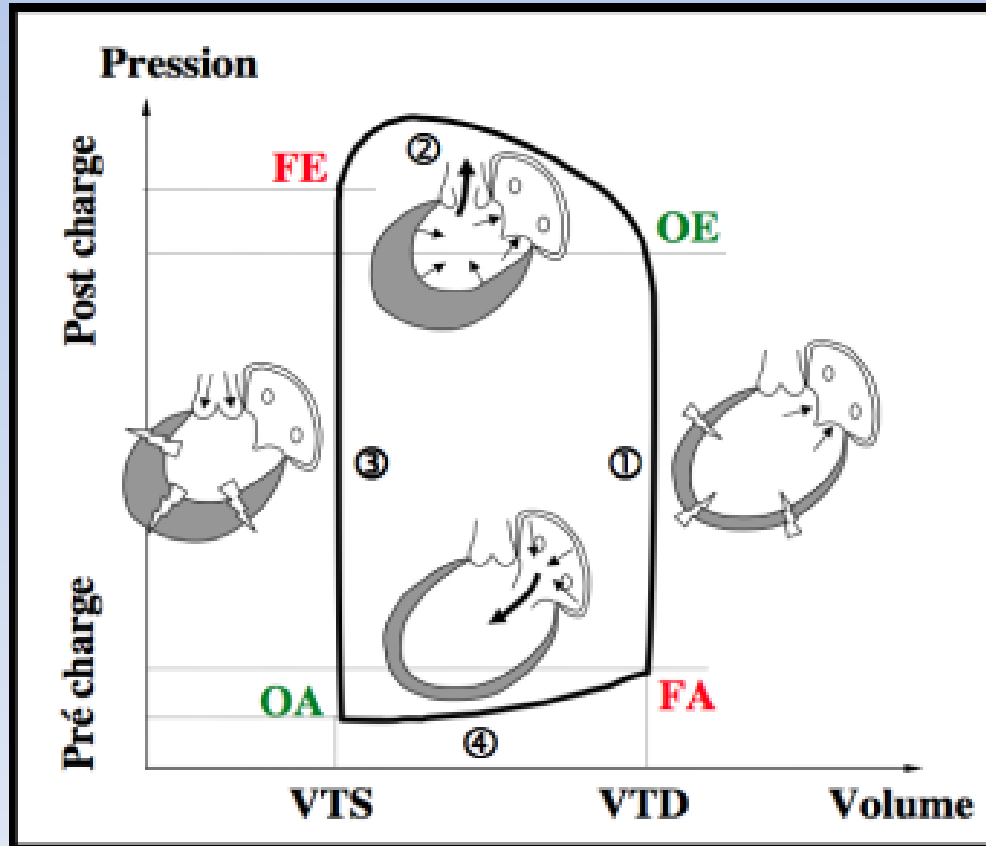
## La systole (de FA à FE)

- Contraction isovolumétrique (de FA à OE)
- Ejection (de OE à FE)



# La diastole (de FE à FA)

- Relaxation isovolumétrique (de FE à OA)
- Remplissage (de OA à FA)



# E) Méthodes d'étude de l'hémodynamique cardiaque

## 1. Auscultation cardiaque:



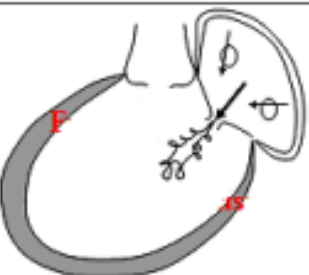
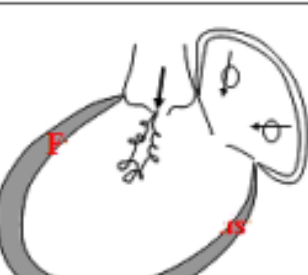
- **Physiologiquement:**

- Bruits = **fermeture** des valves (toum-ta-toum-ta)
- **Systole:** entre 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> bruit, **petit silence** entre les deux
- **Diastole:** entre 2<sup>ème</sup> et 1<sup>er</sup> bruit, **grand silence** entre les deux



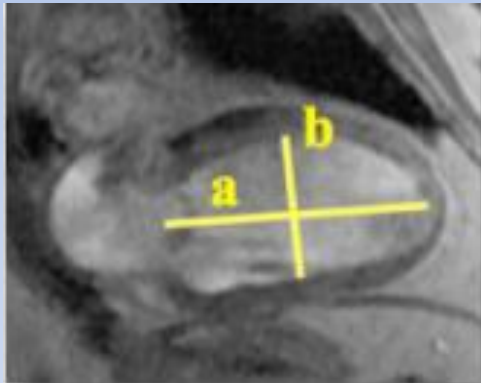
- **En pathologie:**

**Souffles** = écoulement turbulents anormaux

	Rétrécissement = sténose	Fuite = insuffisance
Systole (Toum Ta)	 <p><i>Lorsque la valve d'éjection ne s'ouvre pas bien, le sang va avoir du mal à passer lors de la systole.</i></p>	 <p><i>Ici, le sang du ventricule régurgite dans l'oreillette lors de la systole, ce qui indique une fuite de la valve d'admission</i></p>
Diastole (Ta Toum)	 <p><i>Lorsque la valve d'admission ne s'ouvre pas bien, le sang va avoir du mal à passer lors du remplissage.</i></p>	 <p><i>Ici, le sang de l'artère pulmonaire ou aortique régurgite dans le ventricule lors de la diastole, ce qui indique une fuite de la valve d'éjection</i></p>

## 2. Mesure de volumes:

- On peut le faire grâce à: **l'échographie, l'IRM ou une cathétérisme** (et injection de produits de contraste)

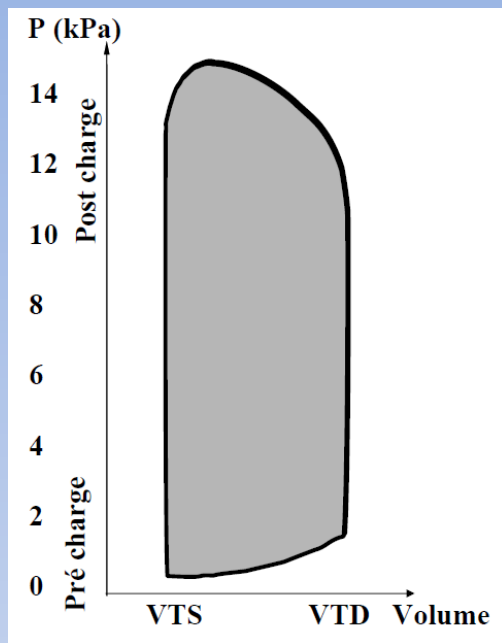


$$V = \frac{4}{3} \pi a \cdot b^2$$

- Ceci nous permet d'obtenir des indices sur **la performance ventriculaire** calculée à partir des VTD et VTS

- Le volume d'éjection systolique:  **$VES = VTD - VTS$**
- Le débit cardiaque:  **$Q = VES \times \text{Fréquence cardiaque}$**
- La fraction d'éjection:  **$FE = VES / VTD \times 100$**
- Une FE normale est  **$\geq 60\%$**

# II- Travail cardiaque



- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

- Travail mécanique cardiaque :  
 aire de la courbe pression-volume.  
 → compensation de la perte de charge  
 → permet la circulation sanguine  
 $W_m = P_{\text{éjection}} * VES$

- Travail de mise en tension  $W_T$   
 → charge contre laquelle les cellules se contractent.  
 Laplace :  $T = \Delta P * r / e$

Plus l'épaisseur est importante, plus le travail de mise en tension diminue : pour compenser une dilatation, on va hypertrophier le cœur.

- Travail total =  $W_m + W_T$   
 $W_m / W_{\text{total}} > 5\%$  le rendement du cœur est mauvais.

# **III – Déterminants de la performance ventriculaire**

- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

La performance ventriculaire est la capacité à assurer un débit circulatoire et des conditions de pression suffisantes pour répondre aux besoins de l'organisme.

Elle est définie par  $Q = VES * FC$  et  $\Delta P = R * Q$ .

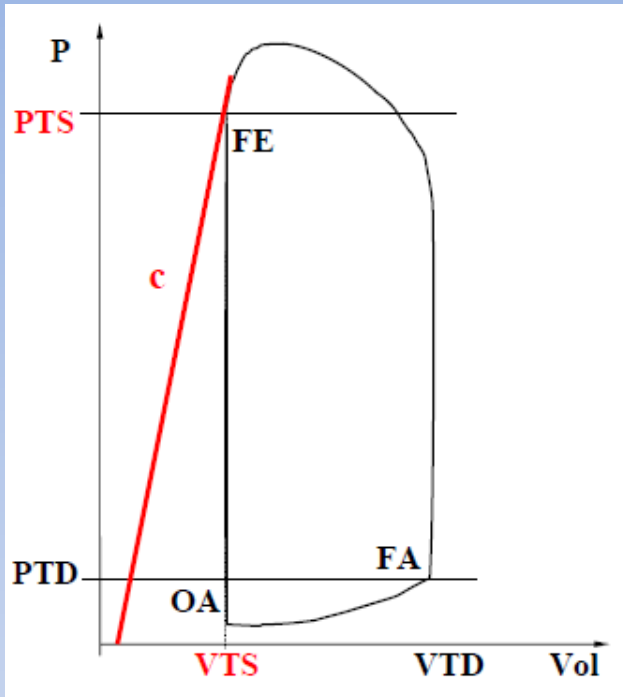
Action sur le VES {

- > contractilité
- > compliance (capacité à se laisser distendre)
- > précharge
- > postcharge
- > fréquence cardiaque

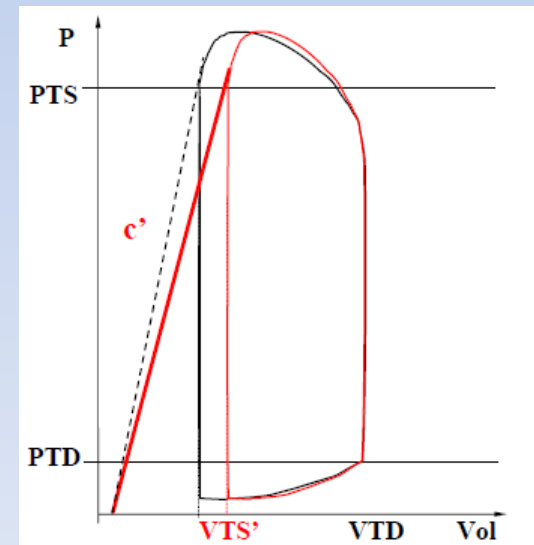
- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

## Contractilité

Relation linéaire qui définit la relation pression-volume en fin de systole : VTS.



Si elle diminue, VTS augmente,  
VES diminue et  $W_m$  diminue.

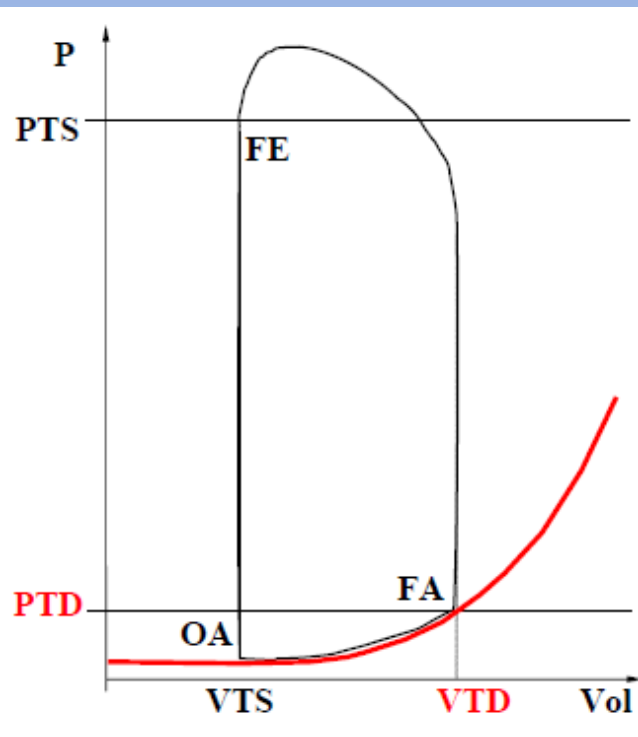




- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

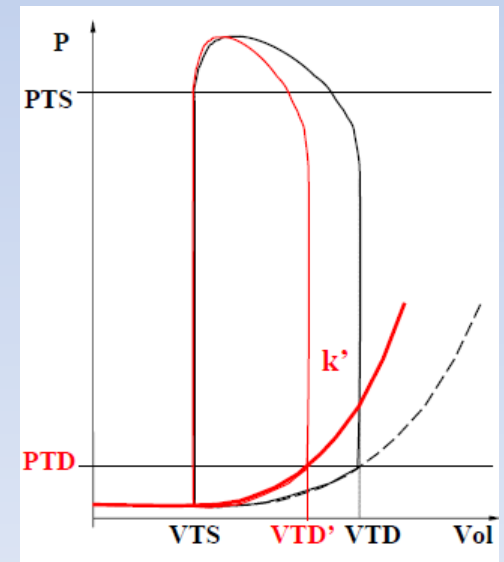
## Compliance

Relation exponentielle qui définit la relation pression-volume en diastole.



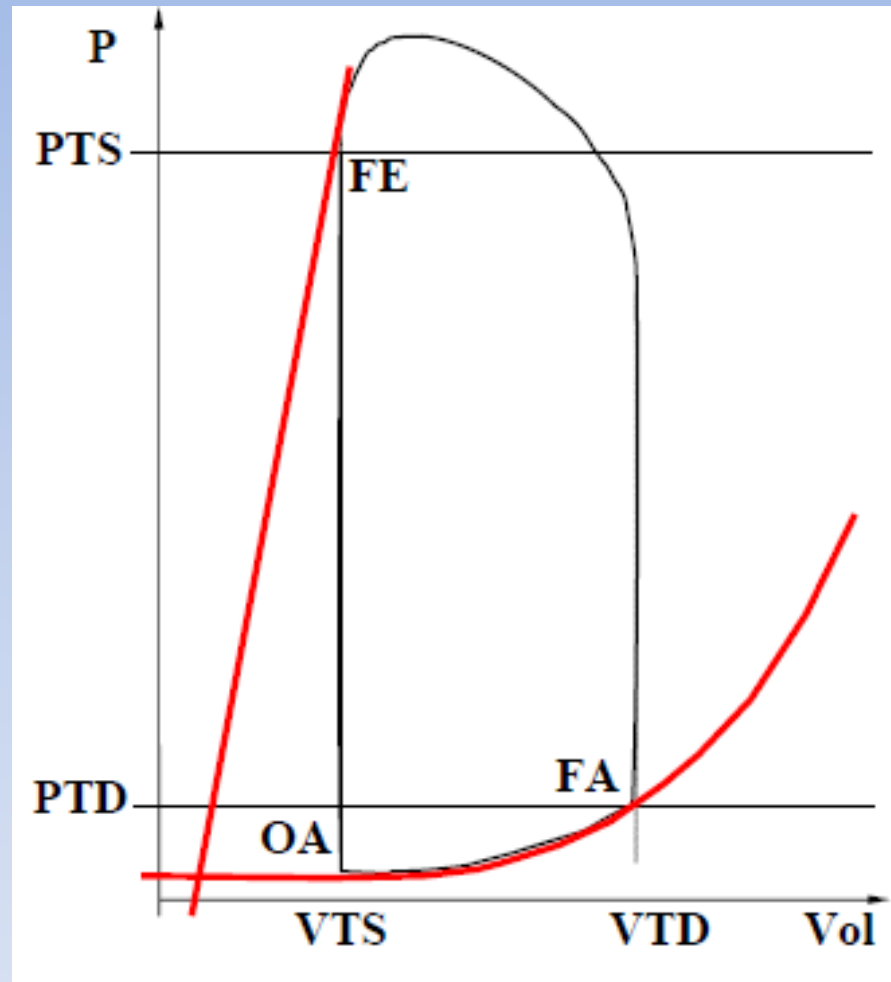
Si elle diminue, VTD diminue, VES diminue et  $W_m$  diminue.

Attention, quand la compliance diminue, l'élastance  $k$  augmente.



- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

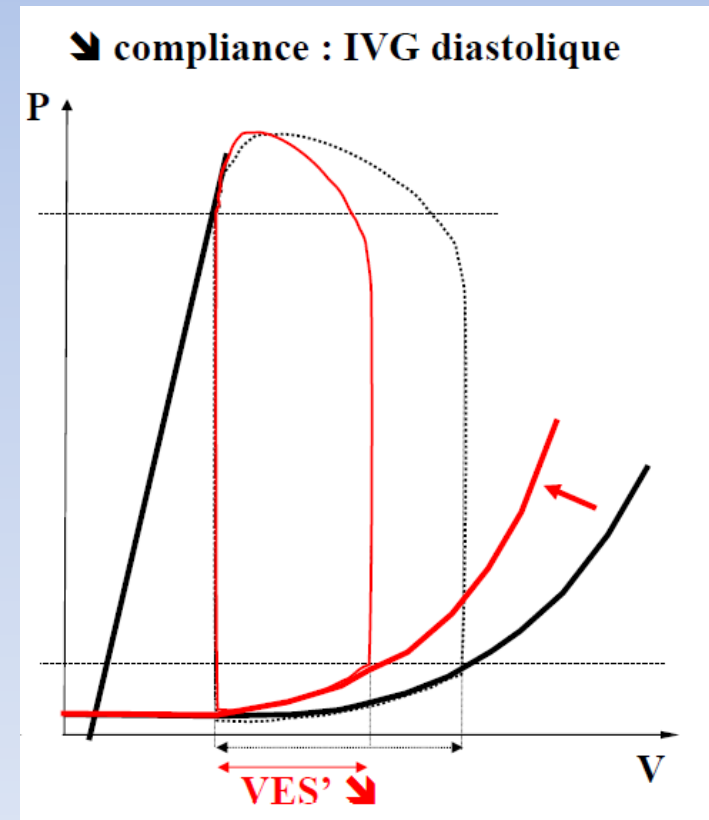
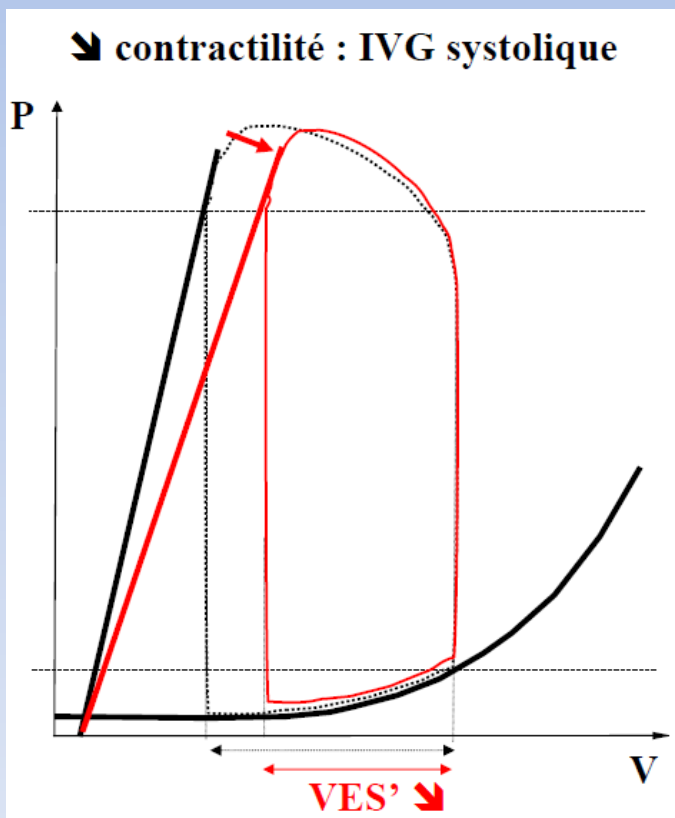
## Courbe normale



- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

## L'insuffisance ventriculaire gauche :

- Par perte de contractilité
- Par perte de compliance



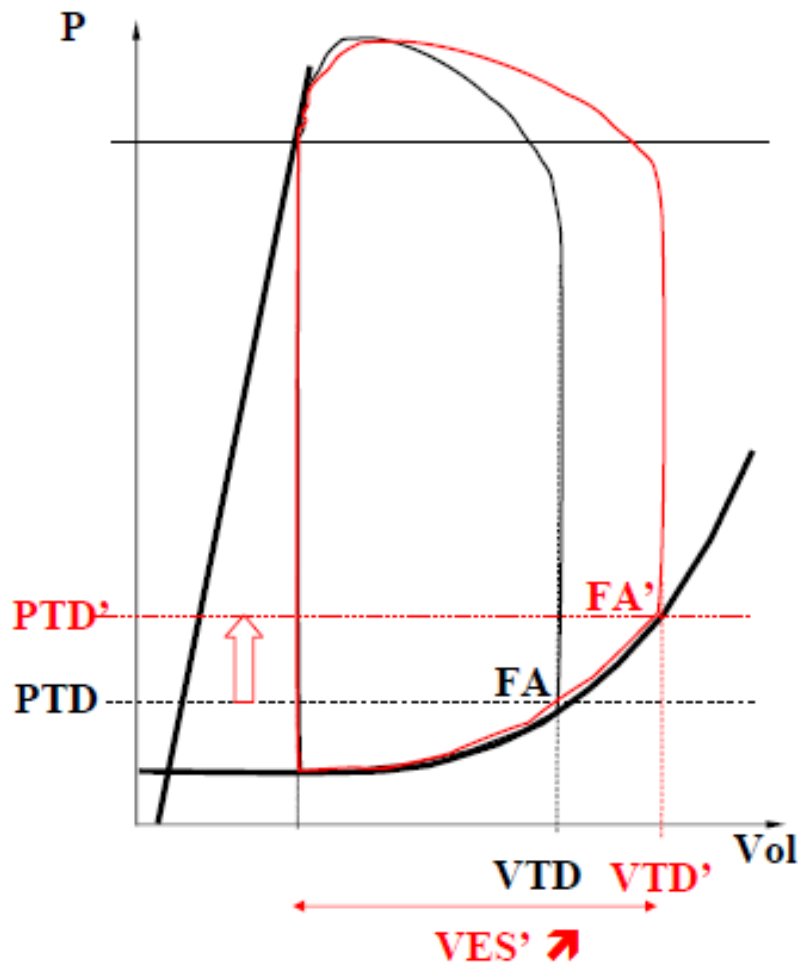
- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

## Précharge

Valeur qui définit la relation pression-volume en fin de diastole : VTD.

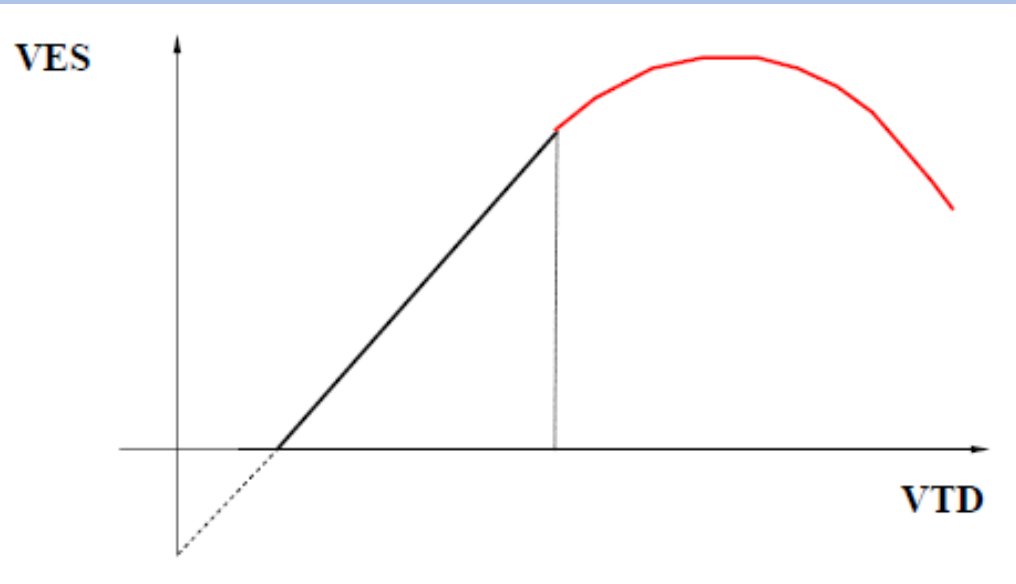
Si elle diminue, VTD diminue, VES diminue et  $W_m$  diminue  
 → risque de syncope par Q bas

Si elle augmente, VTD augmente, VES augmente et  $W_m$  augmente.



- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

## La loi de Starling régit la relation VTD - VES



- En temps normal :

Si la précharge augmente, le VES augmente.

- En pathologie :

La précharge augmente, le ventricule se détend mais ne peut pas éjecter tout le sang qui est arrivé : le VES diminue progressivement.

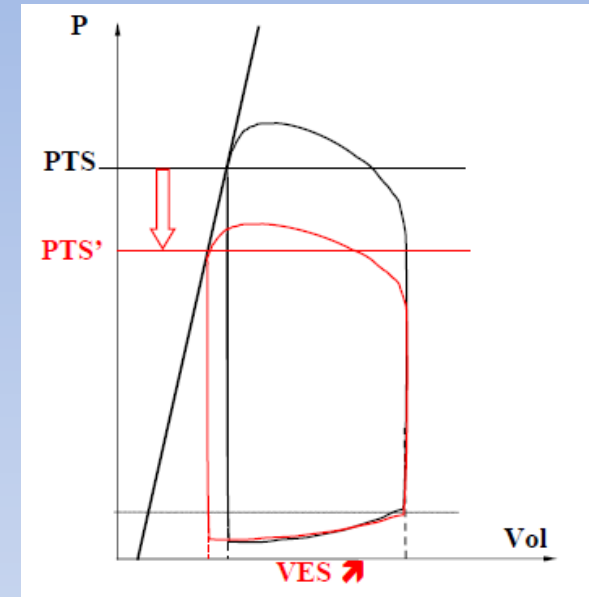
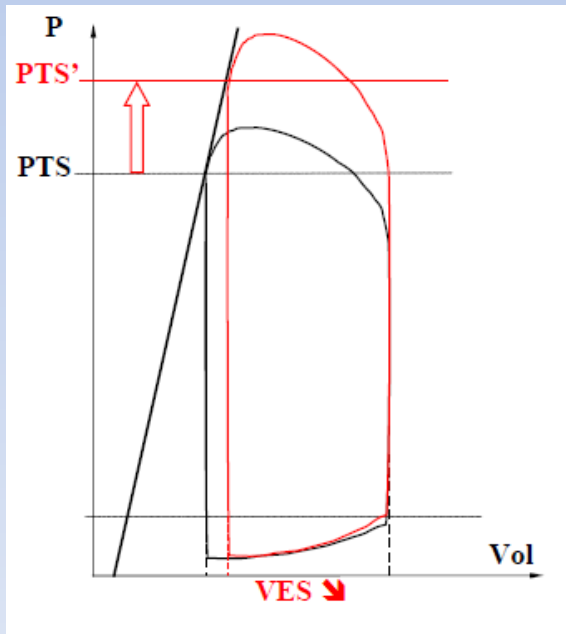
Normalement  $Q(\text{droite}) = Q(\text{gauche})$  mais quand on est sur la pente descendante du Starling, on a un engorgement entre les deux : accumulation de sang dans la circulation pulmonaire → œdème aigu du poumon.

- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

## Postcharge

Valeur qui définit la relation pression-volume en fin de systole : VTS.

Si elle diminue, VTS diminue, VES augmente et  $W_m$  diminue → c'est la meilleure situation possible



Si elle augmente, VTD augmente, VES diminue et  $W_m$  augmente.

- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

## Fréquence cardiaque

Action rapide et directe sur le débit : si FC augmente, Q augmente.

Attention, le rendement du cœur diminue.

Limite théorique : fréquence maximale théorique =  $200 - \text{âge}$ .

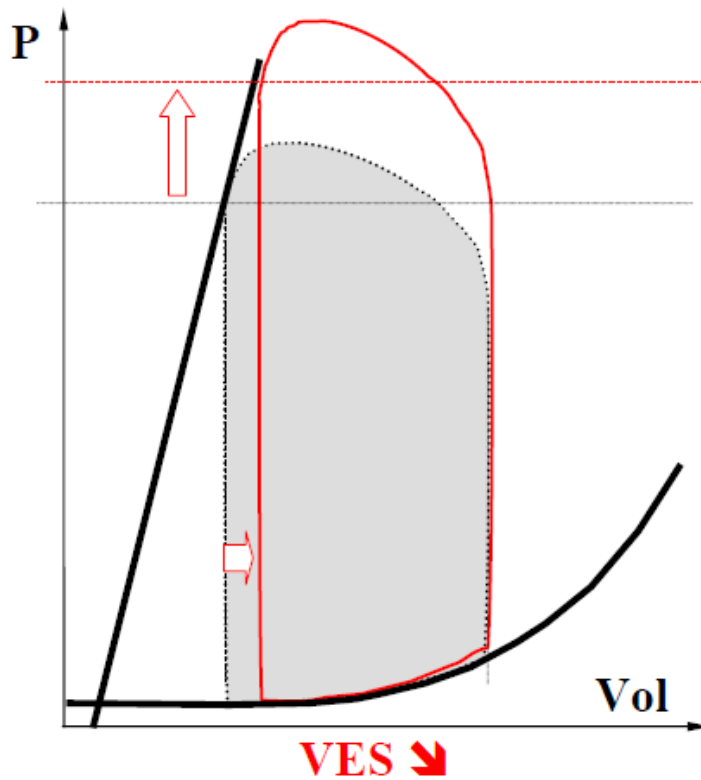
# IV - Examples



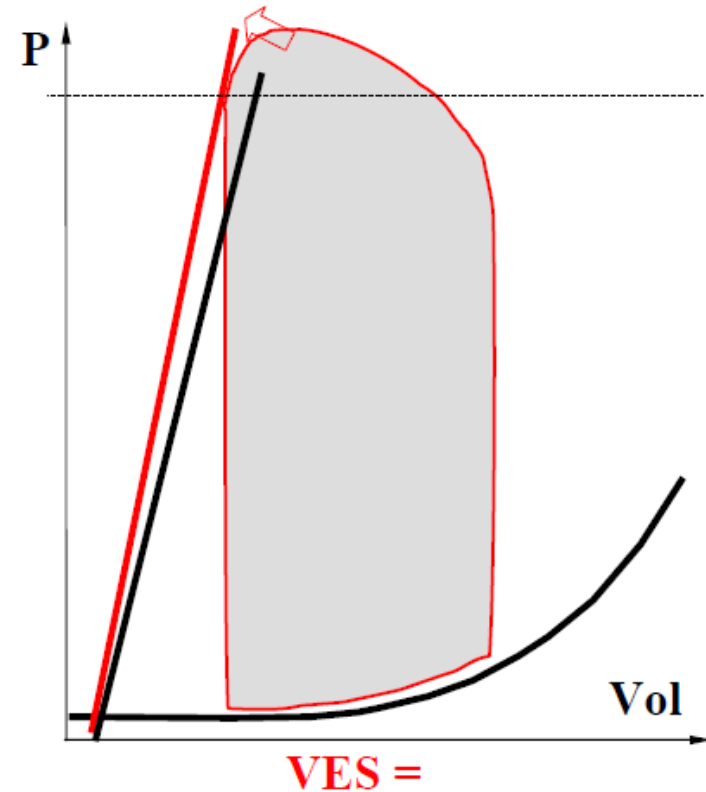
- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

## Mécanisme de l'hypertension

Effet initial : **↘ VES**



Réaction : **↗ contractilité**



- ✓ Hémodynamique intracardiaque
- ✓ Travail cardiaque
- ✓ Déterminants de la performance ventriculaire
- ✓ Exemples

## Mécanisme de l'infarctus

Perte de contractilité et chute de Q

1. Augmentation de la FC pour compenser
2. Augmentation de la précharge et dilatation

