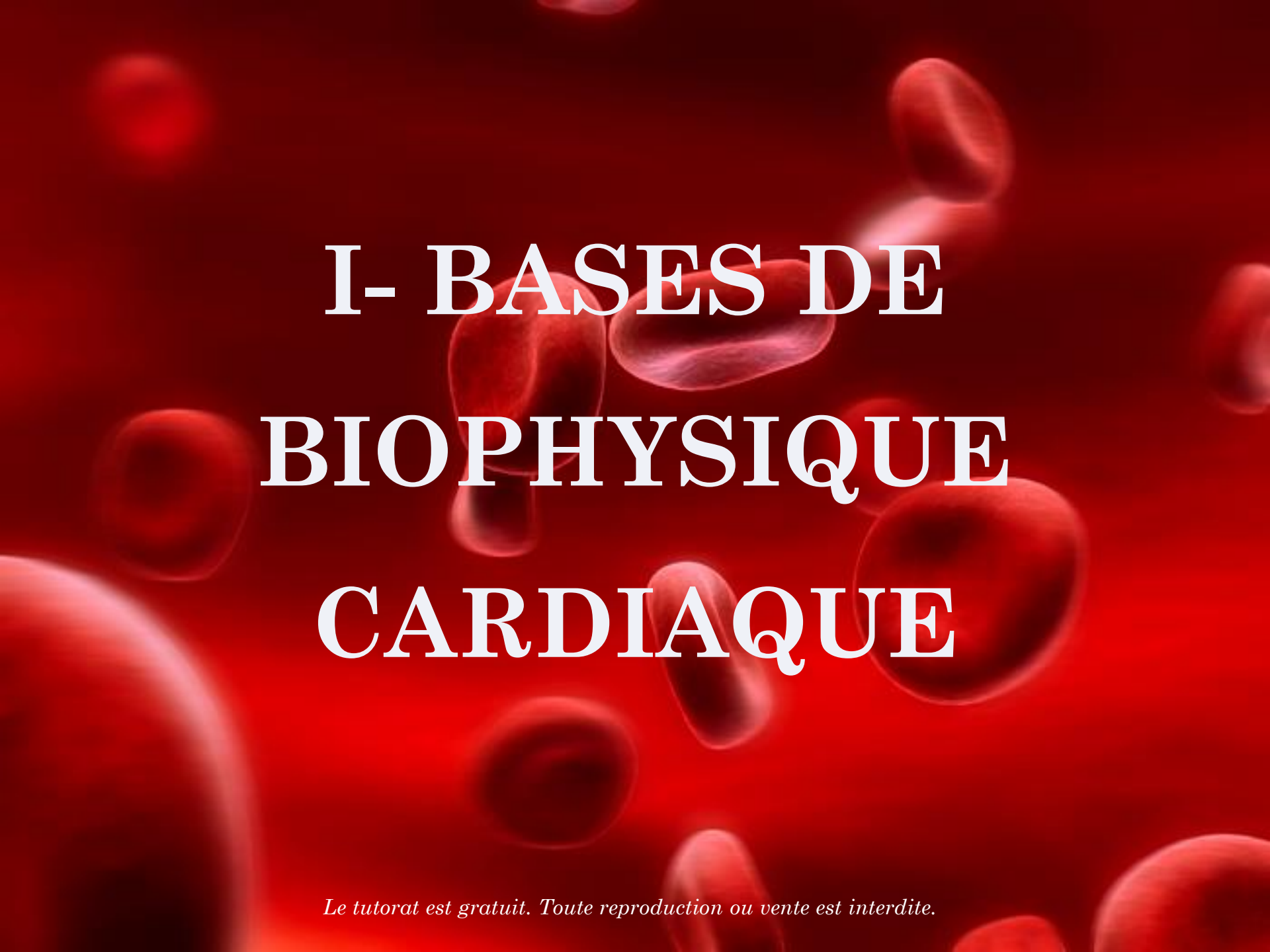


TUT' RENTRÉE N°2



Cours 2: Biophysique cardiaque

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

The background of the slide is a deep red color, populated with numerous red blood cells. These cells are depicted in various sizes and orientations, some appearing in sharp focus while others are blurred, creating a sense of depth and movement. The overall aesthetic is scientific and medical.

I- BASES DE BIOPHYSIQUE CARDIAQUE

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

I- BASES DE BIOPHYSIQUE CARDIAQUE

1) Généralités

Cavités cardiaques :

1- Atrium/oreillette D

2- Ventricule D

3- Atrium/oreillette G

4- Ventricule G

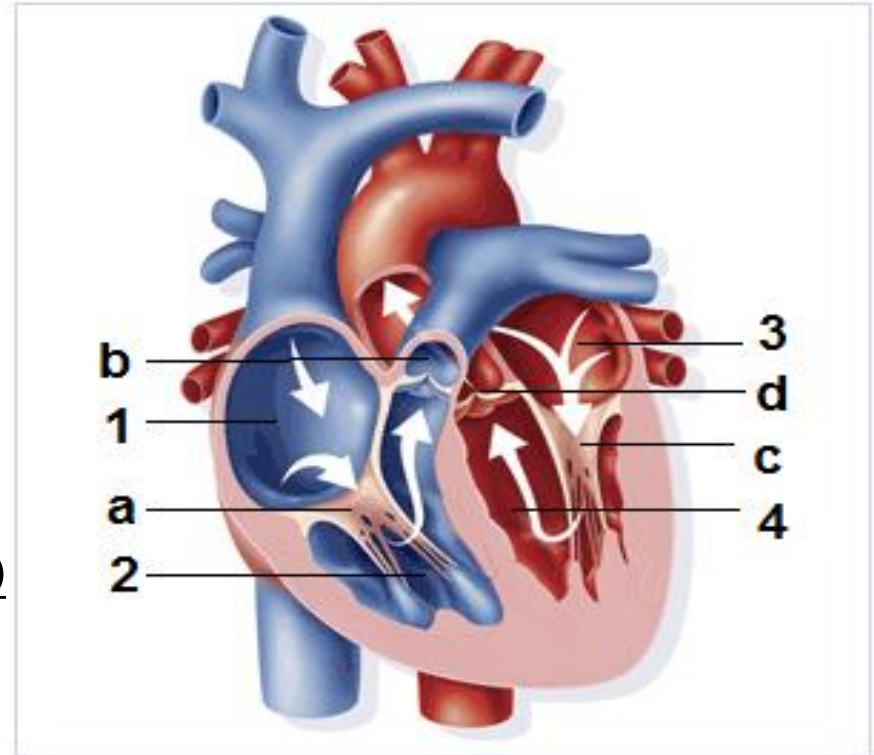
Valves (unidirectionnelles !)

a- Tricuspidale (à Droite)

b- Sigoïde pulmonaire

c- Mitrale (à Gauche)

d- Sigoïde aortique



I- BASES DE BIOPHYSIQUE CARDIAQUE –

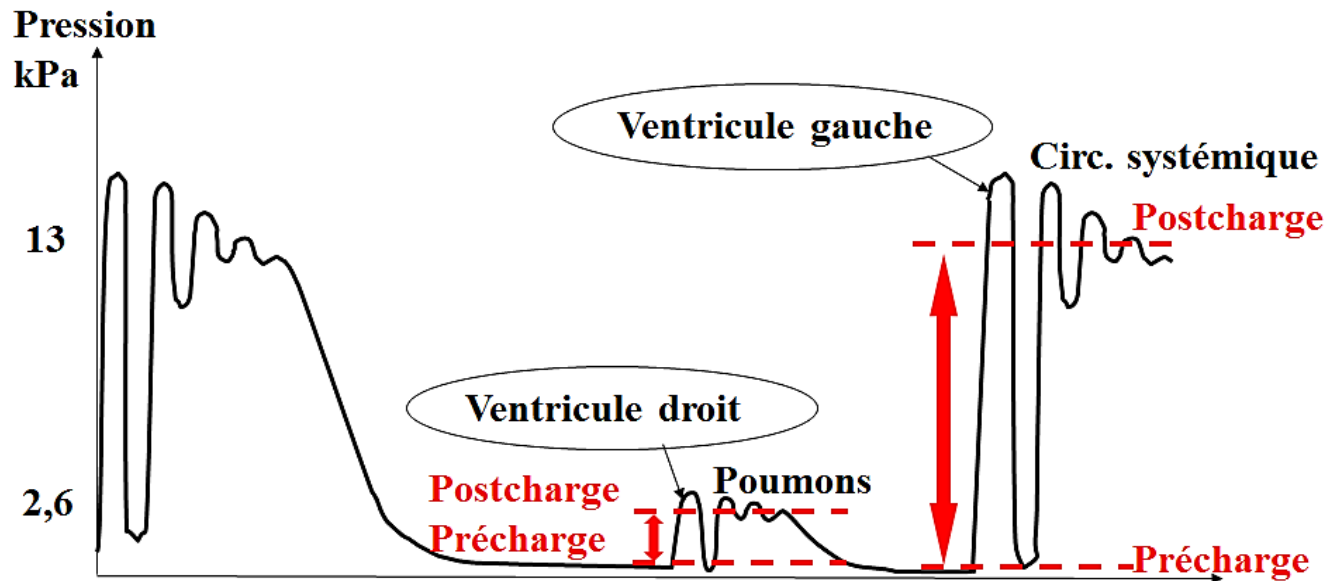
1) GÉNÉRALITES

Pré-charge = **1kPa** (à l'arrivée dans les ventricules)

Post-charge varie en fonction du ventricule:

→ Ventricule G = post-charge systemique = **13kPa**

→ Ventricule D = post-charge pulmonaire = **2,6 kPa**



I- BASES DE BIOPHYSIQUE CARDIAQUE –

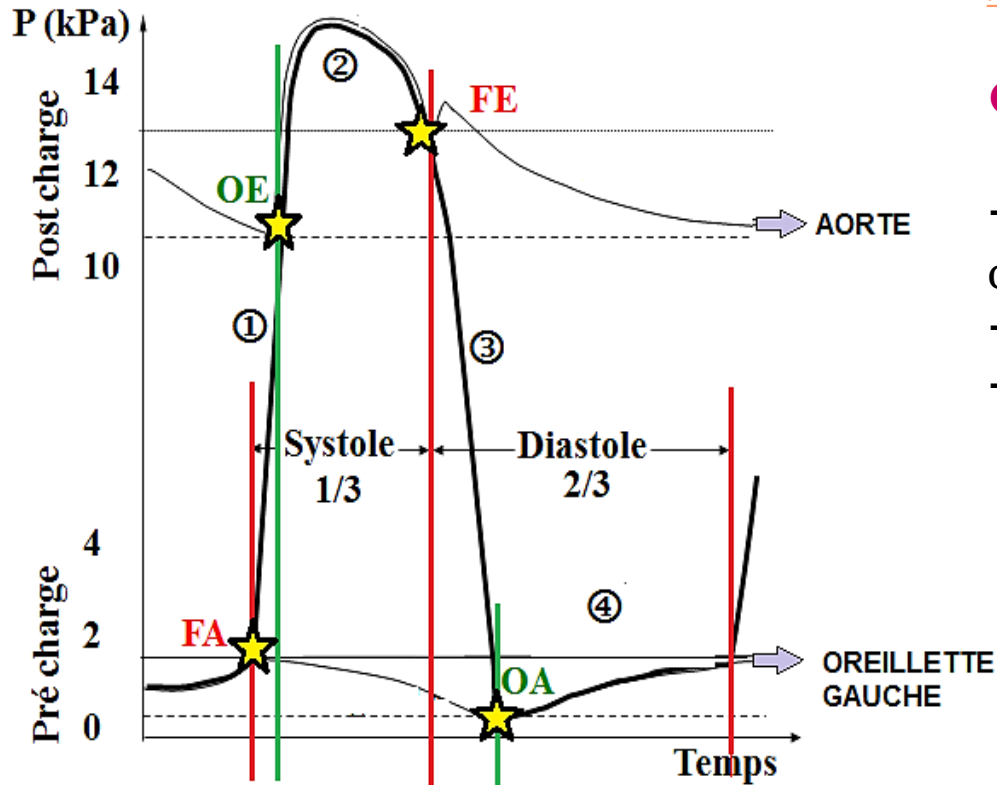
1) GÉNÉRALITES

On retrouve 2 grandes phases dans le cycle cardiaque:

- La **systole** qui correspond à la contraction du cœur et à l'éjection du sang.
- La **diastole** qui correspond à la relaxation et au remplissage du cœur.

I- BASES DE BIOPHYSIQUE CARDIAQUE

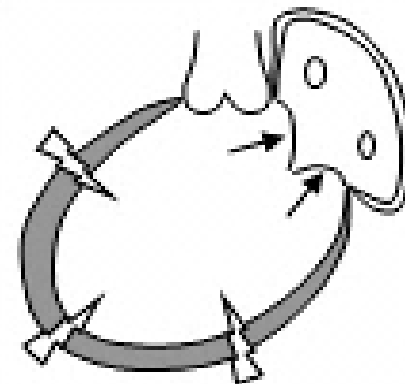
2) Courbes pression-temps



SYSTOLE

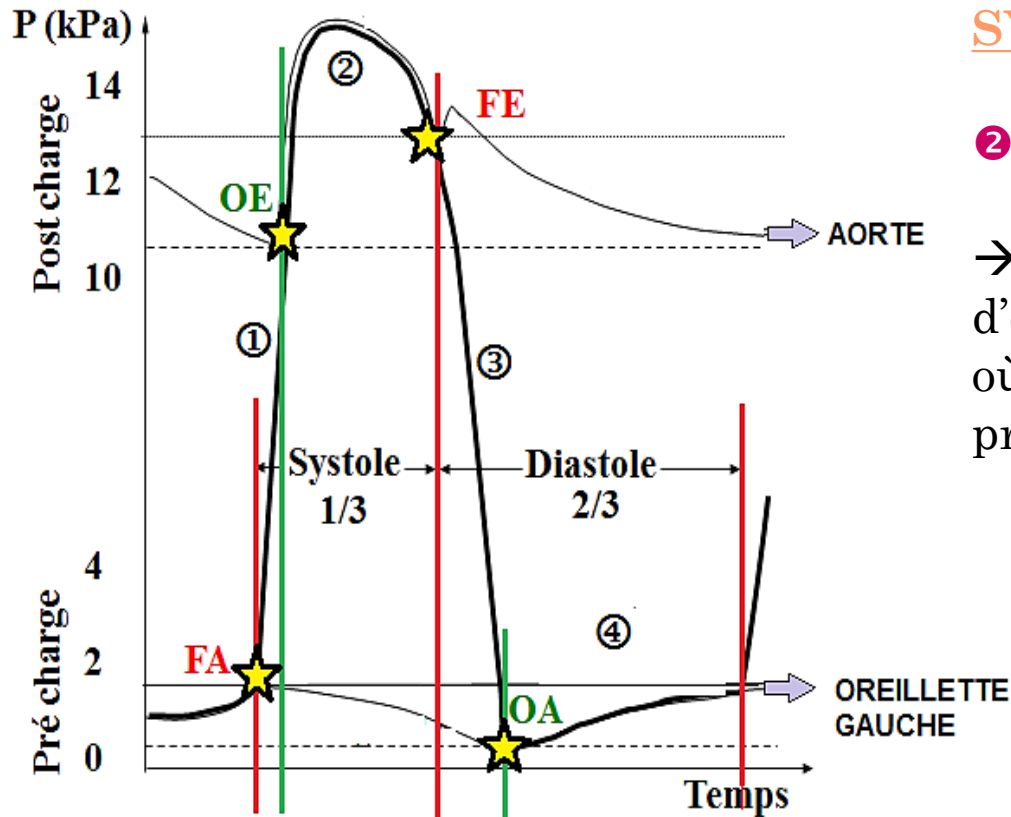
① Contraction isovolumétrique

- après fermeture de la valve d'admission (**FA**)= « **TOUM** »
- volume constant
- augmentation de la pression



I- BASES DE BIOPHYSIQUE CARDIAQUE –

2) COURBES PRESSION-TEMPS



SYSTOLE

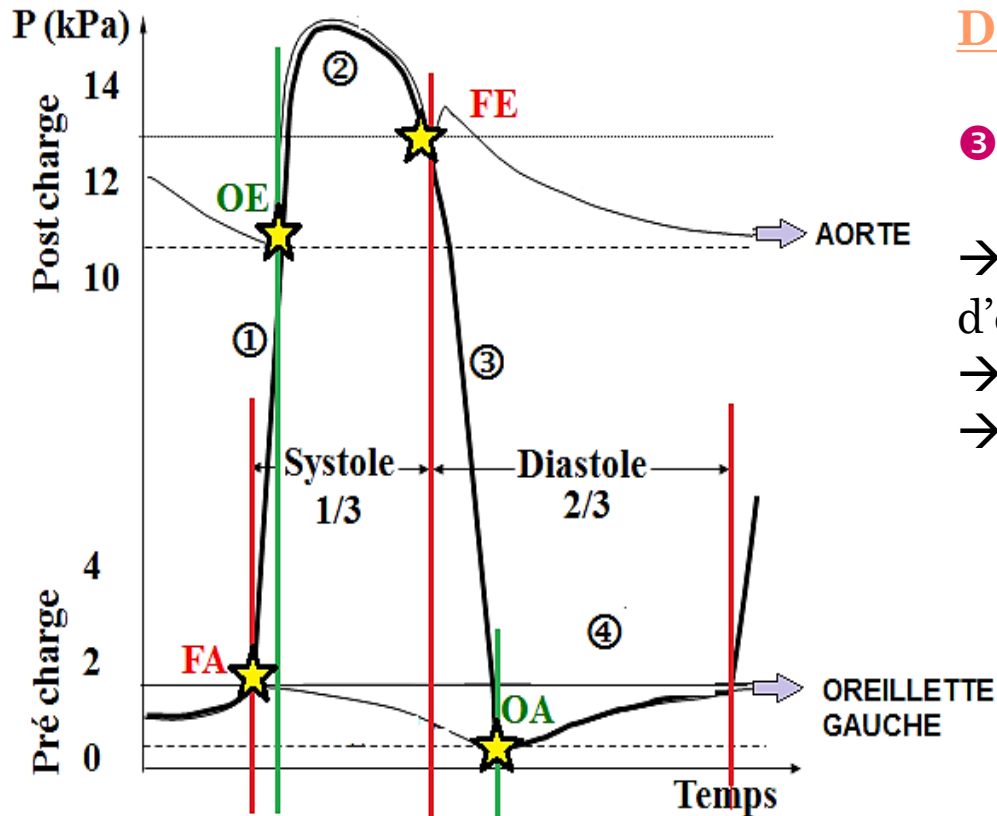
② Ejection

→ après ouverture de la valve d'éjection (OE), à partir du moment où la pression ventriculaire > pression aortique



I- BASES DE BIOPHYSIQUE CARDIAQUE –

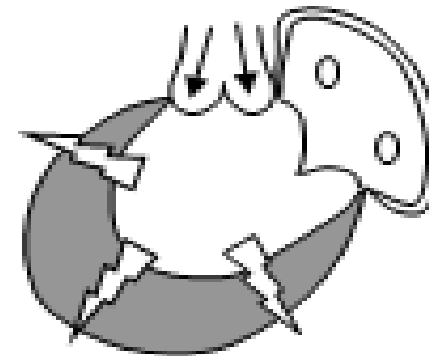
2) COURBES PRESSION-TEMPS



DIASTOLE

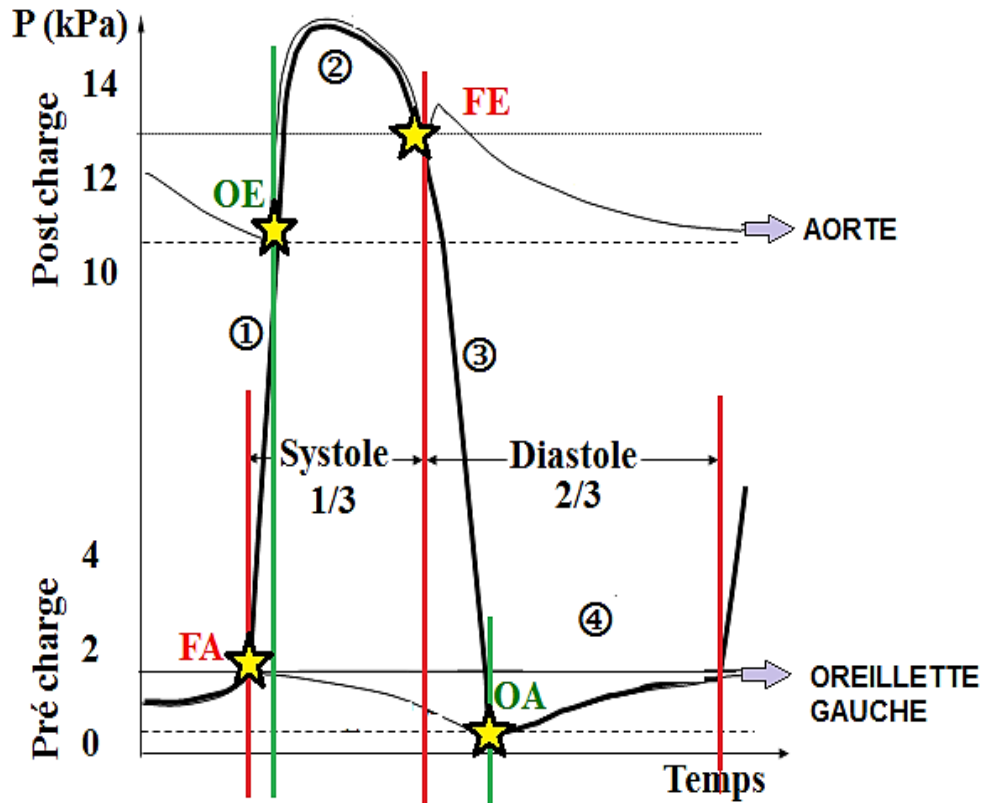
③ Relaxation isovolumétrique

- après fermeture de la valve d'éjection (**FE**) = « **TA** »
- volume constante
- diminution de la pression



I- BASES DE BIOPHYSIQUE CARDIAQUE –

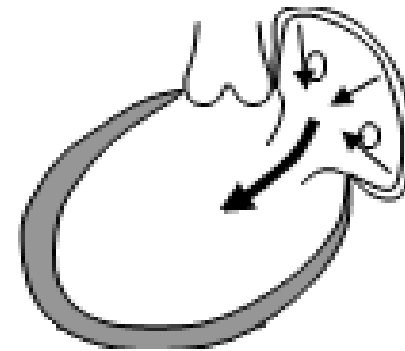
2) COURBES PRESSION-TEMPS



DIASTOLE

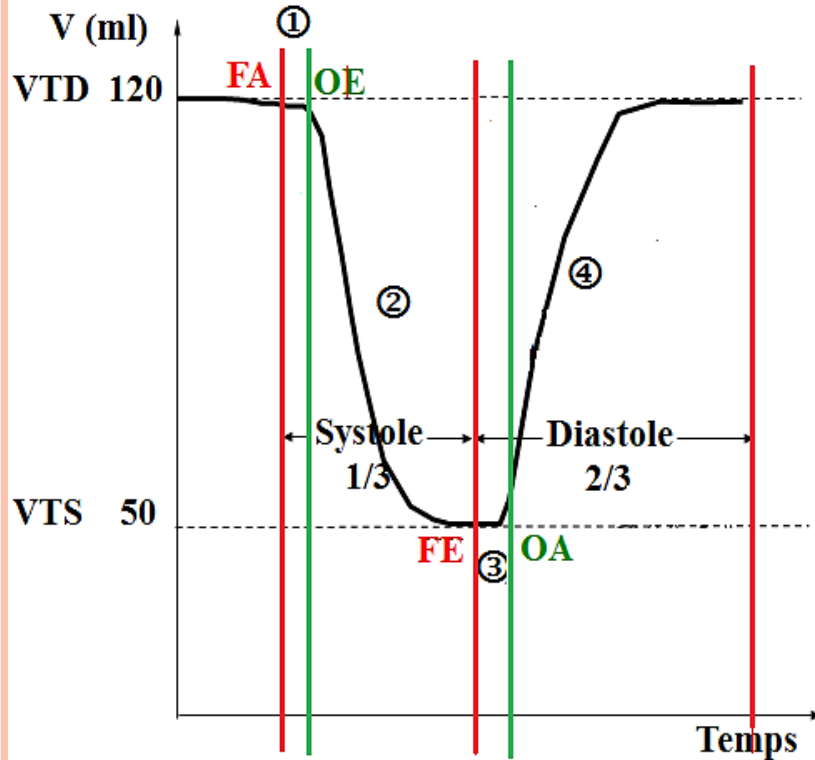
④ Remplissage

→ après ouverture de la valve d'admission (OA) à partir du moment où la pression atriale > pression ventriculaire



I- BASES DE BIOPHYSIQUE CARDIAQUE

3) COURBES VOLUME-TEMPS

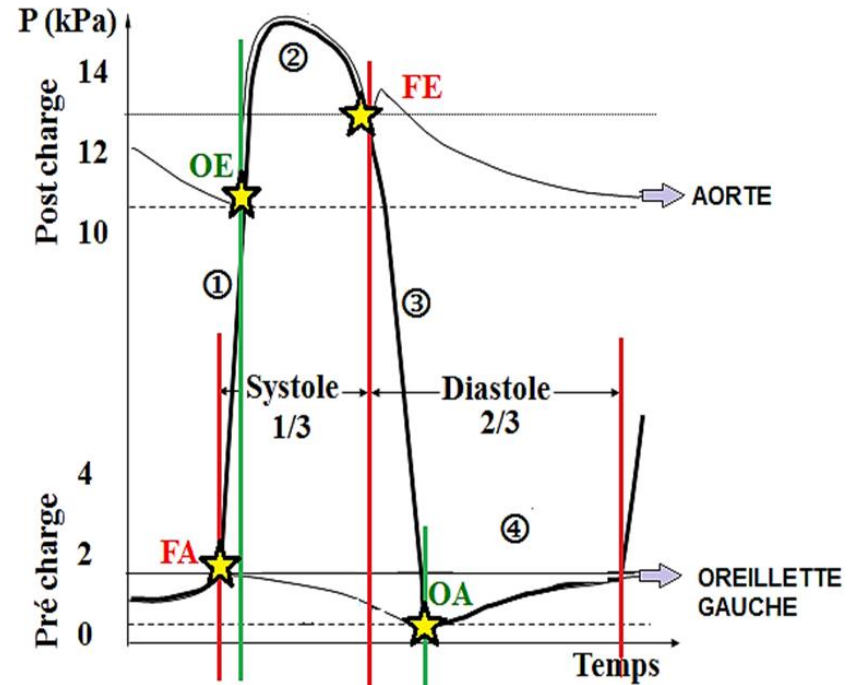
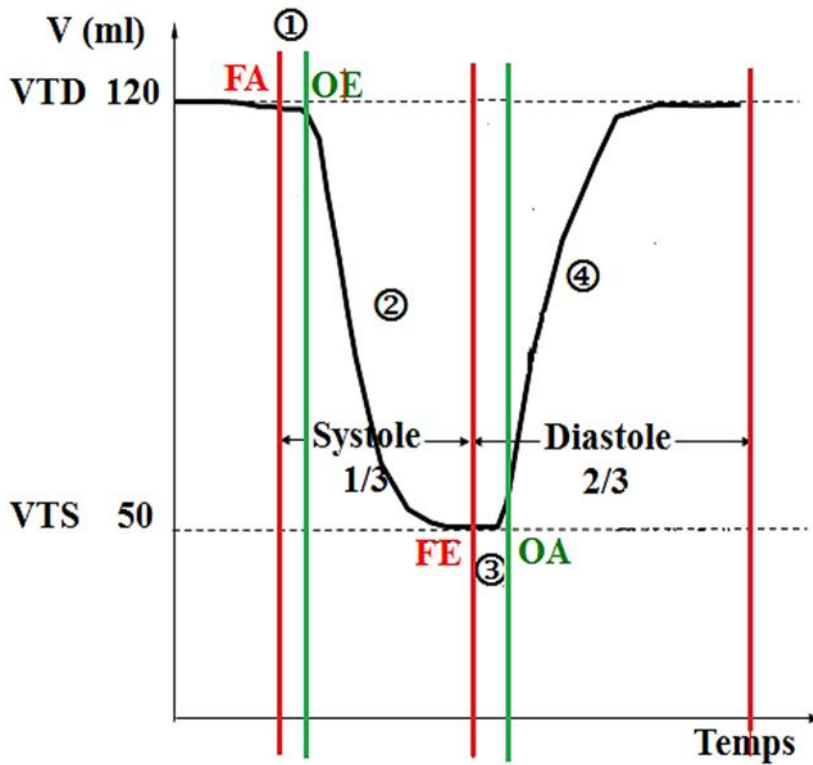


- ① Contraction isovolumétrique
- ② Ejection
- ③ Relaxation isovolumétrique
- ④ Remplissage

VTD = Volume Télodiastolique = 120mL
→ volume **maximal**, présent dans le ventricule à la fin du remplissage

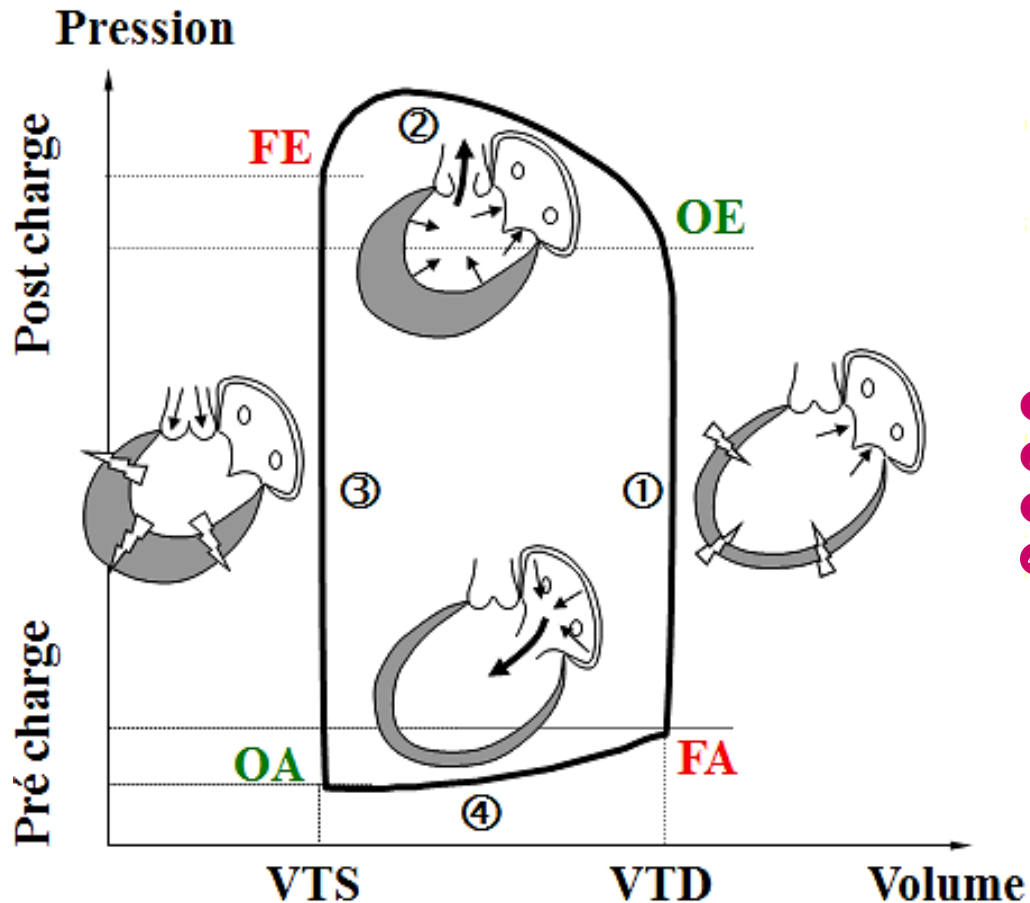
VTS = Volume Télésystolique = 50mL
→ volume **minimum** présent dans le ventricule à la fin de l'éjection

I- BASES DE BIOPHYSIQUE CARDIAQUE

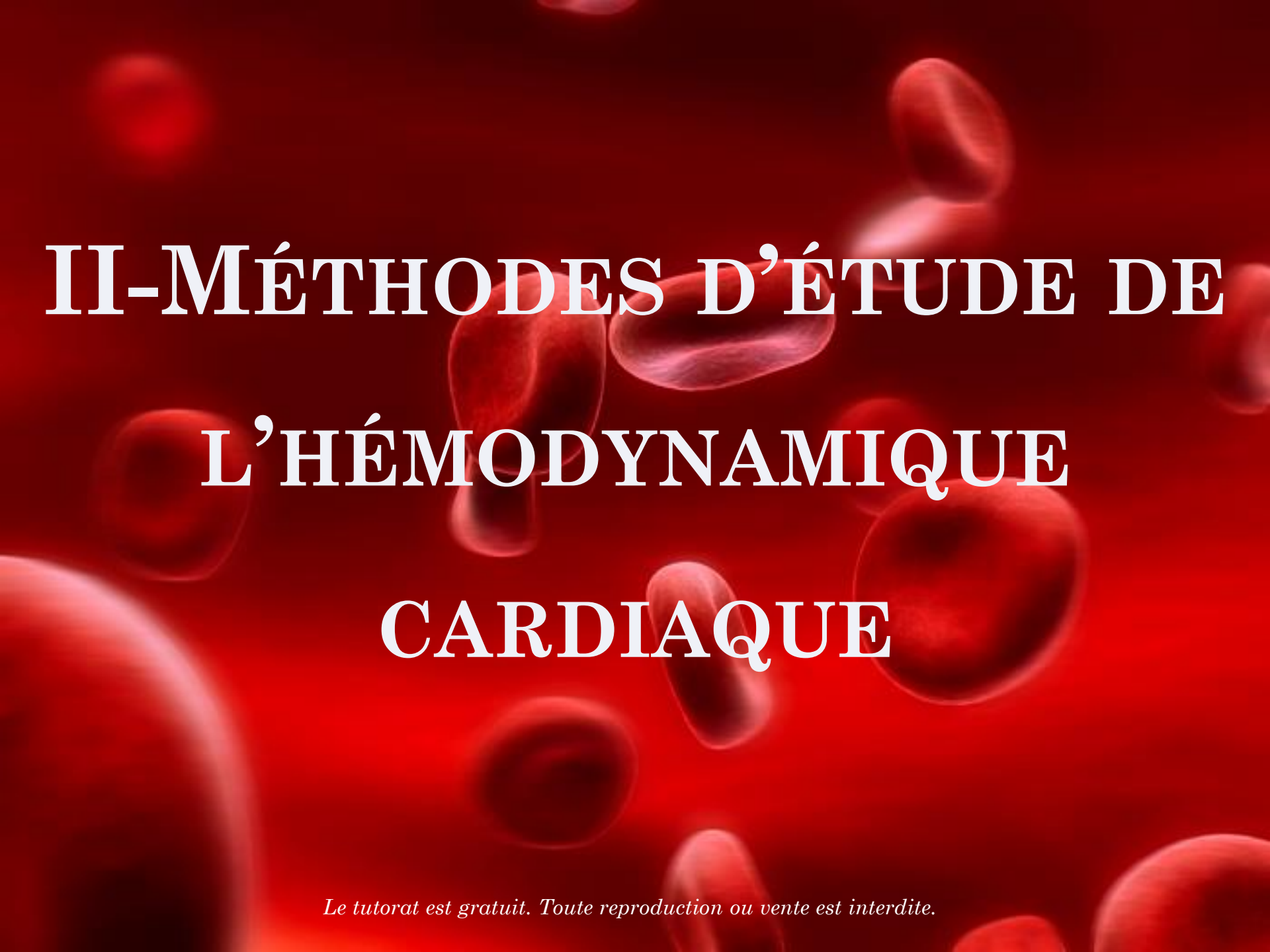


I- BASES DE BIOPHYSIQUE CARDIAQUE

4) COURBE PRESSION-VOLUME AU NIVEAU DU VENTRICULE G



- ① Contraction isovolumétrique
- ② Ejection
- ③ Relaxation isovolumétrique
- ④ Remplissage

The background of the slide is a deep red color, populated with numerous red blood cells. These cells are depicted with a semi-transparent, biconcave disc shape, showing some internal structure and shading to give them a three-dimensional appearance. They are scattered across the frame, with some in sharp focus and others blurred, creating a sense of depth and movement.

II-MÉTHODES D'ÉTUDE DE L'HÉMODYNAMIQUE CARDIAQUE

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

II- MÉTHODE D'ÉTUDE DE L'HÉMODYNAMIQUE CARDIAQUE

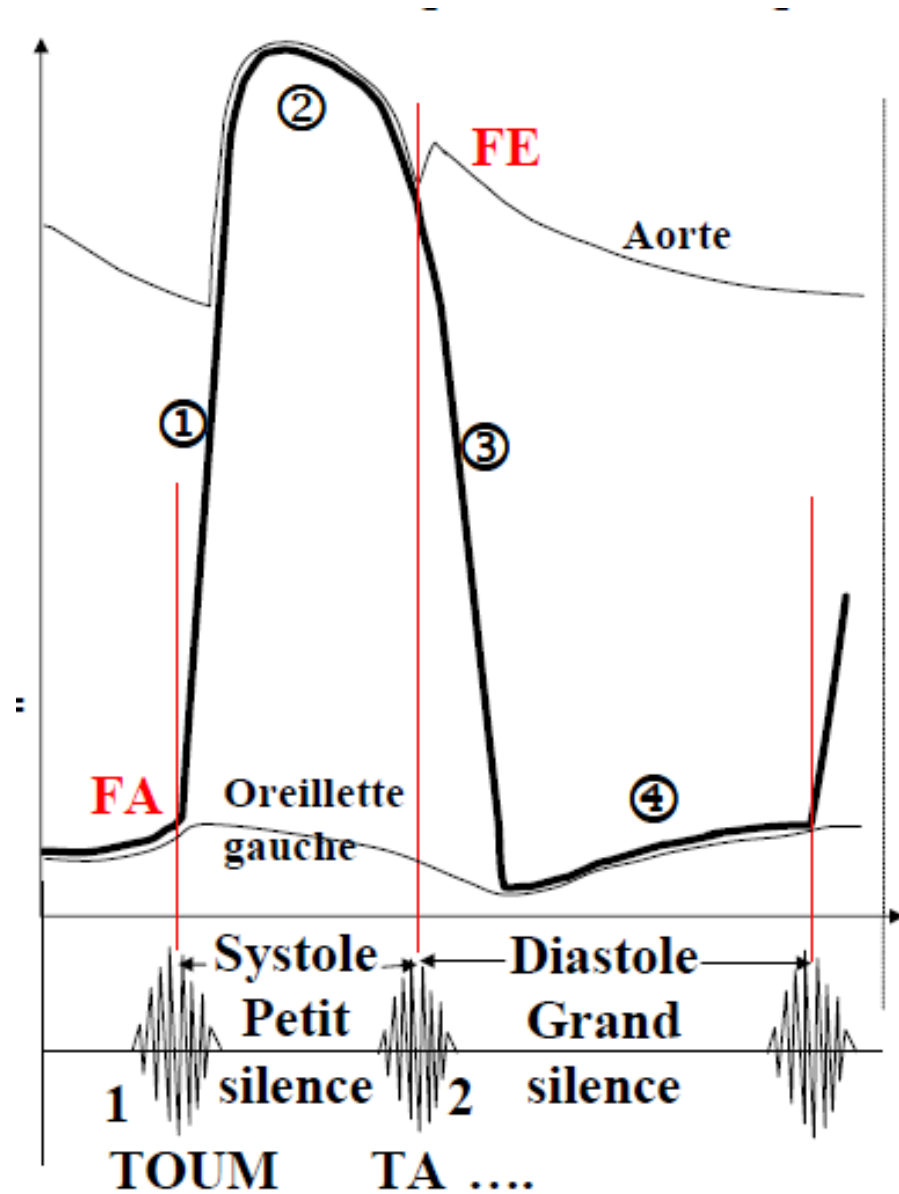
1) AUSCULTATION CARDIAQUE: PHYSIOLOGIE

Les bruits normaux du cœur correspondent aux fermetures des valves (vibrations des valves)

→ d'admission (tricuspide, mitrale) = premier bruit
"TOUM"

→ d'éjection (pulmonaire, aortique) = deuxième
bruit "TA"

Séquence : TOUM - systole (« petit silence ») – TA
– diastole (« grand silence »).

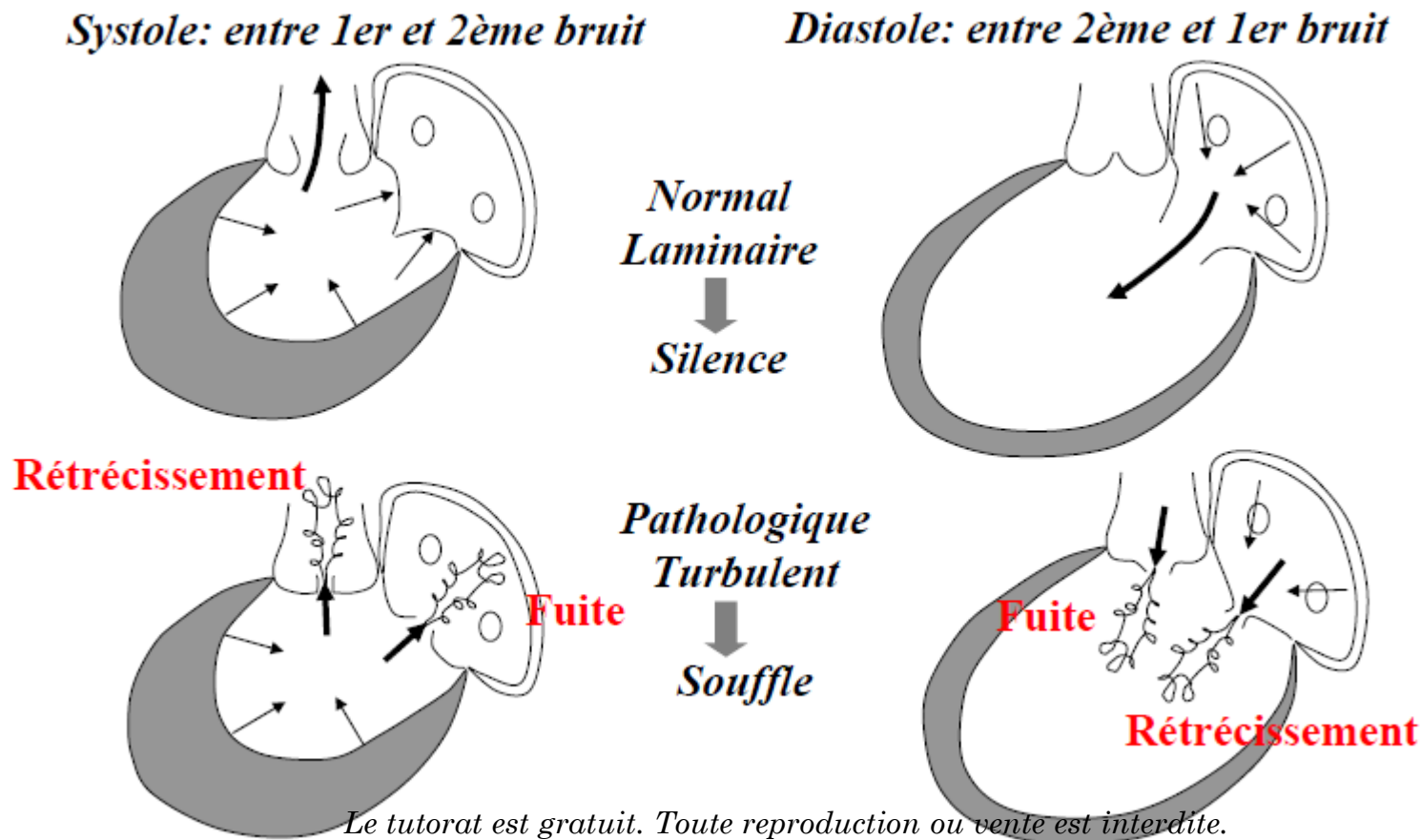


Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

II- MÉTHODE D'ÉTUDE DE L'HÉMODYNAMIQUE CARDIAQUE



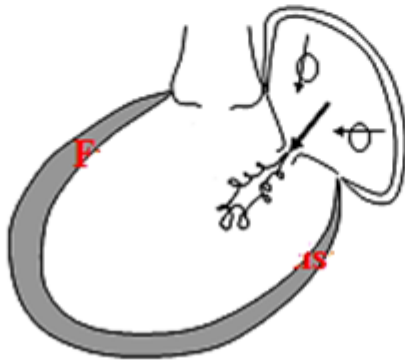
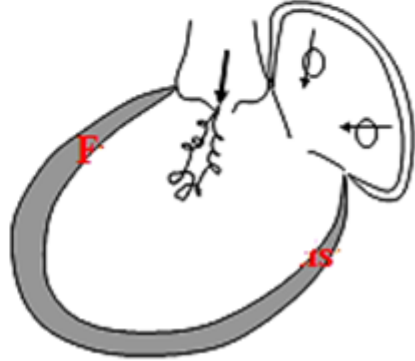
2) AUSCULTATION CARDIAQUE: PATHOLOGIE

les souffles cardiaques = écoulements **turbulents** anormaux.



II- MÉTHODE D'ÉTUDE DE L'HÉMODYNAMIQUE CARDIAQUE

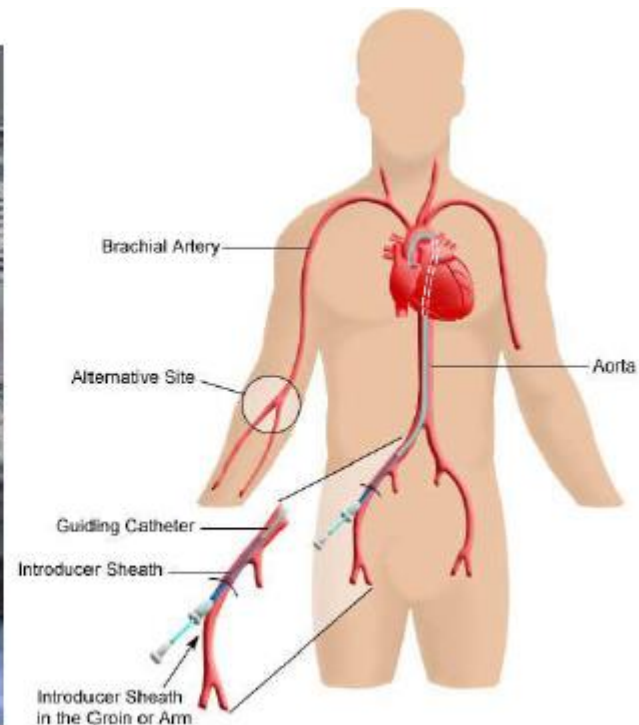
2) AUSCULTATION CARDIAQUE: PATHOLOGIE

	RETRECISSEMENT	FUITE
SYSTOLE (TOUM-TA)		
DIASTOLE (TA-TOUM)		

II- MÉTHODE D'ÉTUDE DE L'HÉMODYNAMIQUE CARDIAQUE

3) MESURE DES PRESSIONS INTRA-CARDIAQUE

Par cathétérisme et montée de sondes manométriques



II- MÉTHODE D'ÉTUDE DE L'HÉMODYNAMIQUE CARDIAQUE

4) MESURE DES VOLUMES CARDIAQUES

Volumes instantanés : VTD et VTS mesurés par:

- *Echocardiographie*
- *IRM (séquences dynamiques)*
- *Cathétérisme + injection de produit de contraste + clichés RX dynamiques*

$VTD - VTS = VES$ (vol éjection systolique)

$VES \times \text{fréquence cardiaque} = D$ (débit)

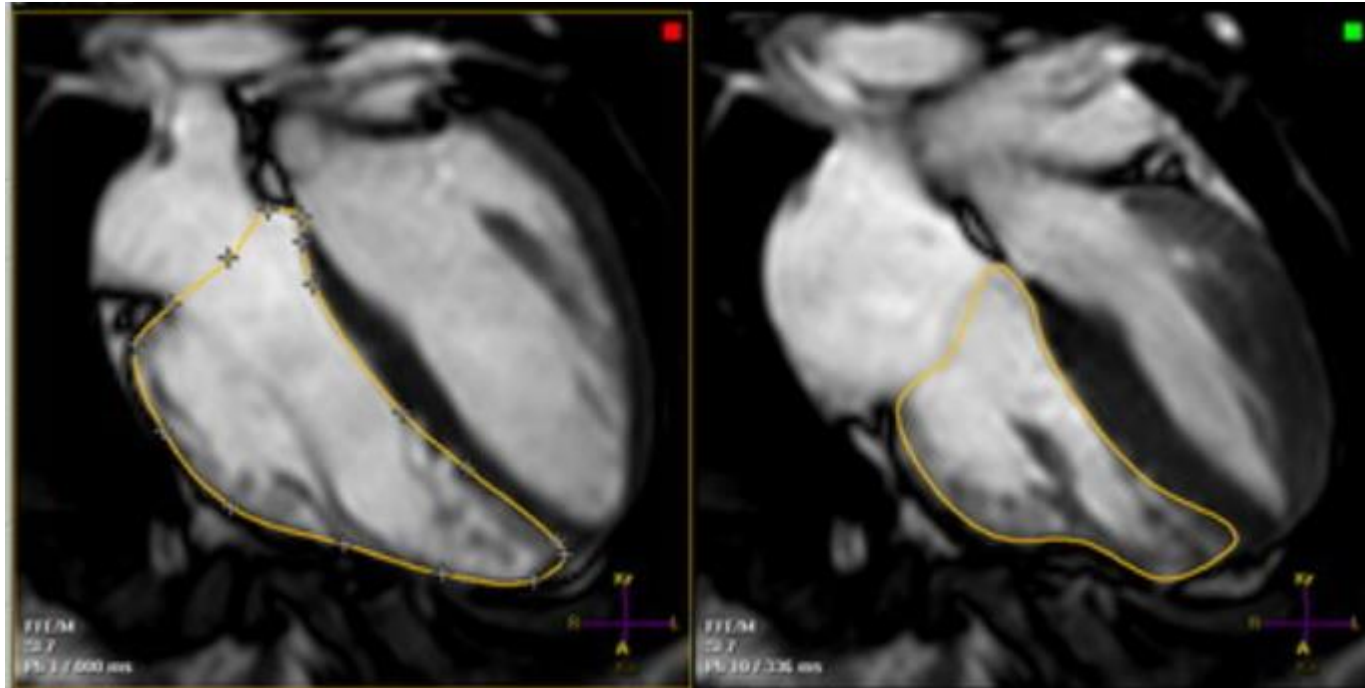
$VES / VTD = FE$ (fraction d'éjection)

$FE \text{ normale du VG} = (\text{ou } >) 60 \%$



II- MÉTHODE D'ÉTUDE DE L'HÉMODYNAMIQUE CARDIAQUE

5) MESURE DES VOLUMES CARDIAQUES



Diastole

Systole

En diastole on mesure le VTD et en systole le VTS, ici VTD= 125ml et VTS= 50ml, quel-est le VES? Et la FE? La FE est-elle normale?

$$\text{VES} = \text{VTD} - \text{VTS} = 125 - 50 = 75\text{ml}$$

$$\text{FE} = \text{VES} / \text{VTD} = 75 / 125 = 3/5 = 0,6 = 60\%$$

Oui!! FE normale, par définition elle doit être $\geq 60\%$

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

A microscopic view of several red blood cells (erythrocytes) against a dark red background. The cells are biconcave and vary in focus, with some appearing sharp and others blurred. The central text is overlaid on this image.

III- TRAVAIL CARDIAQUE

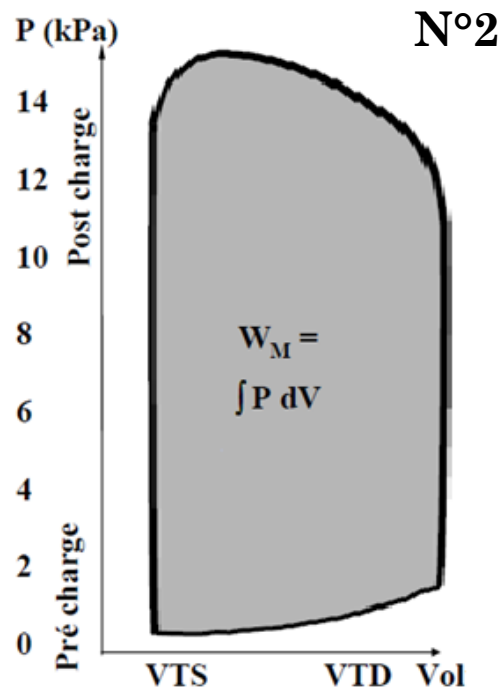
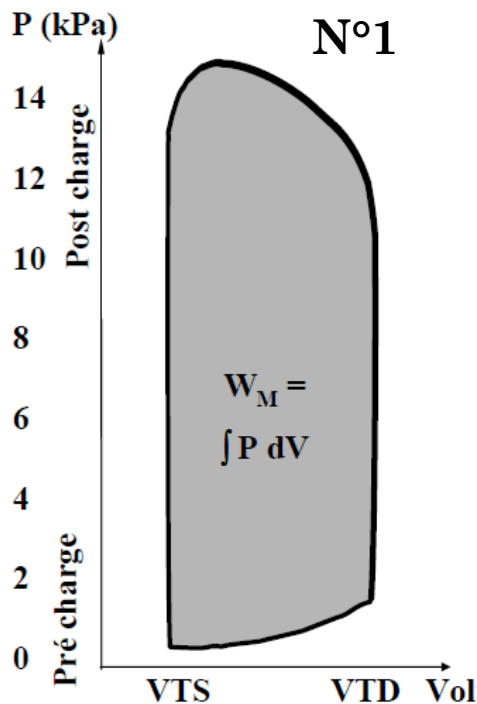
Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

III- TRAVAIL CARDIAQUE

Le cœur doit fournir un **travail mécanique** (W_M) pour compenser la perte de charge entre le retour veineux et le secteur artériel.

$$W_M = P \text{ éjection} \times V \text{ éjecté}$$

WM est proportionnel à la surface sous la courbe (++)



Laquelle de ces deux courbes représente un cœur qui fournit un travail mécanique plus élevé?

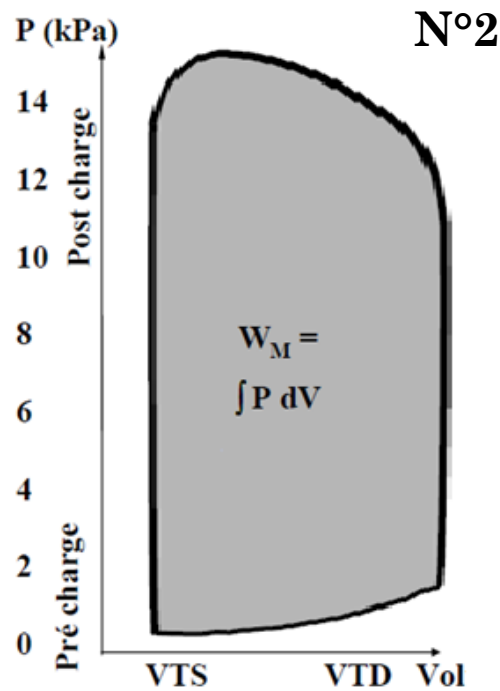
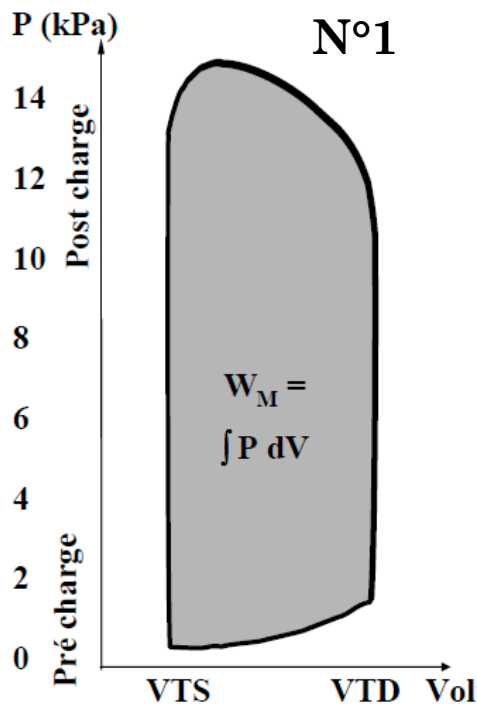
Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

III- TRAVAIL CARDIAQUE

Le cœur doit fournir un **travail mécanique** (W_M) pour compenser la perte de charge entre le retour veineux et le secteur artériel.

$$W_M = P \text{ éjection} \times V \text{ éjecté}$$

WM est proportionnel à la surface sous la courbe (++)



Laquelle de ces deux courbes représente un cœur qui fournit un travail mécanique plus élevé?

N°2

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

III- TRAVAIL CARDIAQUE

Travail de mise en tension du muscle cardiaque (WT) : charge contre laquelle les cellules du myocarde doivent se contracter.

$$WT = \alpha \int T dt$$

Loi de Laplace : $T = \Delta P \cdot r / e$

α : coefficient de proportionnalité ; T : tension pariétale ; r : rayon ;
 P : pression ; e : épaisseur paroi

si $\Delta P \nearrow \Rightarrow T \nearrow$ et $WT \nearrow$ en compensation : $e \nearrow$ aussi
(hypertrophie du myocarde)

III- TRAVAIL CARDIAQUE

Travail mécanique: $WM = \int P dV$

Travail de mise en tension: $WT = \alpha \int T dt$

→ **Travail total = WM + WT**

Rendement = $WM / (WM + WT) = 5\%$

Le travail mécanique du cœur ne représente que 5% du travail total.

L'essentiel (95%) est consacré à la mise en tension du myocarde.

The background of the slide is a deep red color, populated with numerous red blood cells. These cells are depicted in various sizes and orientations, some appearing as bright, glowing spheres and others as more elongated, biconcave discs. The lighting creates a sense of depth, with some cells in sharp focus and others blurred in the foreground or background, giving the impression of a microscopic view of blood.

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

Définition: capacité à assurer un **débit** circulatoire et des conditions de **pression** suffisantes pour répondre aux besoins de l'organisme avec un **rendement maximum**.

$$\text{Le débit : } Q = \text{VES} \cdot \text{FC}$$

VES = volume d'éjection systolique
FC = fréquence cardiaque
R = résistances périphériques

$$\text{La pression: } \Delta P = Q \cdot R$$

La performance ventriculaire dépend de 5 paramètres :

- 1- Contractilité myocardique
 - 2- Compliance myocardique
 - 3- Précharge ventriculaire
 - 4- Postcharge ventriculaire
 - 5- Fréquence cardiaque
- } VES

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

1) CONTRACTILITÉ



Relation de type?

Affine de type $f = ax + b$

$$P(v) = c.V - d$$

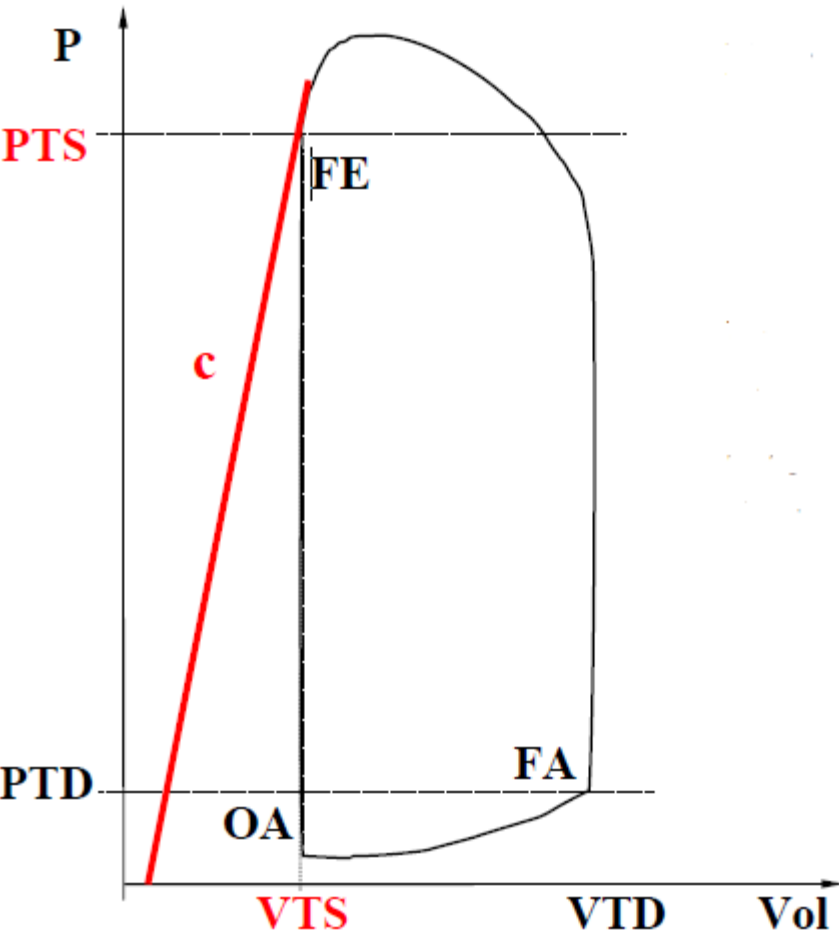
avec $c =$ contractilité

Définit la capacité du ventricule à se contracter pour éjecter le sang en **systole.**

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE

VENTRICULAIRE

1) CONTRACTILITÉ



Relation de type?

Affine de type $f = ax + b$

$$P(V) = c.V - d$$

avec $c = \text{contractilité}$

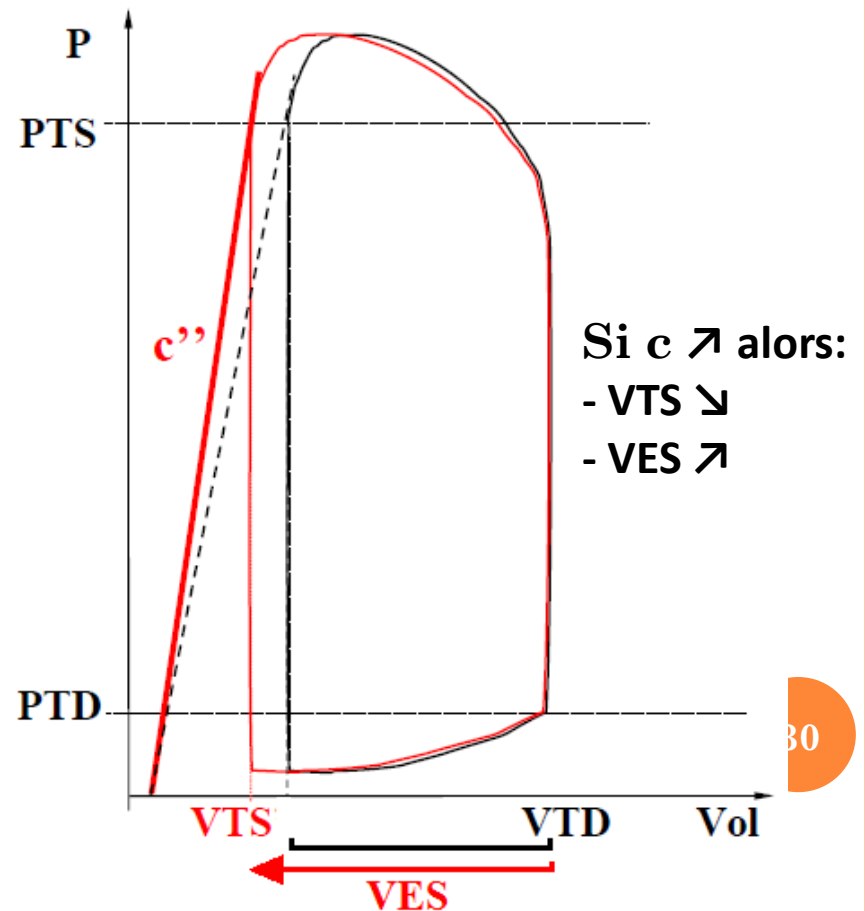
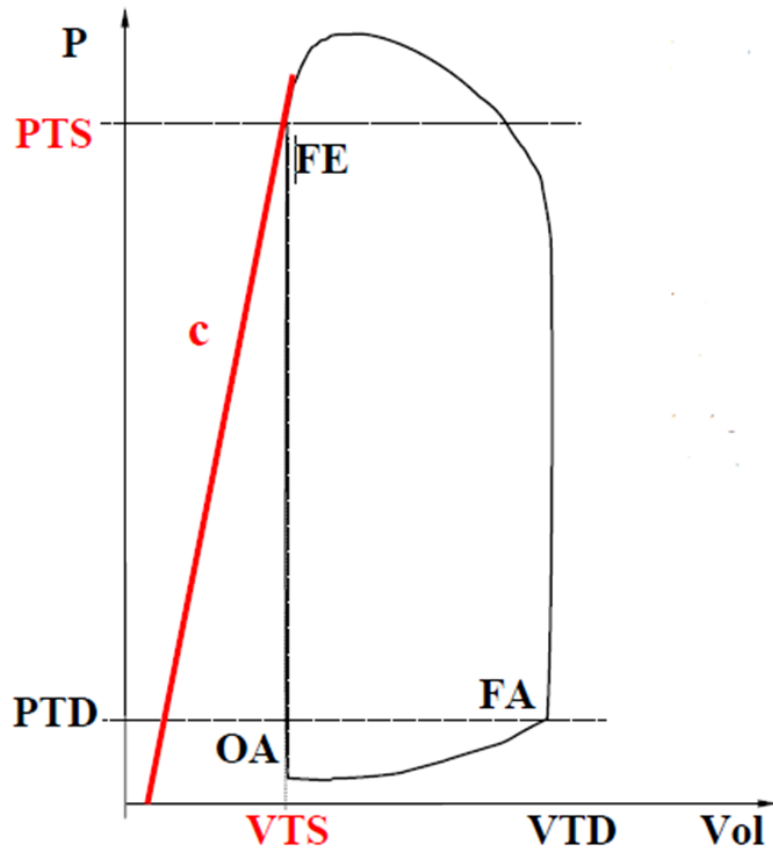
Définit la capacité du ventricule à se contracter pour éjecter le sang en **systole**.

La **contractilité** définit le point **FE** : point (PTS, VTS) entre la phase d'éjection et celle de relaxation isovolumétrique.

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

1) CONTRACTILITÉ

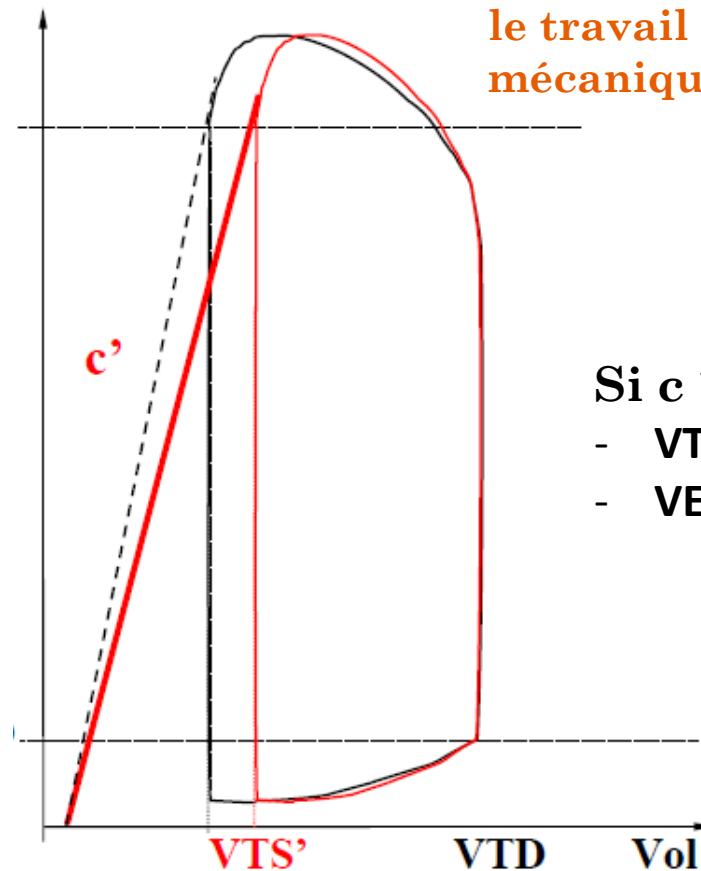
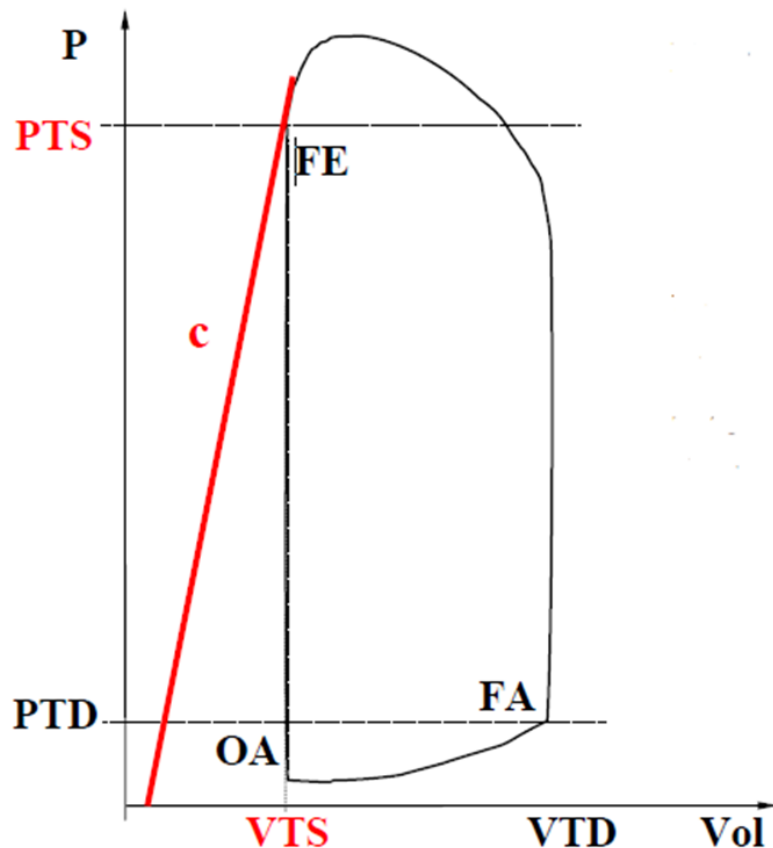
Si la contractilité augmente ($c \nearrow$) : comment varie VTS? VES?



IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

1) CONTRACTILITÉ

Si la contractilité baisse ($c \searrow$) : comment varie VTS?
VES?



Comment évolue
le travail
mécanique???

Si $c \searrow$ alors:

- VTS \nearrow
- VES \searrow

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

2) COMPLIANCE

Compliance : capacité à se laisser distendre passivement.

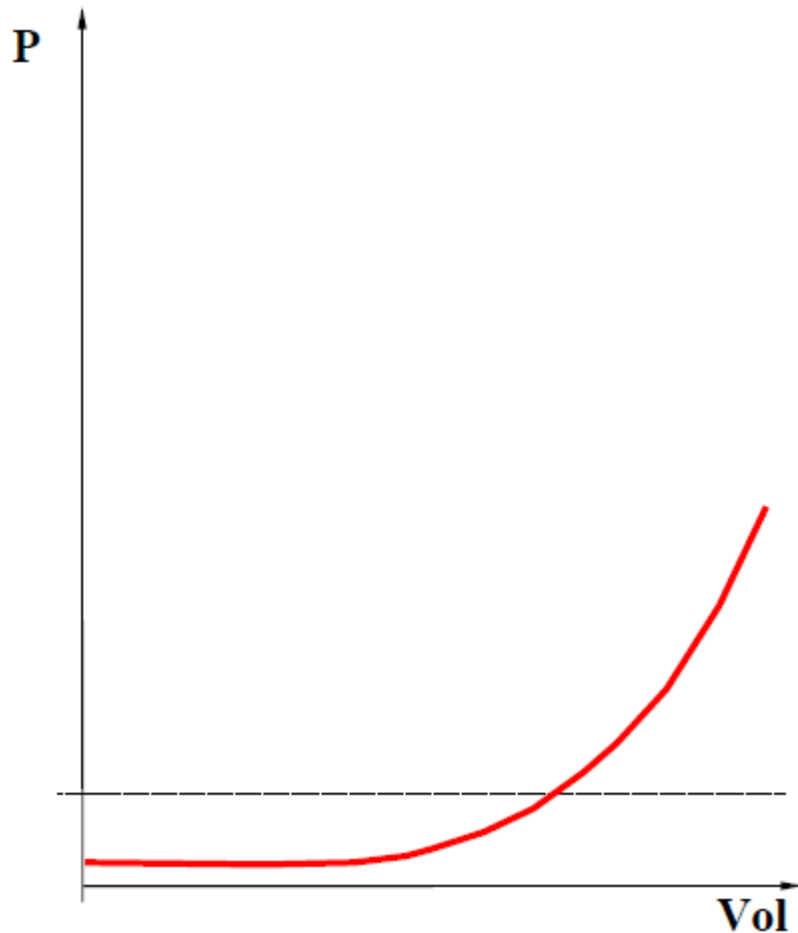
Elastance : inverse de la compliance, résistance à l'étirement.

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

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE

VENTRICULAIRE

2) COMPLIANCE



Relation de type?

→ Exponentielle

$$P(V) = a \exp(k.V) + b$$

avec k = élastance

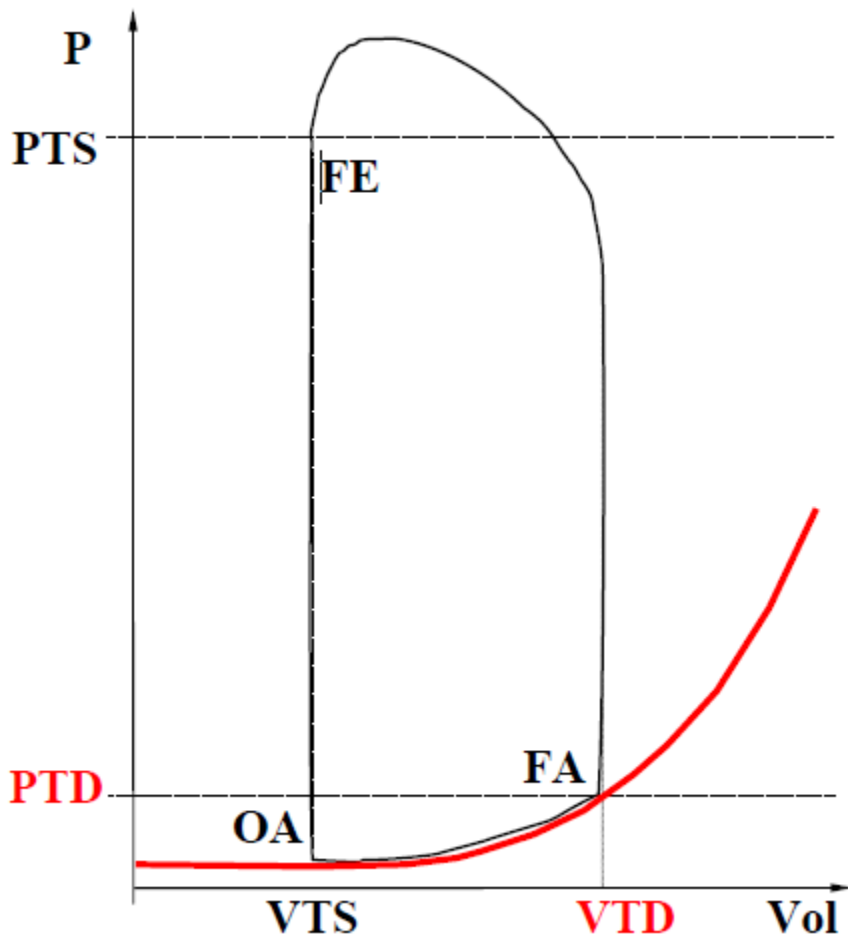
= $1/\text{compliance}$

Définit la façon dont le ventricule se laisse distendre passivement en **diastole**

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE

VENTRICULAIRE

2) COMPLIANCE



Relation de type?

→ Exponentielle

$$P(v) = a \exp (k.V) + b$$

avec $k = \text{élastance}$
 $= 1/\text{compliance}$

Définit la façon dont le ventricule se laisse distendre passivement en **diastole**

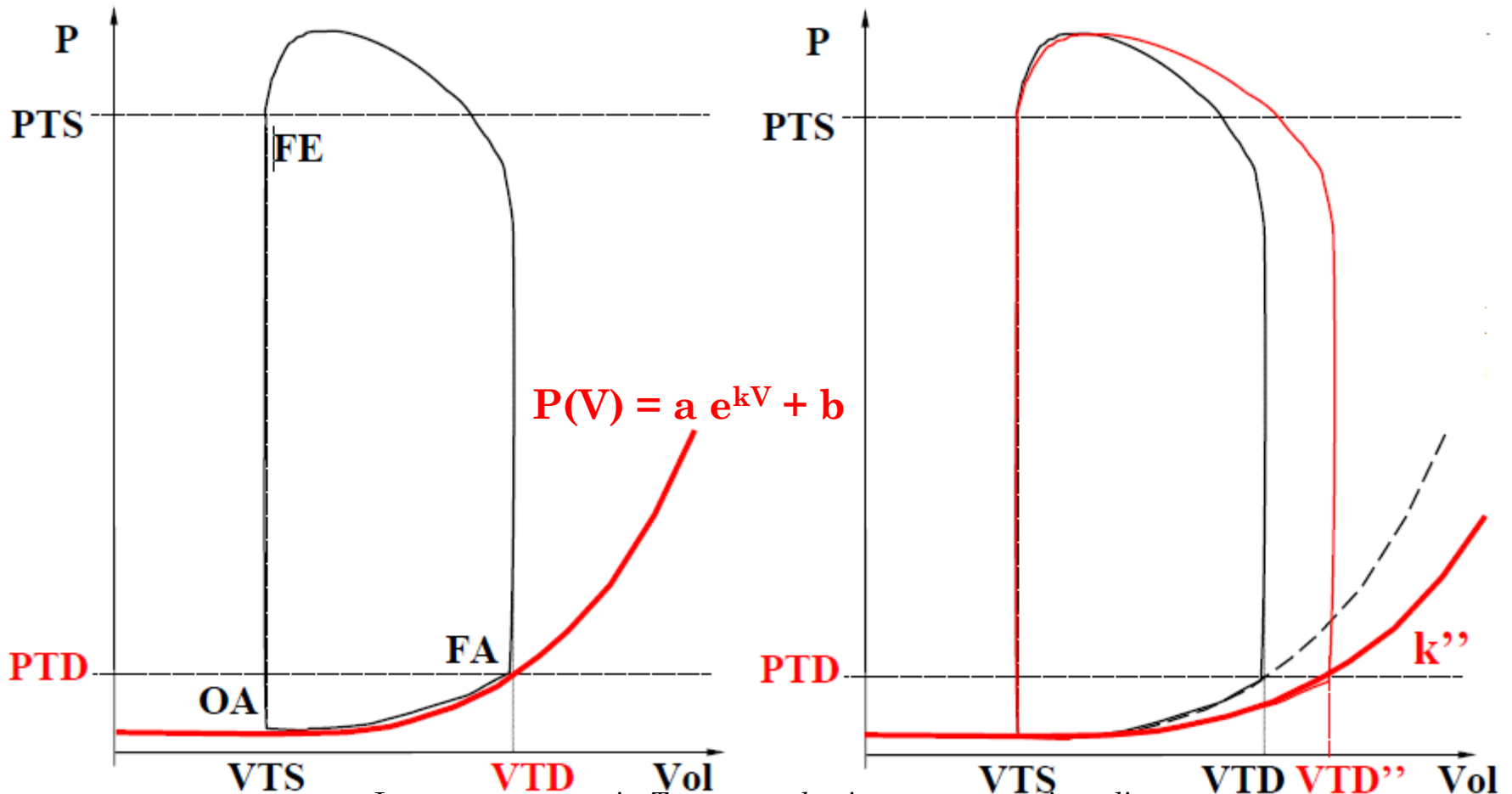
Définit le point **FA** : point (**PTD, VTD**) entre la phase de remplissage et celle de contraction isovolumétrique.

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

2) COMPLIANCE

Si la compliance augmente ($1/k \nearrow$) comment varie VTD? VTS? VES?

Pour $k'' < k$:
VTD'' \nearrow
VES'' \nearrow



IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

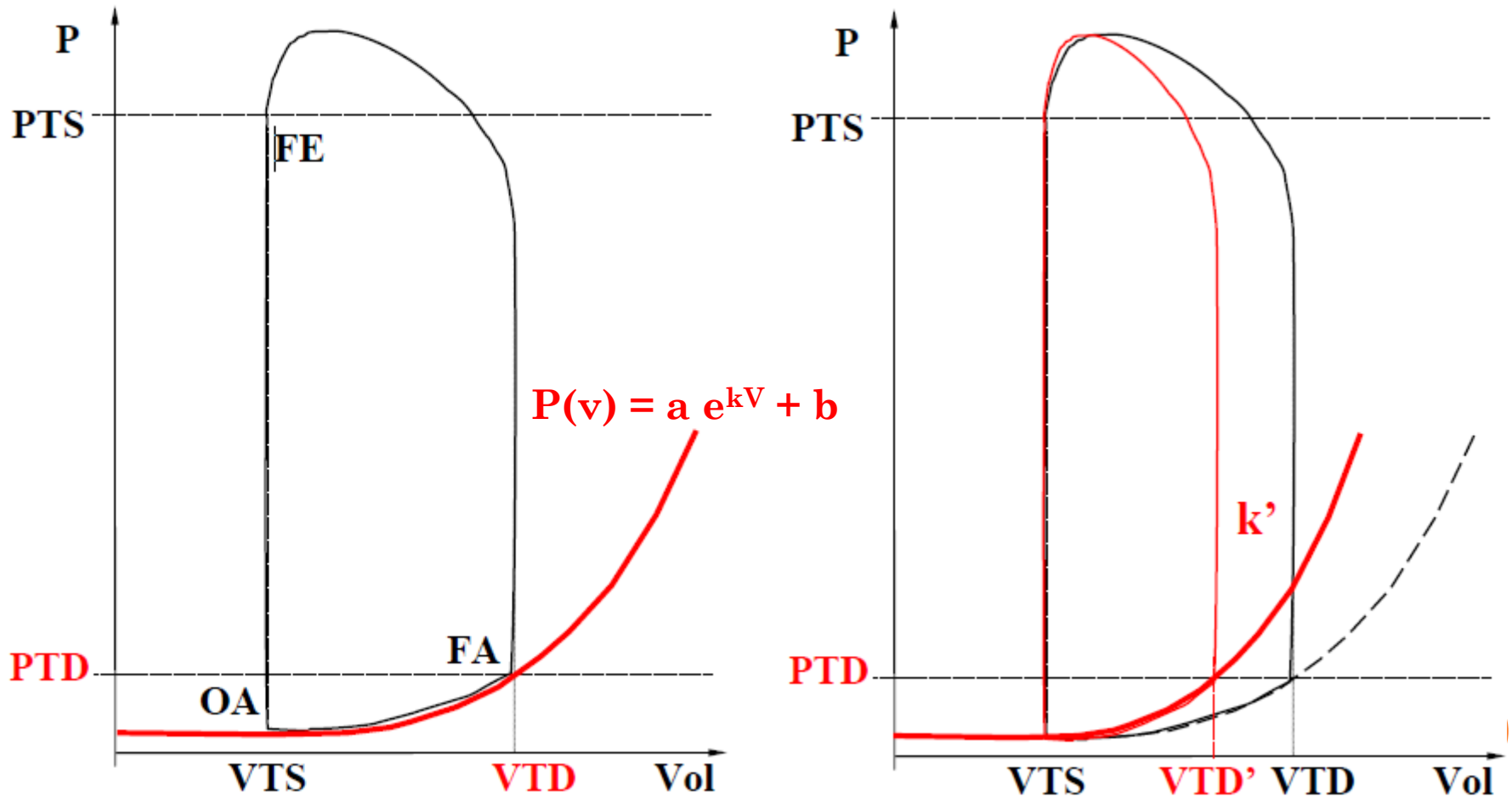
2) COMPLIANCE

Pour $k' > k$

$VTD' \downarrow$

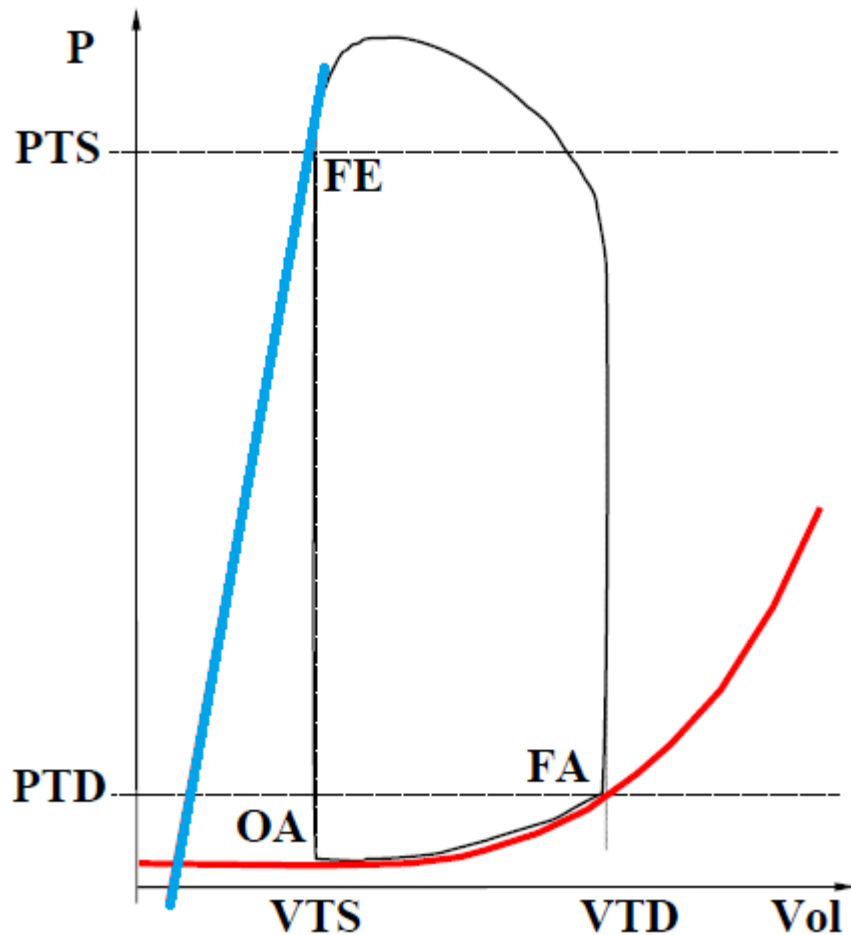
$VES' \downarrow$

Si la compliance baisse ($1/k \downarrow$) comment varie VTD? VTS? VES?



IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

3) RÉCAP'



La **contractilité**

Définit le point **FE**

→ Si contractilité \nearrow , VTS \searrow , VES \nearrow

→ Si contractilité \searrow , VTS \nearrow , VES \searrow

La **compliance** est responsable de la forme de la courbe P/V lors du remplissage diastolique

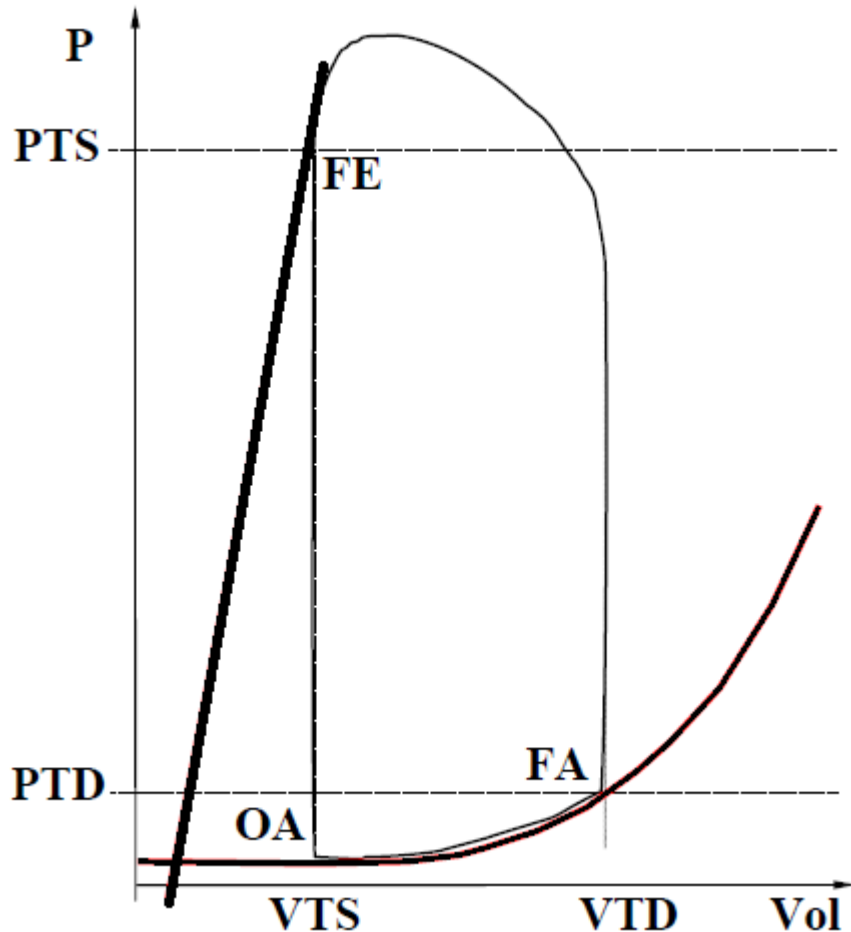
Définit le point **FA**

→ Si compliance \nearrow , VTD \nearrow , VES \nearrow

→ Si compliance \searrow , VTD \searrow , VES \searrow

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

3) PRÉ-CHARGE = PRESSION TÉLÉ-DIASTOLIQUE (PTD)



PTD: pression induite par le sang qui rentre dans le ventricule lors de la diastole.

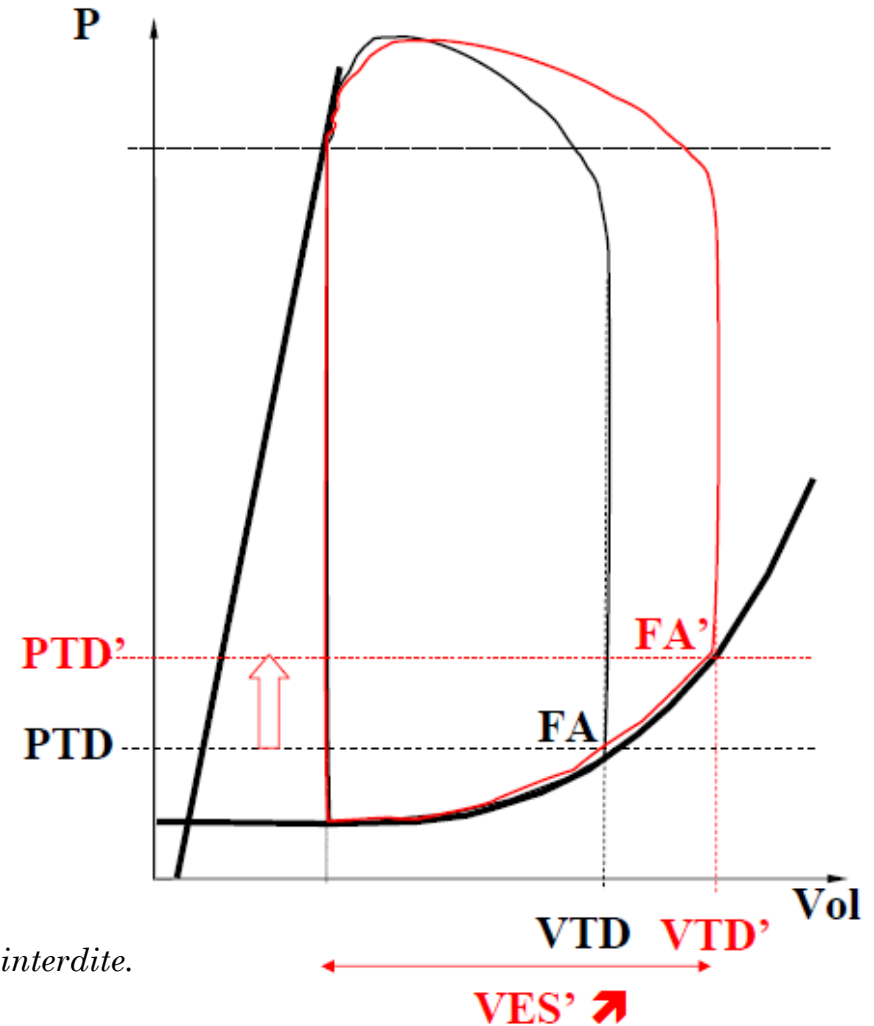
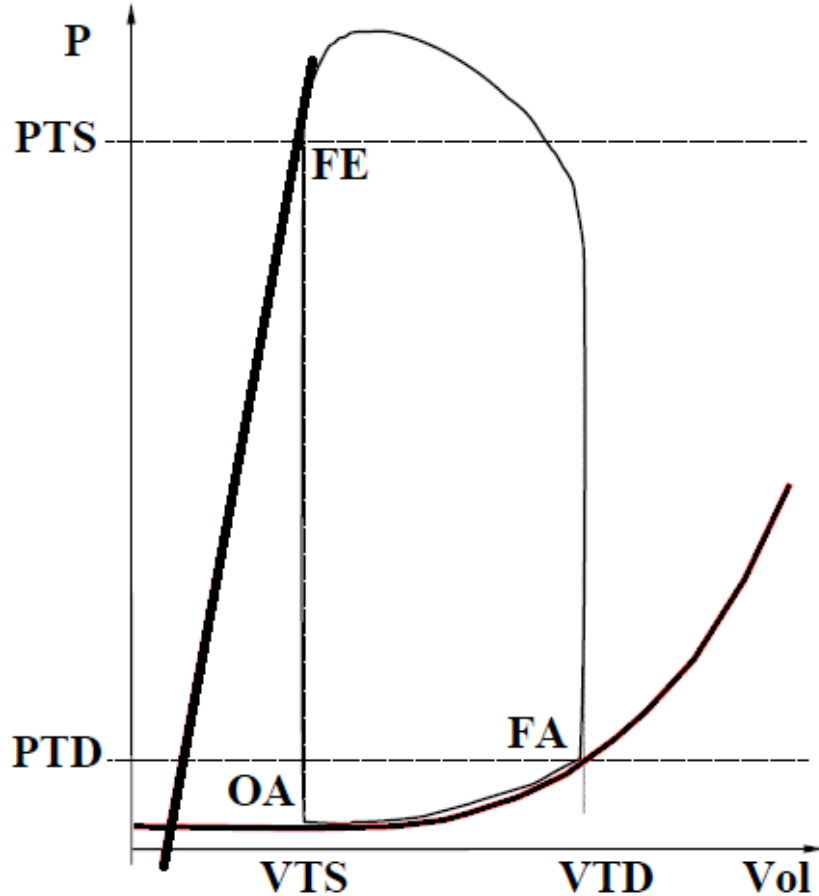
- Déterminant du point FA avec la compliance.
- Dépend de la quantité de sang qui revient au cœur

→ On peut donc dire que la pré-charge dépend du **retour veineux**.

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

3) PRÉ-CHARGE = PRESSION TÉLÉ-DIASTOLIQUE (PTD)

Si la pré-charge augmente (PTD \nearrow) comment varie VTD? VTS? VES?



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

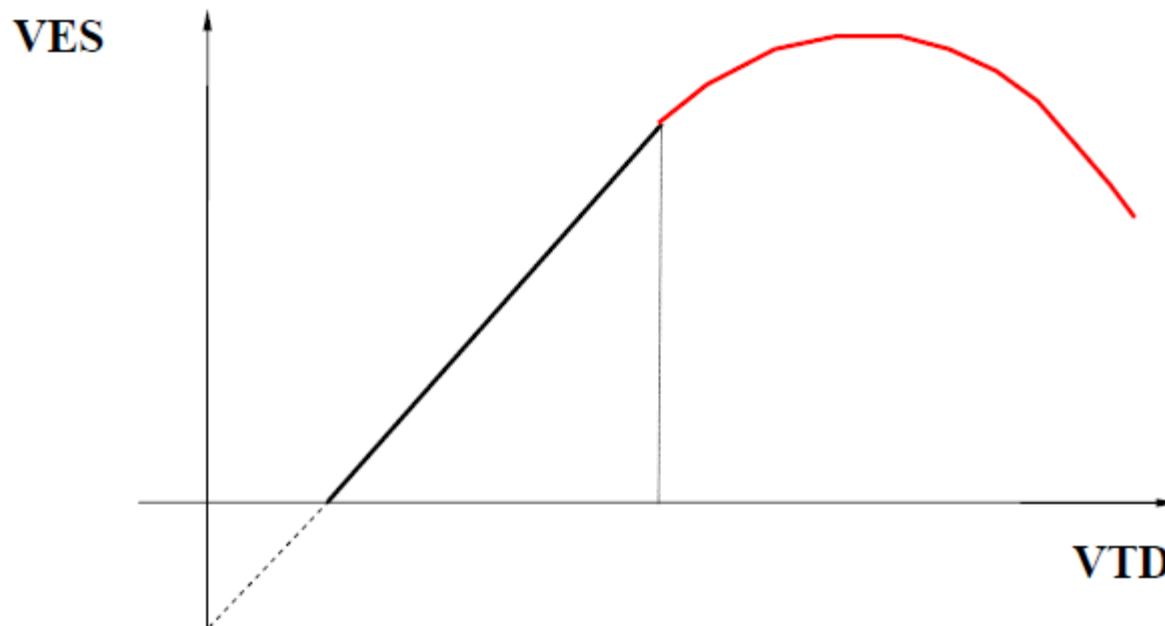
IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

3) PRÉ-CHARGE = PRESSION TÉLÉ-DIASTOLIQUE (PTD)

Attention: L'augmentation du retour veineux (\nearrow pré-charge) entraîne:

- toujours une augmentation VTD
- une augmentation de VES jusqu'à un certain point.

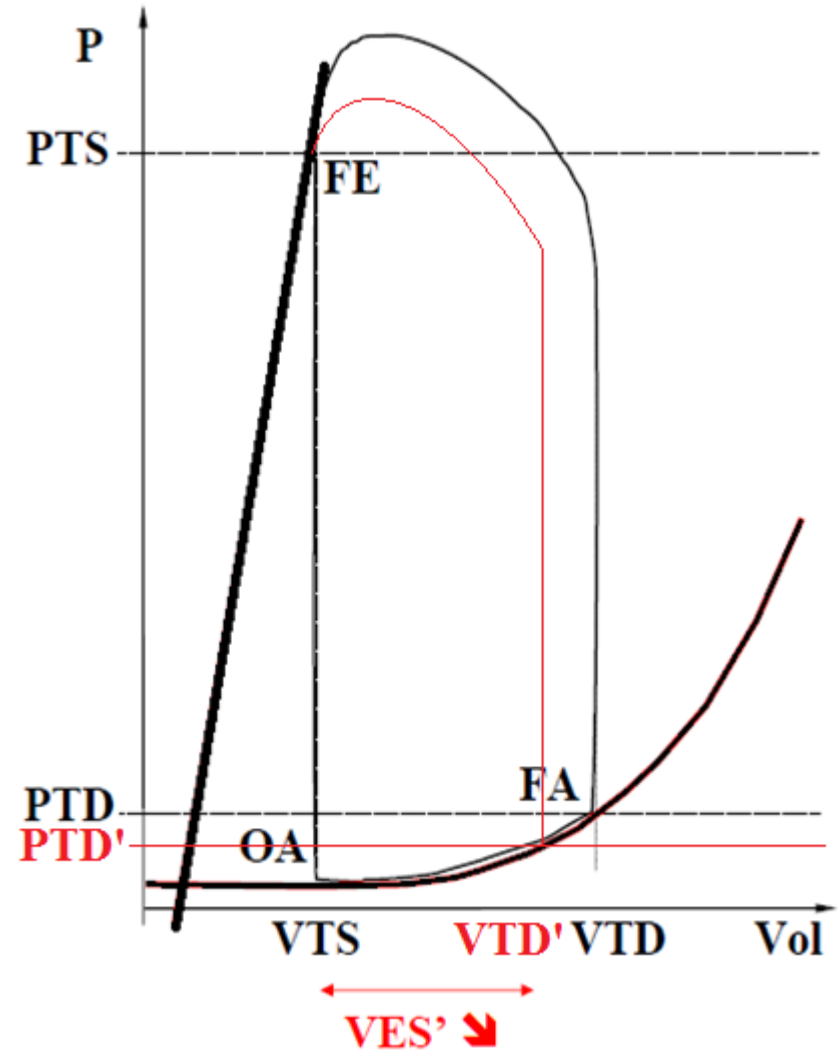
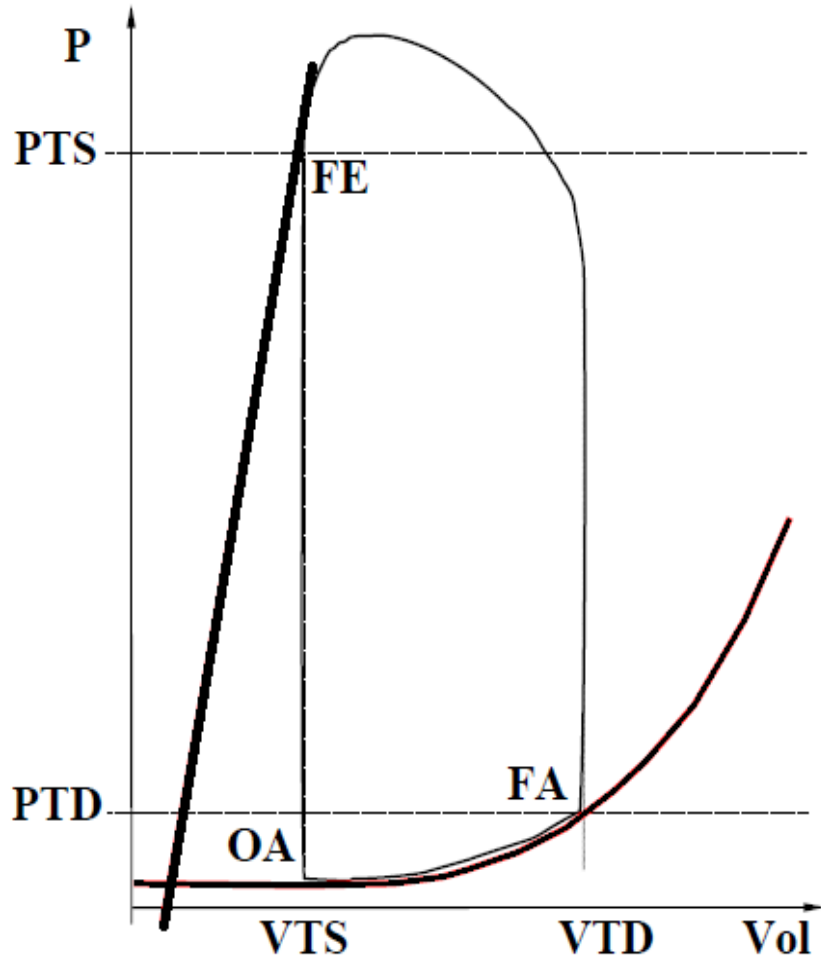
→ *Explication:* **Loi de Starling (+)**



IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

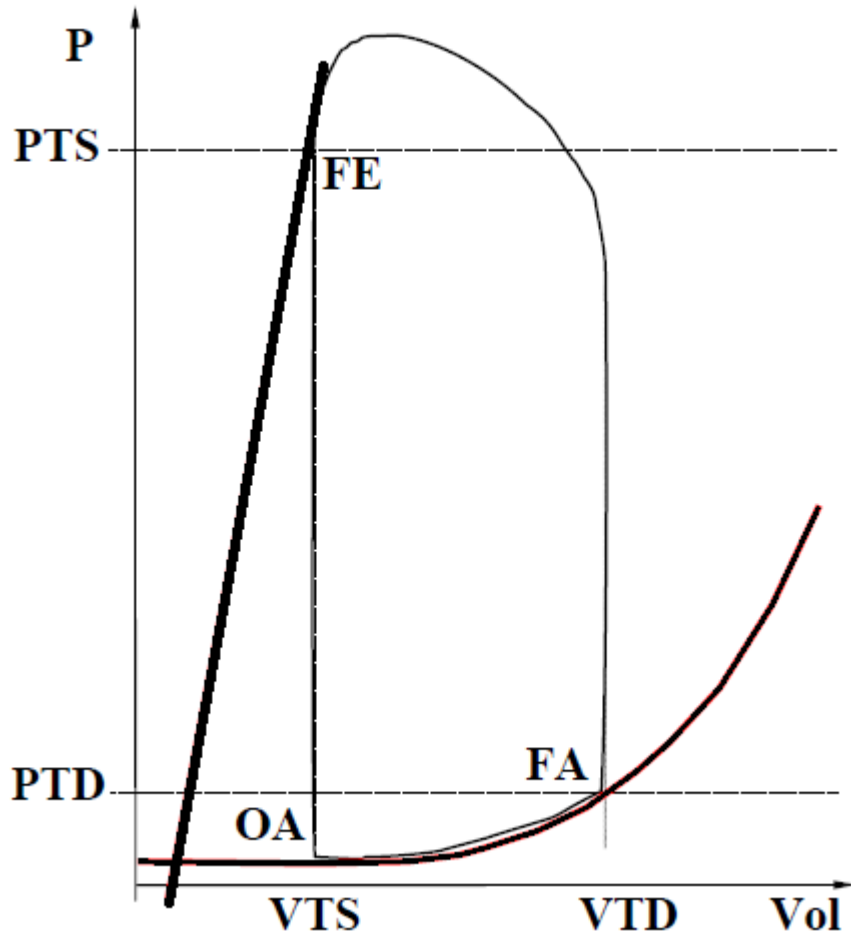
3) PRÉ-CHARGE = PRESSION TÉLÉ-DIASTOLIQUE (PTD)

Si la pré-charge baisse (PTD \downarrow) comment varie VTD? VTS? VES?



IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

4) POST-CHARGE = PRESSION TÉLÉ-SYSTOLIQUE (PTS)



PTS: pression contre laquelle le ventricule doit lutter pour éjecter le sang dans l'aorte.

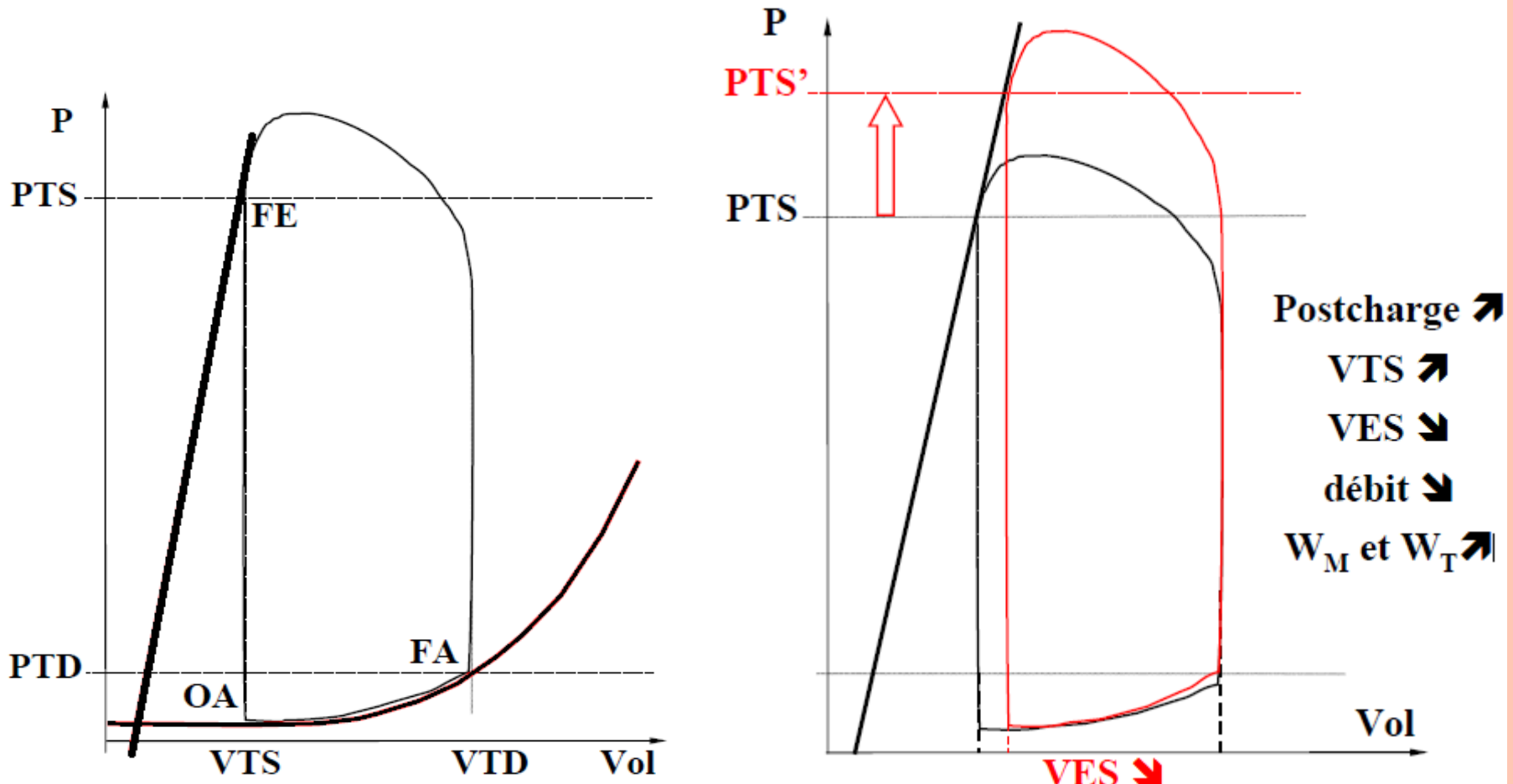
- Déterminant du point FE avec la contractilité.
- Dépend des résistances dans l'aorte : $\Delta P = R \cdot Q$

→ On peut dire que la post-charge dépend de la **pression artérielle**.

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

4) POST-CHARGE = PRESSION TÉLÉ-SYSTOLIQUE (PTS)

Si la post-charge augmente ($PTS \nearrow$) comment varie VTD? VTS? VES?

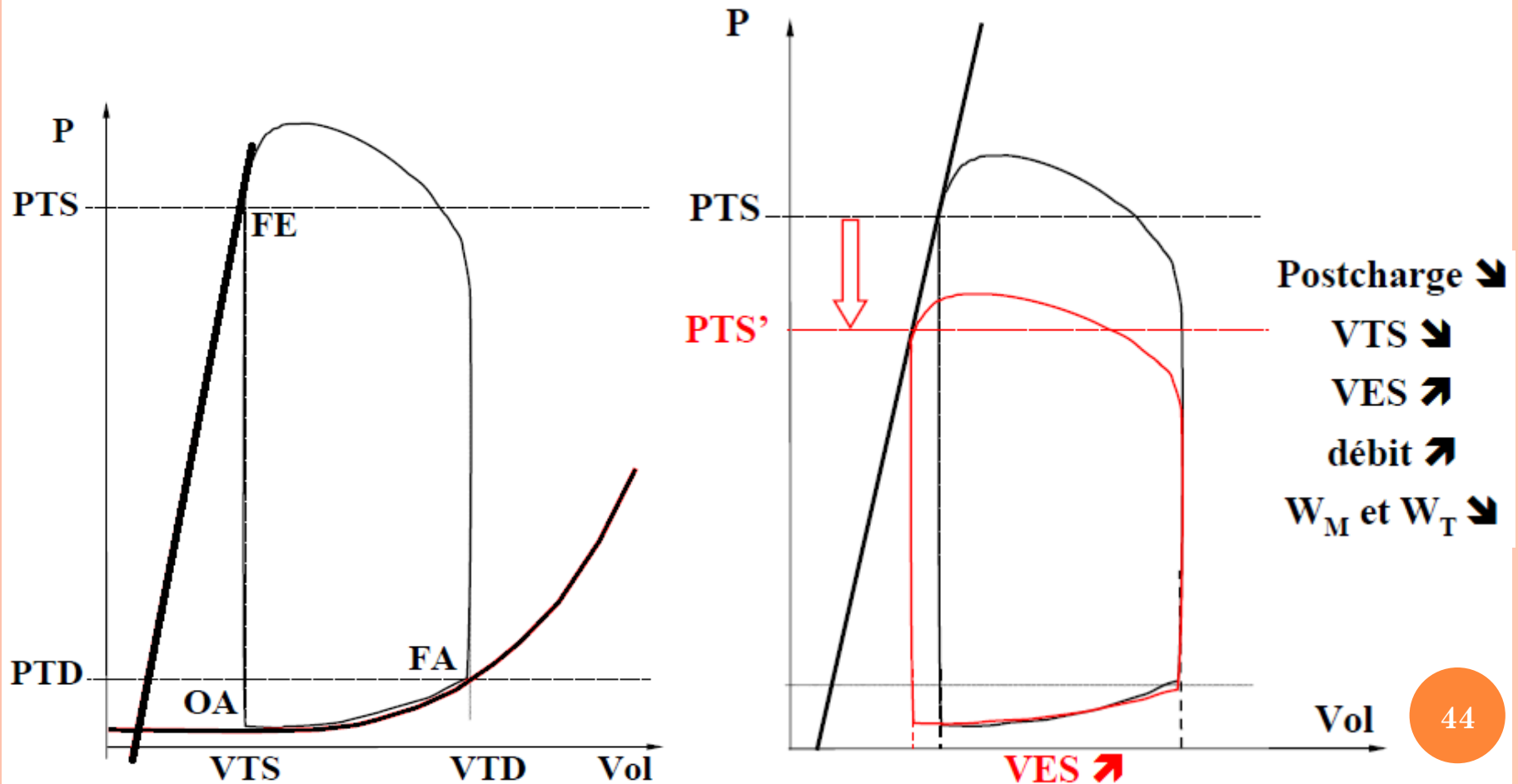


Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

4) POST-CHARGE = PRESSION TÉLÉ-SYSTOLIQUE (PTS)

Si la post-charge baisse (PTS \searrow) comment varie VTD? VTS? VES?



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

IV- DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE VENTRICULAIRE

5) FRÉQUENCE CARDIAQUE

Agit directement et rapidement sur le débit :

$$Q = VES \times FC$$

Remarque :

Plus il y a de contractions par unité de temps, plus il y a de consommation d'énergie et moins bon est le rendement.

Fréquence cardiaque maximale théorique :

$$FC_{max} = 220 - \text{âge}$$

A microscopic view of several red blood cells (erythrocytes) against a dark red background. The cells are biconcave and vary in focus, with some appearing sharp and others blurred. The central text is overlaid on this image.

DES QUESTIONS????

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

The background of the slide is a deep red color, populated with numerous red blood cells. These cells are depicted in various orientations and focus levels, creating a sense of depth and movement. Some cells are sharp and prominent, while others are blurred in the foreground or background.

MAINTENANT PASSONS AUX QMS!!

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

QCM1: Dans l'hypertension artérielle, la pression téléstolique du ventricule gauche augmente.

Toutes choses étant égales par ailleurs, il y a donc au niveau du ventricule gauche:

- A) une diminution du volume d'éjection systolique (VES).
- B) une augmentation de la fraction d'éjection.
- C) une augmentation de la compliance ventriculaire.
- D) une augmentation du volume téléstolique (VTS).
- E) une diminution du travail mécanique cardiaque.

QCM1: Dans l'hypertension artérielle, la pression téléstolique du ventricule gauche augmente.

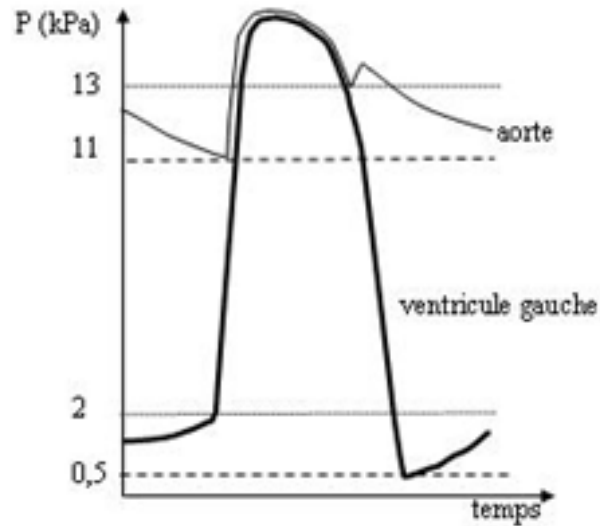
Toutes choses étant égales par ailleurs, il y a donc au niveau du ventricule gauche:

- A) une diminution du volume d'éjection systolique (VES).
- B) une augmentation de la fraction d'éjection.
- C) une augmentation de la compliance ventriculaire.
- D) une augmentation du volume téléstolique (VTS).
- E) une diminution du travail mécanique cardiaque.

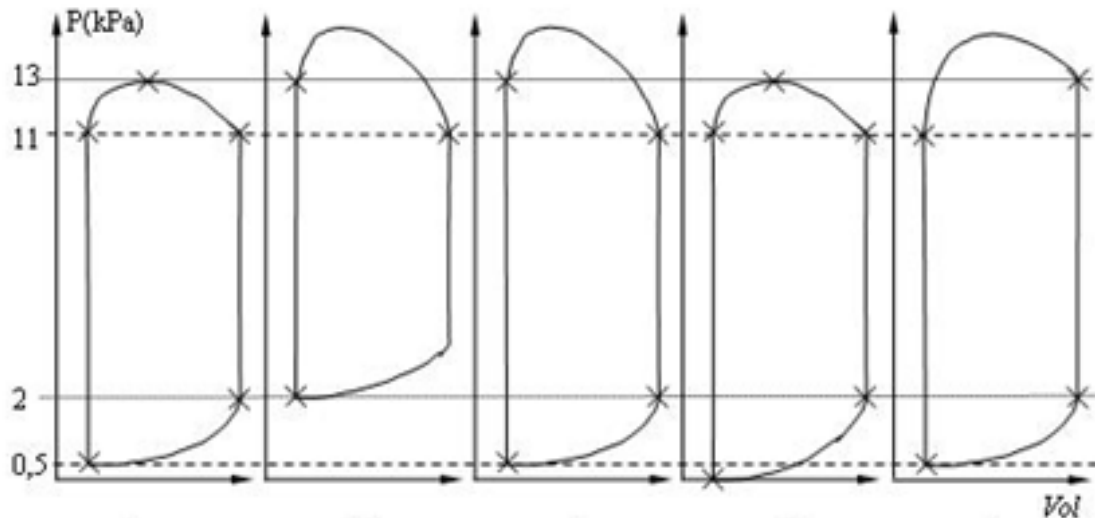
Réponse: A,D, voir diapo 40

QCM 2:

Soit la courbe d'évolution de la pression ventriculaire gauche (en trait gras) en fonction du temps :



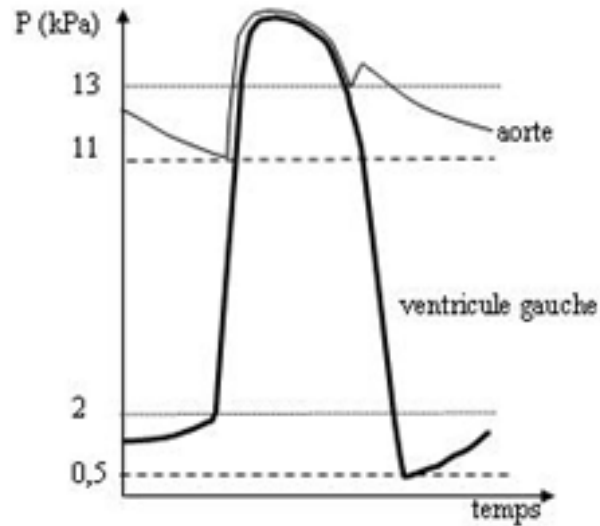
Quelle est la boucle pression (P) volume (Vol) correspondante ?



A Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite. B C D E

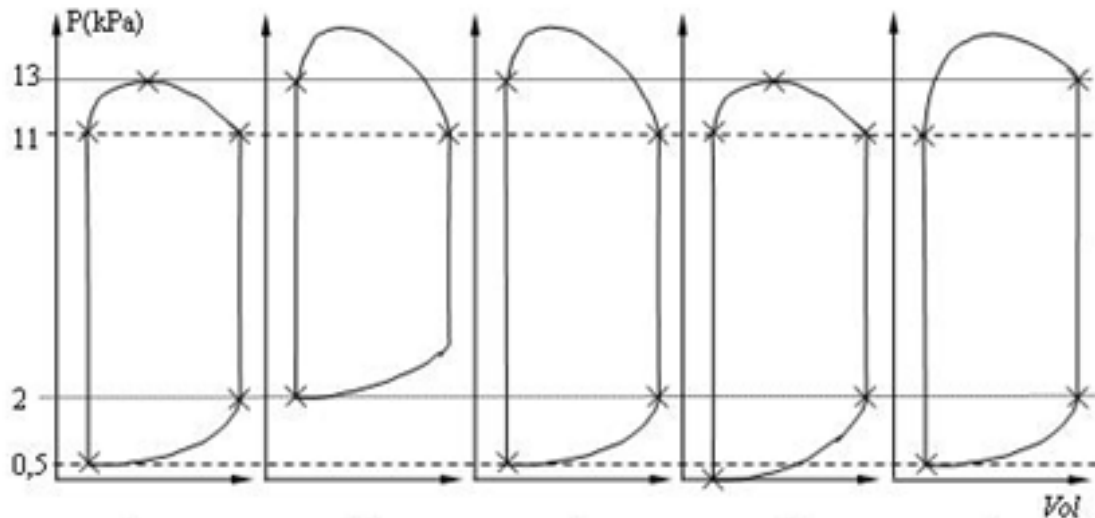
QCM 2:

Soit la courbe d'évolution de la pression ventriculaire gauche (en trait gras) en fonction du temps :



Réponse: C

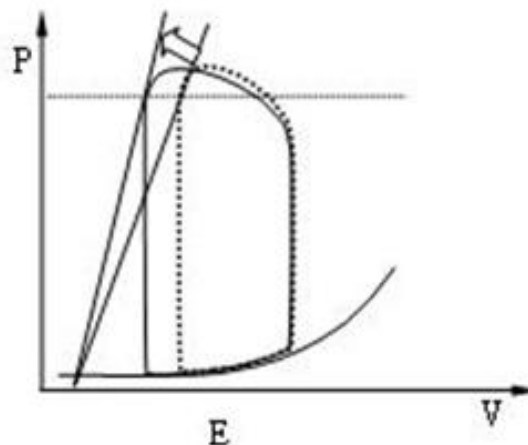
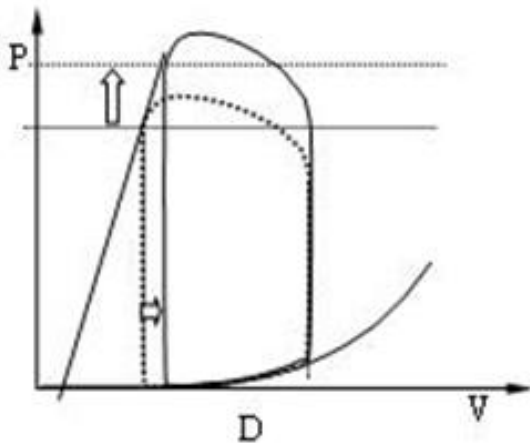
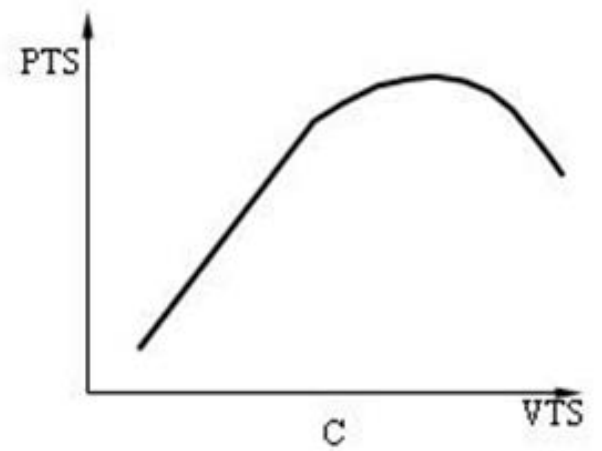
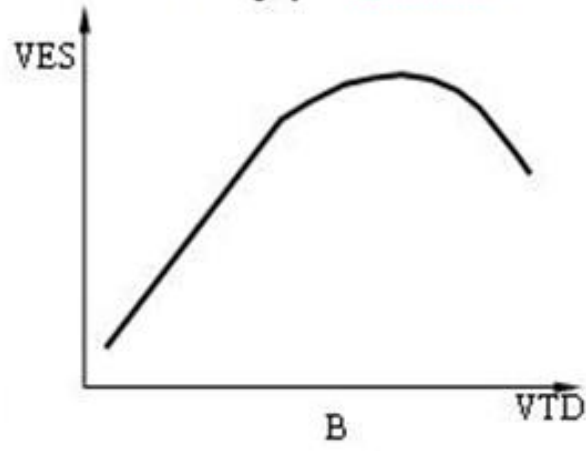
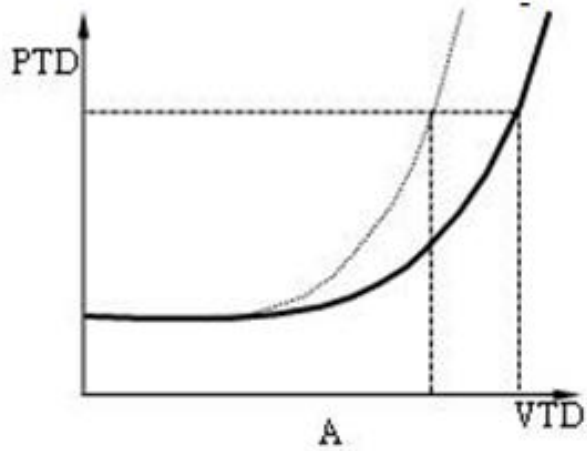
Quelle est la boucle pression (P) volume (Vol) correspondante ?



A Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite. B C D E

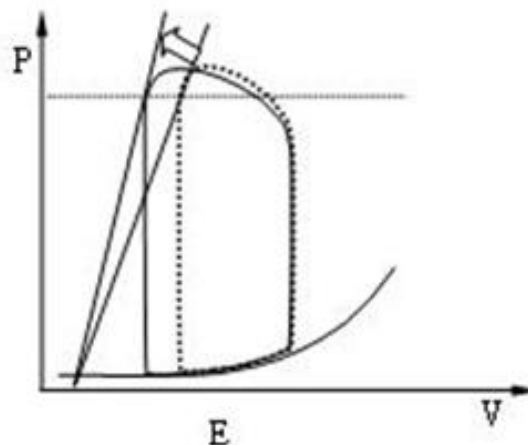
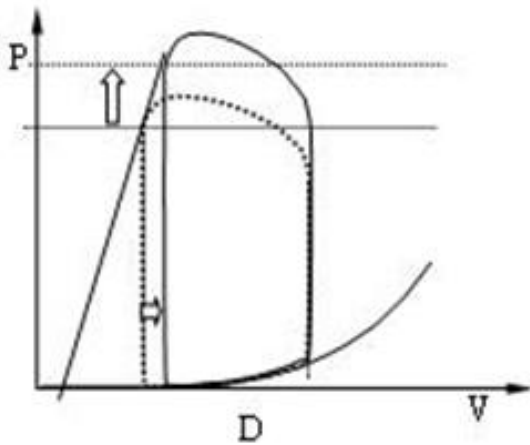
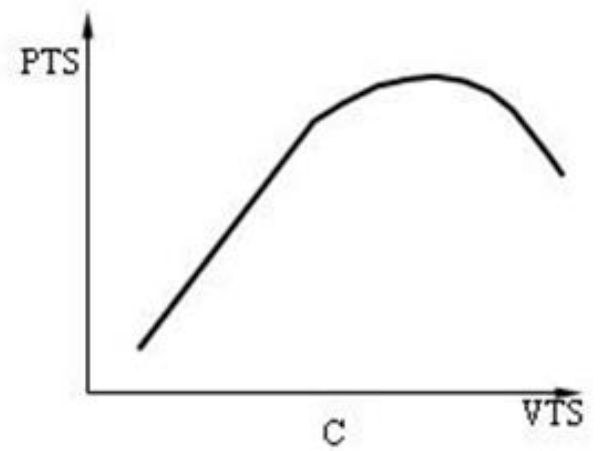
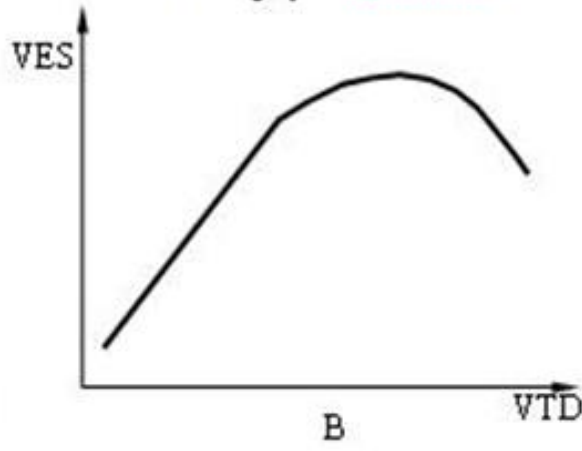
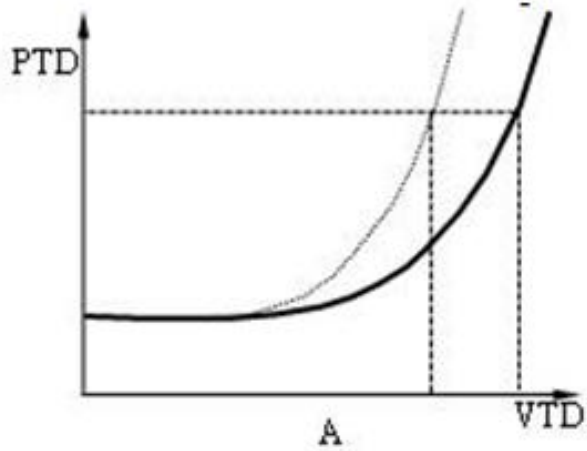
QCM 3:

Quelle est la courbe illustrant le phénomène dit de loi de Starling.



QCM 3:

Quelle est la courbe illustrant le phénomène dit de loi de Starling.



Réponse: B

FINI!!!

MERCI POUR VOTRE

ATTENTION, BON

COURAGE!!!