

*UEMPSfO - Physiologie*

## Chapitre 4 :

# La pompe cardiaque, le débit cardiaque et son contrôle

Professeur Christophe RIBUOT

Année universitaire 2011/2012

Université Joseph Fourier de Grenoble - Tous droits réservés.

# Plan du cours

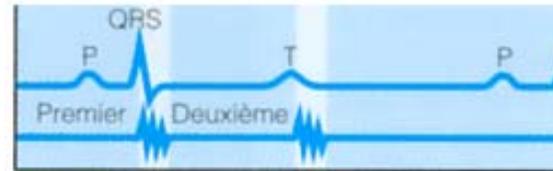
La pompe cardiaque :

- 1) Le cycle cardiaque.
- 2) La courbe pression-volume du ventricule gauche.
- 3) Les bruits cardiaques.
- 4) La relation longueur - tension
- 5) Le débit cardiaque et son contrôle.

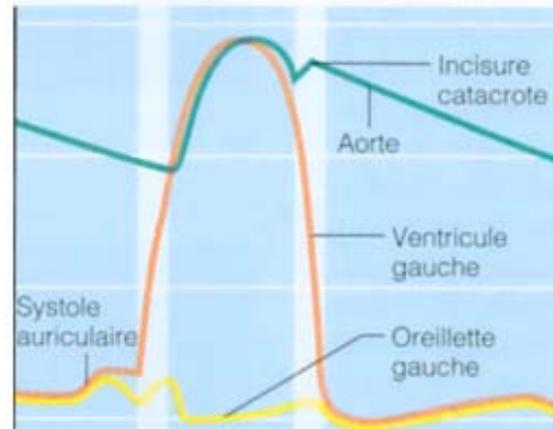
# Le cycle cardiaque

## Cœur gauche

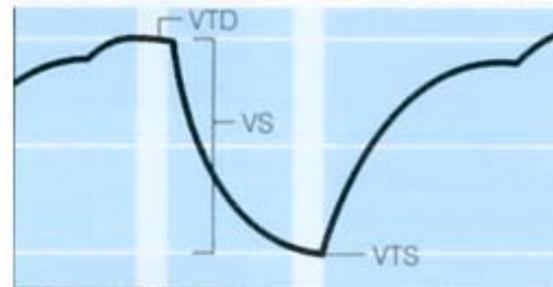
Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme



Pression (mmHg)



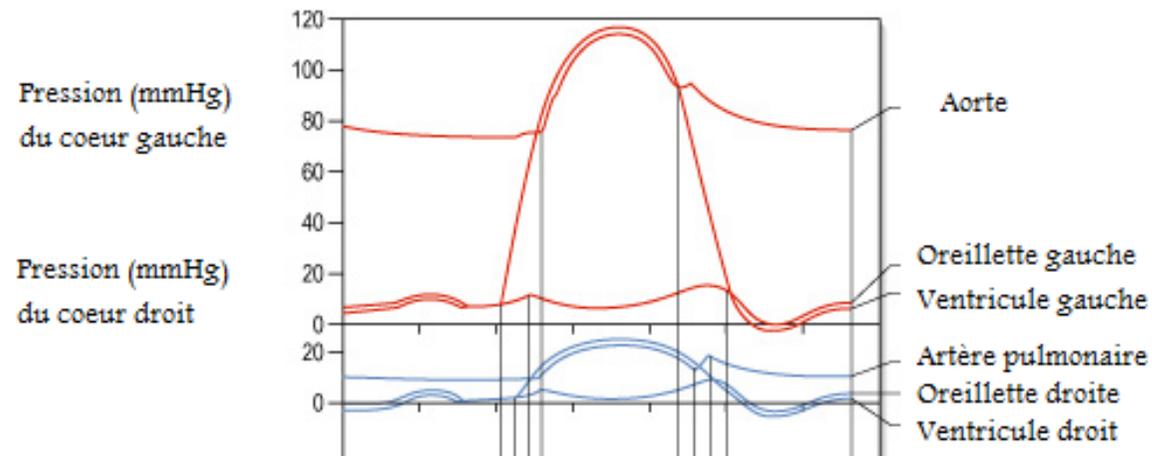
Volume  
Ventriculaire (ml)



Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

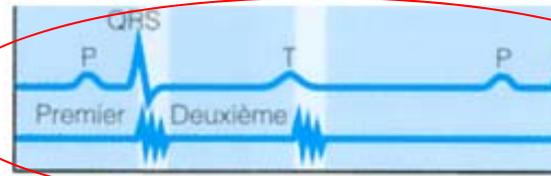
# Le cycle cardiaque



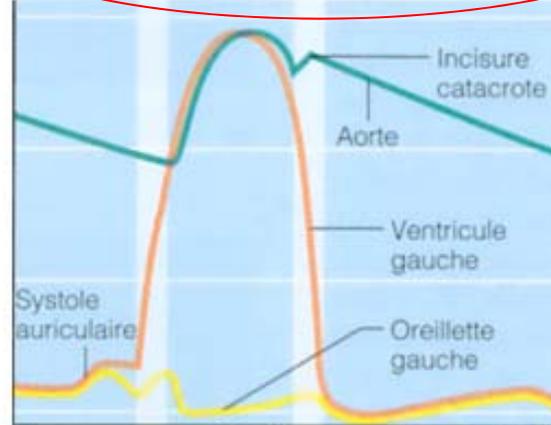
# Le cycle cardiaque

## Cœur gauche

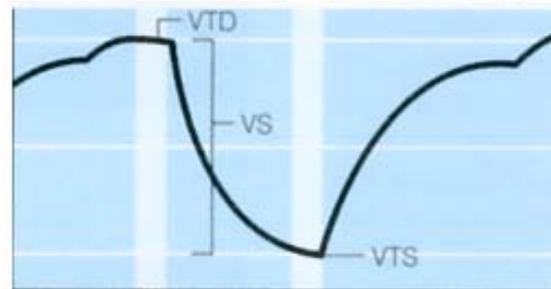
Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme



Pression (mmHg)



Volume  
Ventriculaire (ml)



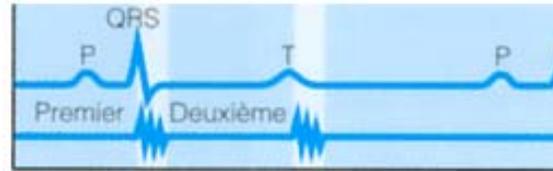
Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

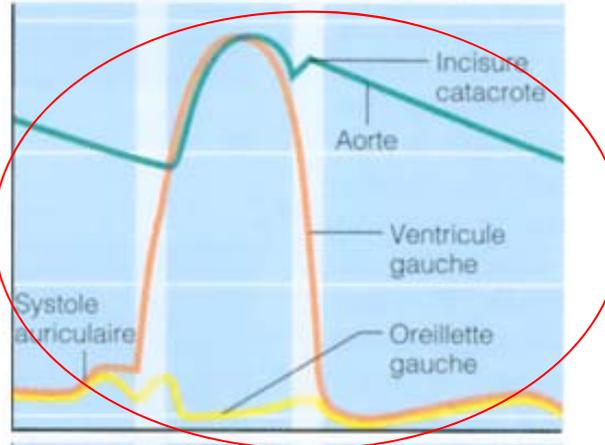
# Le cycle cardiaque

## Cœur gauche

Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme



**Pression (mmHg)**



Volume  
Ventriculaire (ml)



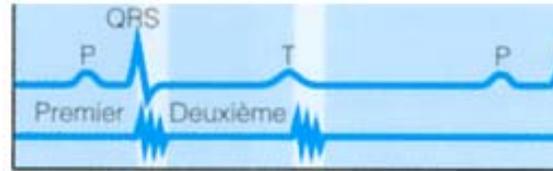
Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

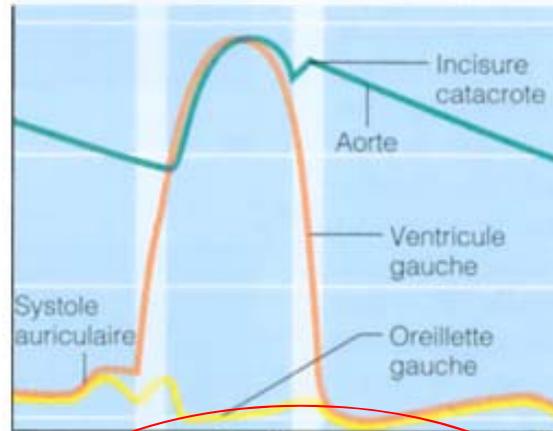
# Le cycle cardiaque

## Cœur gauche

Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme

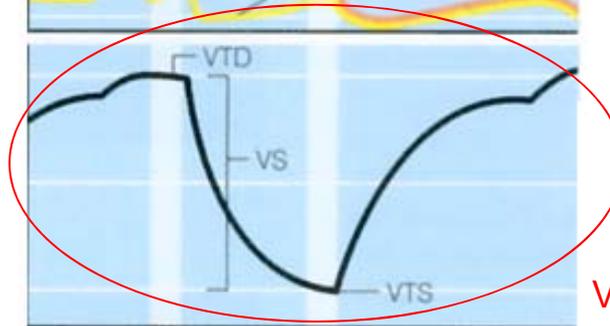


Pression (mmHg)



Volume télédiastolique

**Volume  
Ventriculaire (ml)**



Volume télésystolique

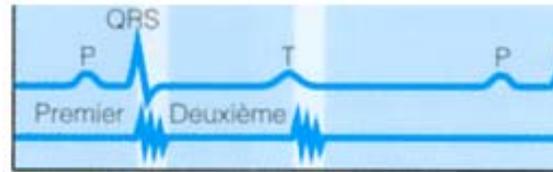
Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

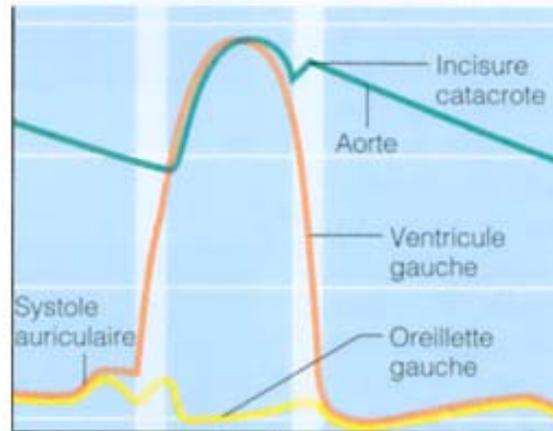
# Le cycle cardiaque

## Cœur gauche

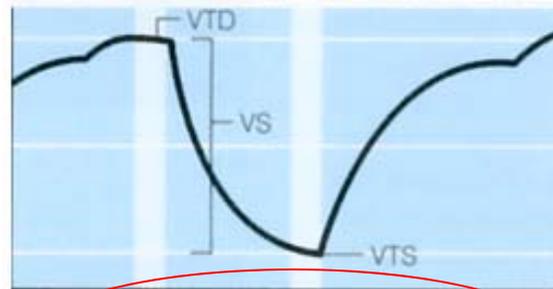
Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme



Pression (mmHg)



Volume  
Ventriculaire (ml)



**Valves auriculo-ventriculaires**  
**Valves aortique et pulmonaire**

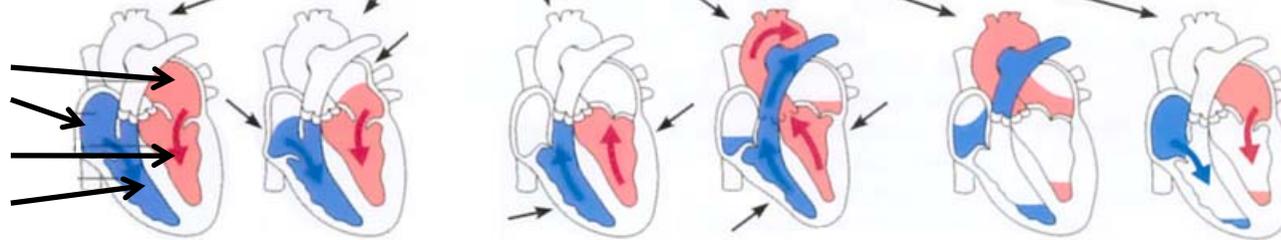
Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

# Le cycle cardiaque

Valves aortique et pulmonaire  
 Valves auriculo-ventriculaires  
 Phases

Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées
1	2a	2b
3	1	

O. G.  
 O. D.  
 V. G.  
 V. D.



Phases



Mésodiastole et télédiastole

Systole ventriculaire

Protodiastole

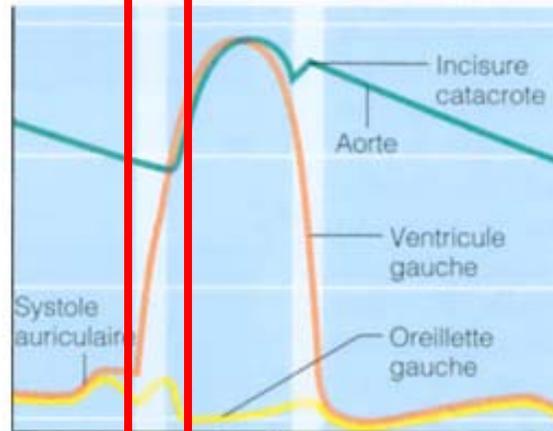
# Le cycle cardiaque

Cœur gauche

Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme

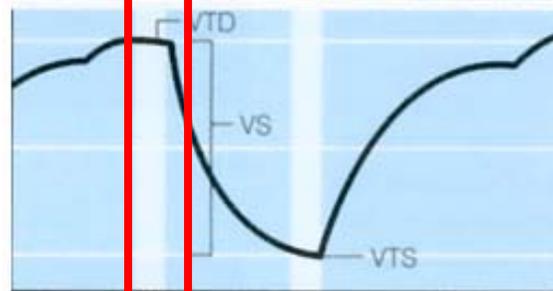


Pression (mmHg)



**Contraction  
isovolumétrique**

Volume  
Ventriculaire (ml)



Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

# Le cycle cardiaque

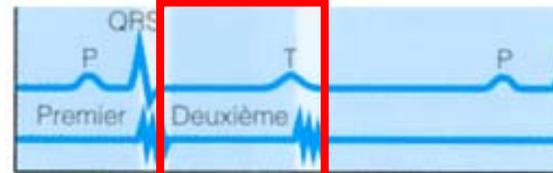
La contraction isovolumétrique en résumé :

- 1) fermeture de la valve mitrale,
- 2) contraction isovolumétrique du VG,
- 3) baisse de la pression aortique alors que la pression intraventriculaire augmente,
- 4) ouverture de la valve aortique lorsque la pression intraventriculaire est supérieure à la pression aortique.

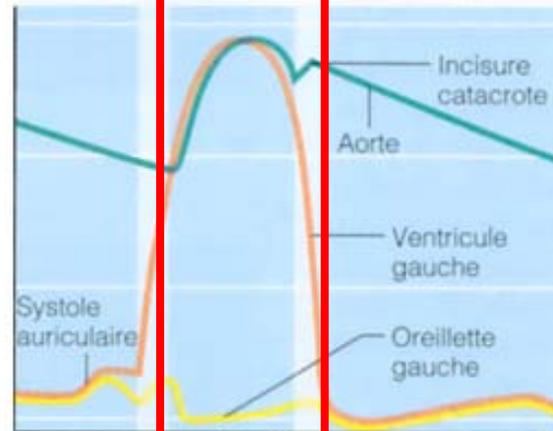
# Le cycle cardiaque

## Cœur gauche

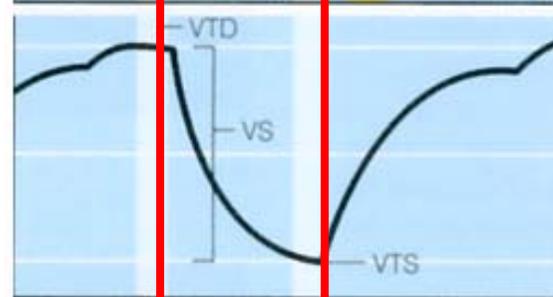
Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme



Pression (mmHg)



Volume  
Ventriculaire (ml)



Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

**Ejection  
ventriculaire :  
phases active  
puis passive**

# Le cycle cardiaque

L'éjection ventriculaire en résumé :

- 1) ouverture de la valve aortique
- 2) éjection active sous l'effet de la contraction isotonique du VG,
- 3) éjection passive,
- 4) fermeture de la valve aortique.

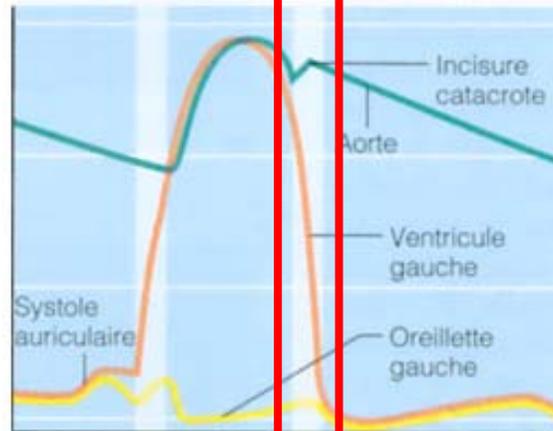
# Le cycle cardiaque

## Cœur gauche

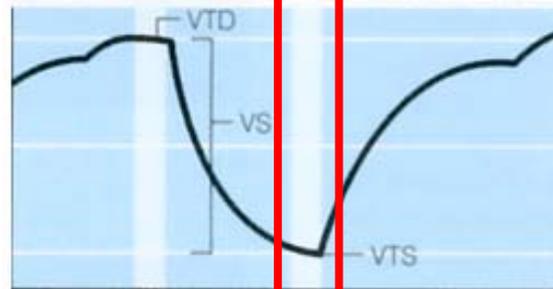
Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme



Pression (mmHg)



Volume  
Ventriculaire (ml)



Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

Ouvertes	Fermées		Ouvertes
Fermées	Ouvertes		Fermées

**Relaxation  
isovolumétrique  
ventriculaire**

# Le cycle cardiaque

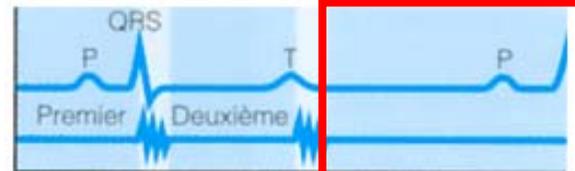
La relaxation isovolumétrique en résumé :

- 1) fermeture de la valve aortique,
- 2) relâchement du VG alors que les valves sont closes,
- 3) remontée de la pression aortique: onde dicrote,
- 4) ouverture de la valve mitrale.

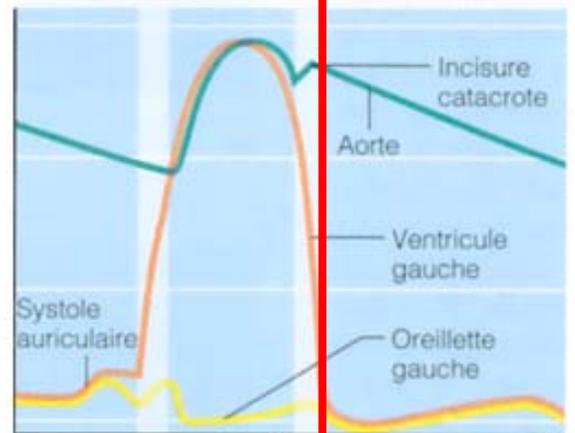
# Le cycle cardiaque

## Cœur gauche

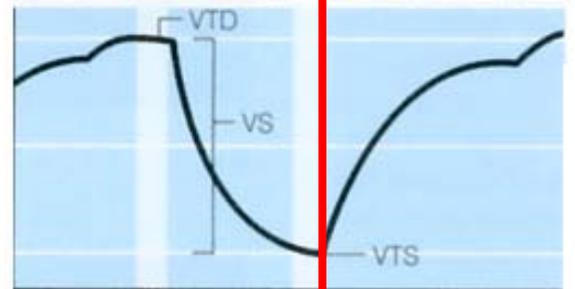
Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme



Pression (mmHg)



Volume  
Ventriculaire (ml)



Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

**Remplissage  
ventriculaire**

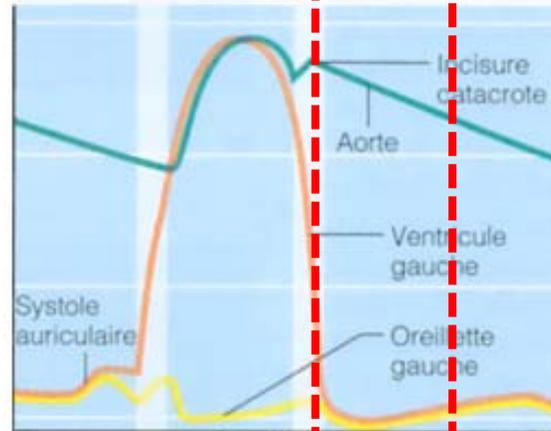
# Le cycle cardiaque

Cœur gauche

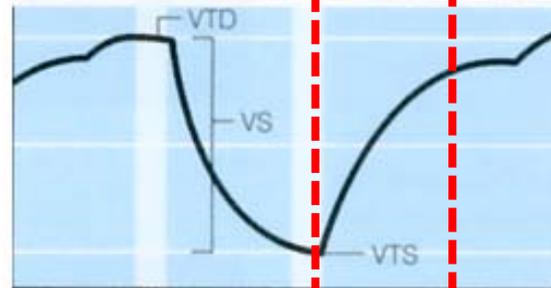
Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme



Pression (mmHg)



Volume  
Ventriculaire (ml)



Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

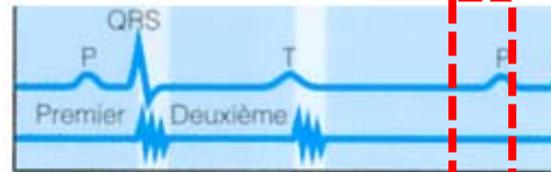
Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

**Protodiastole**

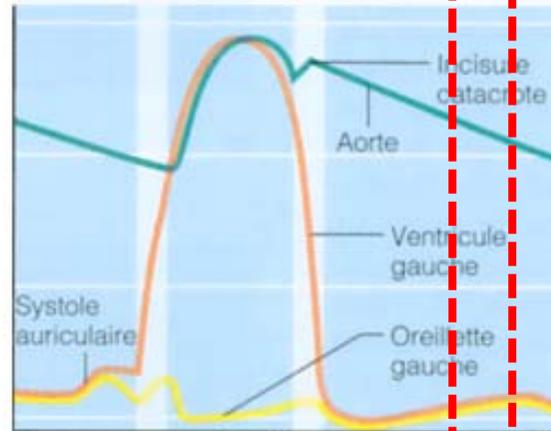
# Le cycle cardiaque

## Cœur gauche

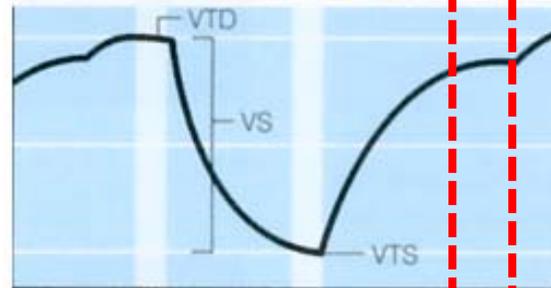
Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme



Pression (mmHg)



Volume  
Ventriculaire (ml)



Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

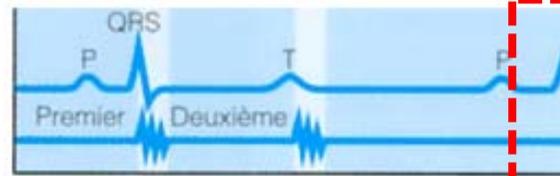
Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

**Mésodiastole**

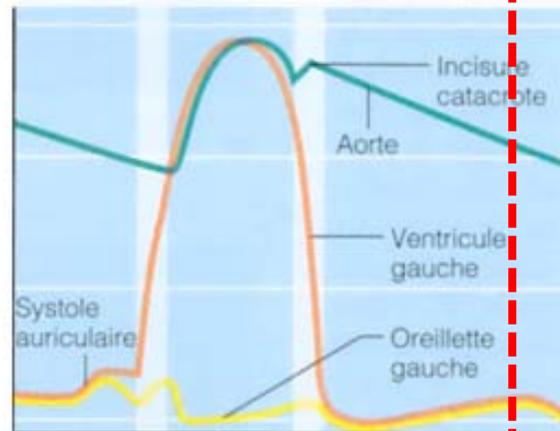
# Le cycle cardiaque

## Cœur gauche

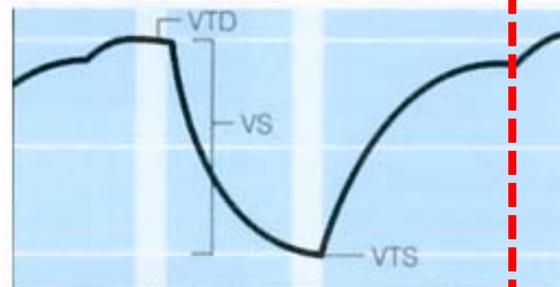
Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme



Pression (mmHg)



Volume  
Ventriculaire (ml)



Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

**Télédiastole**

# Le cycle cardiaque

Le remplissage ventriculaire en résumé :

- 1) se déroule entre l'ouverture de la valve mitrale et sa fermeture,
- 2) se décline en protodiastole, mésodiastole et télédiastole.
- 3) ramène le volume ventriculaire à sa valeur maximale.

# Le cycle cardiaque

Fréquence cardiaque (battements/min)	75 bpm	200 bpm
Durée d'un cycle (s)	0,80	0,30
Durée de la systole (s)	0,27	0,16
Durée de la diastole (s)	0,53	0,14

# Le cycle cardiaque

Fréquence cardiaque (battements/min)	75 bpm	200 bpm
Durée d'un cycle (s)	0,80	0,30
Durée de la systole (s)	0,27	0,16
Durée de la diastole (s)	0,53	0,14

- 62,5 %

- 40 %

# Le cycle cardiaque

Fréquence cardiaque (battements/min)	75 bpm	200 bpm
Durée d'un cycle (s)	0,80	0,30
Durée de la systole (s)	0,27	0,16
Durée de la diastole (s)	0,53	0,14

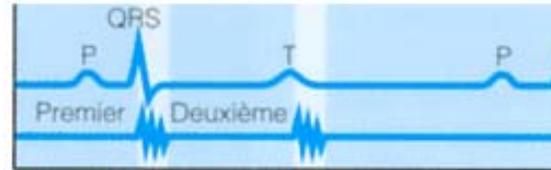
**- 62,5 %**

**- 73,5 %**

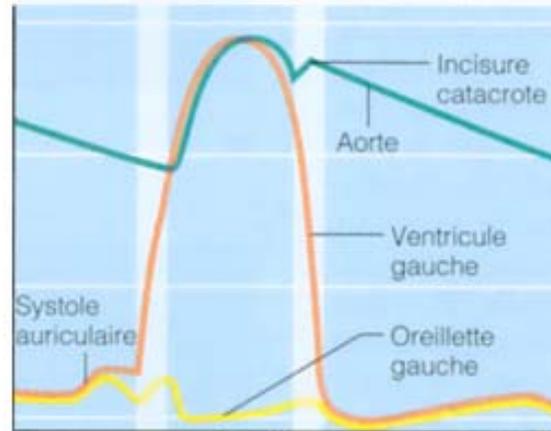
# Le cycle cardiaque

## Cœur gauche

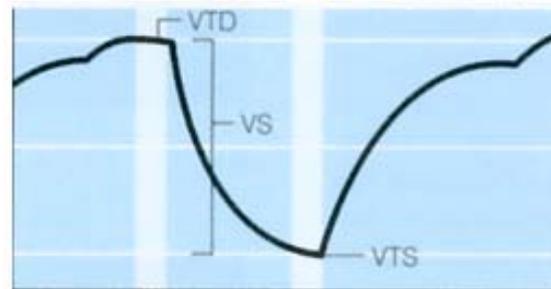
Electrocardiogramme  
Phonocardiogramme



Pression (mmHg)



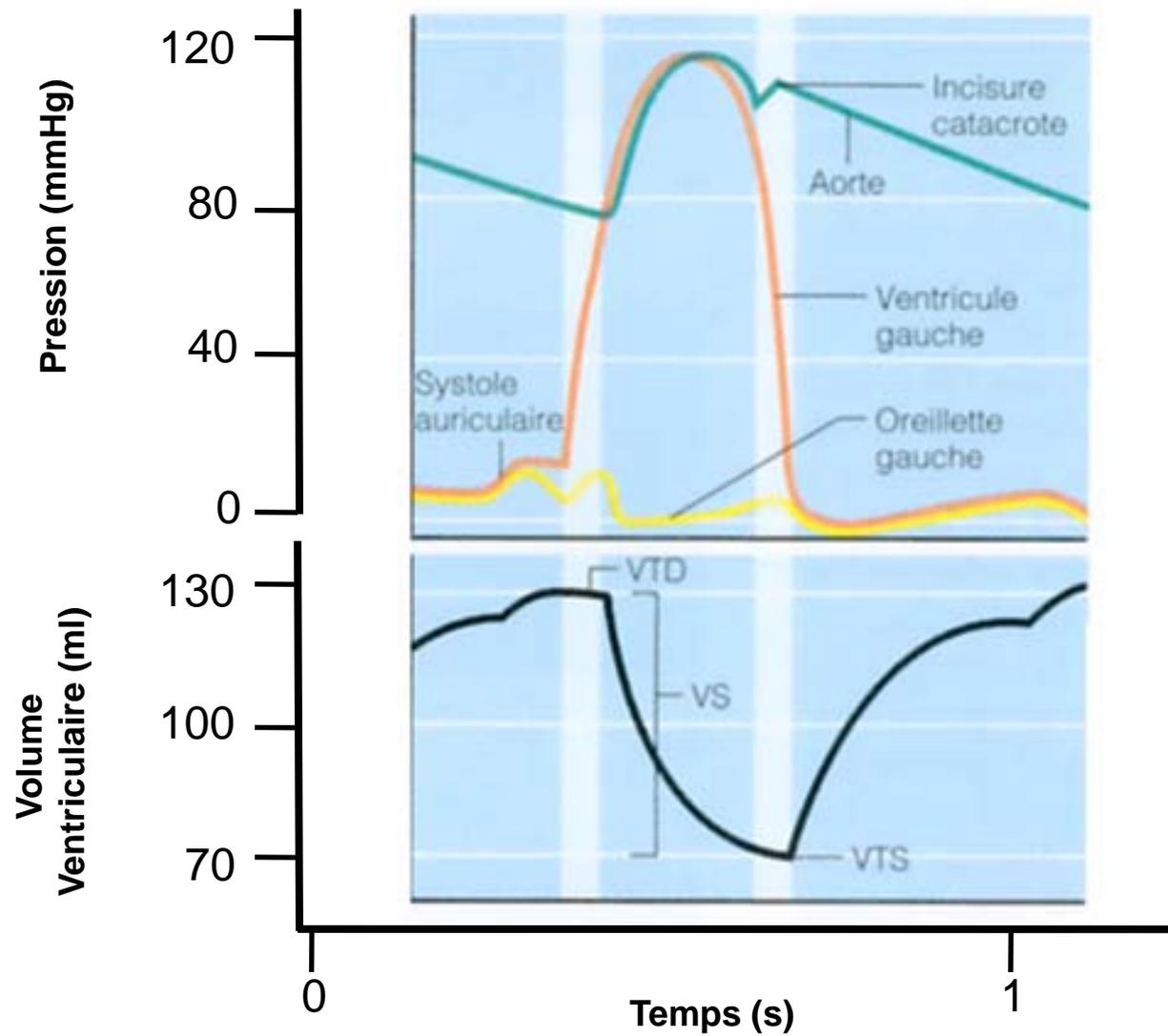
Volume  
Ventriculaire (ml)



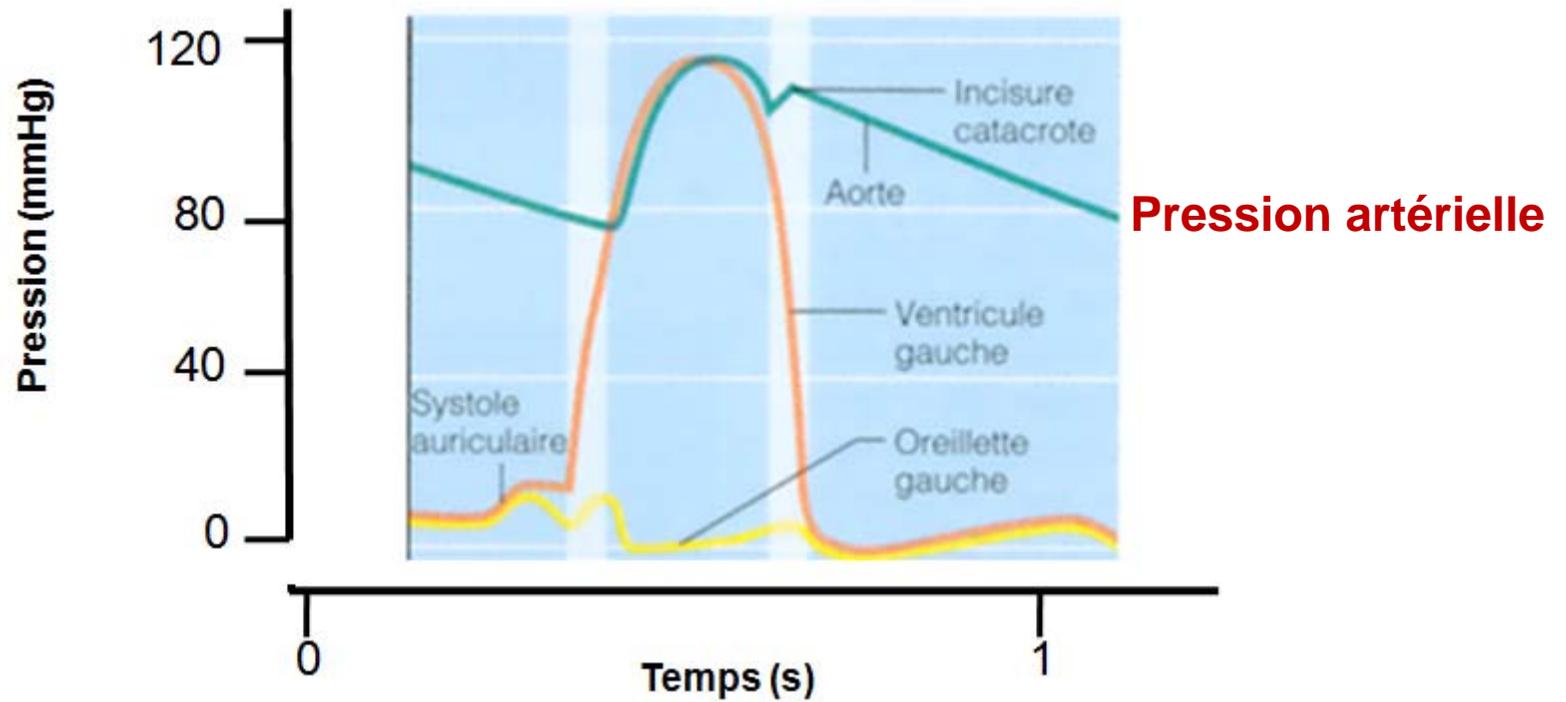
Valves auriculo-ventriculaires  
Valves aortique et pulmonaire

Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

# Le cycle cardiaque



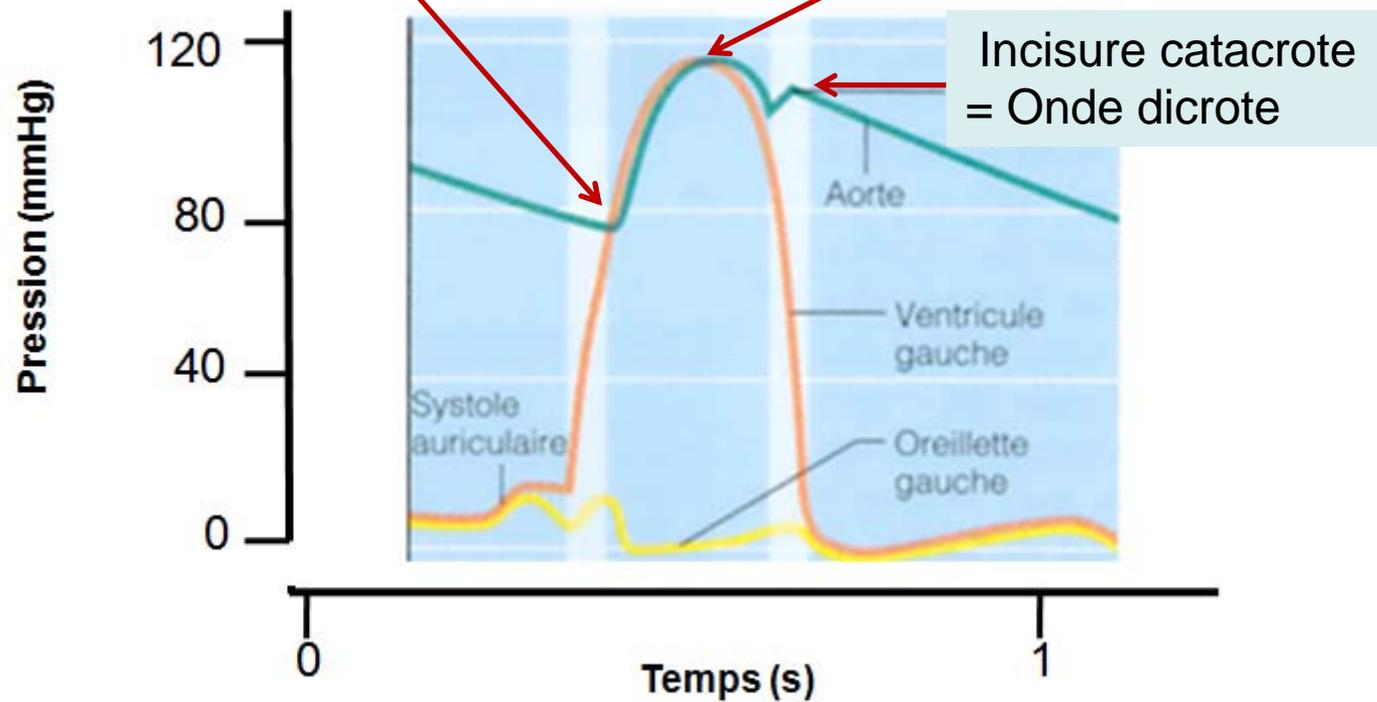
# Le cycle cardiaque



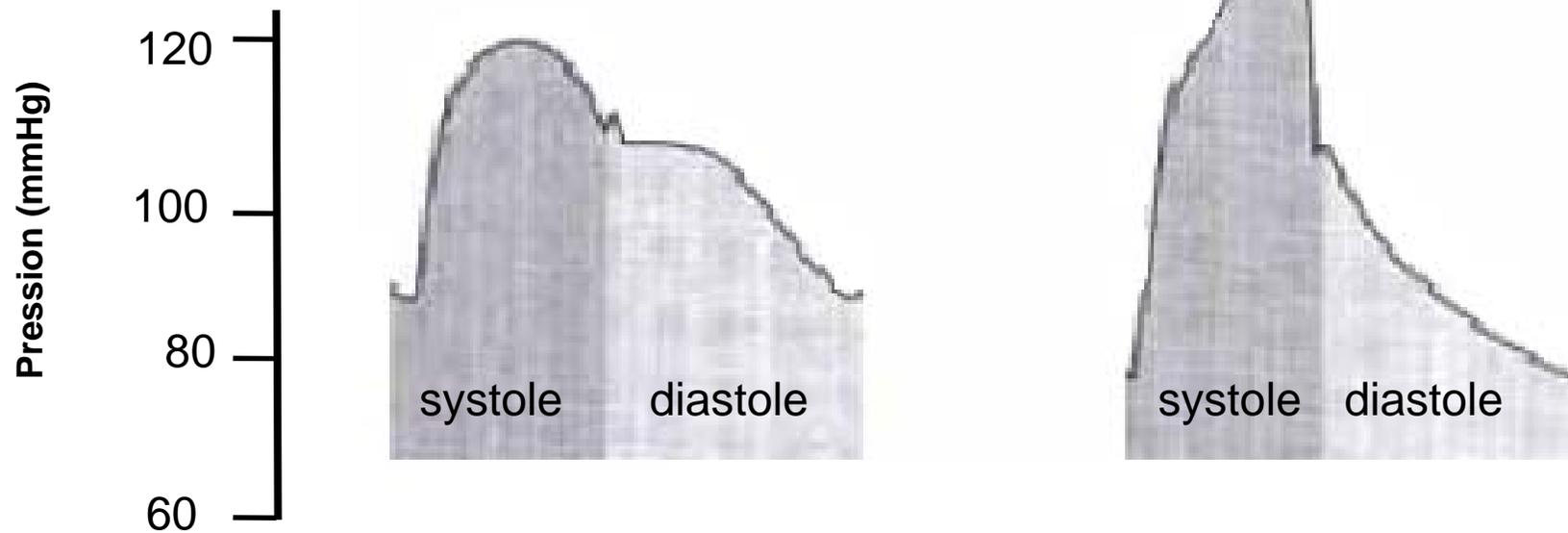
# Le cycle cardiaque

**Pression artérielle diastolique : PAD**

**Pression artérielle systolique : PAS**



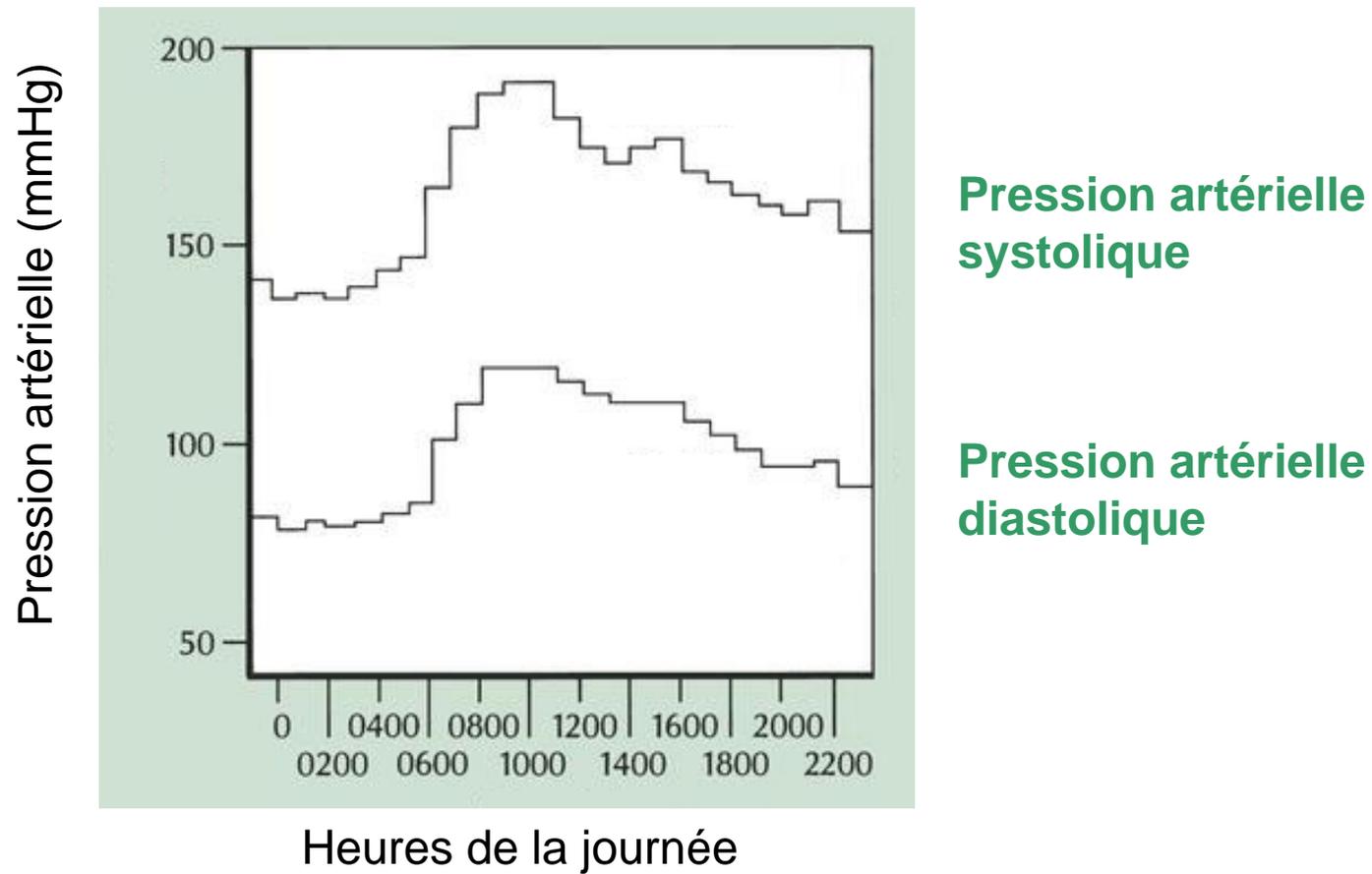
# Le cycle cardiaque



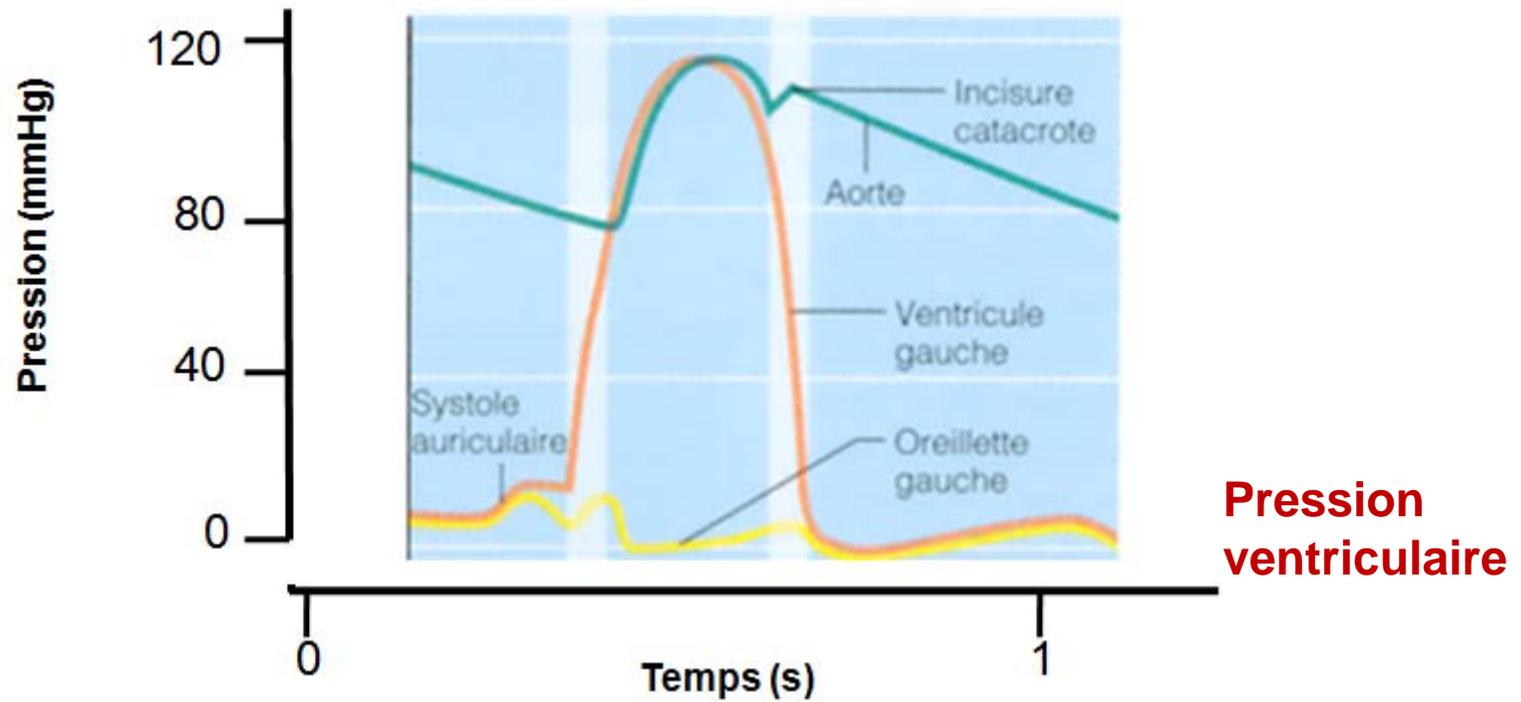
**Sujet jeune**

**Sujet âgé**

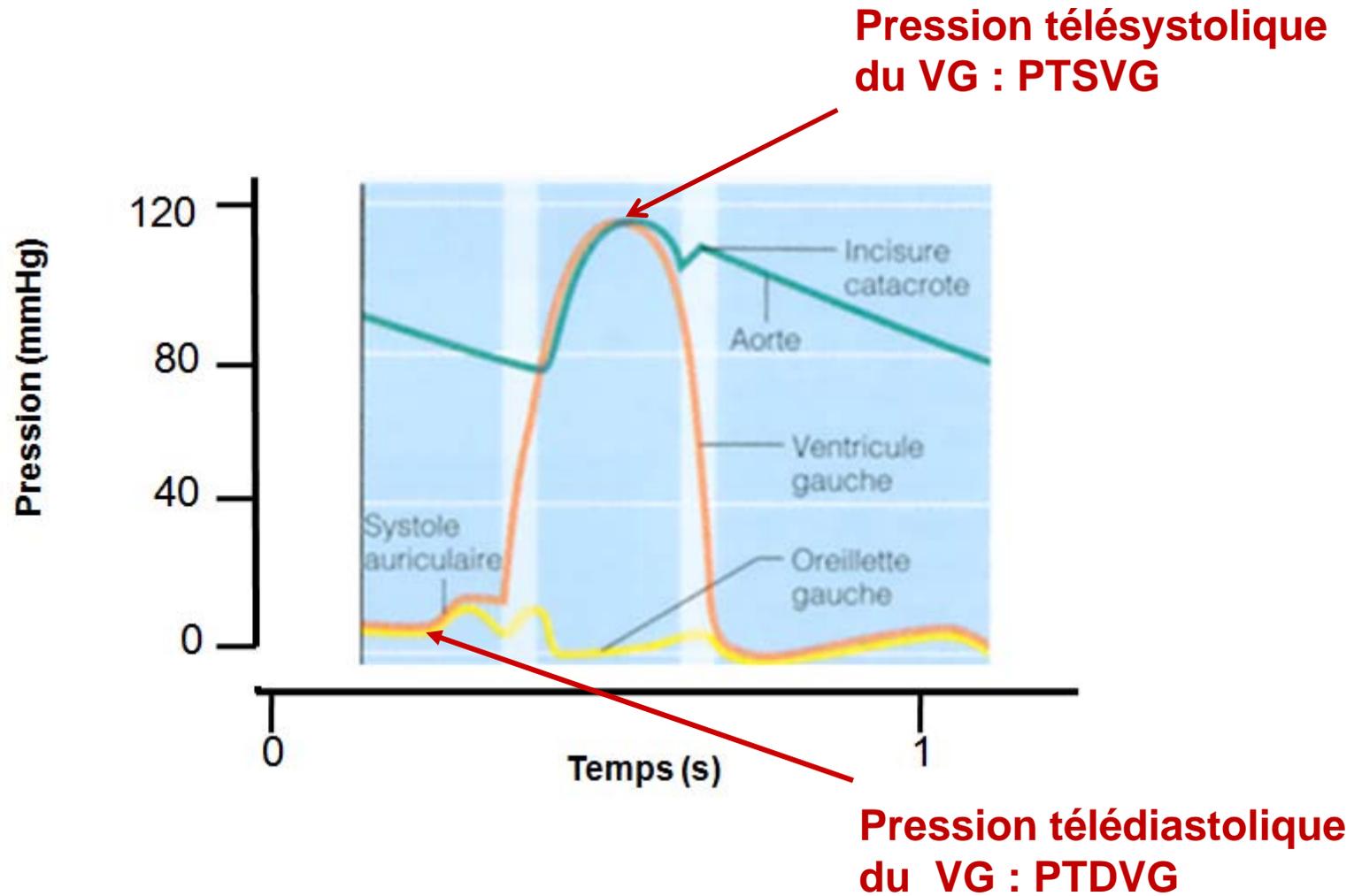
# Rythme circadien de la PA



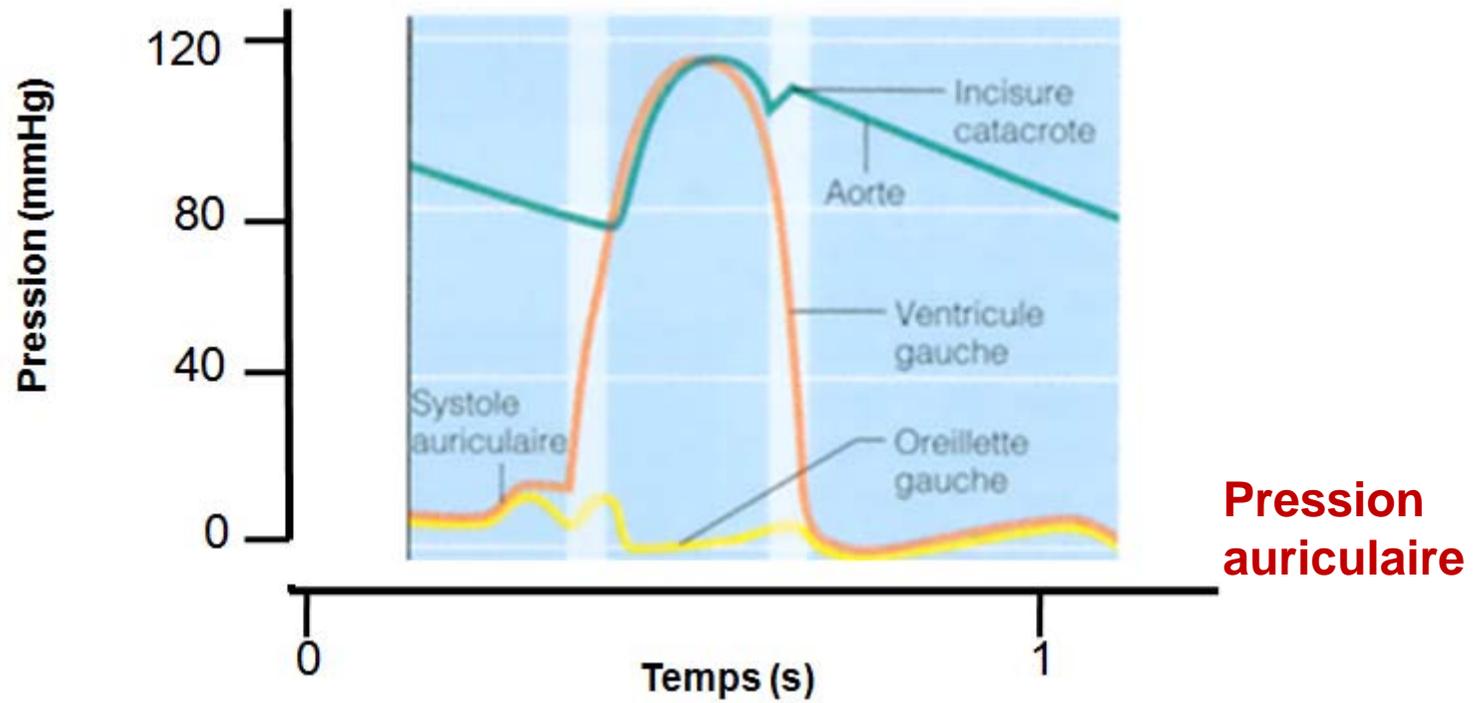
# Le cycle cardiaque



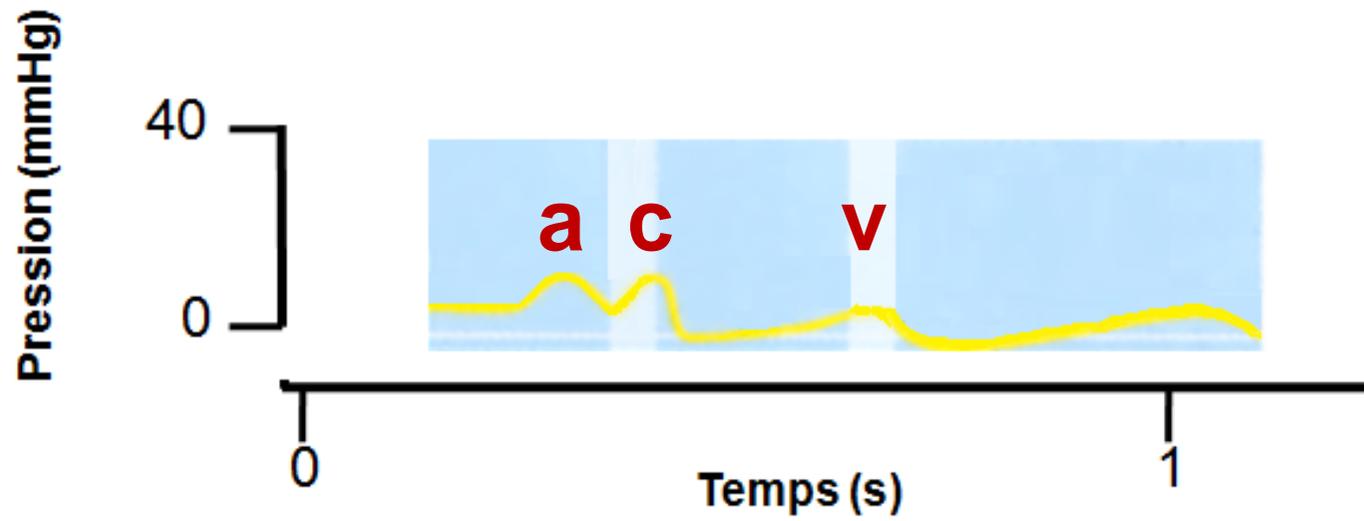
# Le cycle cardiaque



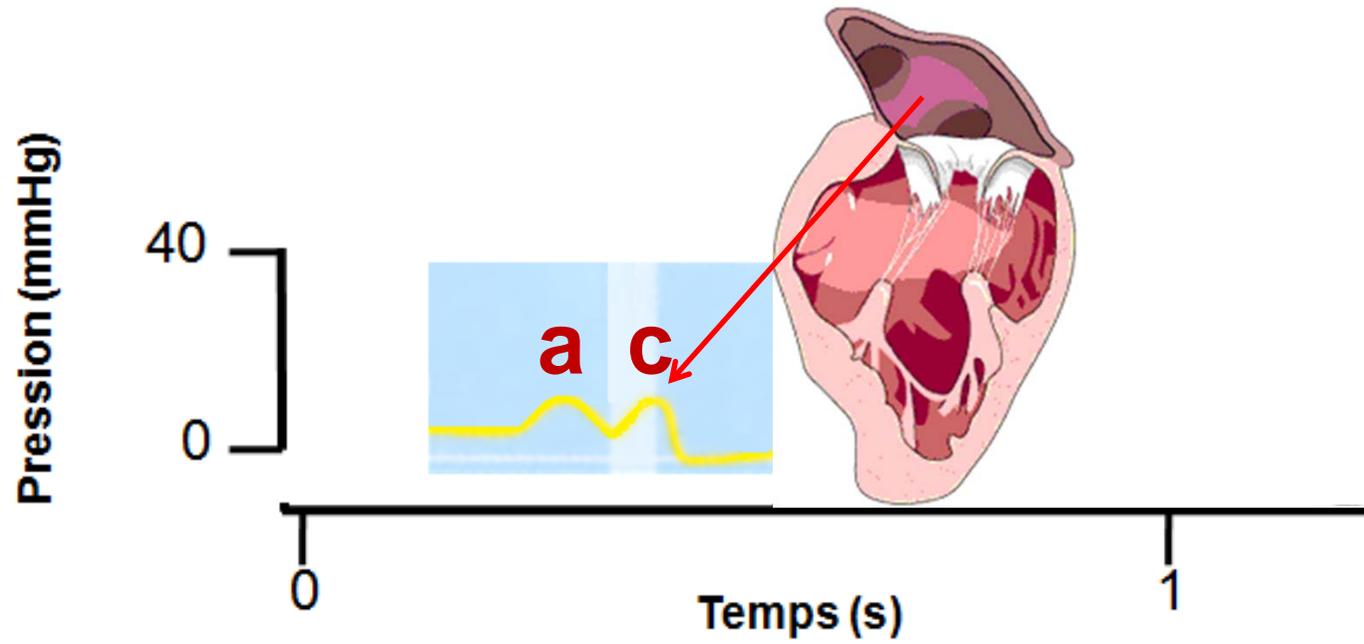
# Le cycle cardiaque



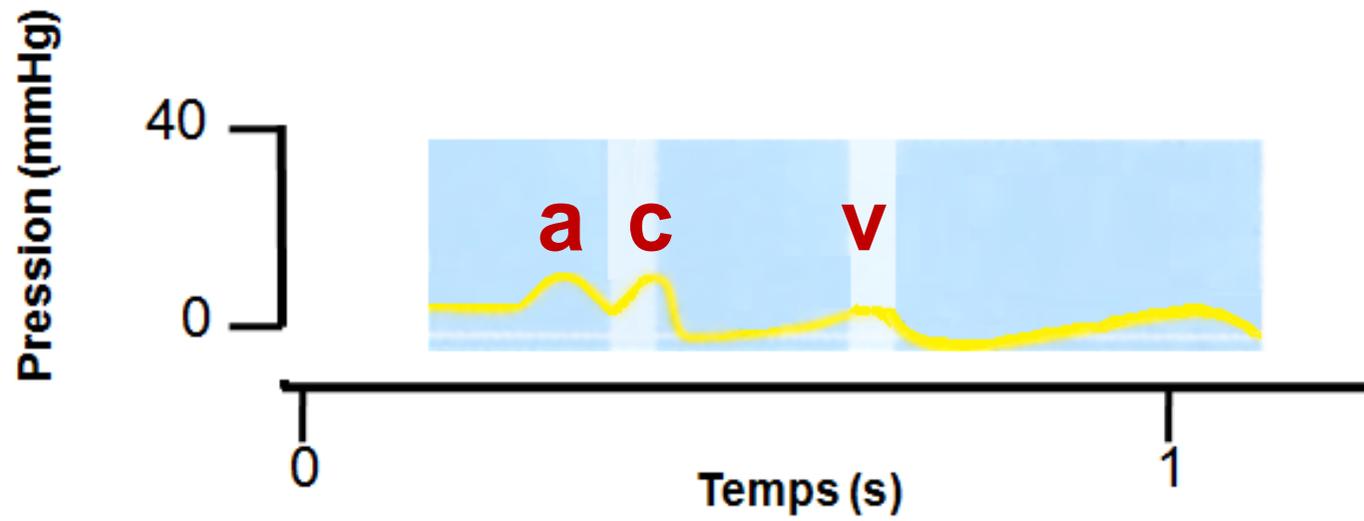
# Le cycle cardiaque



# Le cycle cardiaque



# Le cycle cardiaque



# Le cycle cardiaque

Pressions	Valeur moyenne (mmHg)	Valeurs normales (mmHg)
Oreillette droite	3	0-8
Ventricule droit syst.	25	15-30
Ventricule droit diast.	4	0-8
Artère pulmonaire (moy.)	15	9-16
Oreillette gauche (moy.)	8	2-12
Ventricule gauche syst.	130	90-140
Ventricule gauche diast.	9	5-12
Artère brachiale (moy.)	85	70-105

# Le cycle cardiaque

La fraction d'éjection (FE) :

rapport en % du VS par le VTD.

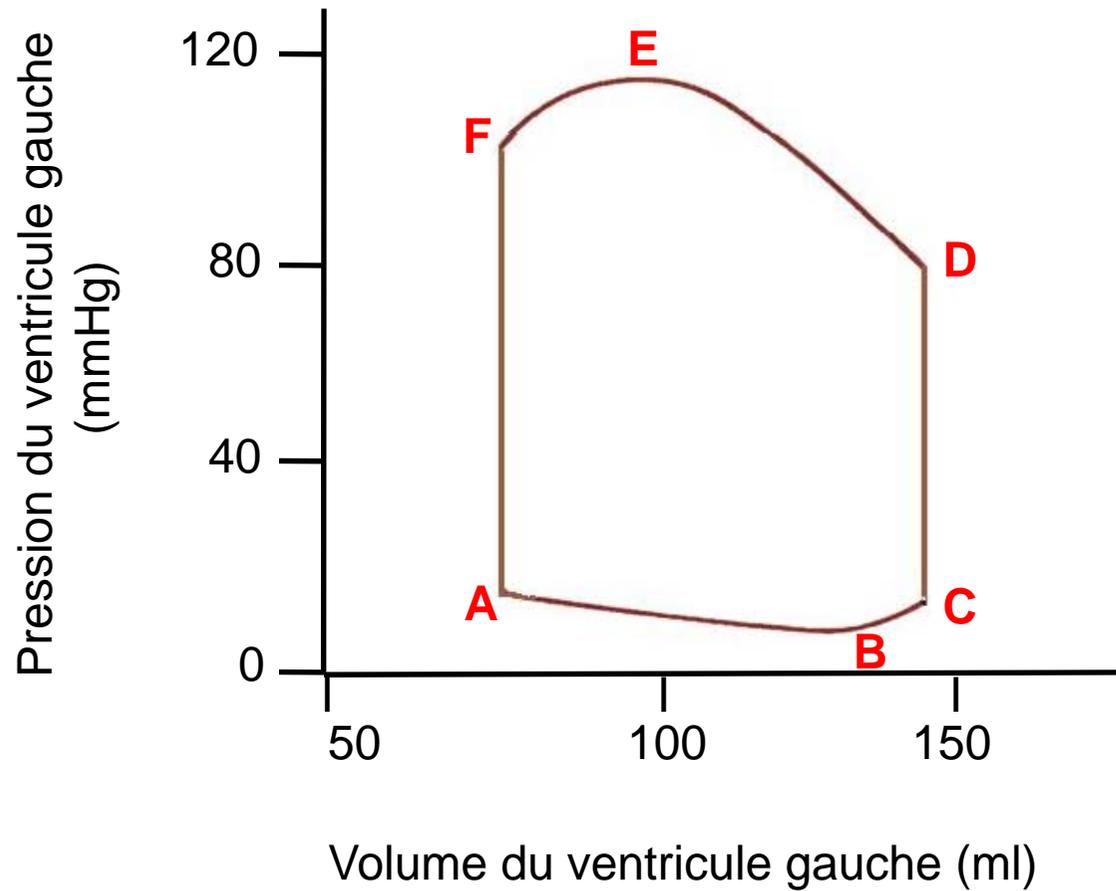
Conditions	Valeurs FE (%)
Cœur normal	54-64
Exercice	jusqu'à 100
Cœur défaillant	jusqu'à 20

# Plan du cours

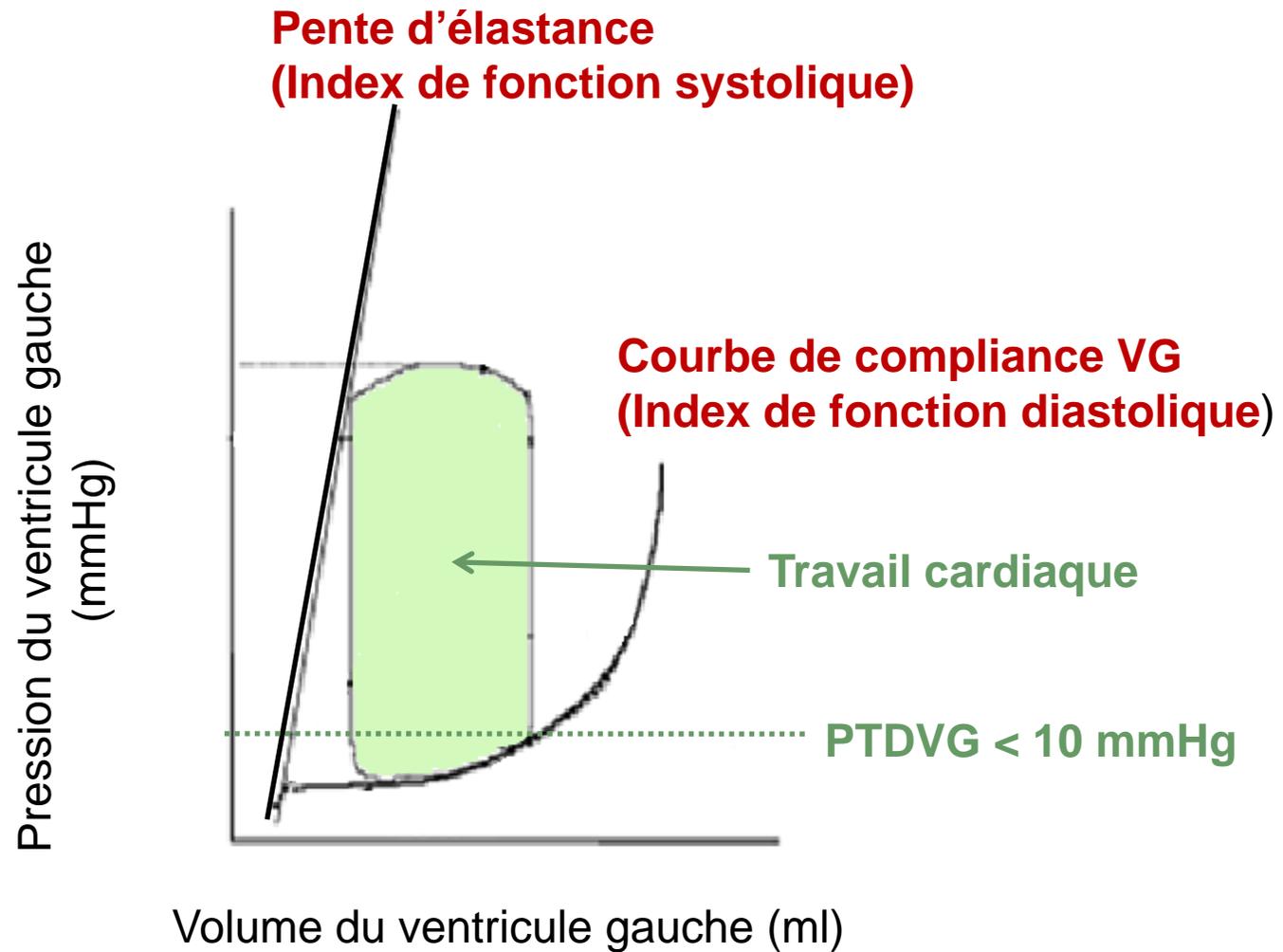
La pompe cardiaque :

- 1) Le cycle cardiaque.
- 2) La courbe pression-volume du ventricule gauche.
- 3) Les bruits cardiaques.
- 4) La relation longueur - tension
- 5) Le débit cardiaque et son contrôle.

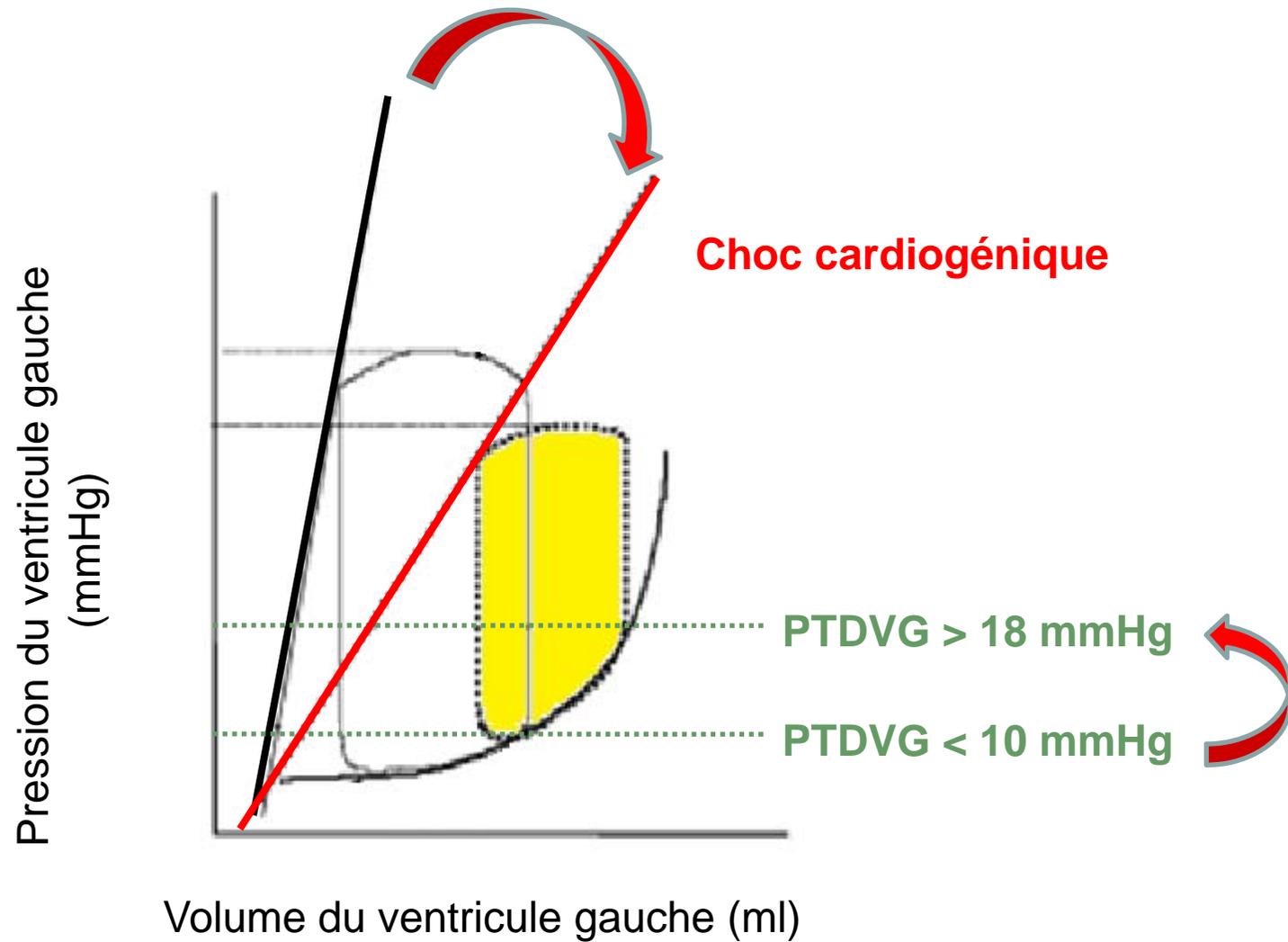
# La courbe pression-volume



# La courbe pression-volume



# La courbe pression-volume



# Plan du cours

La pompe cardiaque :

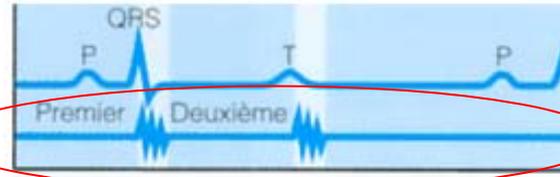
- 1) Le cycle cardiaque.
- 2) La courbe pression-volume du ventricule gauche.
- 3) Les bruits cardiaques.
- 4) La relation longueur - tension
- 5) Le débit cardiaque et son contrôle.

# Le cycle cardiaque

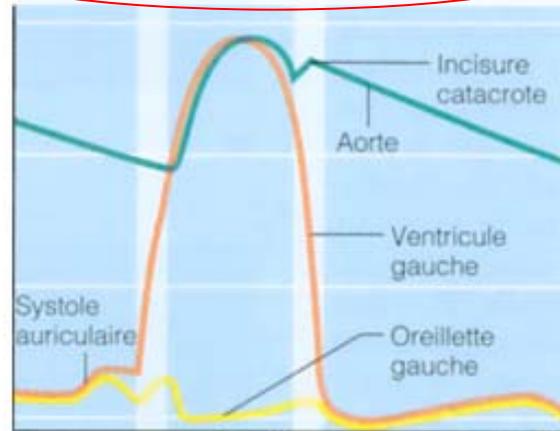
## Cœur gauche

Electrocardiogramme

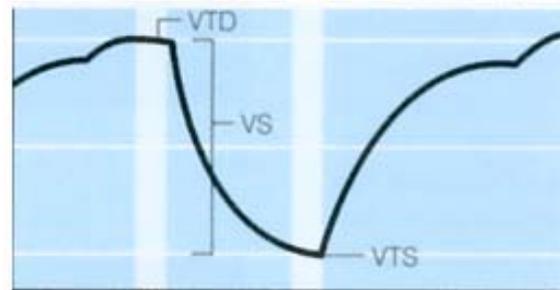
**Phonocardiogramme**



Pression (mmHg)



Volume  
Ventriculaire (ml)



Valves auriculo-ventriculaires

Valves aortique et pulmonaire

Ouvertes	Fermées	Ouvertes
Fermées	Ouvertes	Fermées

# Plan du cours

La pompe cardiaque :

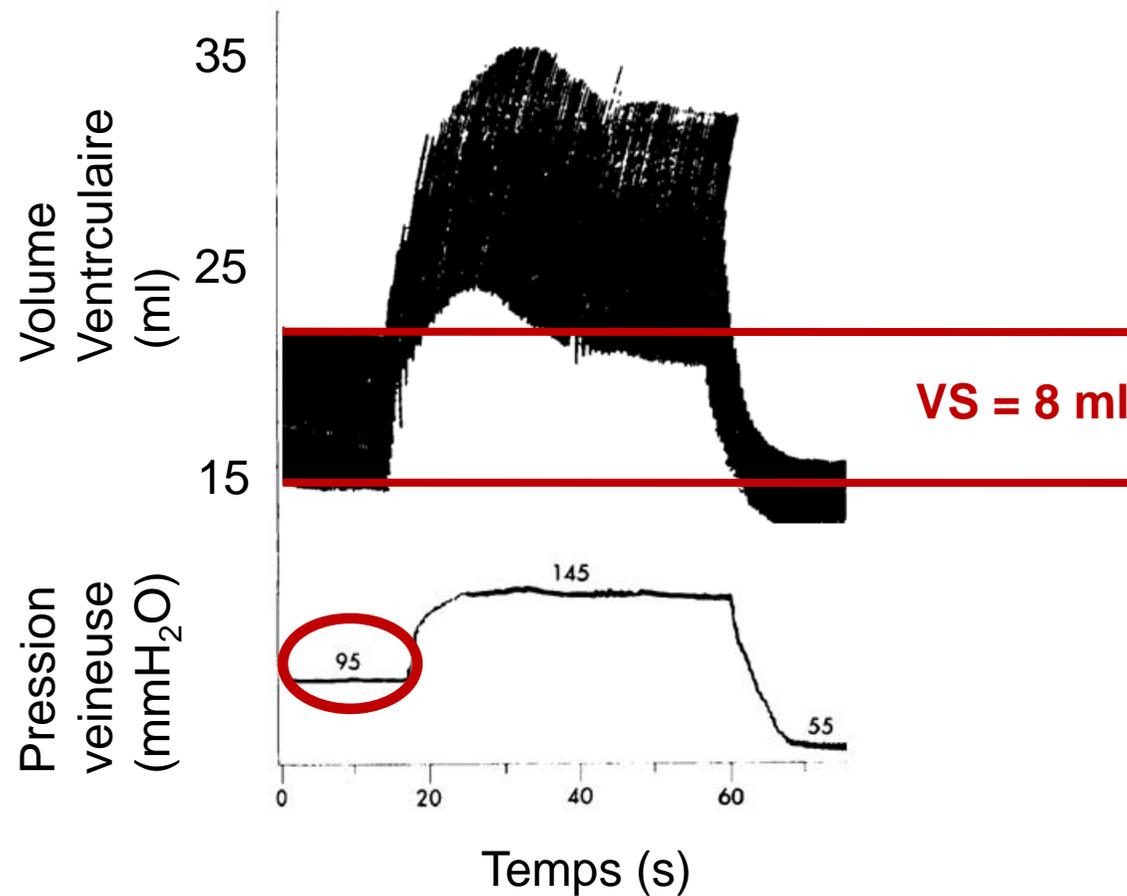
- 1) Le cycle cardiaque.
- 2) La courbe pression-volume du ventricule gauche.
- 3) Les bruits cardiaques.
- 4) La relation longueur - tension
- 5) Le débit cardiaque et son contrôle.

## La relation longueur - tension

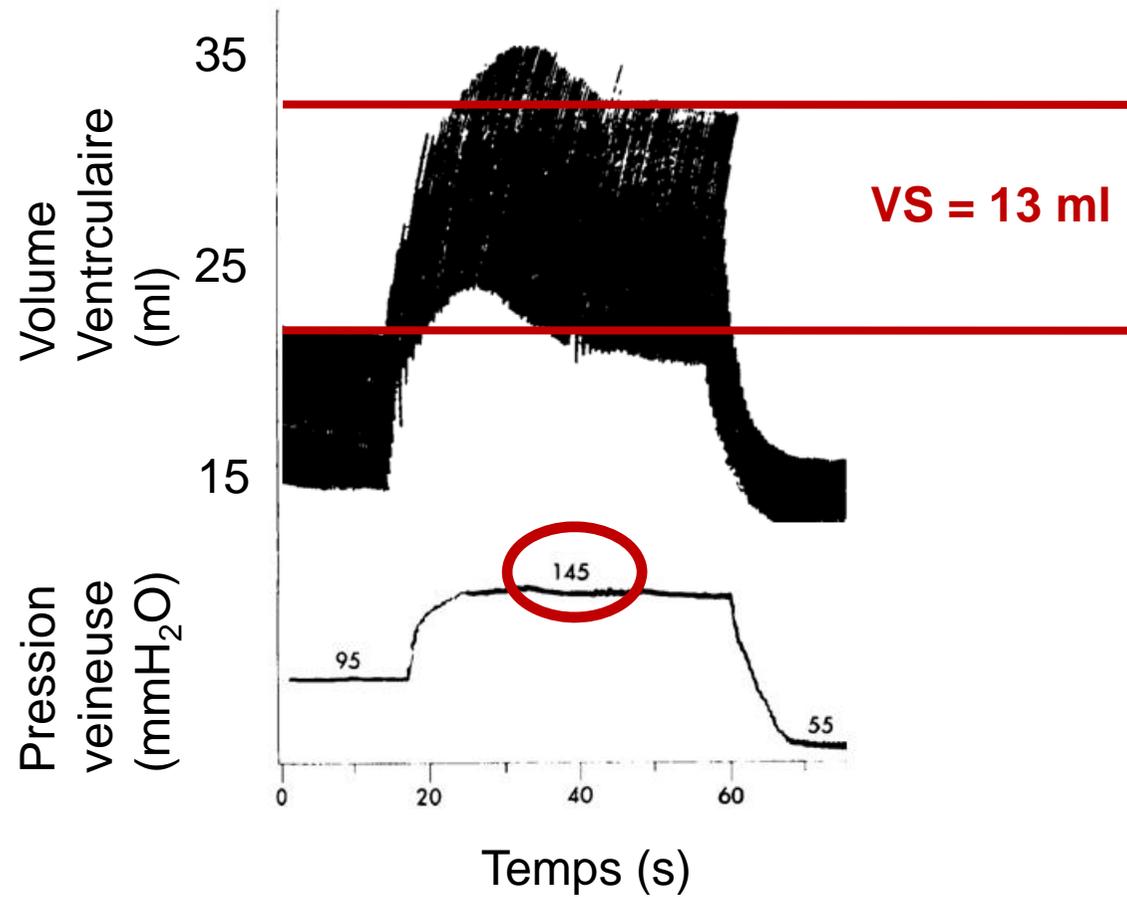
**précharge** = degré d'étirement du muscle cardiaque,

**postcharge** = pression qui s'oppose à l'ouverture des valves aortique et pulmonaire.

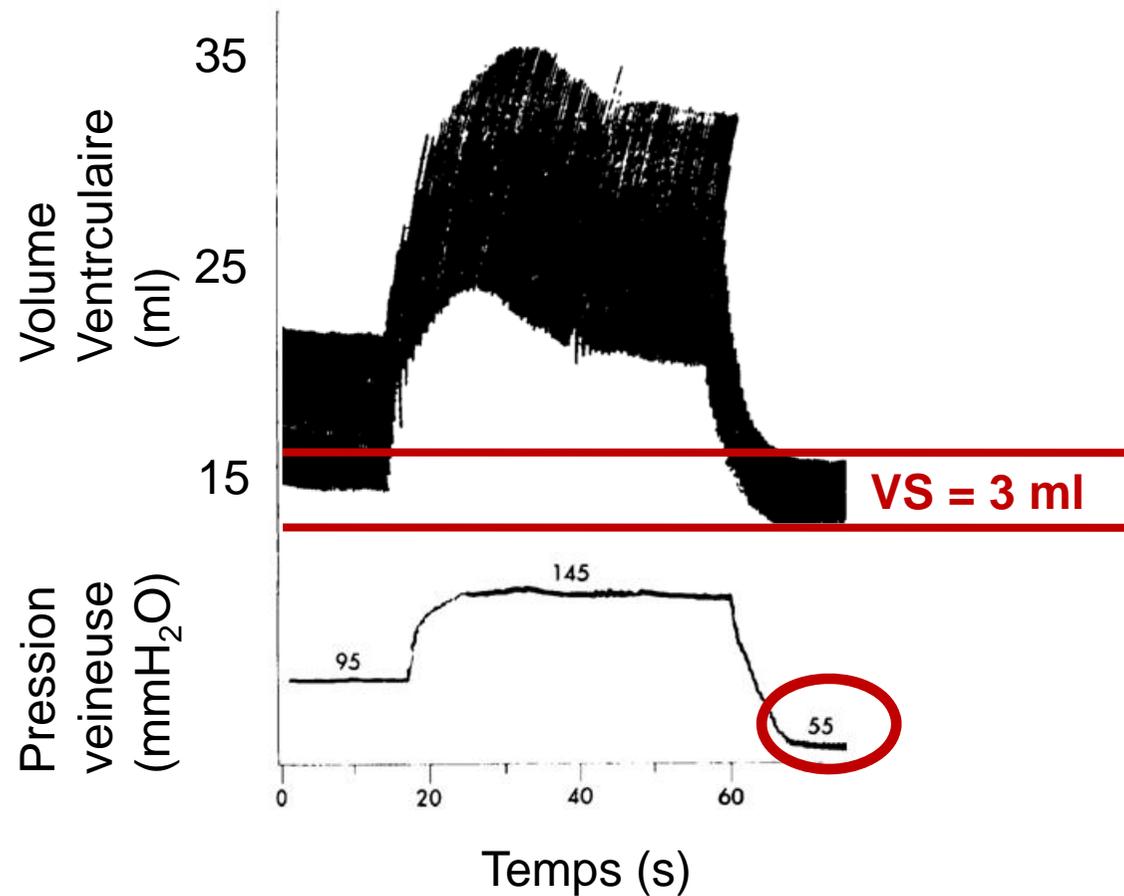
# La relation longueur – tension



# La relation longueur – tension



# La relation longueur – tension

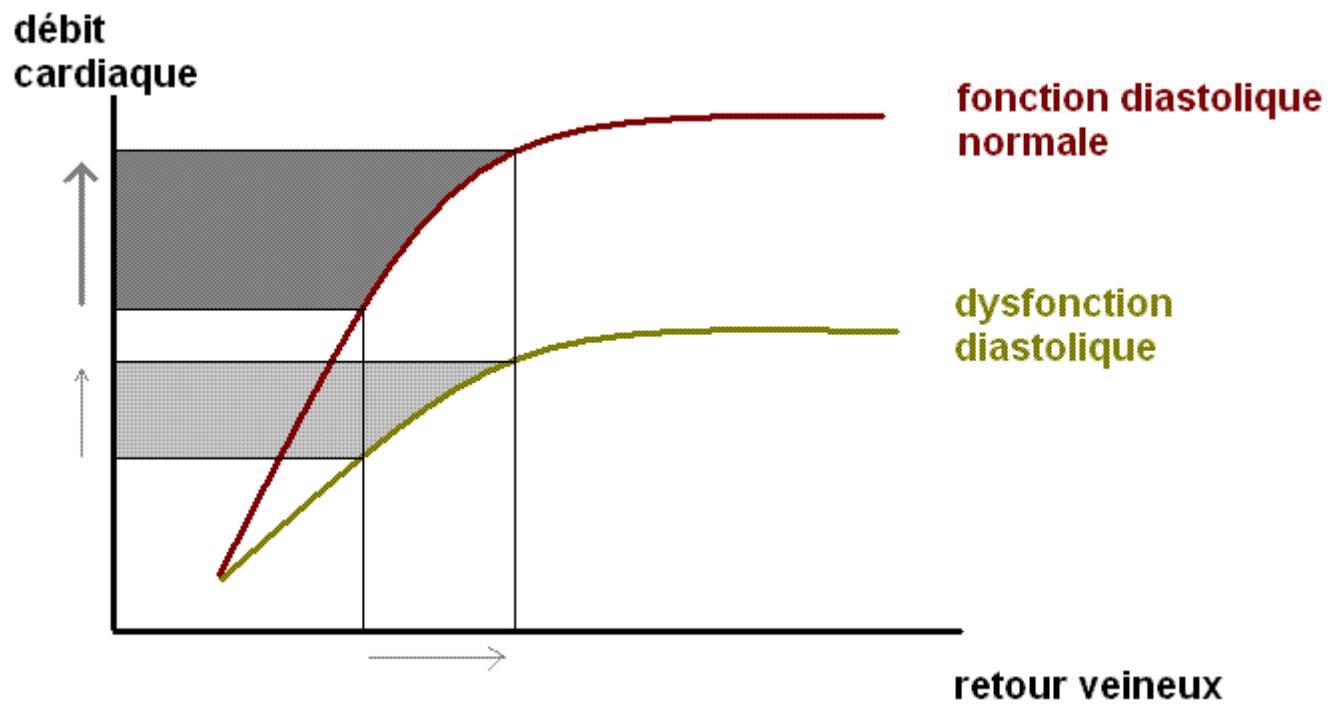


# La relation longueur – tension

La loi de Frank-Starling :

« Dans des limites physiologiques, le cœur est capable de remettre en circulation tout volume sanguin correspondant au retour veineux ... »

# La relation longueur – tension



# Plan du cours

La pompe cardiaque :

- 1) Le cycle cardiaque.
- 2) La courbe pression-volume du ventricule gauche.
- 3) Les bruits cardiaques.
- 4) La relation longueur - tension
- 5) Le débit cardiaque et son contrôle.

# Le débit cardiaque

## Définitions :

**Le débit cardiaque** est la quantité de sang éjecté par le ventricule en une minute.

Normalement le ventricule droit et le ventricule gauche ont le même débit.

Au repos le débit cardiaque se situe entre 4 et 5 l.min<sup>-1</sup>.

# Le débit cardiaque

## Définitions :

**L'index cardiaque** est la quantité de sang éjecté en un minute par mètre de surface corporelle. (IC = DC / S. Corp.)

Au repos l'index cardiaque se situe entre 2,5 et 4 l.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> de surface corporelle.

# Le débit cardiaque

## Définitions :

**La réserve cardiaque** est la différence pour un individu donné entre son débit cardiaque de repos et son débit cardiaque maximum.

Cette réserve pourra être de  $25 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$

# Le débit cardiaque

$$DC \text{ (l.min}^{-1}\text{)} = FC \text{ (batt.min}^{-1}\text{)} \times VS \text{ (l.batt}^{-1}\text{)}$$

Les déterminants du débit cardiaque sont :

- La fréquence cardiaque,
- Le volume d'éjection sous la dépendance de :
  - la précharge
  - la postcharge
  - la contractilité

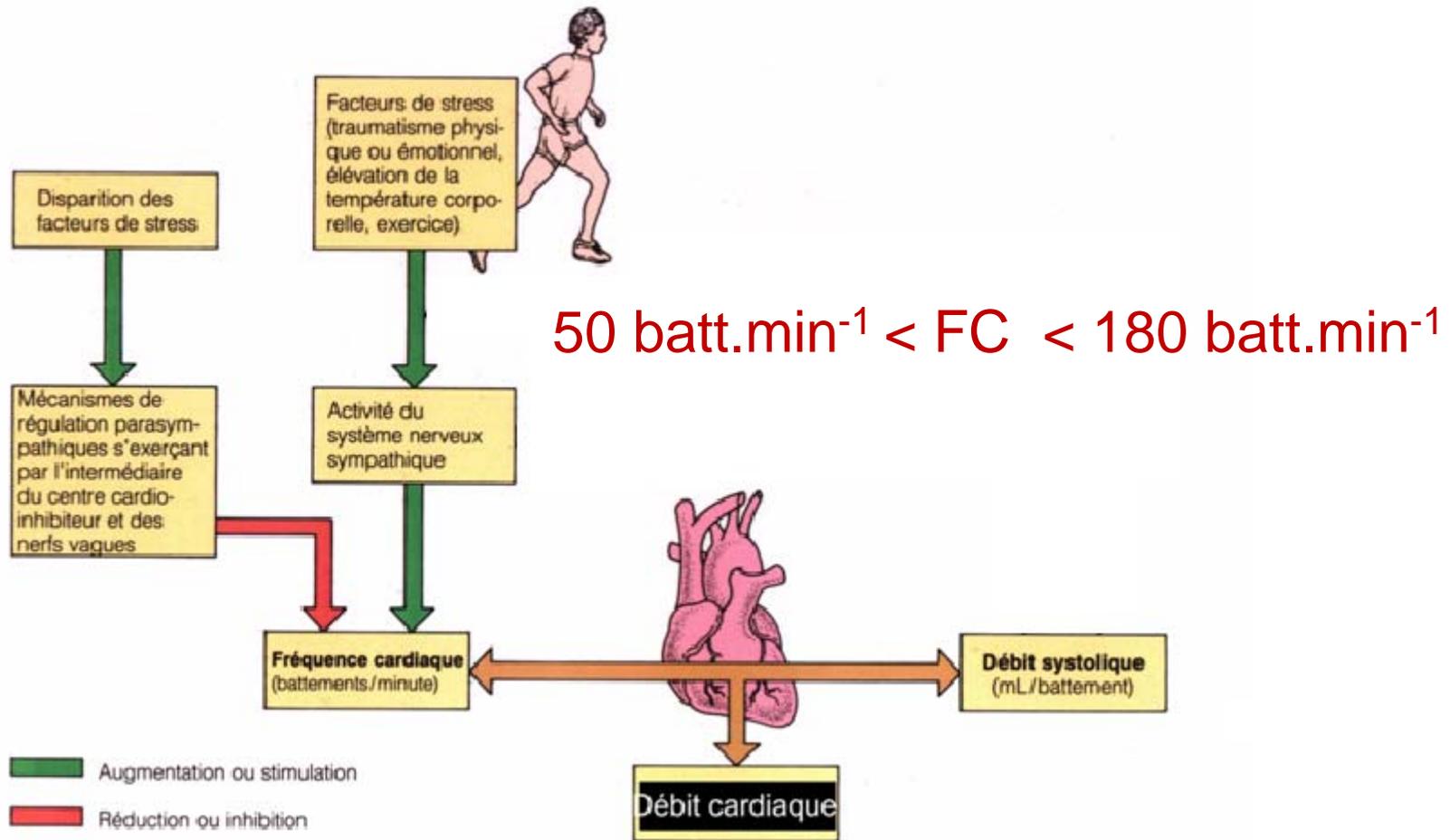
# Le débit cardiaque

Caractéristiques de la fréquence cardiaque :

- spécificité d'espèce,
- varie avec l'âge du sujet,
- varie avec l'état physiologique du sujet,
- varie avec l'état pathologique du sujet.

**Plus la fréquence cardiaque augmente,  
plus le débit cardiaque augmente.**

# Le débit cardiaque



# Le débit cardiaque

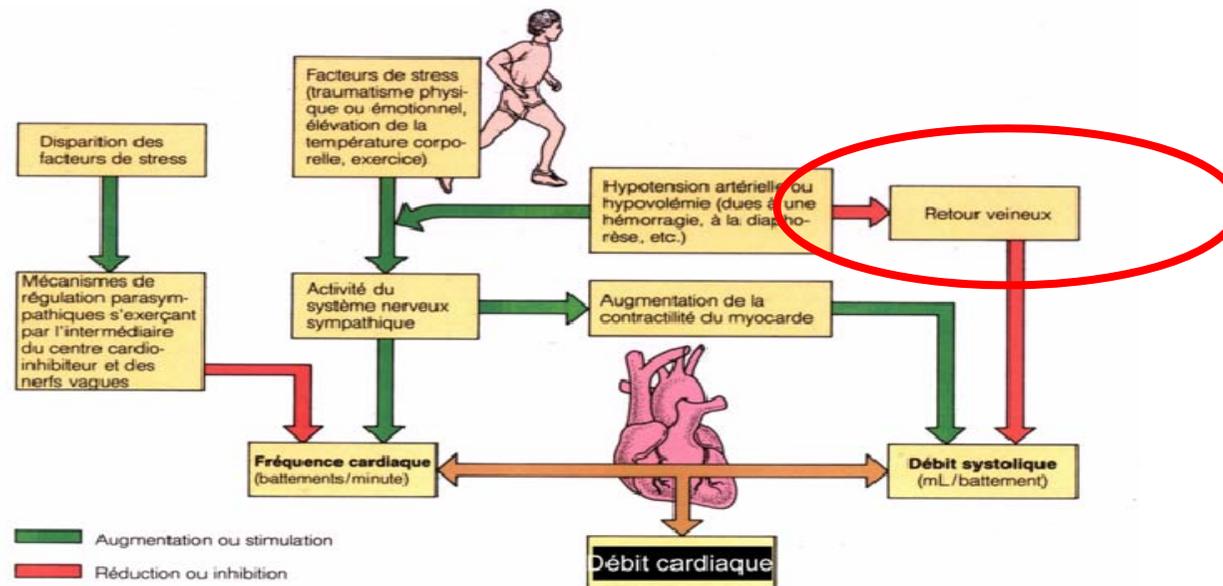
## Influence chronotrope +

La fréquence cardiaque **augmente** avec l'hyperthermie, l'exercice, l'anxiété, l'hypotension, l'hypoxémie, l'anémie, la douleur, les stimulants ou encore les chronotropes positifs.

## Influence chronotrope -

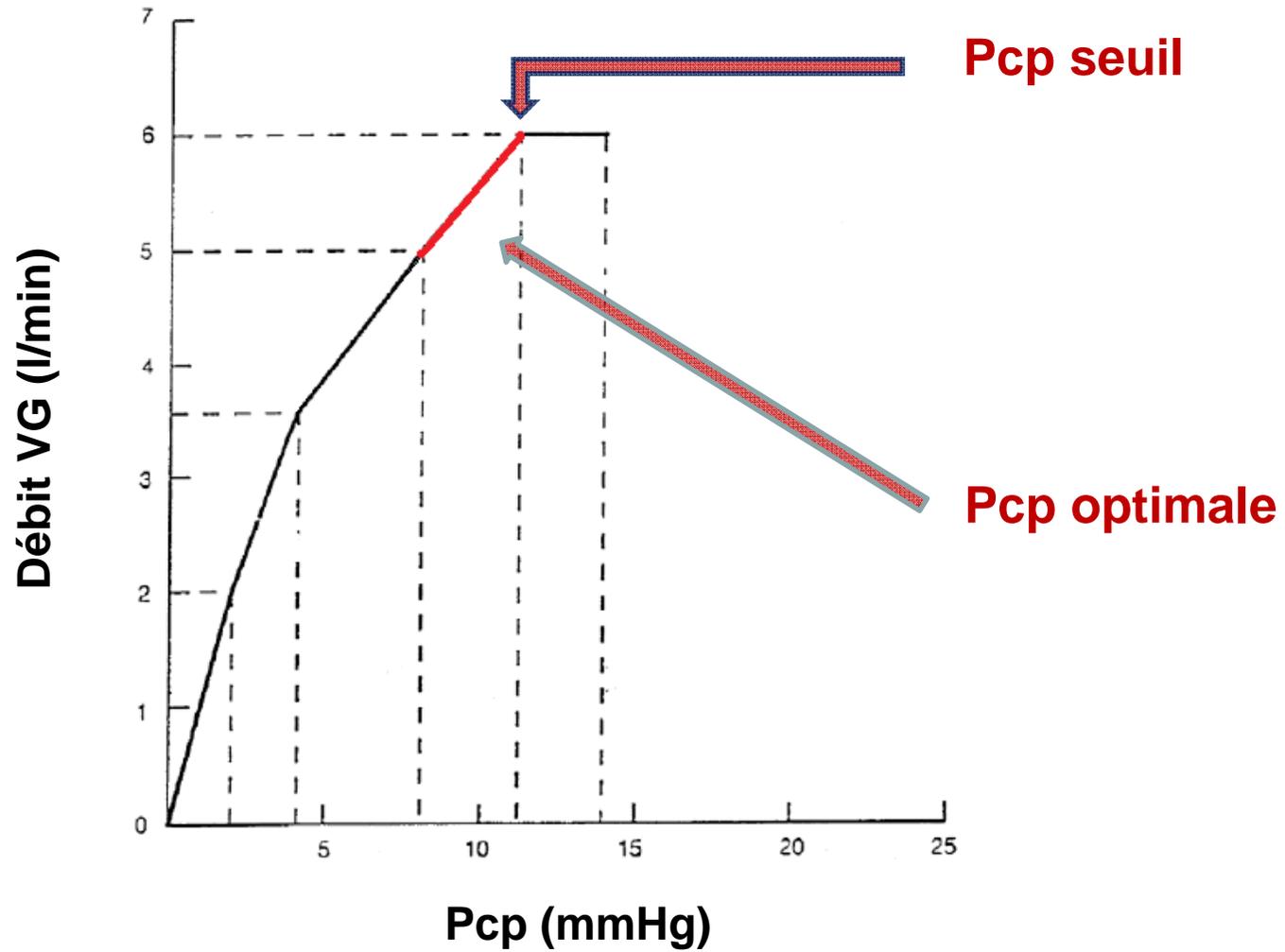
La fréquence cardiaque **diminue** avec les manœuvres vagales, les médicaments chronotropes négatifs.

# Le débit cardiaque



**Plus la précharge augmente,  
plus le débit cardiaque augmente.**

# Le débit cardiaque



# Le débit cardiaque

Les déterminants de **la postcharge** :

- les résistances vasculaires,
- les conditions pathologiques,
- la viscosité du sang.

**Plus la postcharge augmente,  
plus le débit cardiaque diminue.**

# Le débit cardiaque

La résistance vasculaire = différence de pression moyenne entre deux endroits du système vasculaire divisée par le débit moyen.

L'unité internationale est le : dynes/sec/cm<sup>-5</sup>.

RVP	150 à 250 dynes/sec/cm <sup>-5</sup>
RVS	1000 à 1500 dynes/sec/cm <sup>-5</sup>

# Le débit cardiaque

La contractilité = vitesse de raccourcissement de la fibre myocardique au moment de la systole.

Les principaux déterminants de la contractilité sont:

- la contrainte pariétale,
- l'état de la fibre myocardique et des artères coronaires,
- l'environnement de la fibre myocardique,
- l'activité du système nerveux sympathique.

Les indicateurs sont les index de travail systolique du VG et du VD

**IWSVG**

**50 +/- 5 g.m/m<sup>2</sup>**

**IWSVD**

**8 +/- 5 g.m/m<sup>2</sup>**

# Le débit cardiaque

La régulation du débit cardiaque est nerveuse (SNA) et humorale.

Régulation nerveuse rapide.

Régulation humorale lente.

Le SNA se divise en SN sympathique et SN parasympathique.

# Le débit cardiaque

Effet du SN sympathique (noradrénaline) :

**Chronotrope positif** : la noradrénaline augmente la pente de la ddi des cellules automatiques sinusales.

**Dromotrope positif** : diminue le temps de conduction AV.

**Inotrope positif** : contraction plus forte et plus rapide.

**Vasoconstriction périphérique** : augmentation de la post-charge

# Le débit cardiaque

Effet du SN parasympathique (acétylcholine) :

**Chronotrope négatif** : l'acétylcholine diminue la pente de la ddl des cellules automatiques sinusales.

**Dromotrope négatif** : augmente le temps de conduction AV.

**Vasodilatation périphérique** : diminution de la post-charge

# Le débit cardiaque

Effet du SN parasympathique (acétylcholine) :

**Chronotrope négatif** : l'acétylcholine diminue la pente de la ddl des cellules automatiques sinusales.

**Dromotrope négatif** : augmente le temps de conduction AV.

Bradycardie → Arrêt cardiaque → Reprise  
= Phénomène d'échappement

# Le débit cardiaque

La régulation humorale :

- Hormones : l'adrénaline, l'angiotensine II, la thyroxine ...le facteur natriurétique auriculaire.
- Ions :  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  ...

## A retenir ...

Le cycle cardiaque

La courbe pression-volume

Les bruits cardiaques

La relation tension longueur

Le débit cardiaque et sa régulation

# Mentions légales

L'ensemble de cette œuvre relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle, littéraire et artistique ou toute autre loi applicable.

Tous les droits de reproduction, adaptation, transformation, transcription ou traduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Cette œuvre est interdite à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'université Joseph Fourier (UJF) Grenoble 1 et ses affiliés.

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits à l'Université Joseph Fourier (UJF) Grenoble 1, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.