

Physiologie Cardiovasculaire

Hémodynamique intra- cardiaque/ le cycle cardiaque partie 1 : hémodynamique intracardiaque et auscultation cardiaque

Pr. Hélène Thibault

Explorations Fonctionnelles Cardiovasculaires

Hôpital Louis Pradel, Lyon



PLAN: Physiologie cardiovasculaire

INTRODUCTION

Organisation générale de la circulation
Bases anatomique et histologique du cœur
Innervation cardiovasculaire

CIRCULATION

1. Généralités
2. Différenciation fonctionnelle des vaisseaux
3. Caractéristiques générales de la circulation systémique

COEUR

1. Activation rythmique de la contraction
2. Couplage excitation/ contraction
- 3. Hémodynamique intra- cardiaque/ le cycle cardiaque**
partie 1 : hémodynamique intracardiaque et auscultation cardiaque
partie 2: courbes pression volume ventriculaire
4. Hémodynamique intra- cardiaque/ facteurs déterminants de la performance cardiaque





Objectifs d'apprentissage

- Connaître les définitions de systole et diastole
- Connaître et comprendre la succession des phases dans le cycle cardiaque
- Comprendre les variations de pressions et volumes au cours du cycle cardiaque
- Avoir une notion/connaître des valeurs normales de pressions et volumes





Pré-requis

- Connaitre l'anatomie fonctionnelle du cœur
- Avoir compris l'organisation générale de la circulation
- Avoir étudié le cours d'électrophysiologie cardiaque



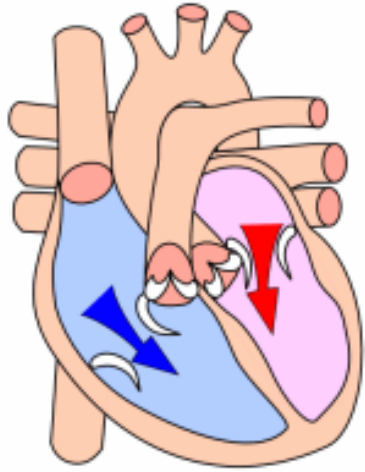


Plan

LE CYCLE CARDIAQUE: Hémodynamique et base de l'auscultation cardiaque

- Introduction: définitions
- Hémodynamique
- Base de l'auscultation
- Comparaison cœur gauche/ cœur droit

Introduction: définitions

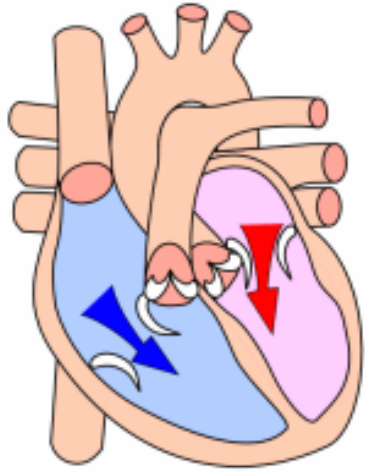


Diastole ventriculaire

DIASTOLE

- Relâchement des fibres musculaires
- Remplissage et dilatation de la cavité sous l'effet de l'arrivée du sang

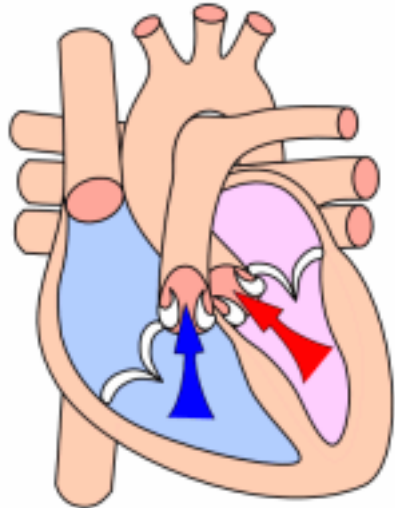
Introduction: définitions



Diastole ventriculaire

DIASTOLE

- Relâchement des fibres musculaires
- Remplissage et dilatation de la cavité sous l'effet de l'arrivée du sang

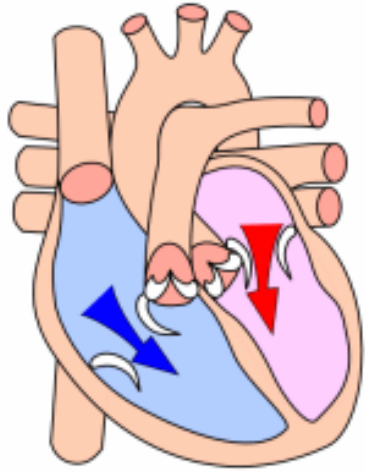


Systole ventriculaire

SYSTOLE

- Contraction musculaire de la cavité
- Refoulement du liquide

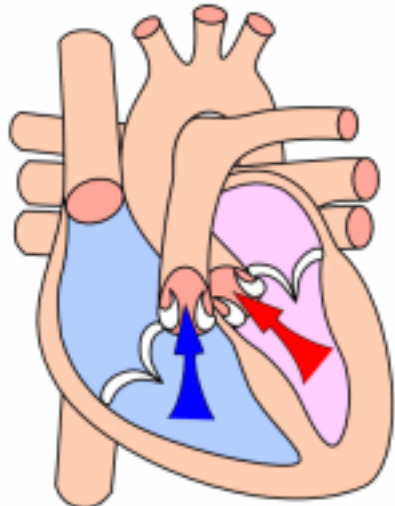
Introduction: définitions



Diastole ventriculaire

DIASTOLE

- Relâchement des fibres musculaires
- Remplissage et dilatation de la cavité sous l'effet de l'arrivée du sang



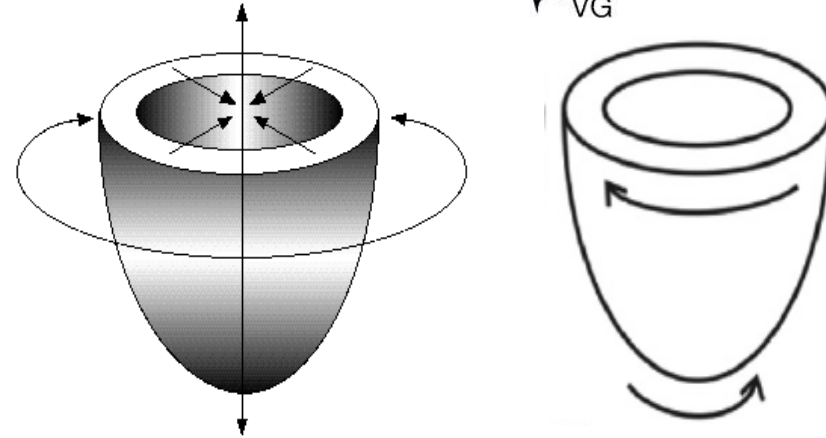
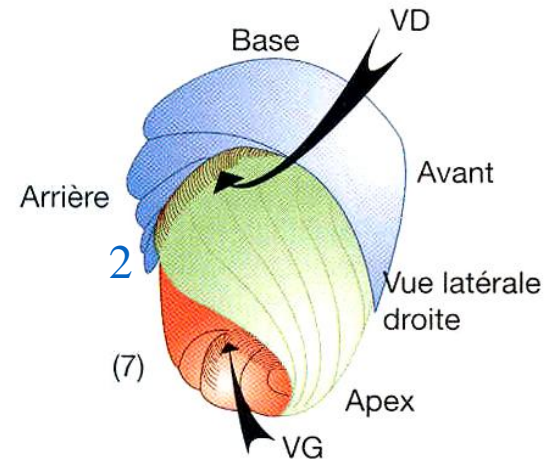
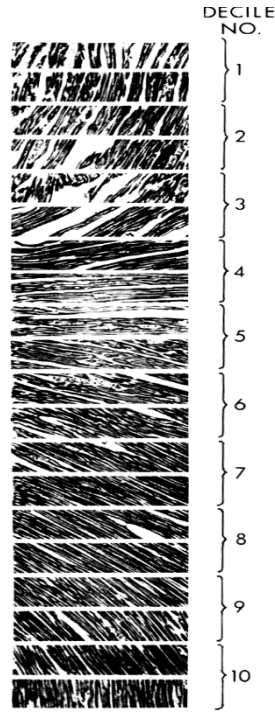
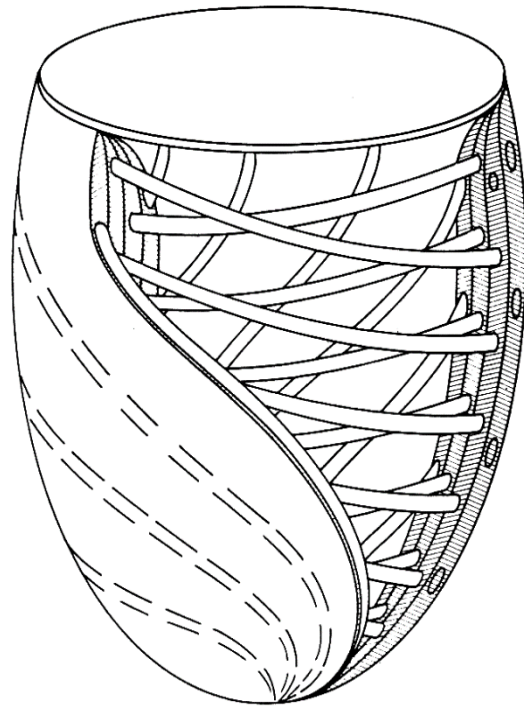
Systole ventriculaire

SYSTOLE

- Contraction musculaire de la cavité
- Refoulement du liquide



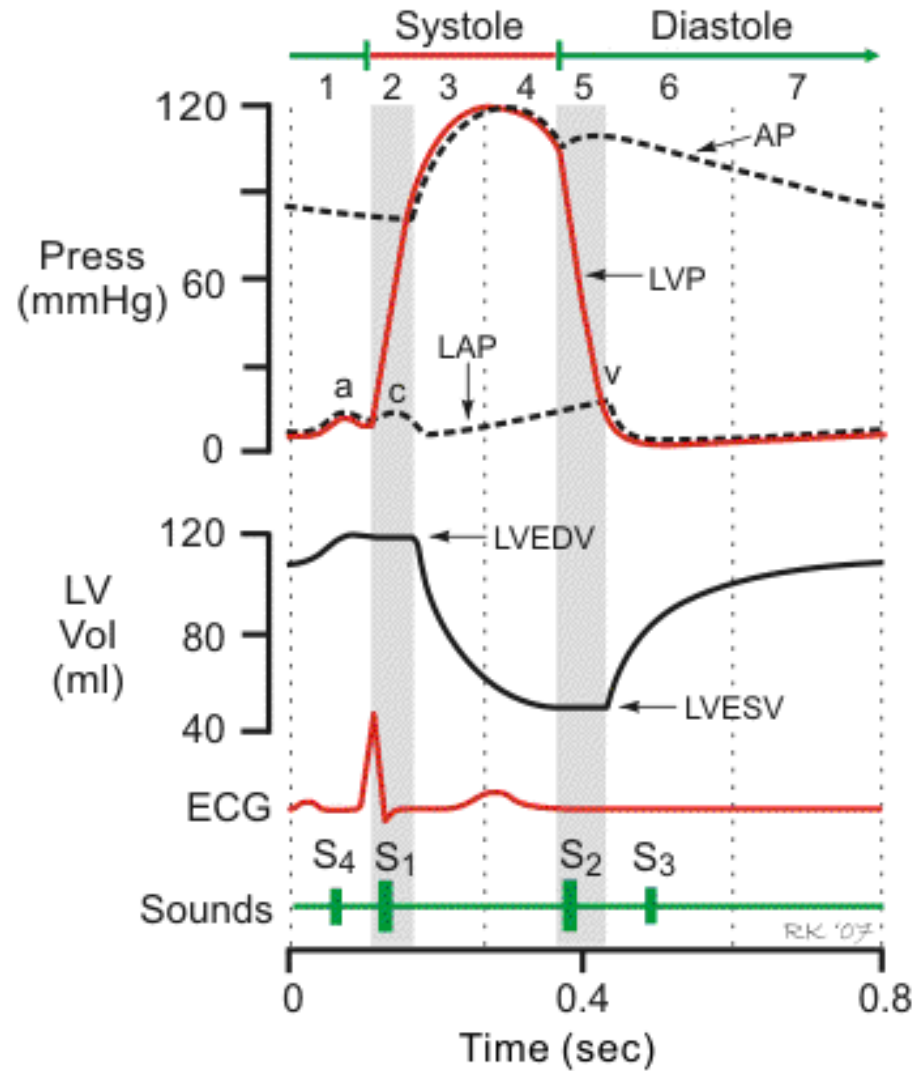
La fonction cardiaque



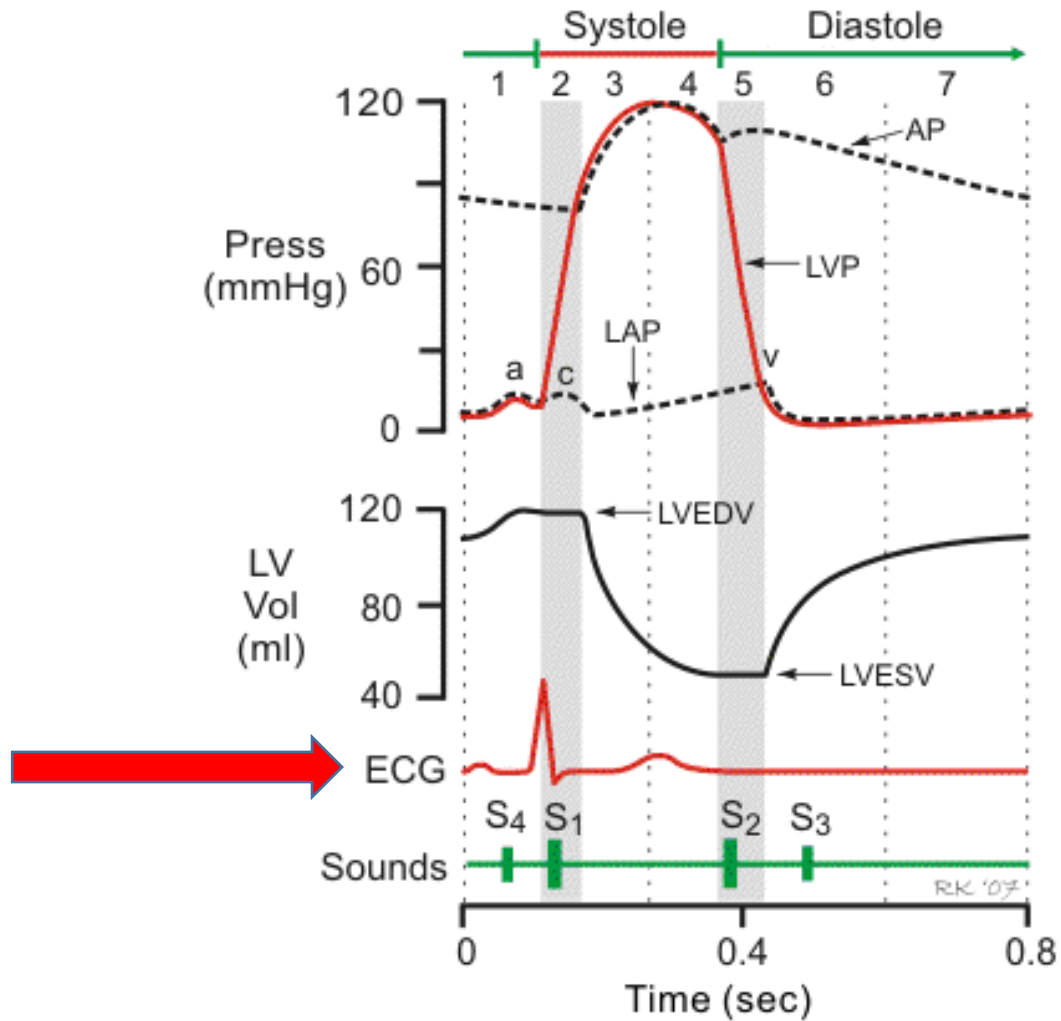
1. Raccourcissement longitudinal
2. Épaississement radial
3. Raccourcissement circonférentiel
4. Rotation
5. Torsion

(systole: antihoraire apex, horaire base)

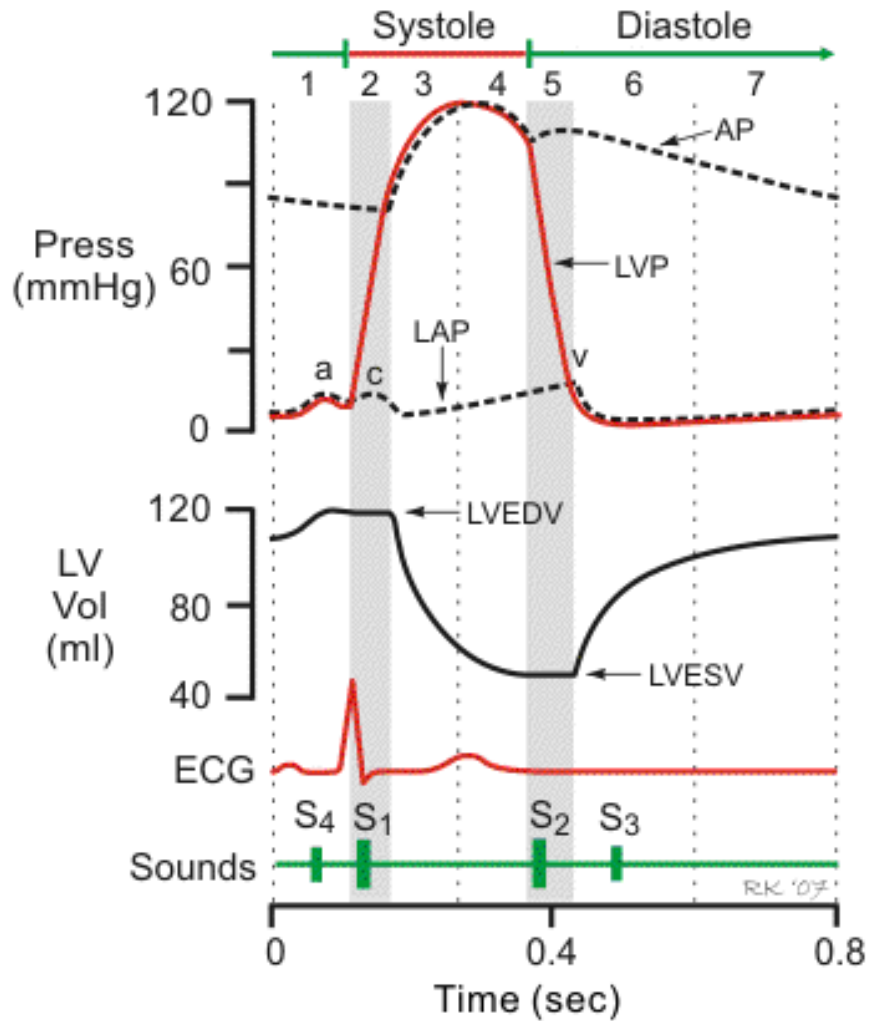
Hémodynamique intracardiaque



Hémodynamique intracardiaque



Hémodynamique intracardiaque



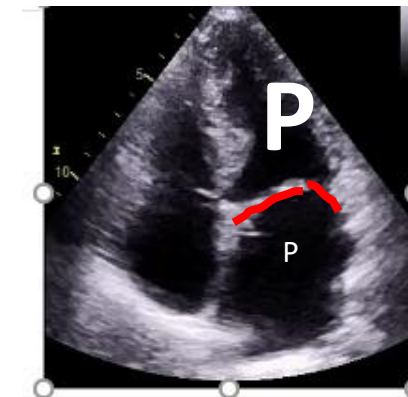
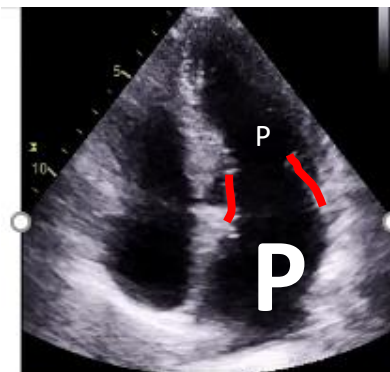
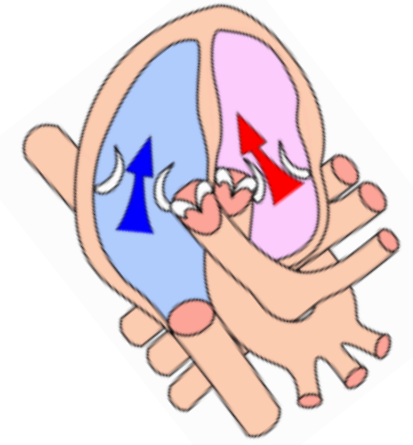
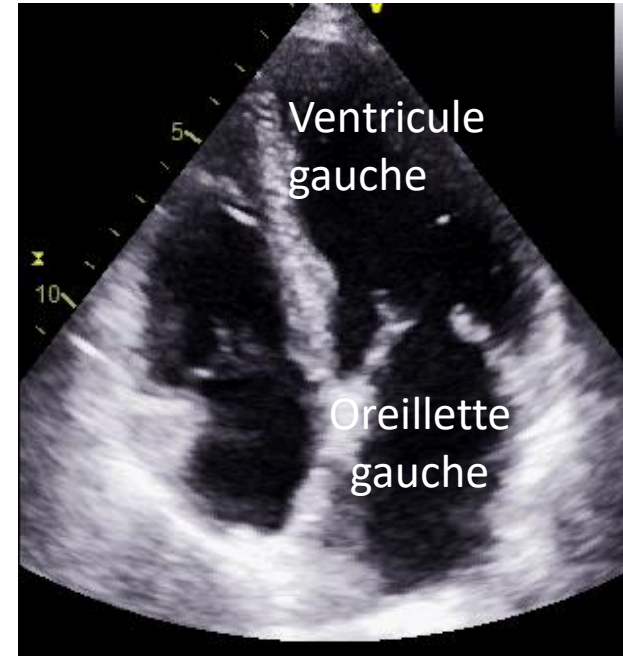
AP: Aortic pressure; pression aortique

LVP: Left ventricular pressure; pression ventriculaire gauche

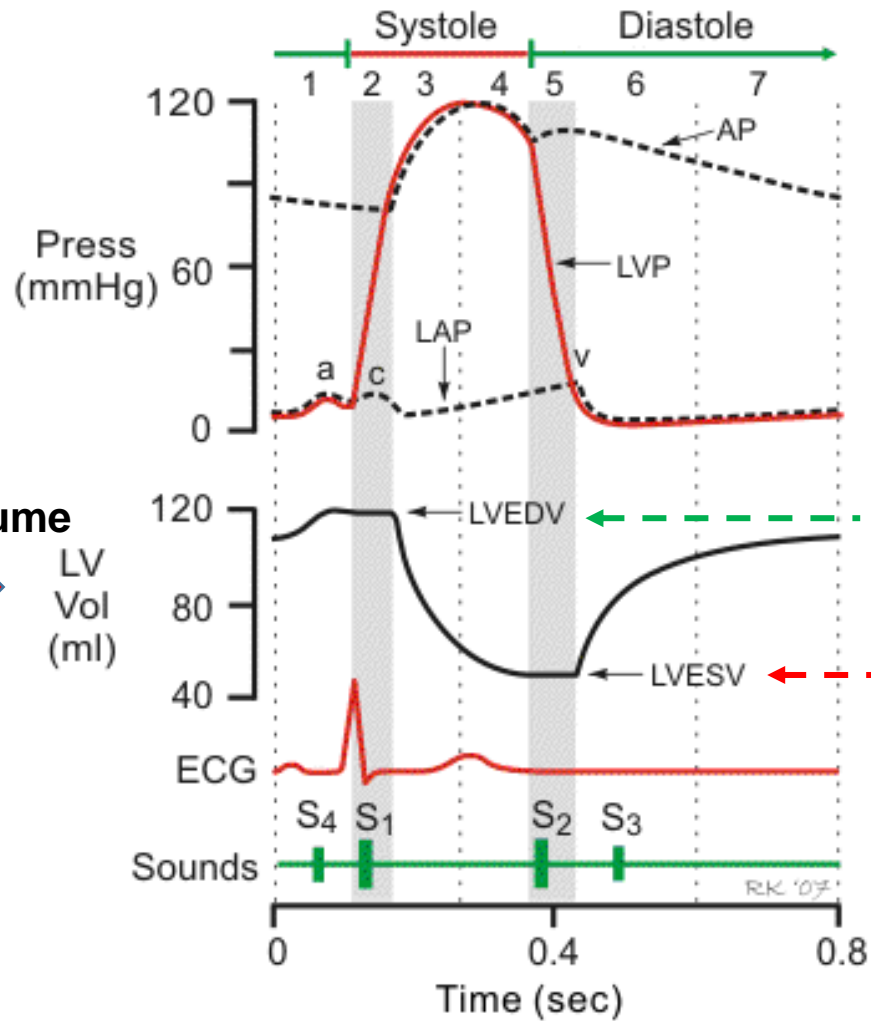
LAP: Left atrial pressure; pression dans l'oreillette gauche

Hémodynamique intracardiaque

Les variations de pressions dans les cavités cardiaques en amont et en aval des valves vont provoquer leur fermeture ou leur ouverture.



Hémodynamique intracardiaque



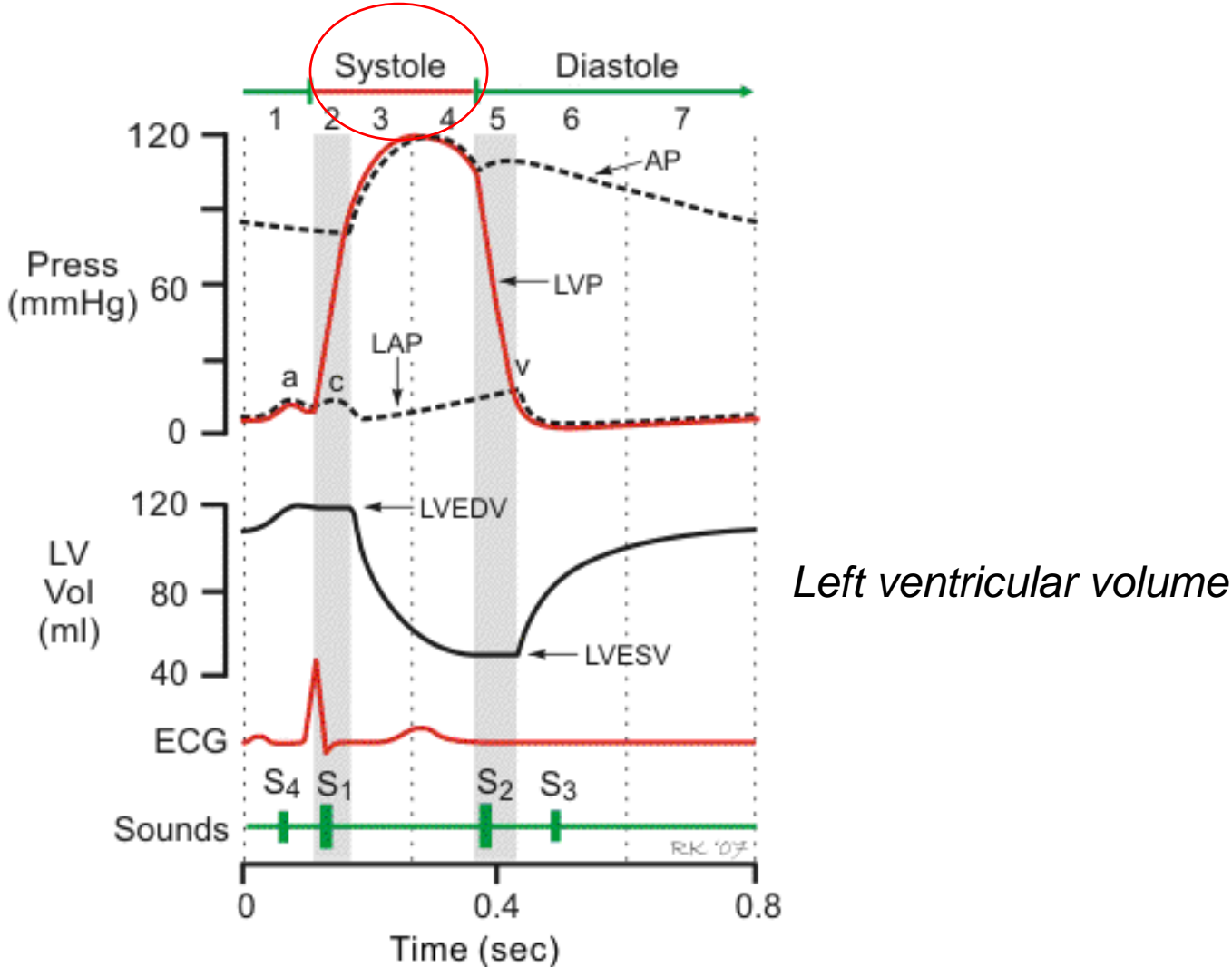
LV Vol: Left ventricular volume



LVEDV: left ventricular end-diastolic volume;
Volume télé- diastolique ventriculaire gauche

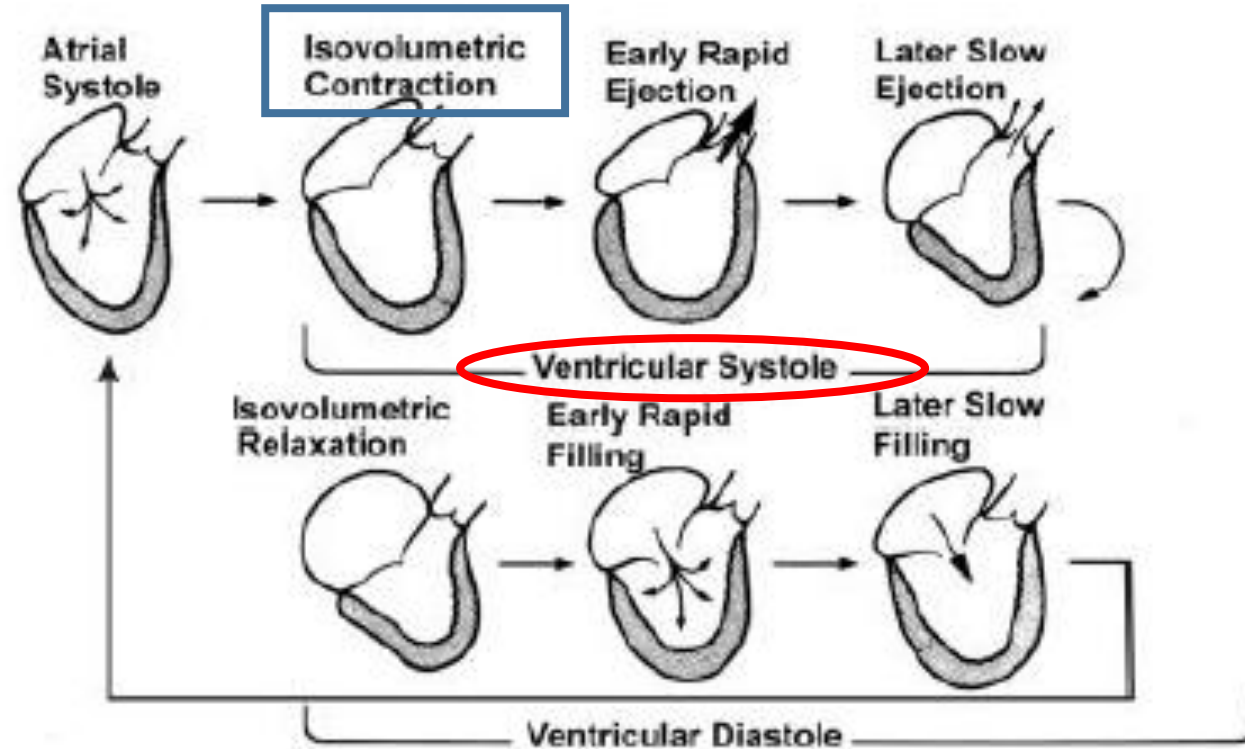
LVESV: left ventricular end-systolic volume;
Volume télé- systolique ventriculaire gauche

Hémodynamique intracardiaque



Hémodynamique intracardiaque

Les valves AV et VA sont fermées



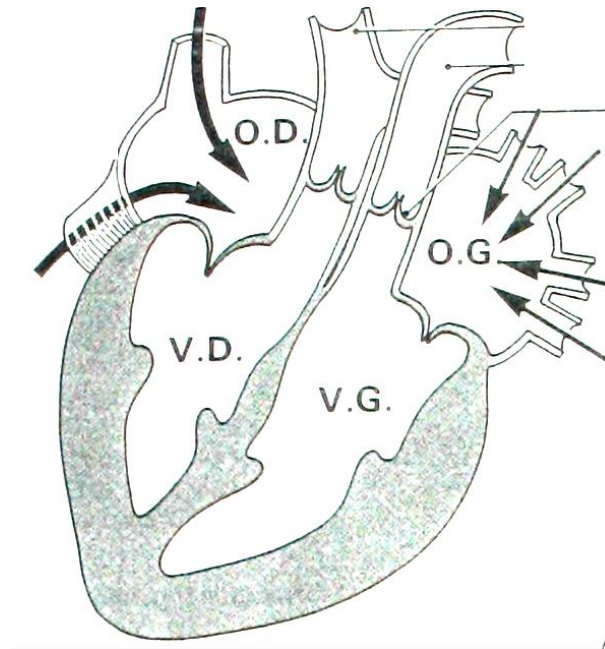
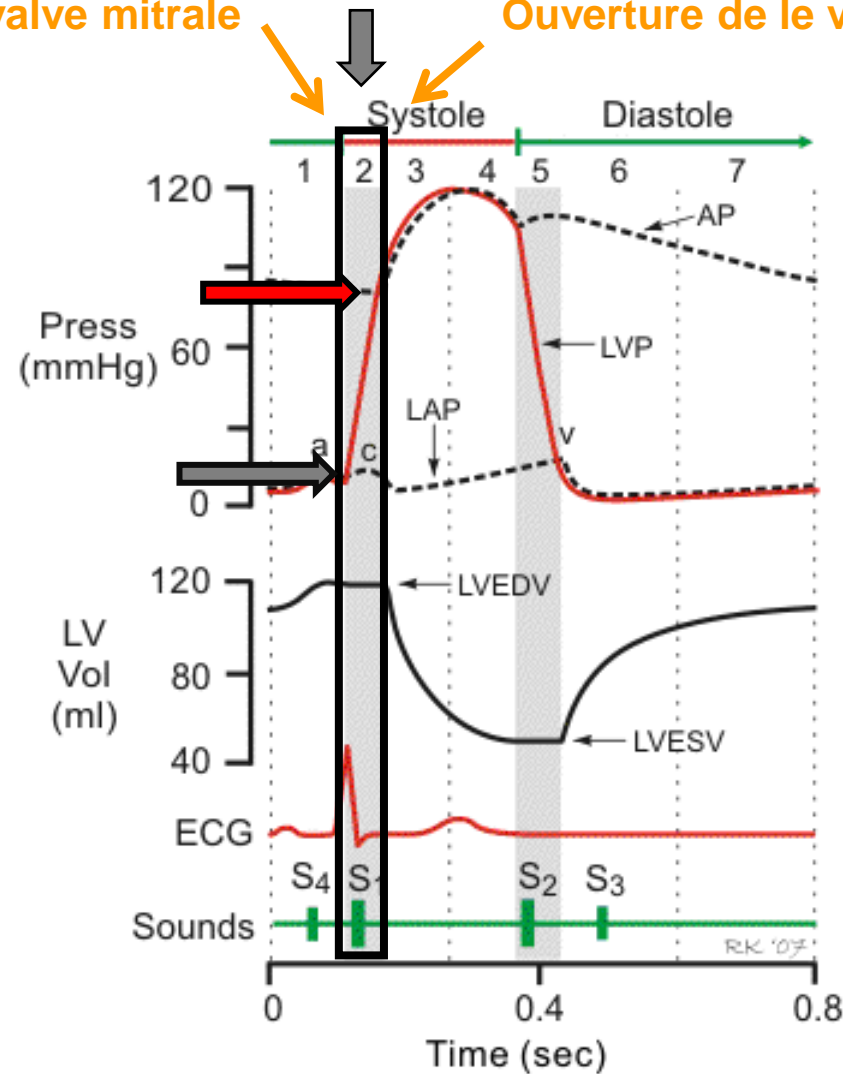
Modified from Selkurt, Physiology, Fifth Edition, 1984, page 226

Hémodynamique intracardiaque

Contraction isovolumetrique

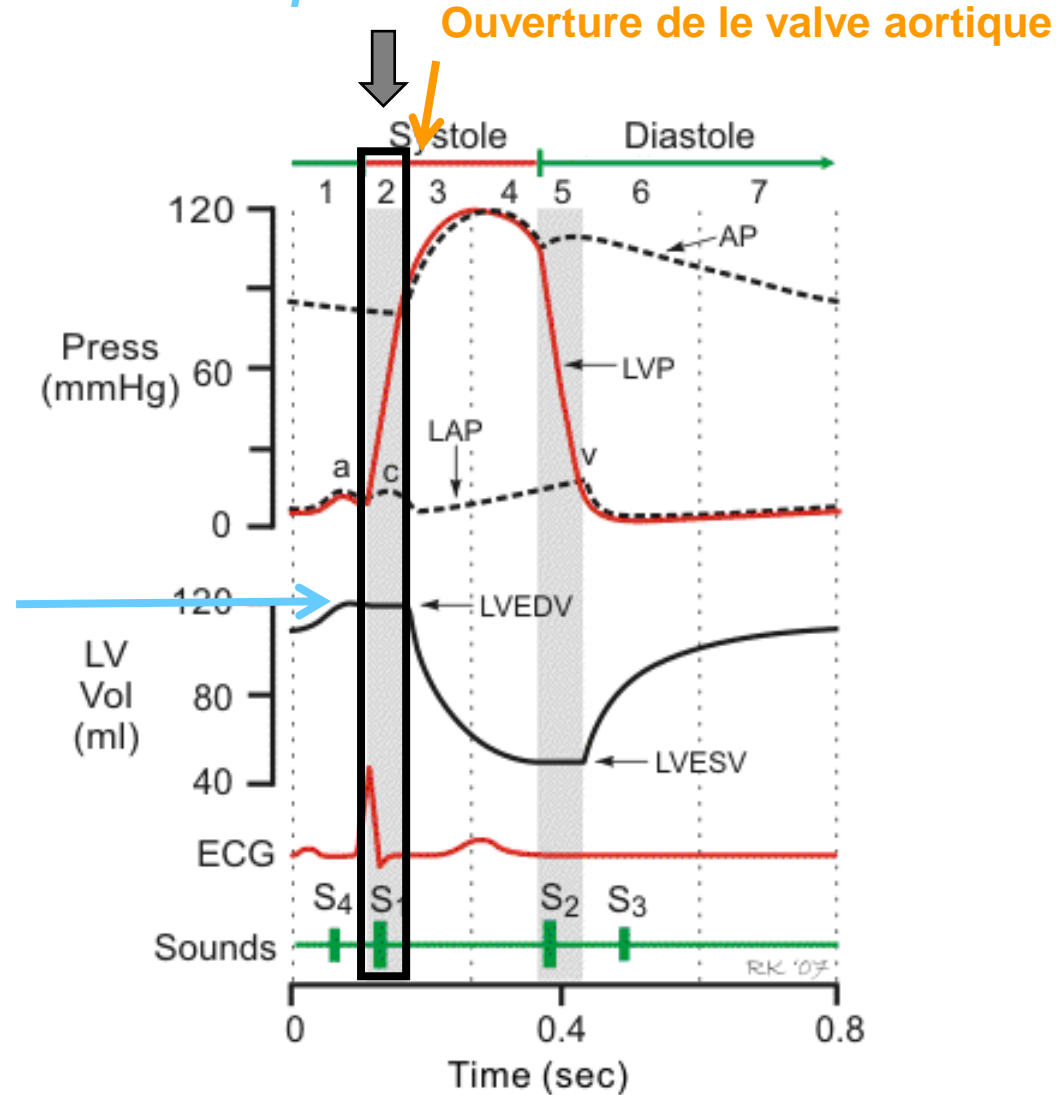
Fermeture de la valve mitrale

Ouverture de la valve aortique

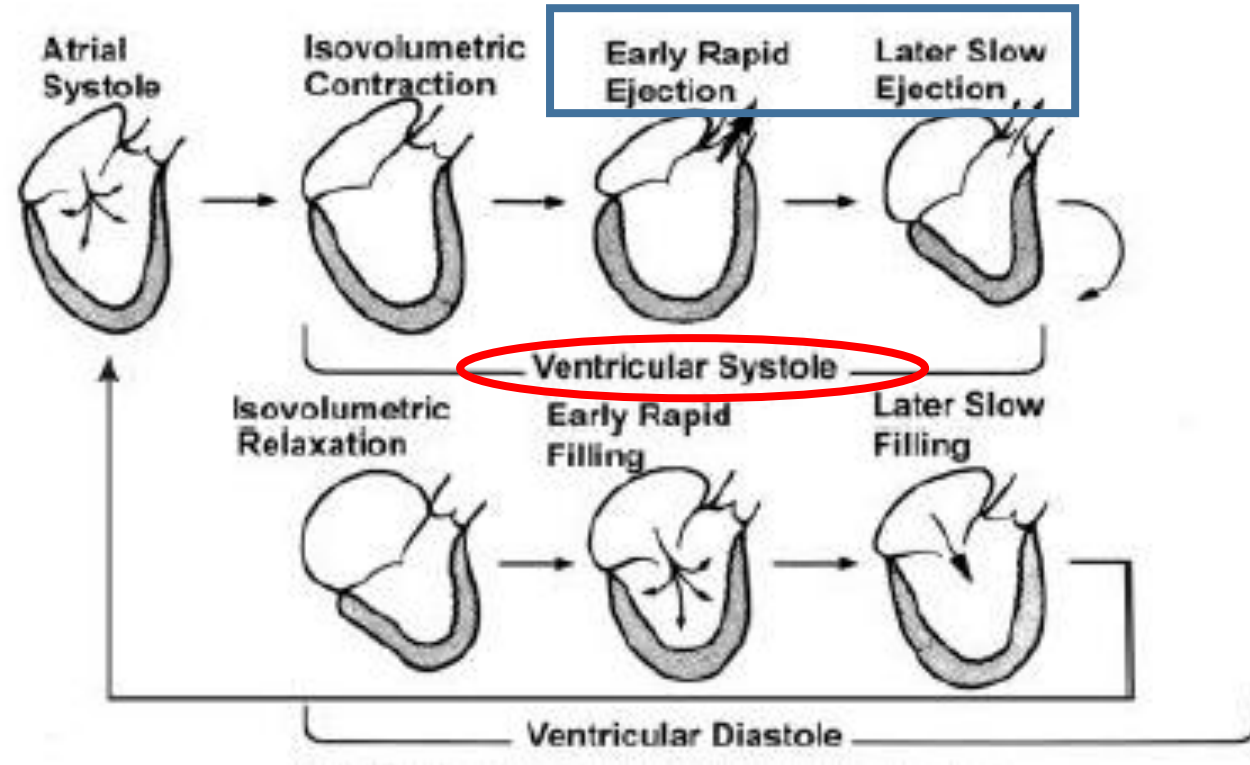


Hémodynamique intracardiaque

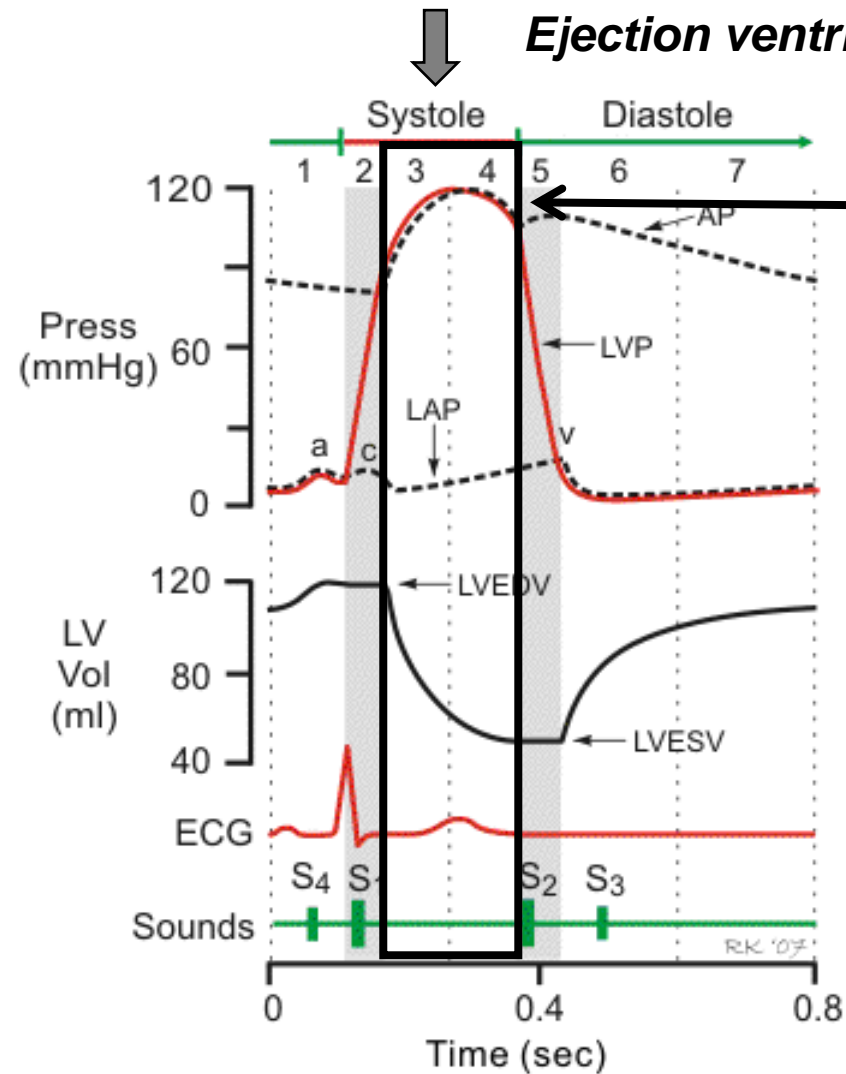
Contraction isovolumétrique



Hémodynamique intracardiaque



Hémodynamique intracardiaque

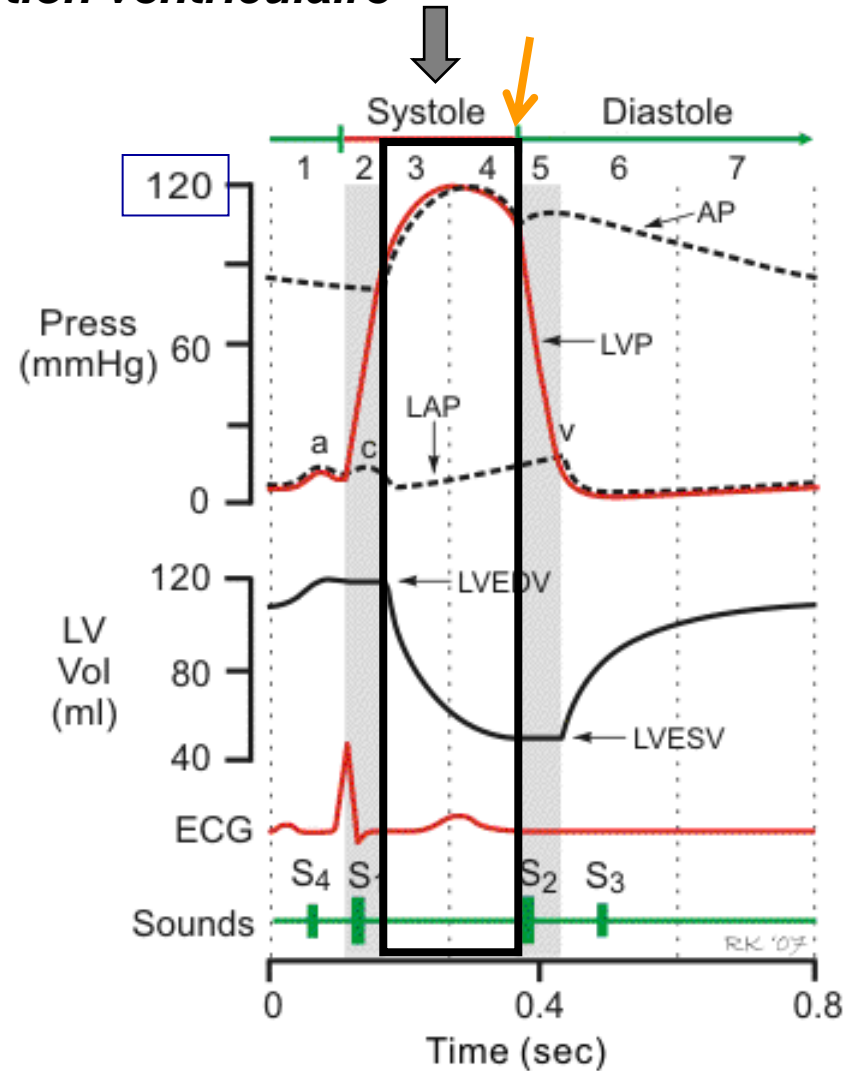


La pression dans le ventricule commence à diminuer

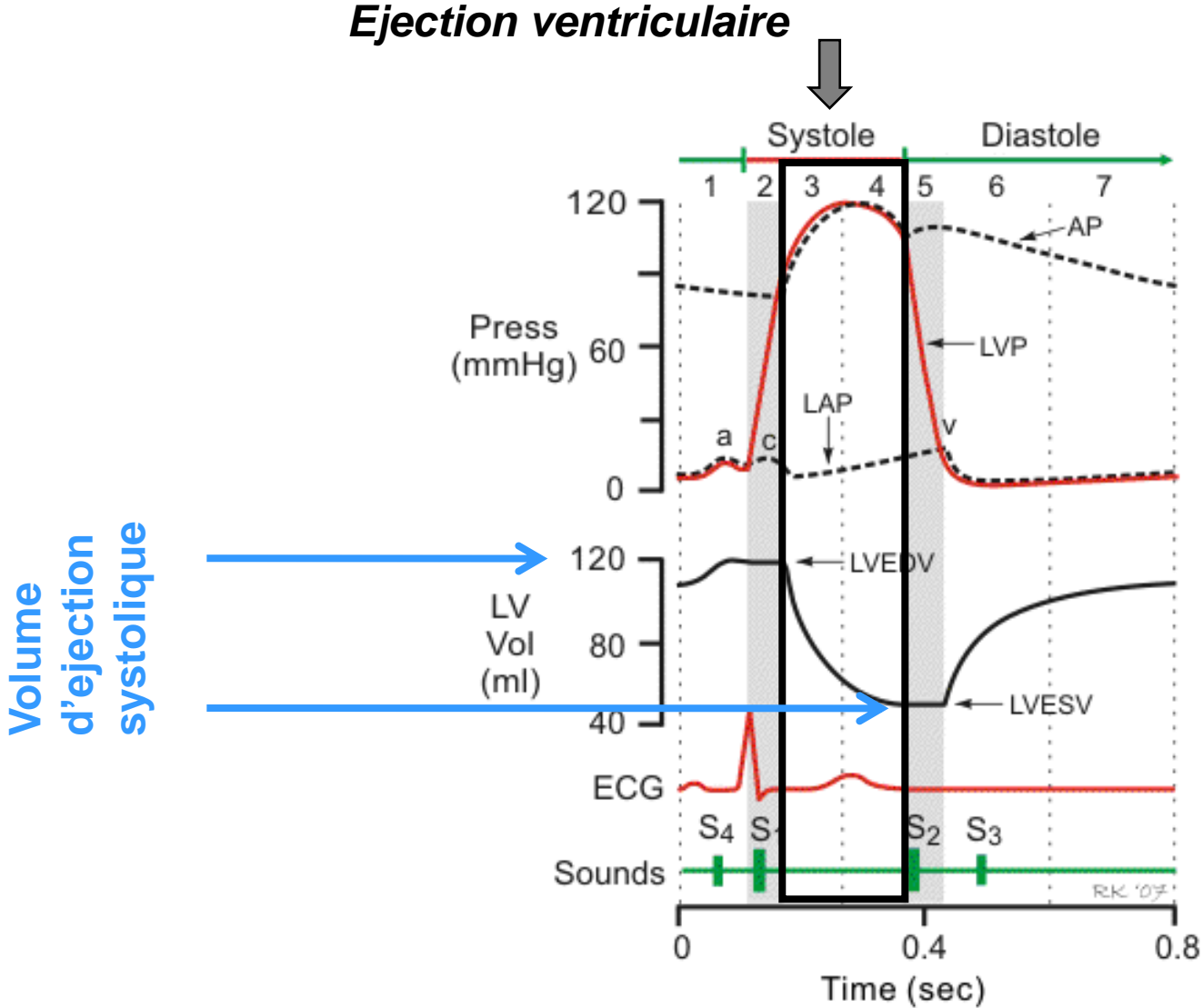


Hémodynamique intracardiaque

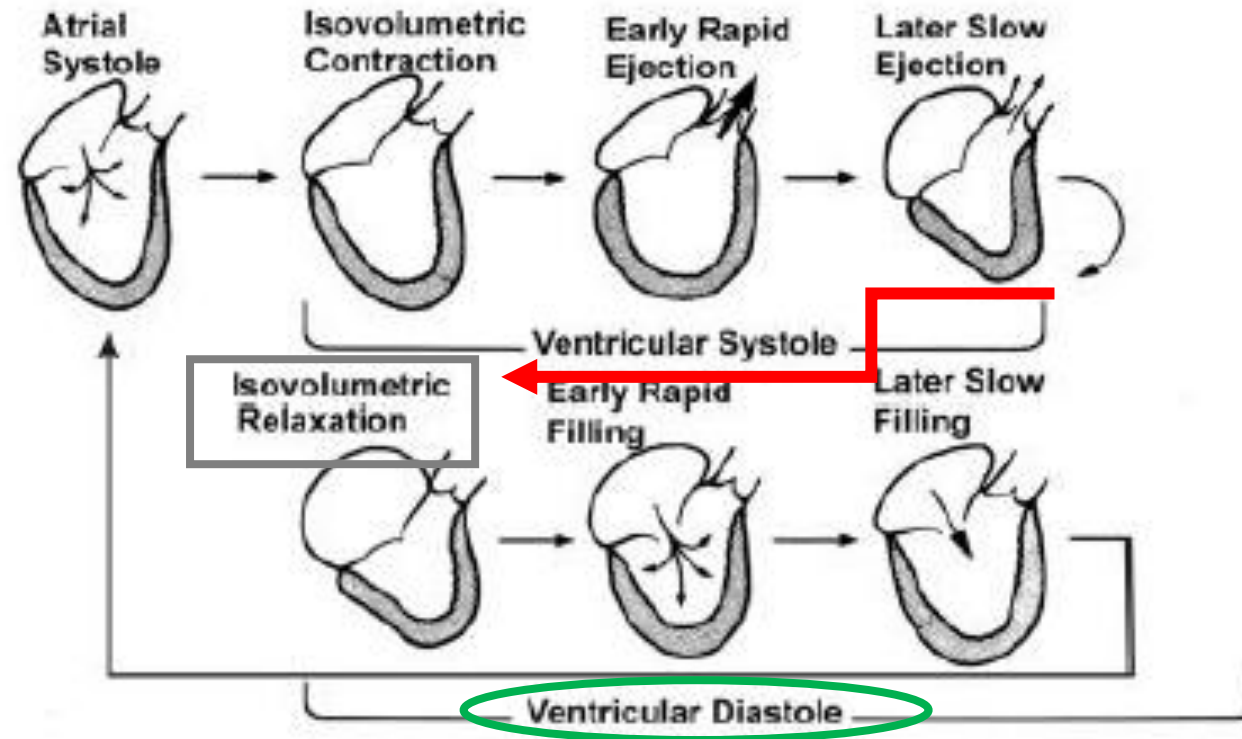
Ejection ventriculaire **Fermeture de la valve aortique**



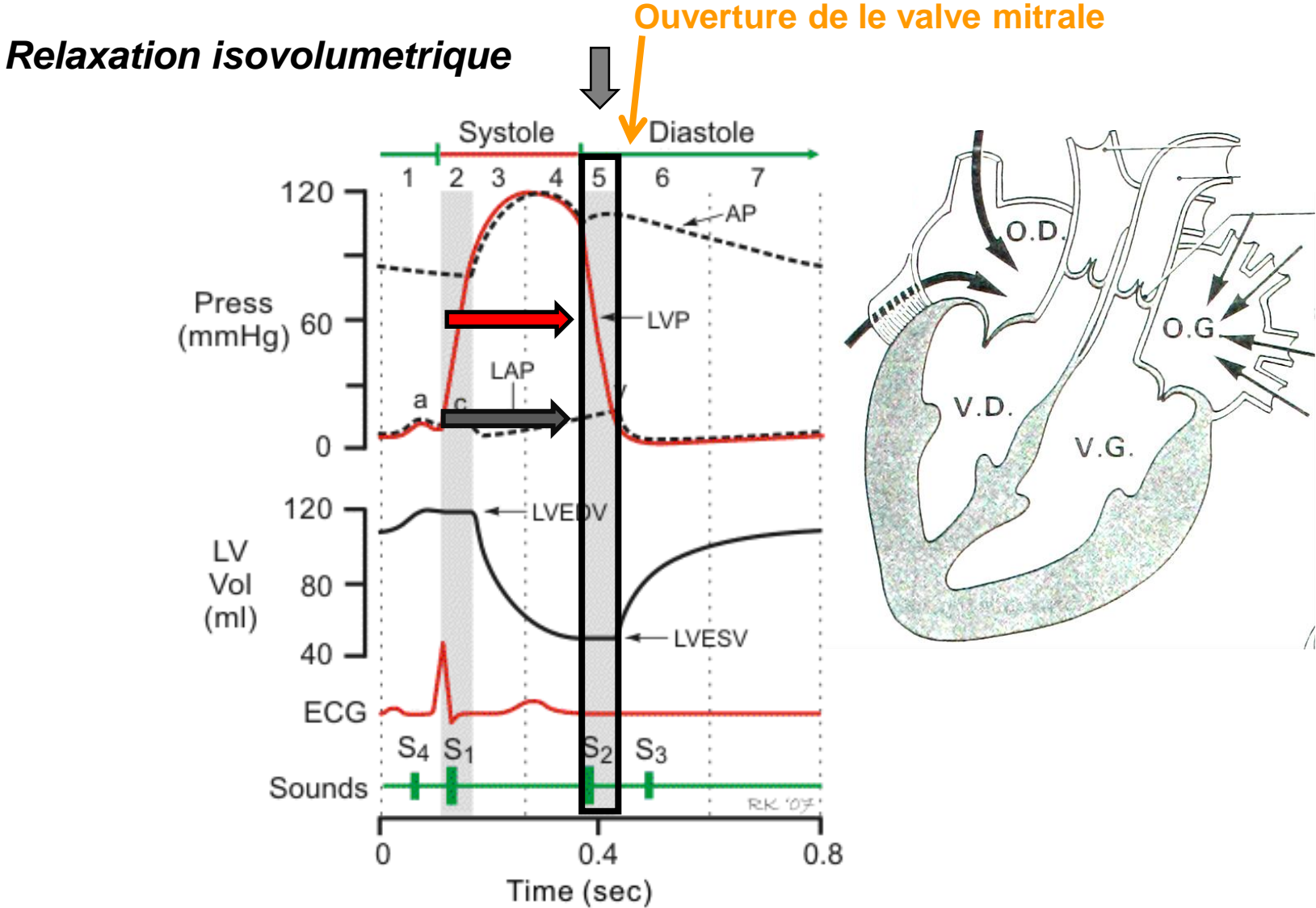
Hémodynamique intracardiaque



Hémodynamique intracardiaque



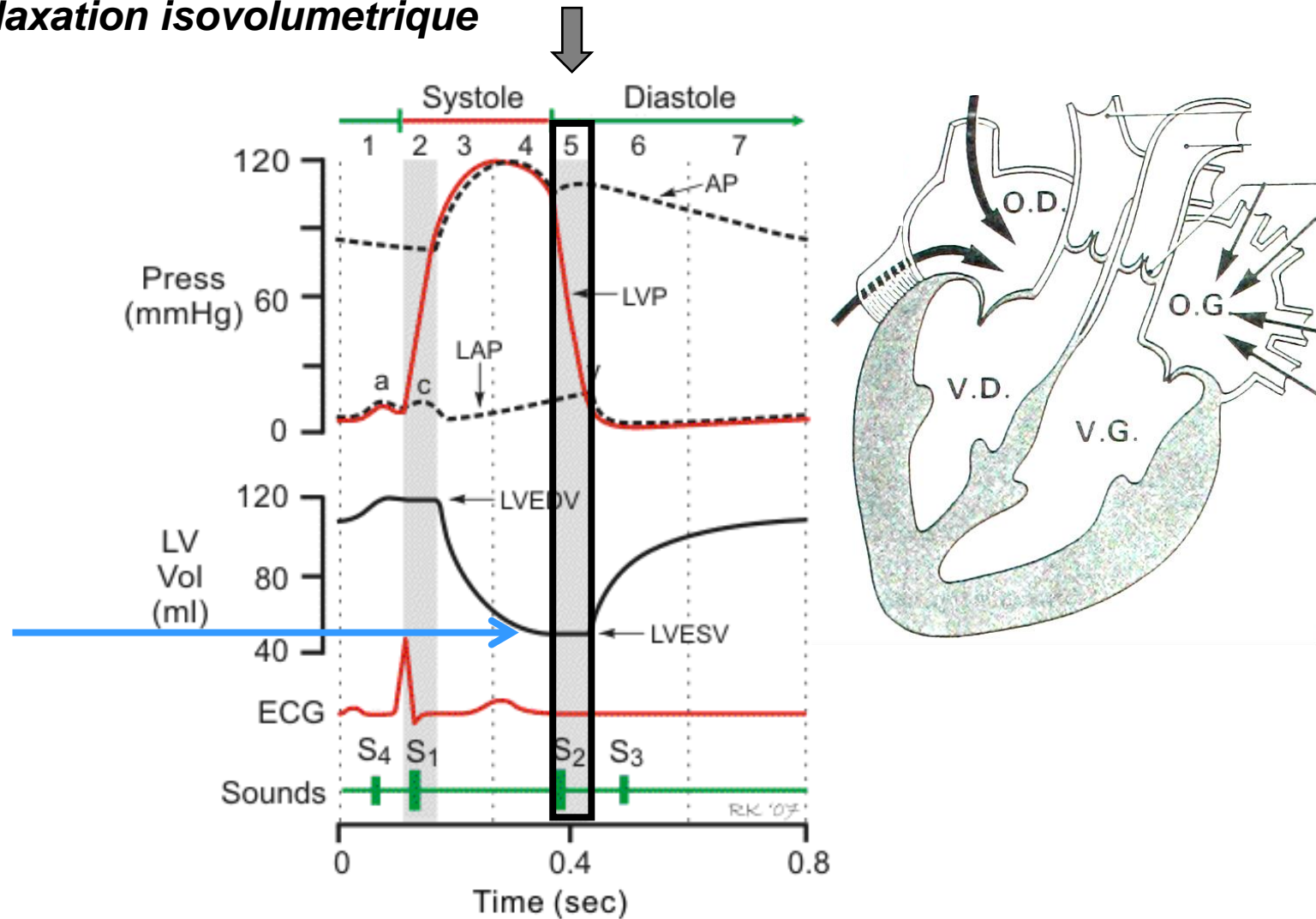
Hémodynamique intracardiaque



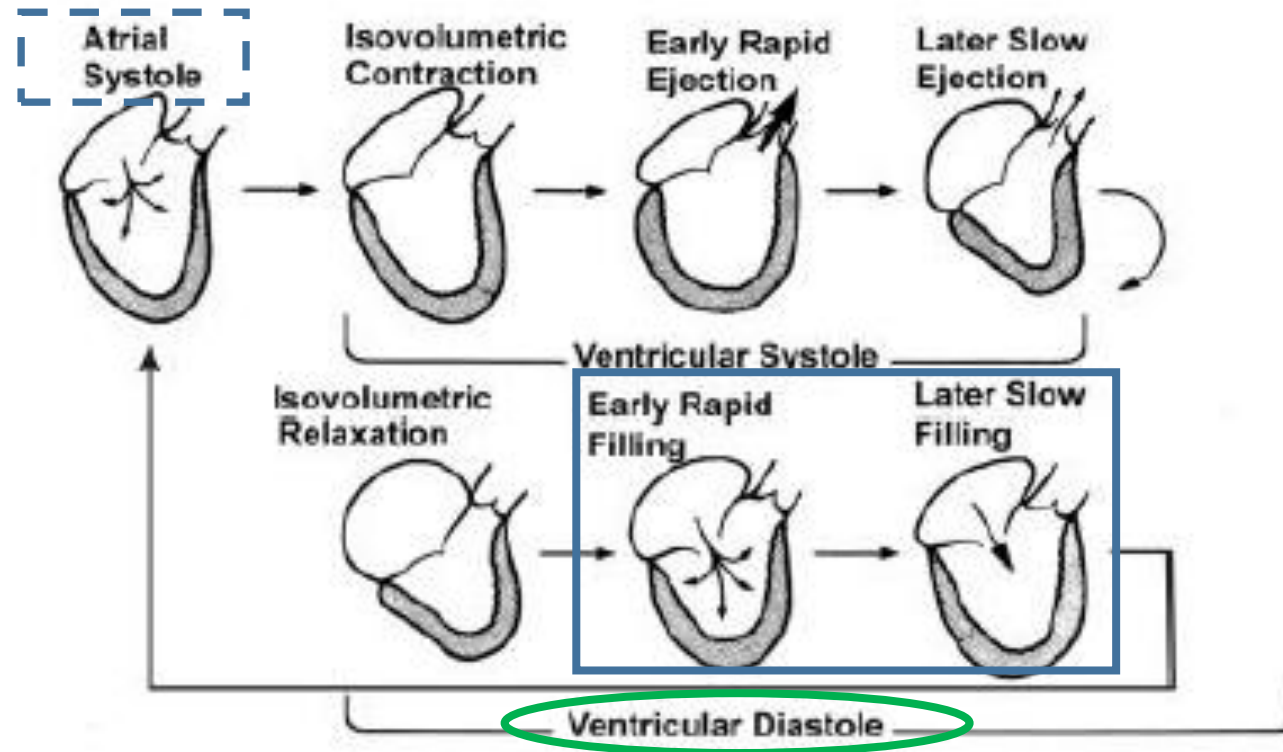
Hémodynamique intracardiaque

Relaxation isovolumetrique

Pas de modification du volume ventriculaire

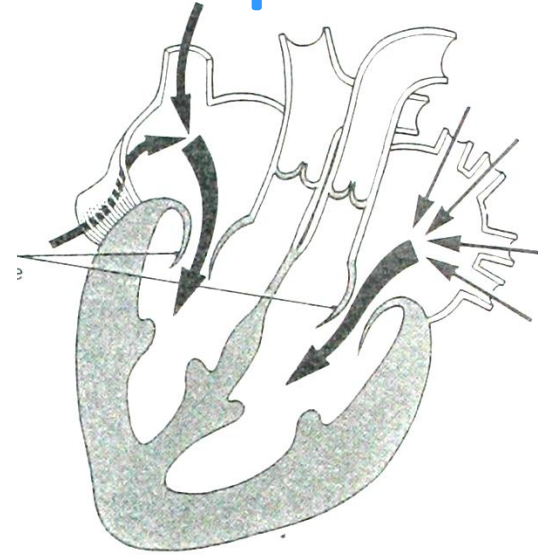
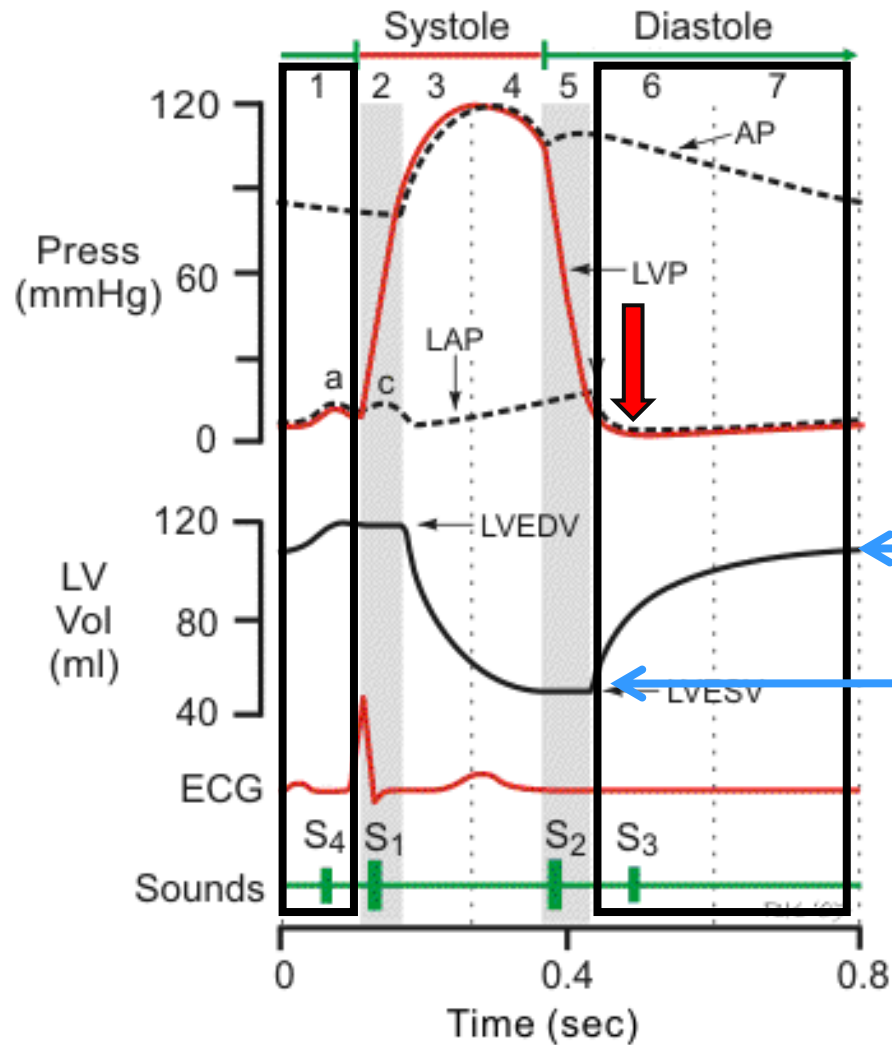


Hémodynamique intracardiaque

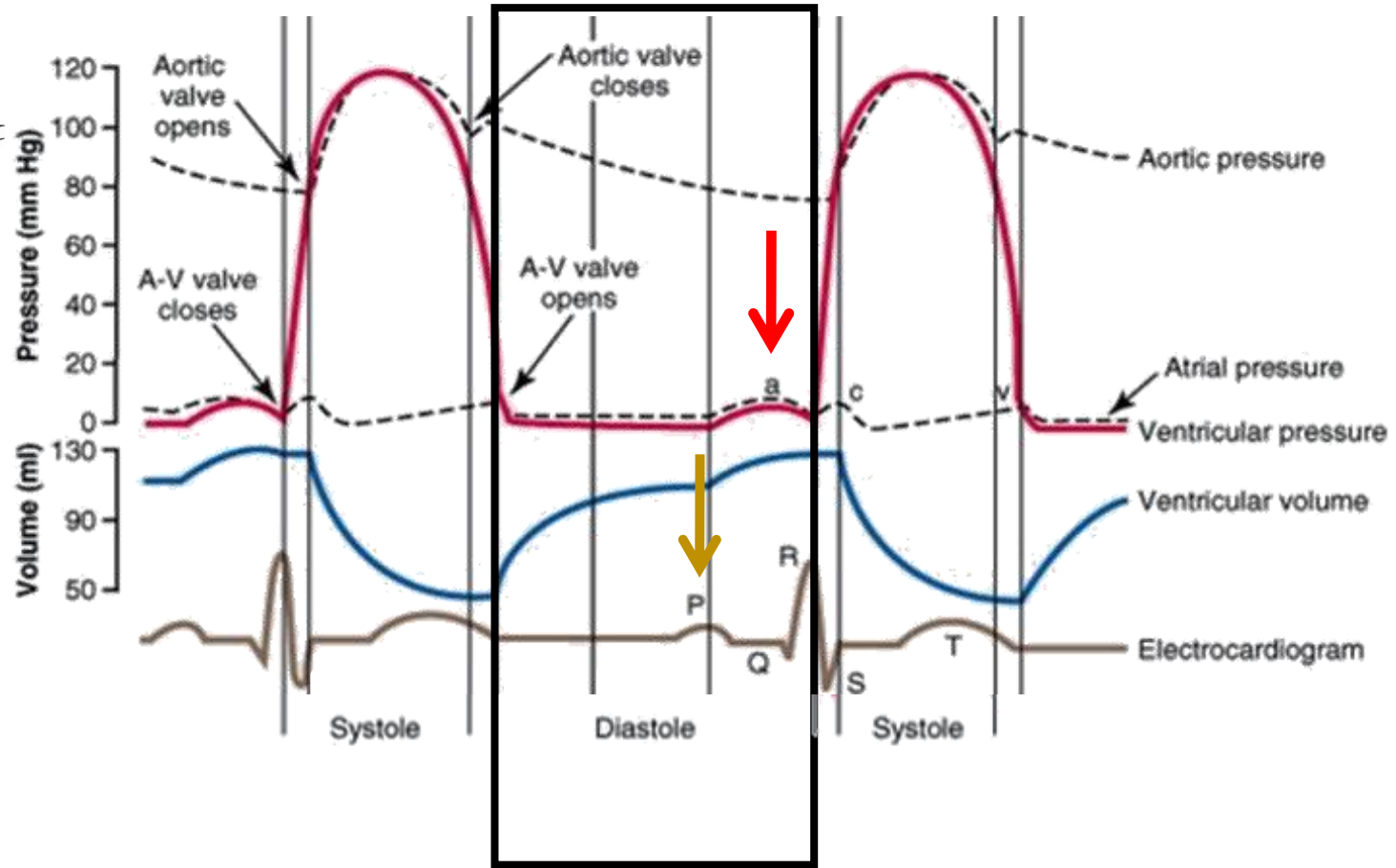
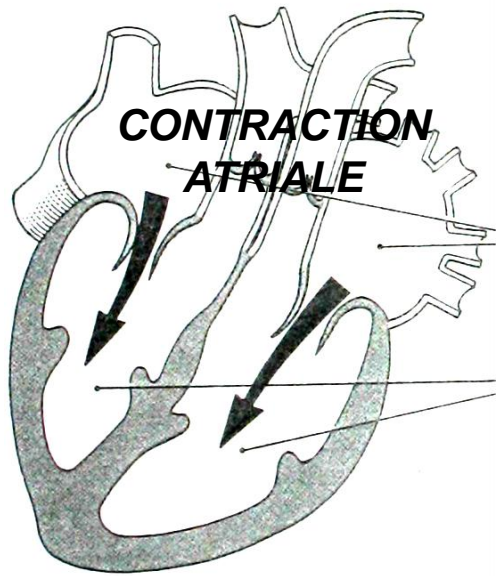


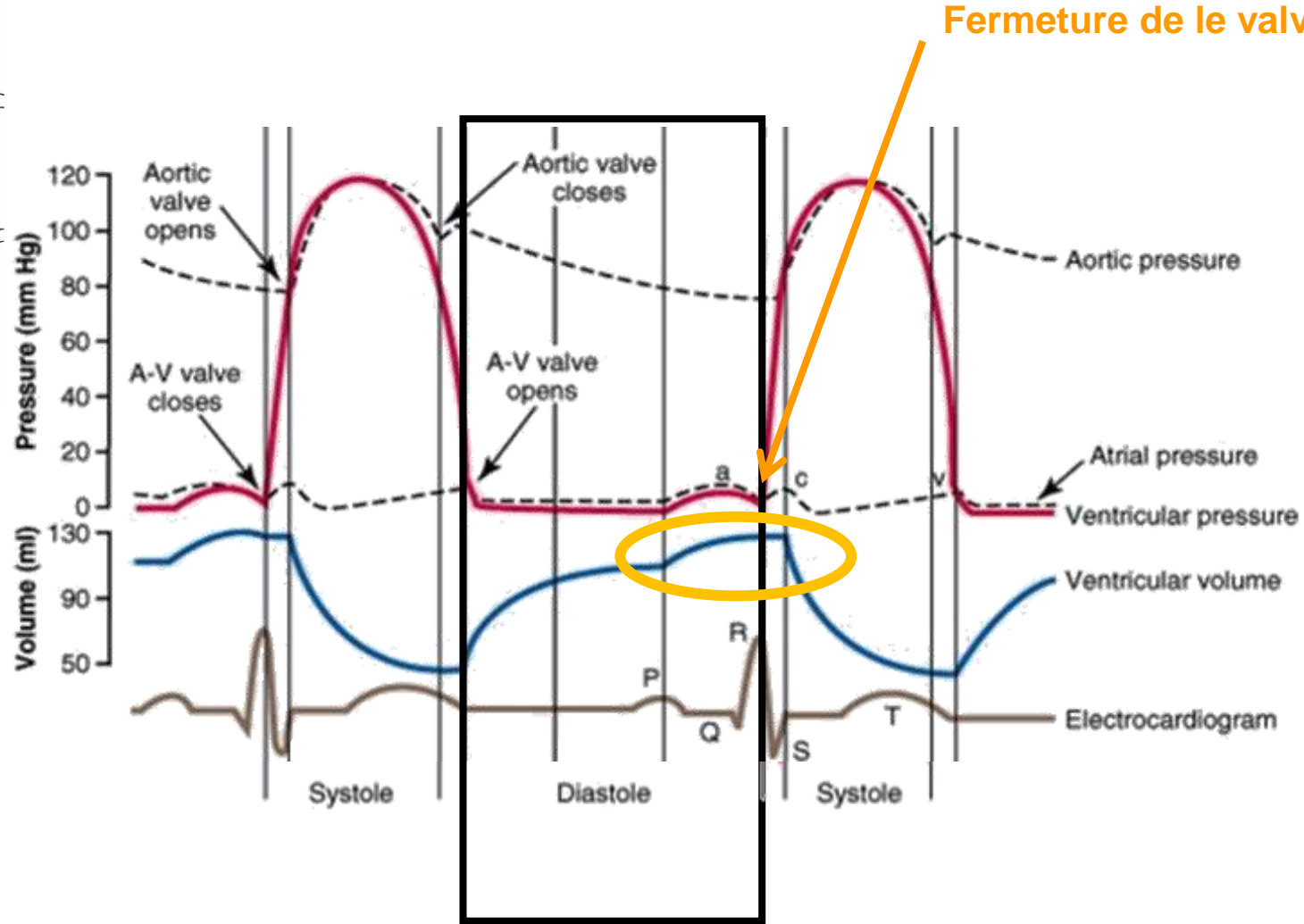
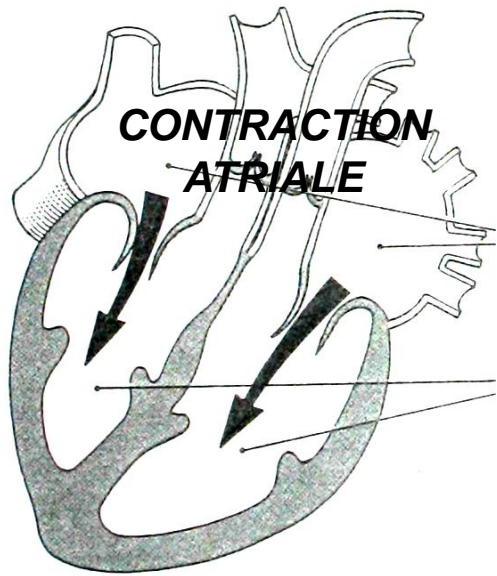
Hémodynamique intracardiaque

Remplissage ventriculaire
"passif"

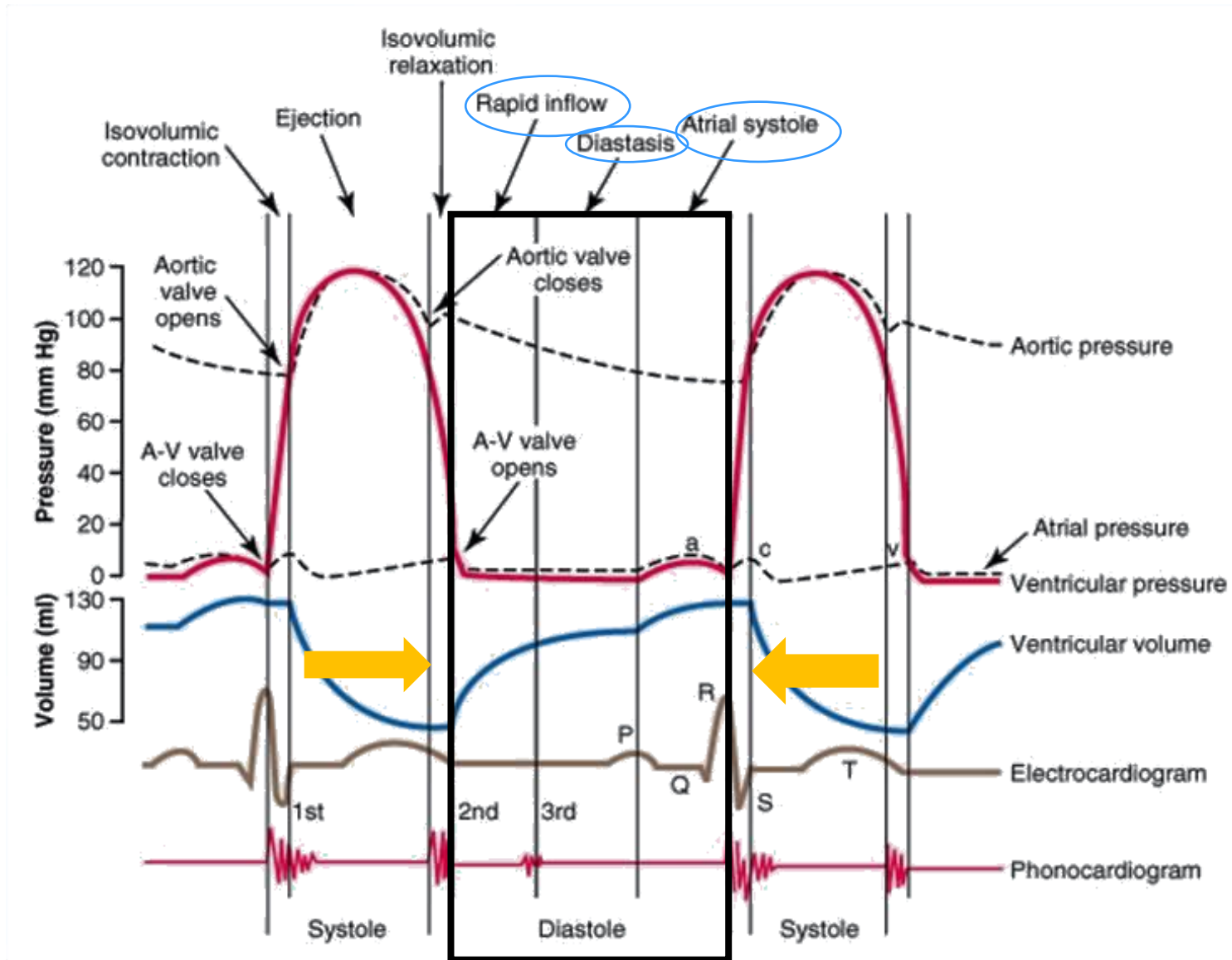


Presque 80% du remplissage ventriculaire s'effectue pendant remplissage rapide/ lent

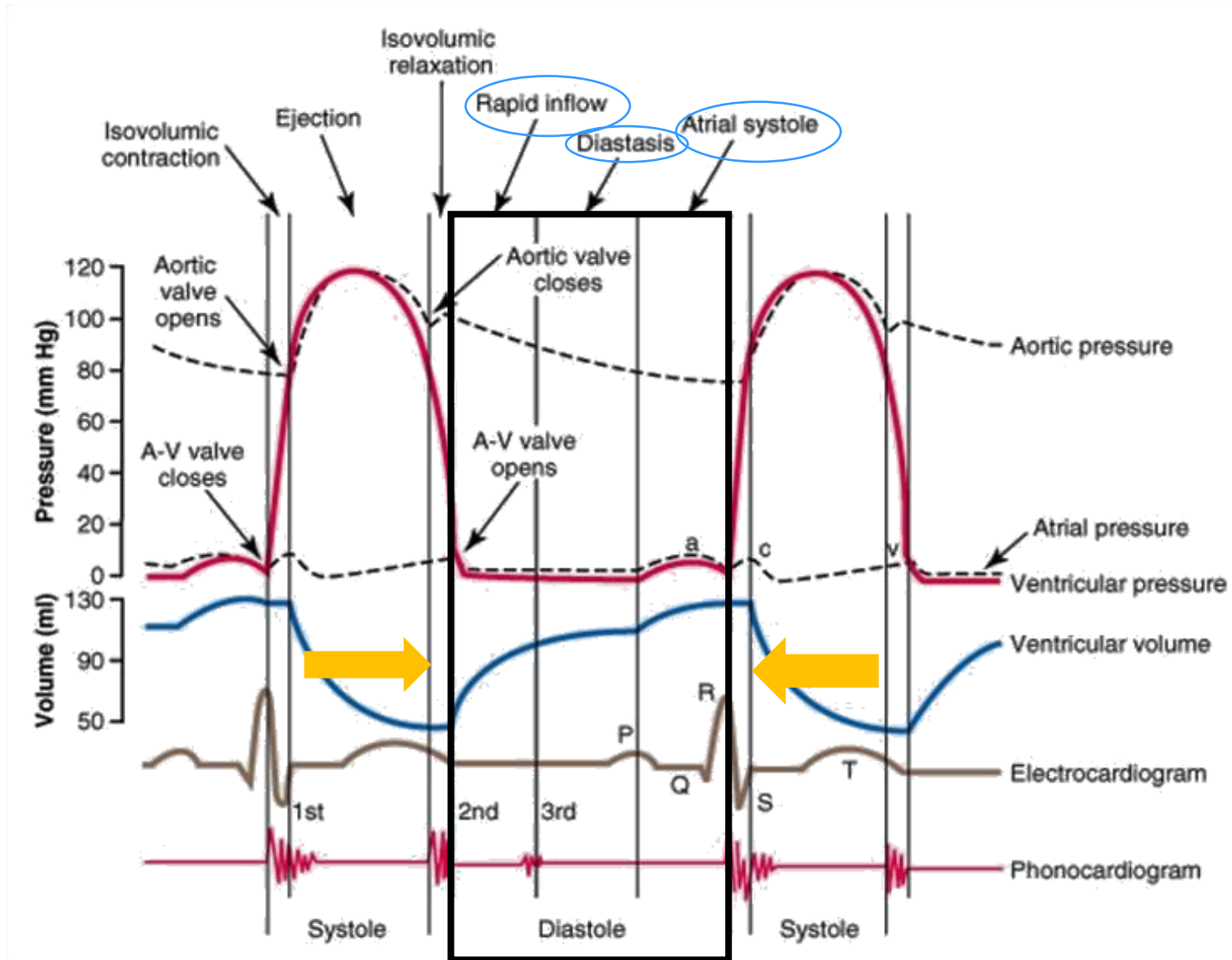




La systole atriale intervient pour environ 15-20% du remplissage VG

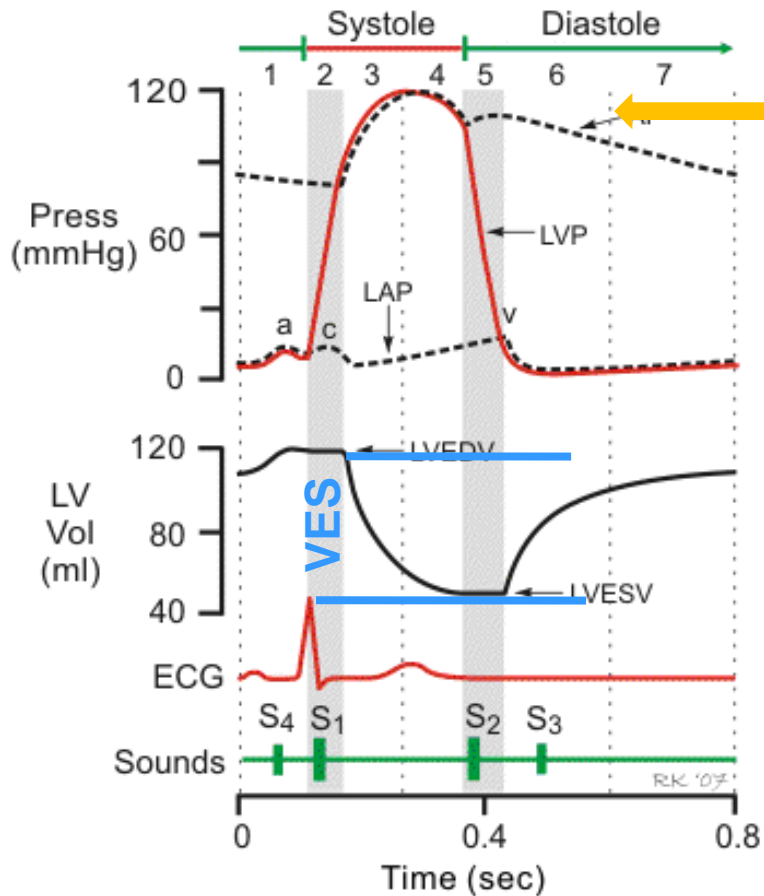


- Cycle cardiaque: 2/3 diastole, 1/3 systole
- Lorsque la FC s'élève: la durée du cc diminue principalement au dépend de la phase de remplissage.



- Cycle cardiaque: 2/3 diastole, 1/3 systole
- Lorsque la FC s'élève: la durée du cc diminue principalement au dépend de la phase de remplissage.

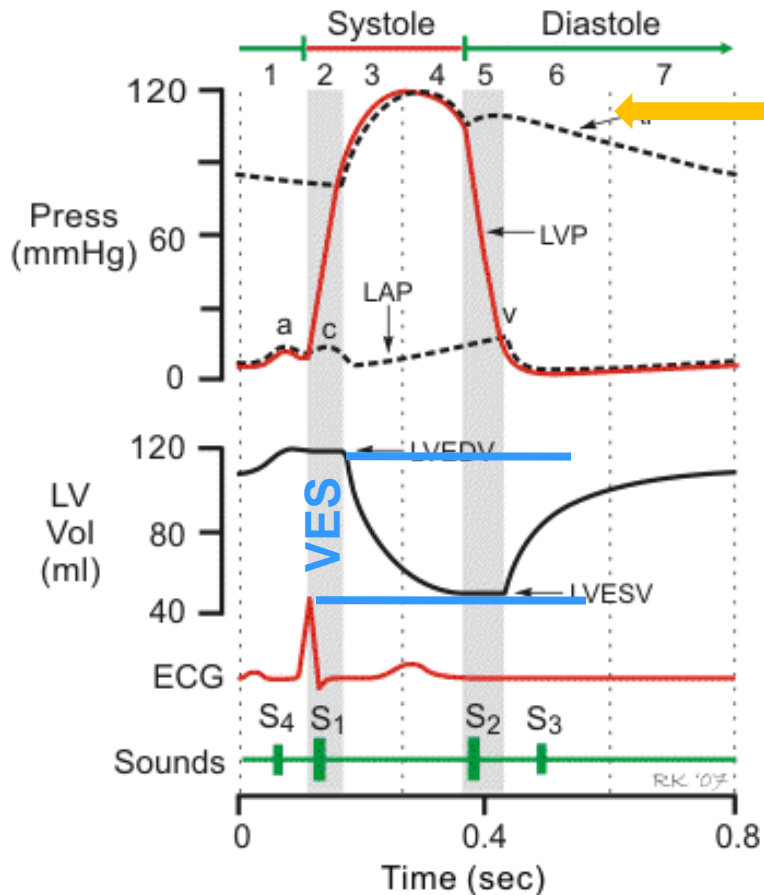
Evolution de la pression artérielle



La Pression artérielle systémique:

- Augmente durant la phase d'éjection
=> valeur max: PAs
- Diminue pendant la diastole (VA fermée)
=> Valeur minimum: PAd

Evolution de la pression artérielle



La Pression artérielle systémique:

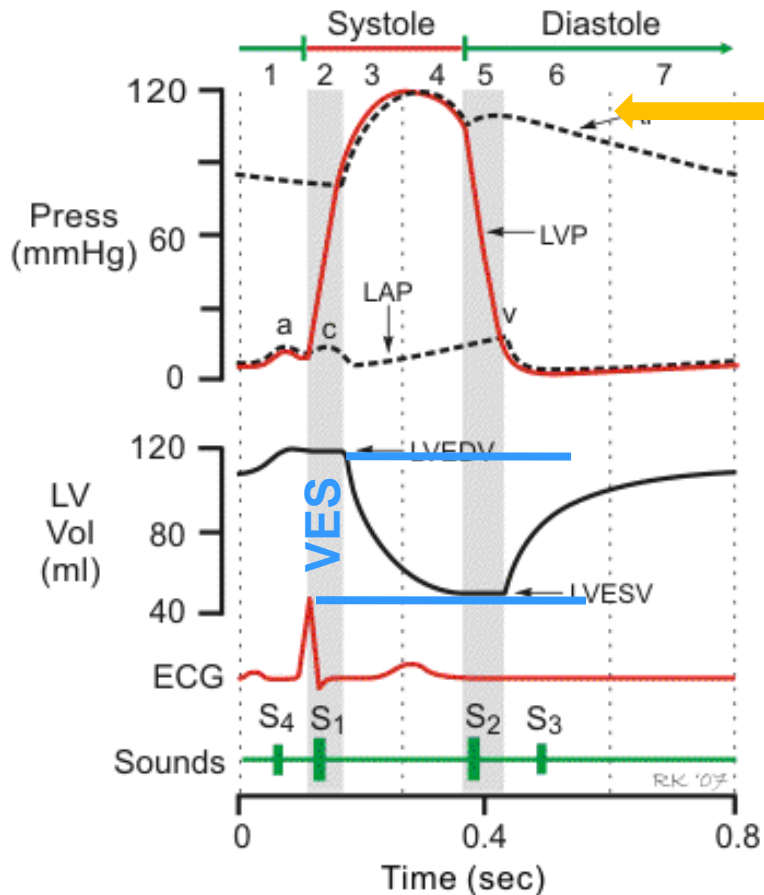
- Augmente durant la phase d'éjection
=> valeur max: PAs
- Diminue pendant la diastole (VA fermée)
=> Valeur minimum: PAd

Dépendante du VES et de la résistance des vaisseaux

PAM= DébitCardiaque. RAS
PAM= VES. FC. RAS

RAS: résistance artérielle systémique

Evolution de la pression artérielle



La Pression artérielle systémique:

- Augmente durant la phase d'éjection
=> valeur max: PAs
- Diminue pendant la diastole (VA fermée)
=> Valeur minimum: PAd

Dépendante du VES et de la résistance des vaisseaux

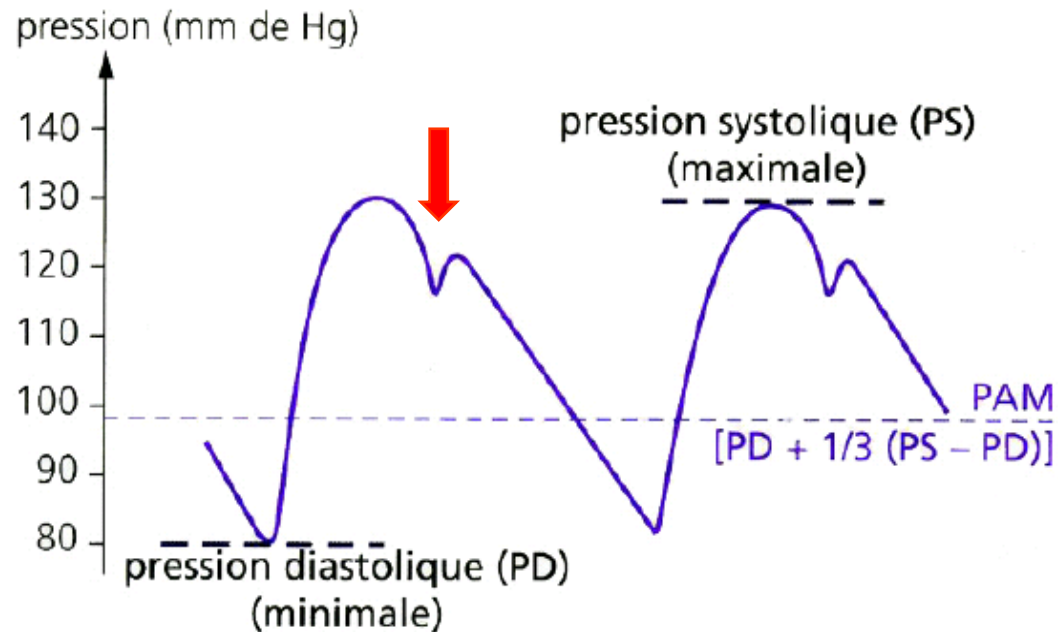
PAM = Débit Cardiaque. RAS

PAM = $\frac{VES \cdot FC}{RAS}$

RAS: résistance artérielle systémique

Pression Arterielle

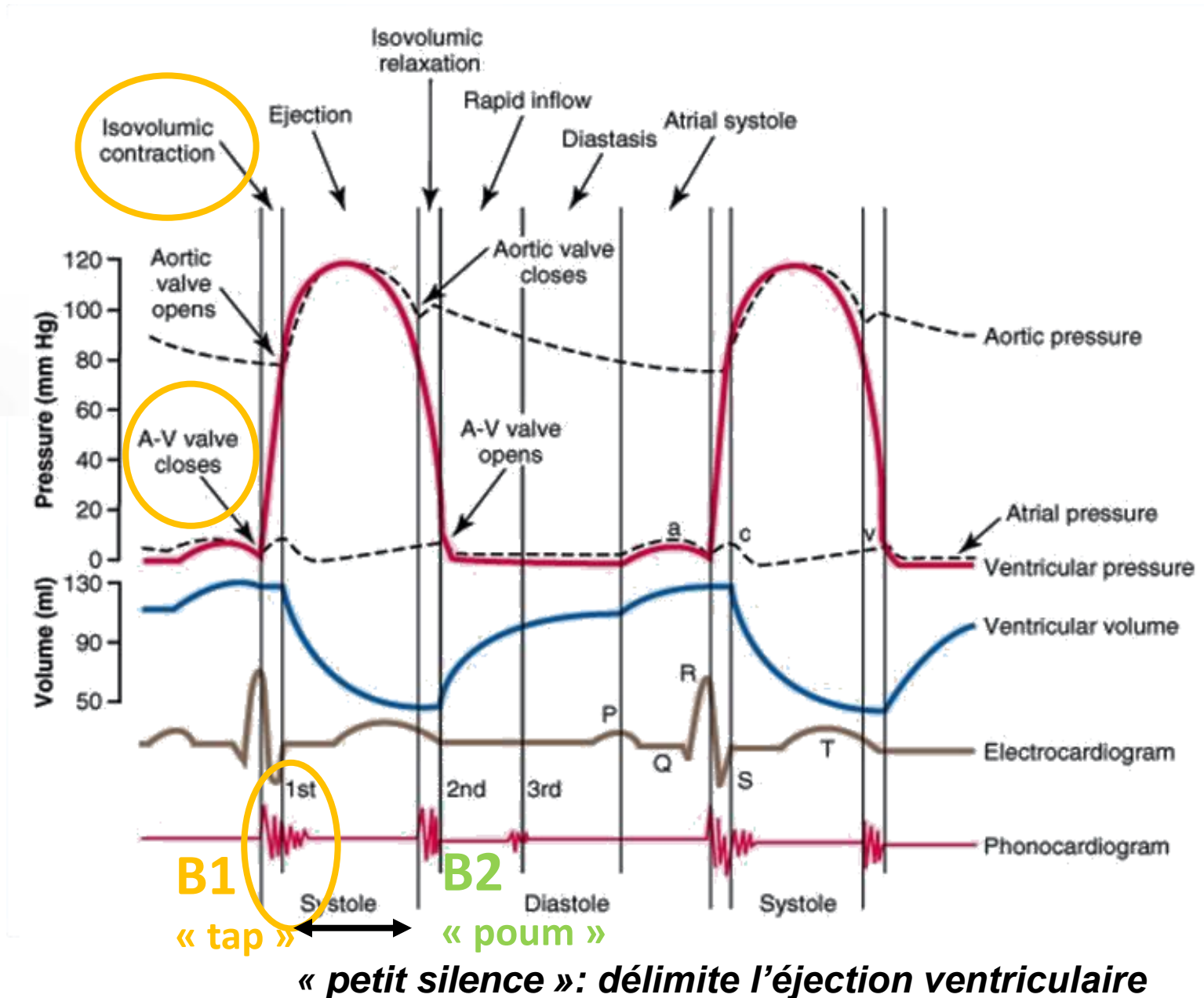
Variation cyclique de la pression (mesure invasive)



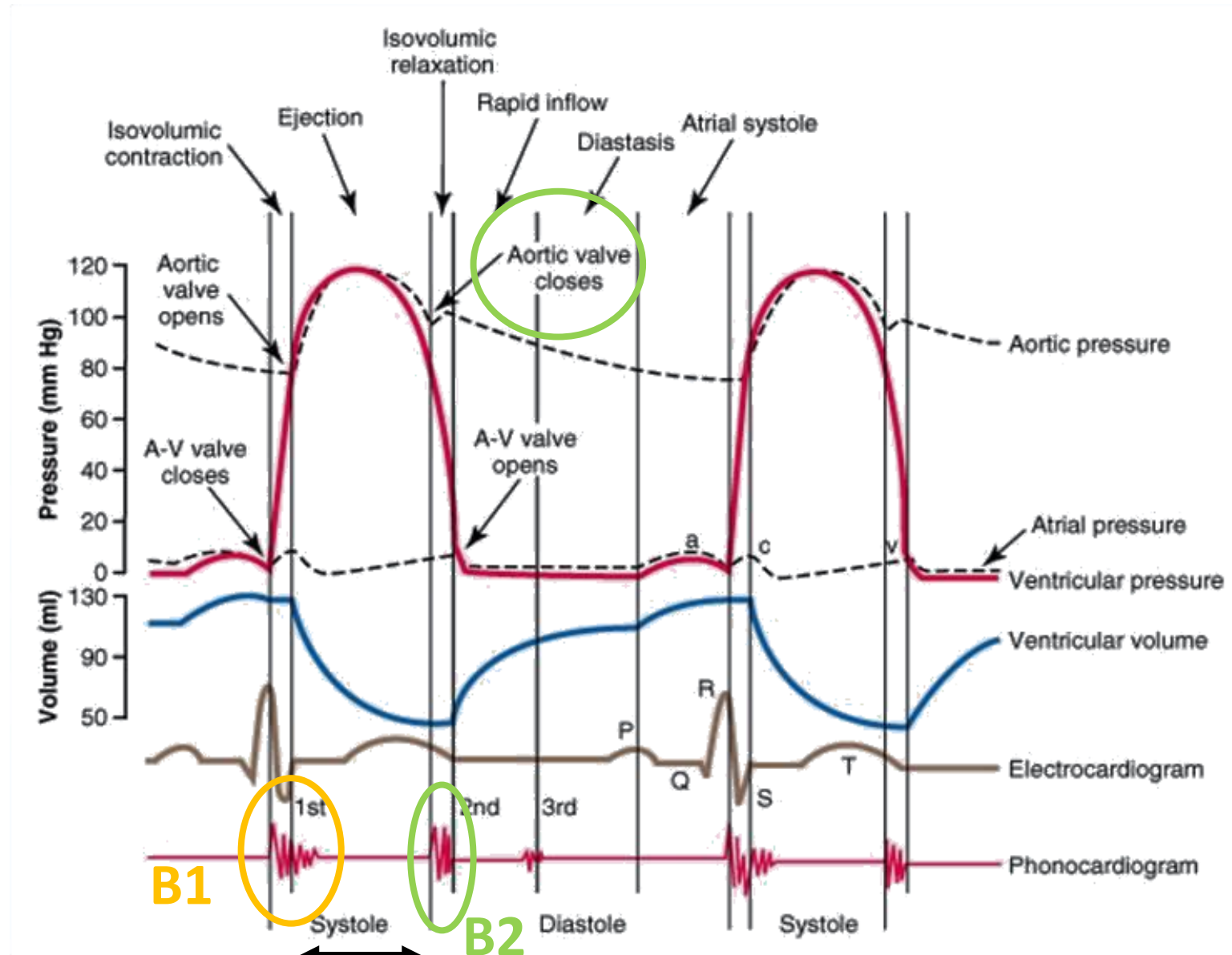
PA systolique : pression maximale constaté pendant le temps d'éjection ventriculaire

PA diastolique : pression minimale, existant dans les artères pendant la diastole çad entre 2 contractions cardiaques

Evts mécaniques => Base de l'auscultation cardiaque



Base de l'auscultation cardiaque

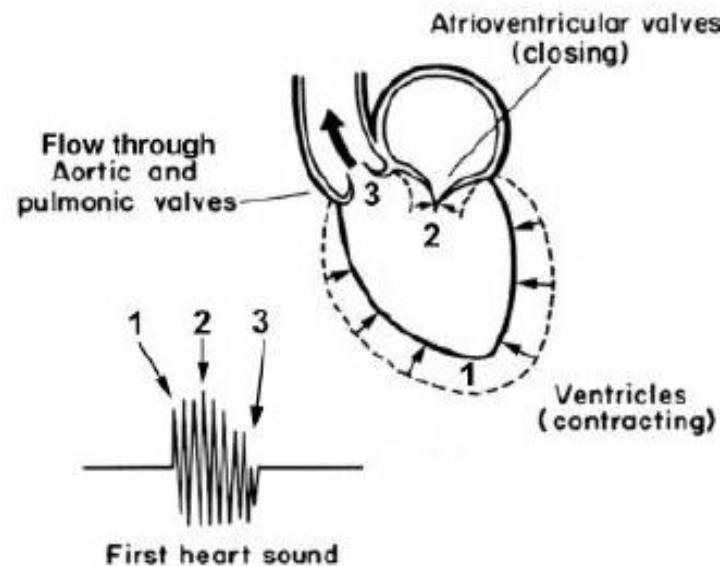


« petit silence »: délimite l'éjection ventriculaire

Auscultation cardiaque

Premier Bruit : B1

- 1) La mise en tension du VG
- 2) Fermeture des valves AV
- 3) Flux aortique lors de l'éjection

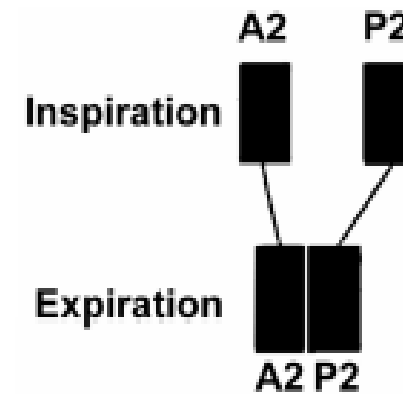


From Sparks and Roemer, Essentials of Cardiovascular Physiology, 1987, page 59

Deuxième Bruit : B2

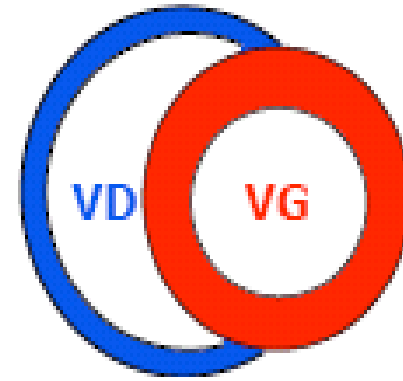
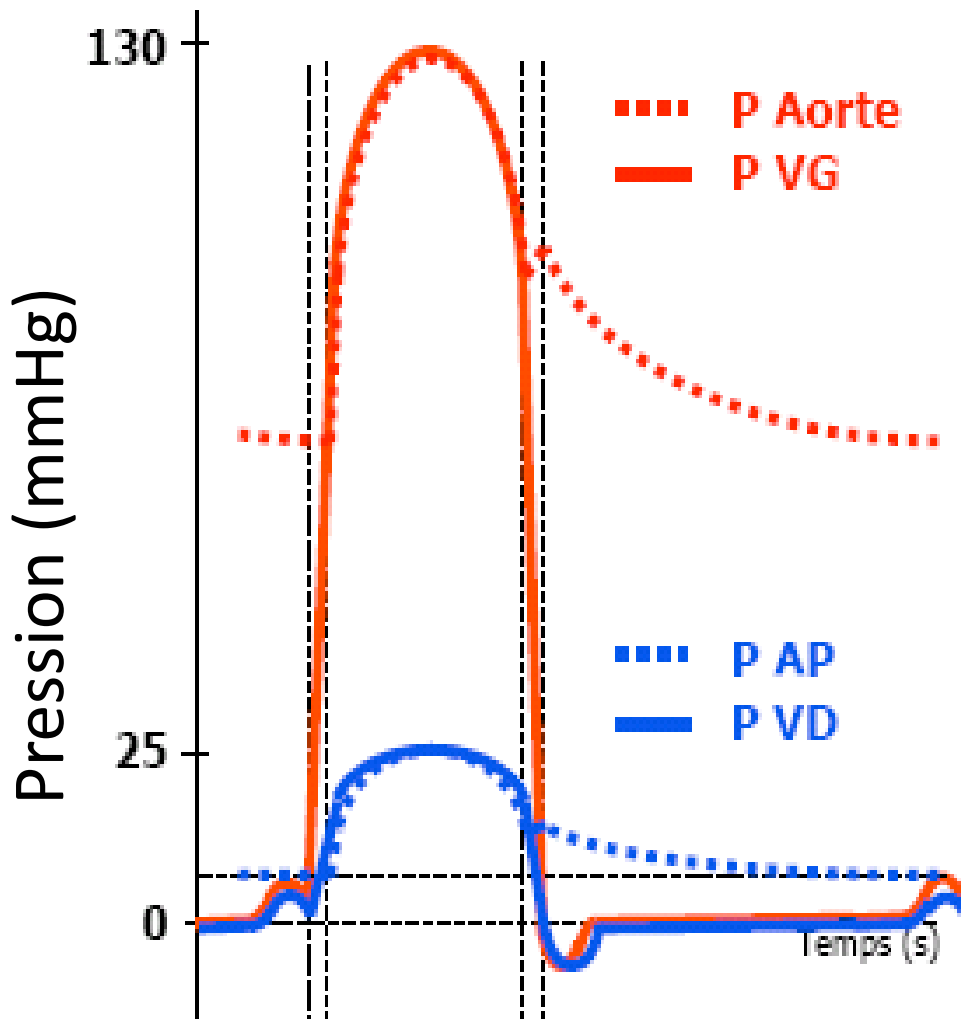
Lié à la fermeture des valves ventriculo-artérielles

Dédoublement physiologique de B2



L'inspiration: pression thoracique négative=> augmente le retour veineux et le remplissage des cavités droites=> allonge le temps d'éjection VD et retarde B2P.

Comparaison cœur gauche/ cœur droit



	Aorte	AP
Psyst	120	24 mmHg
Pdiast	70	8 mmHg

Bien que la pression soit moins élevée au cours de la contraction, le VD éjecte le même volume que le VG.

Les pressions dans les différentes cavités

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



Pour aller plus loin

<https://www.youtube.com/watch?v=IS9TD9fH...>





L'essentiel – Points à retenir

- Connaitre les définitions de systole et diastole
- Connaitre et comprendre la succession des phases dans le cycle cardiaque
- Comprendre les variations de pressions et volumes au cours du cycle cardiaque
- Avoir une notion des valeurs normales de pressions et volumes



Références bibliographiques

- Les fondamentaux de la pathologie cardiovasculaire; Enseignement intégré - Système cardiovasculaire. Collège National des enseignants de cardiologie, (SFC) Société Française de Cardiologie
- CNEC (Collège National des Enseignants en Cardiologie et Maladie Vasculaire) — Site de la Société Française de Cardiologie; www.sfc cardio.fr › Enseignement; Université Médicale Virtuelle Francophone
- Comprendre la physiologie cardiovasculaire. Auteur : EP D'ALCHÉ. Editeur : MÉDECINE SCIENCES FLAMMARION
- Atlas de Physiologie. S Sibernagel. A Despoulos; Flammarion
- Hémodynamique intracardiaque; CFEUPS: Collège Français des Enseignants Universitaires de Physiologie en Santé

Physiologie Cardiovasculaire

Hémodynamique intra- cardiaque/ le cycle cardiaque partie 2: courbes pression volume ventriculaire

Pr. Hélène Thibault

Explorations Fonctionnelles Cardiovasculaires

Hôpital Louis Pradel, Lyon



PLAN: Physiologie cardiovasculaire

INTRODUCTION

Organisation générale de la circulation
Bases anatomique et histologique du cœur
Innervation cardiovasculaire

CIRCULATION

1. Généralités
2. Différenciation fonctionnelle des vaisseaux
3. Caractéristiques générales de la circulation systémique

COEUR

1. Activation rythmique de la contraction
2. Couplage excitation/ contraction
- 3. Hémodynamique intra- cardiaque/ le cycle cardiaque**
 - partie 1 : hémodynamique intracardiaque et auscultation cardiaque
 - partie 2: courbes pression volume ventriculaire**
4. Hémodynamique intra- cardiaque/ facteurs déterminants de la performance cardiaque





Objectifs d'apprentissage

- Comprendre les courbes pression volume ventriculaire gauche
- Aborder les notions de travail cardiaque, pré-, post- charge, compliance et élastance ventriculaire



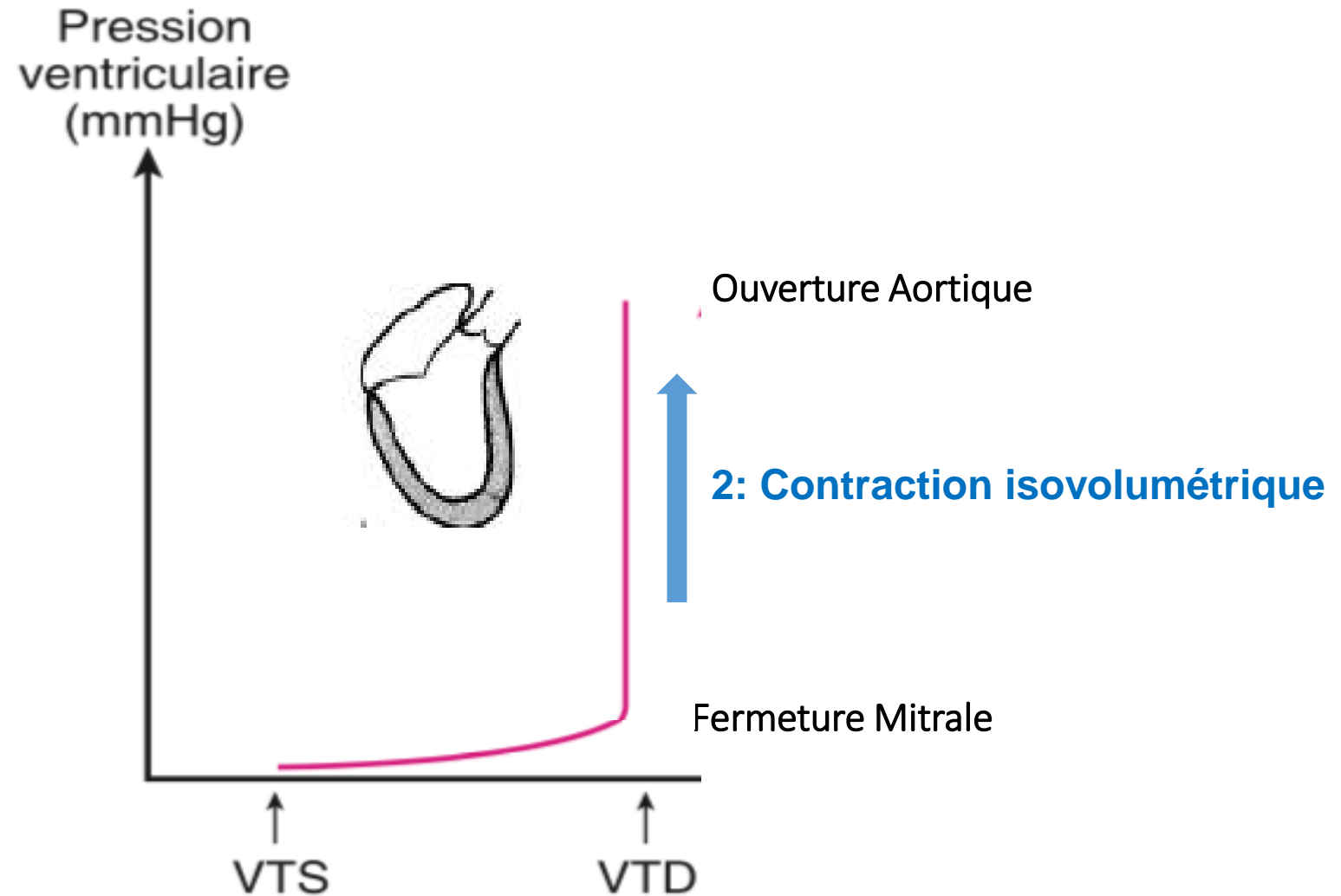
Pré-requis

- Avoir vue et compris la première partie du cours: Le cycle cardiaque 1 : hémodynamique intracardiaque et auscultation cardiaque



Le diagramme pression/volume ventriculaire

Phase II





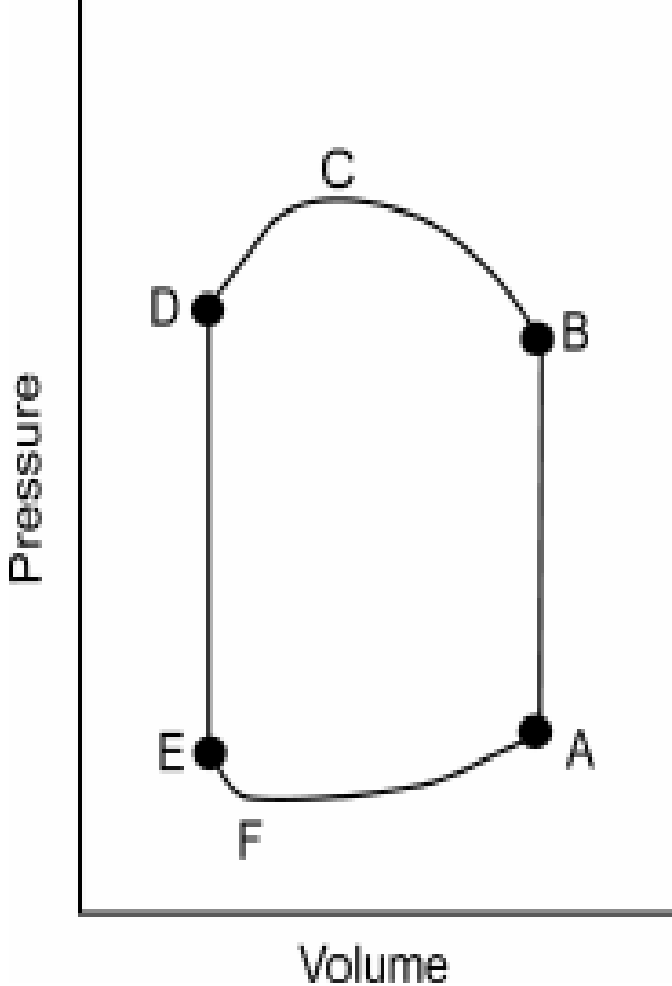
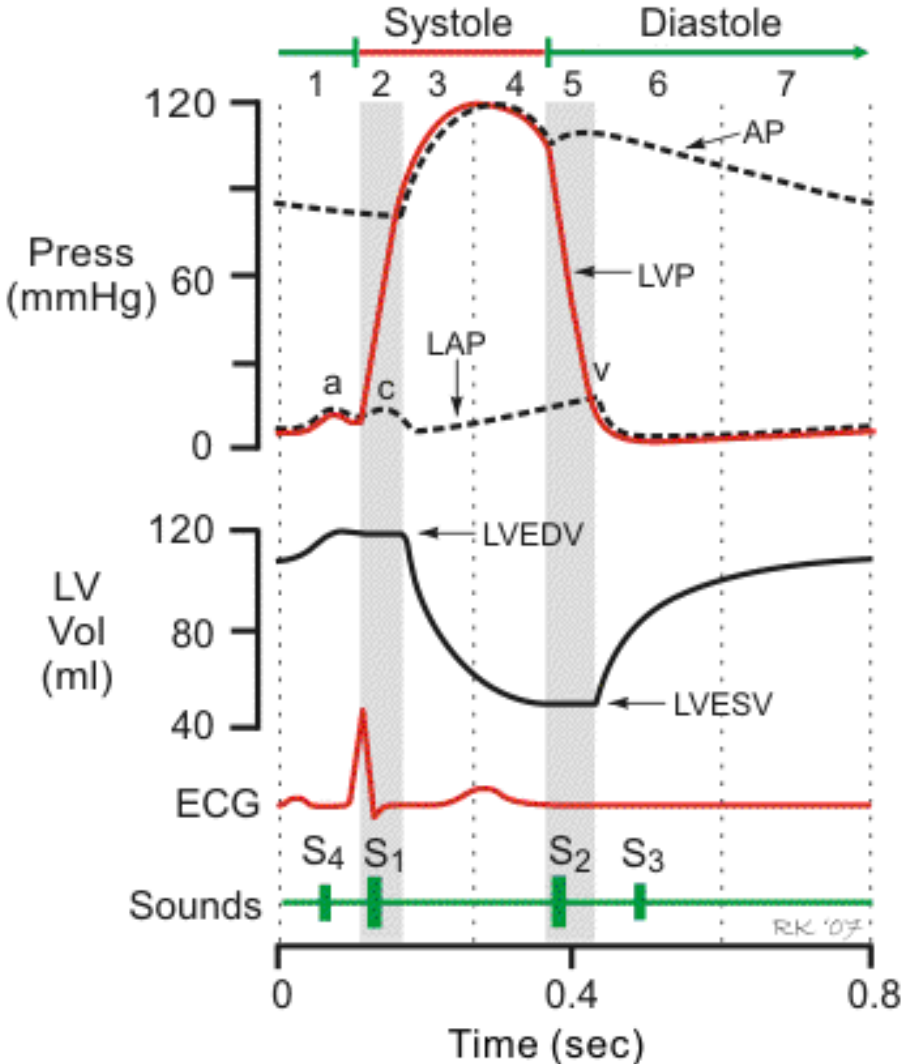
Plan: CYCLE CARDIAQUE 2

Courbes pression volume ventriculaire gauche

- Introduction
- Description du diagramme pression volume
- Notions de précharge et post- charge
- Volume d'éjection systolique, fraction d'éjection et débit cardiaque
- Notion d'élastance et compliance ventriculaire

Introduction

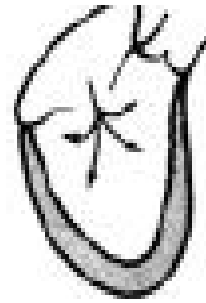
Cycle cardiaque: « différents angles de vue »



Le diagramme pression/volume ventriculaire

Phase I

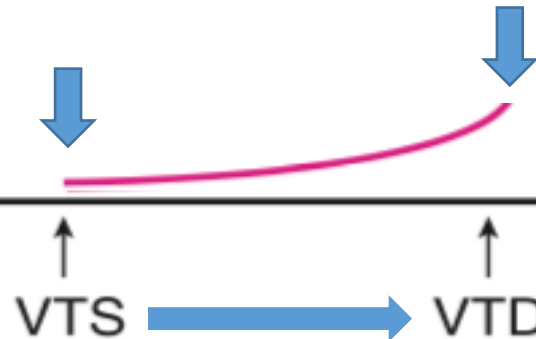
Pression
ventriculaire
(mmHg)



1: Remplissage ventriculaire

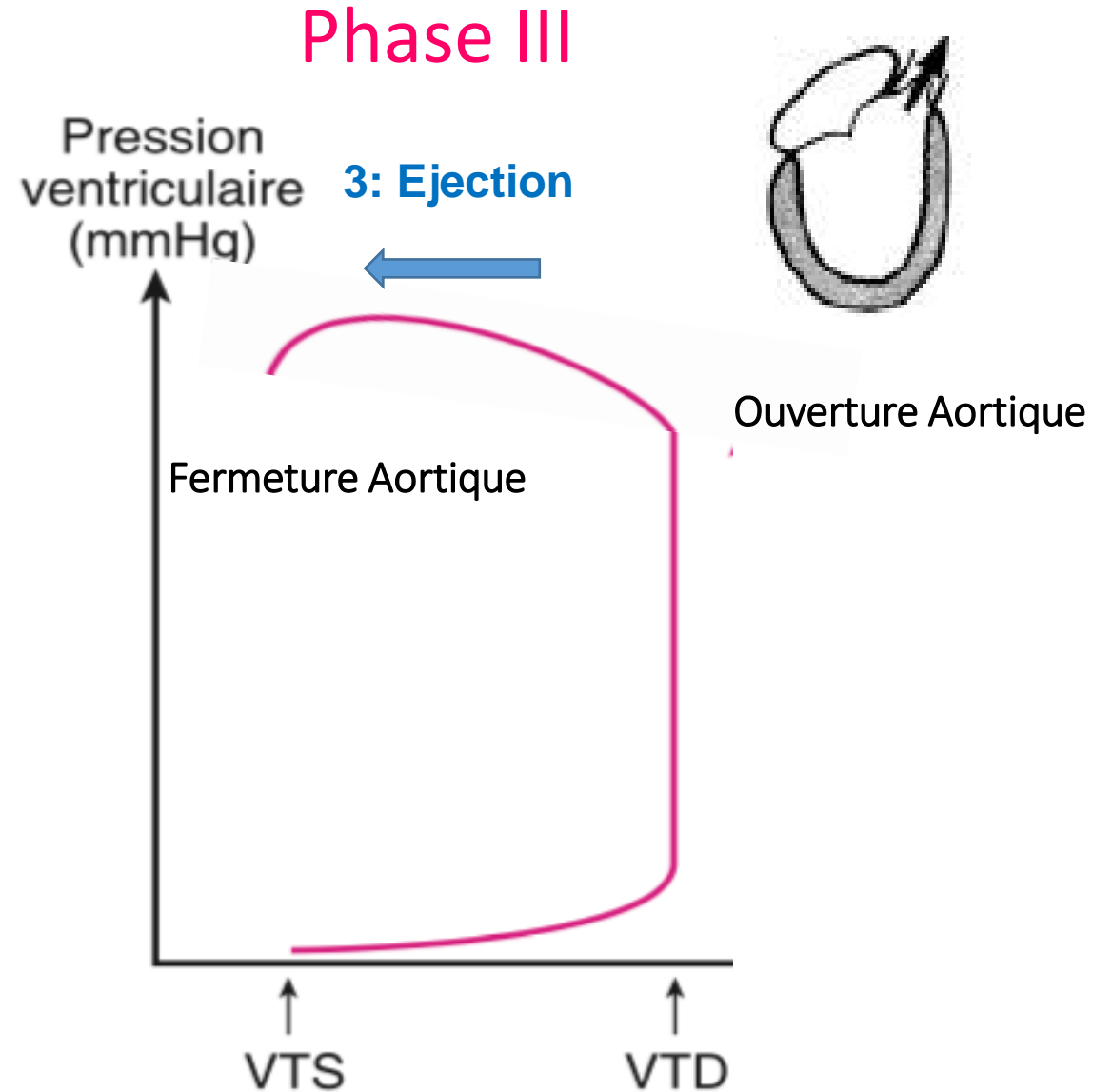
Ouverture Mitrale

Fermeture Mitrale



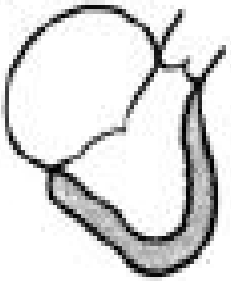
VTS: Volume télé-systolique
VTD: Volume télé-diastolique

Le diagramme pression/volume ventriculaire

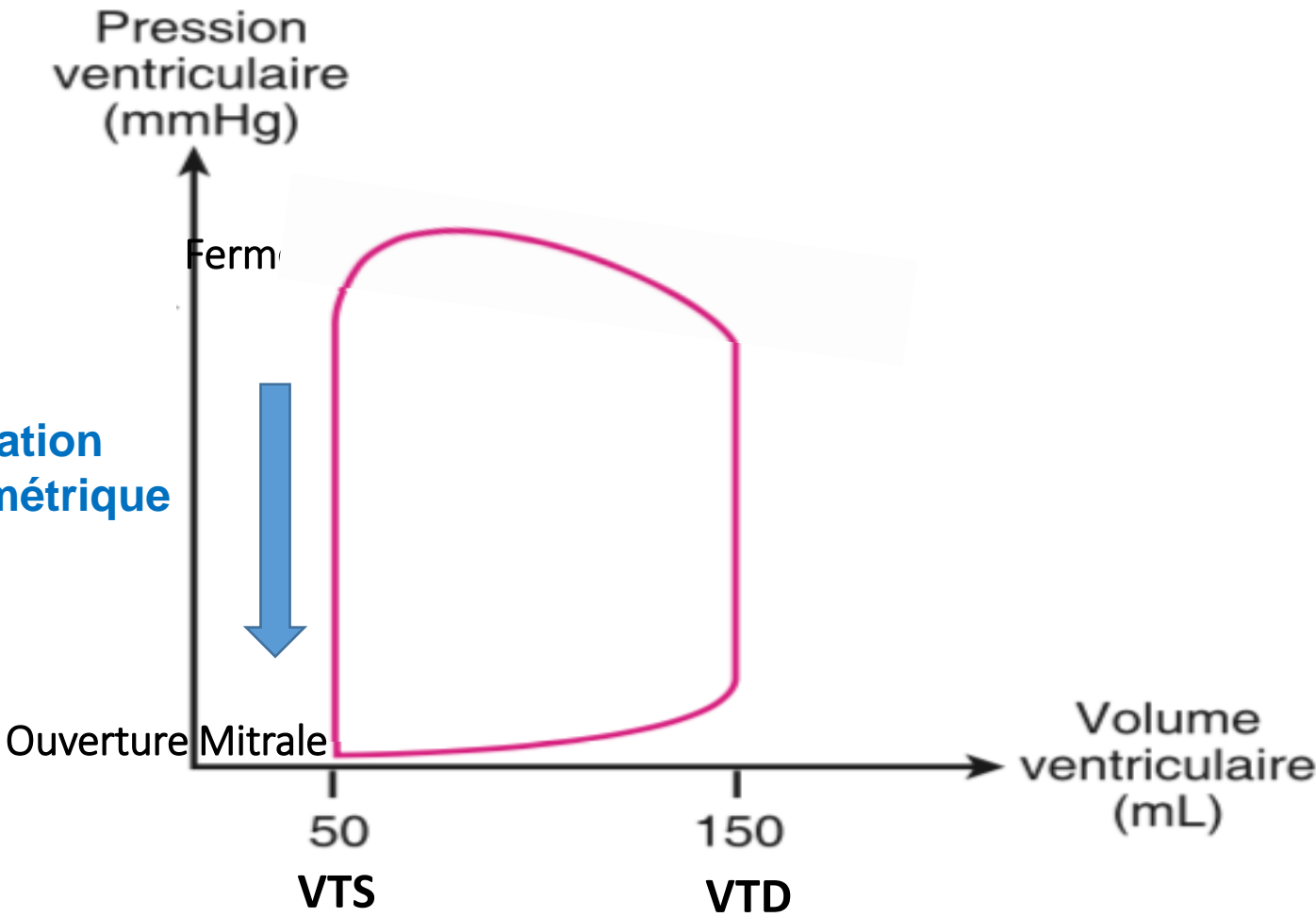


Le diagramme pression/volume ventriculaire

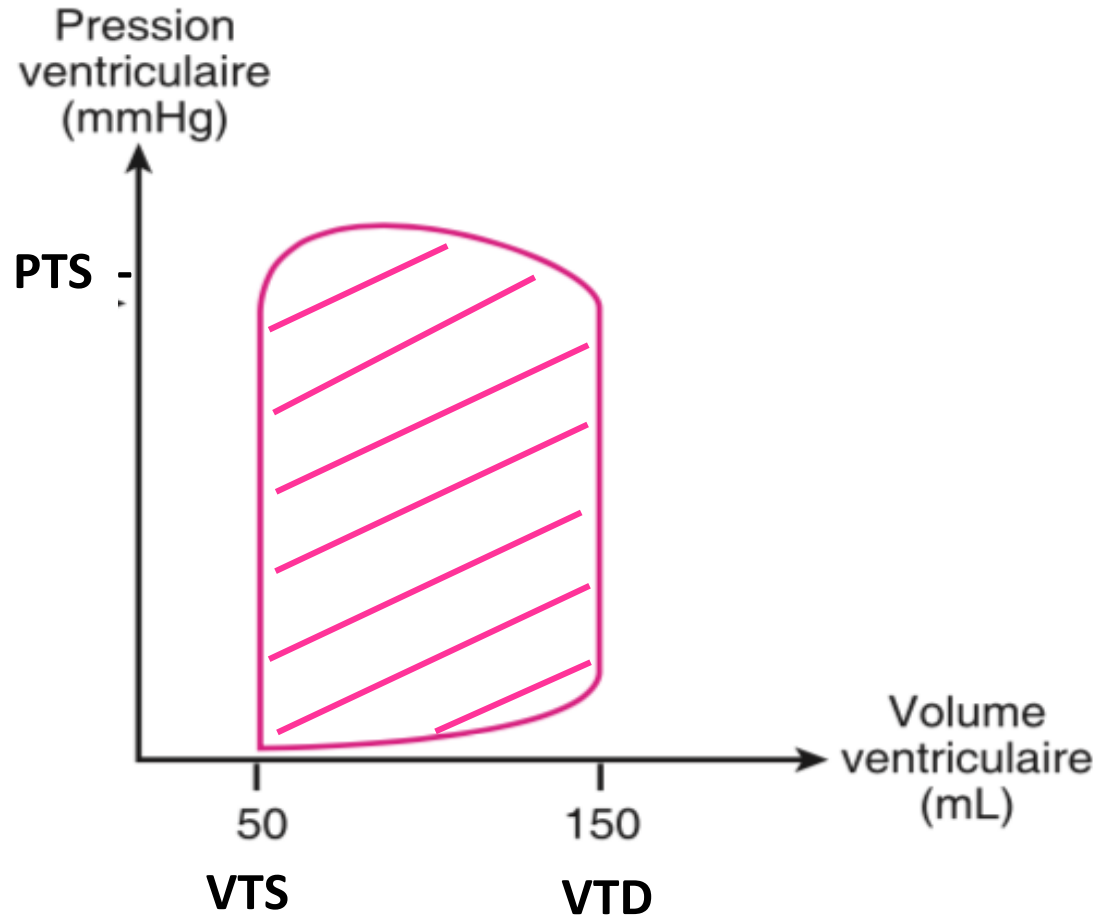
Phase IV



4: Relaxation isovolumétrique



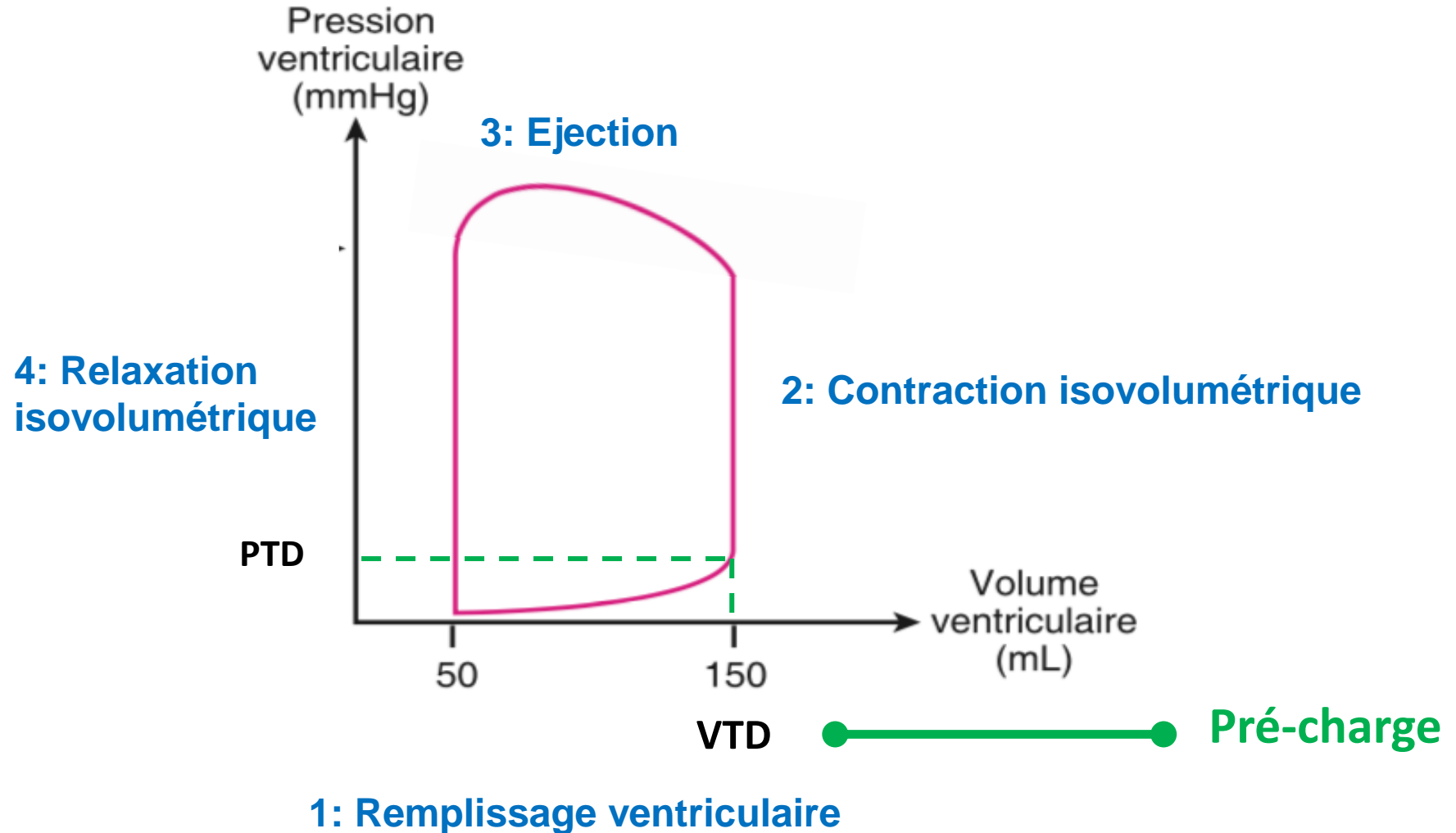
Travail Cardiaque



- La surface interne du diagramme des courbes PV représente le **travail d'un ventricule gauche**.
- **Travail global du cœur** au cours d'1 cycle cardiaque: sommes des surfaces des courbes PV des 2 ventricules.
- Le travail produit par le VD est environ 1/6 celui du VG.

Notion de pré-charge et post-charge

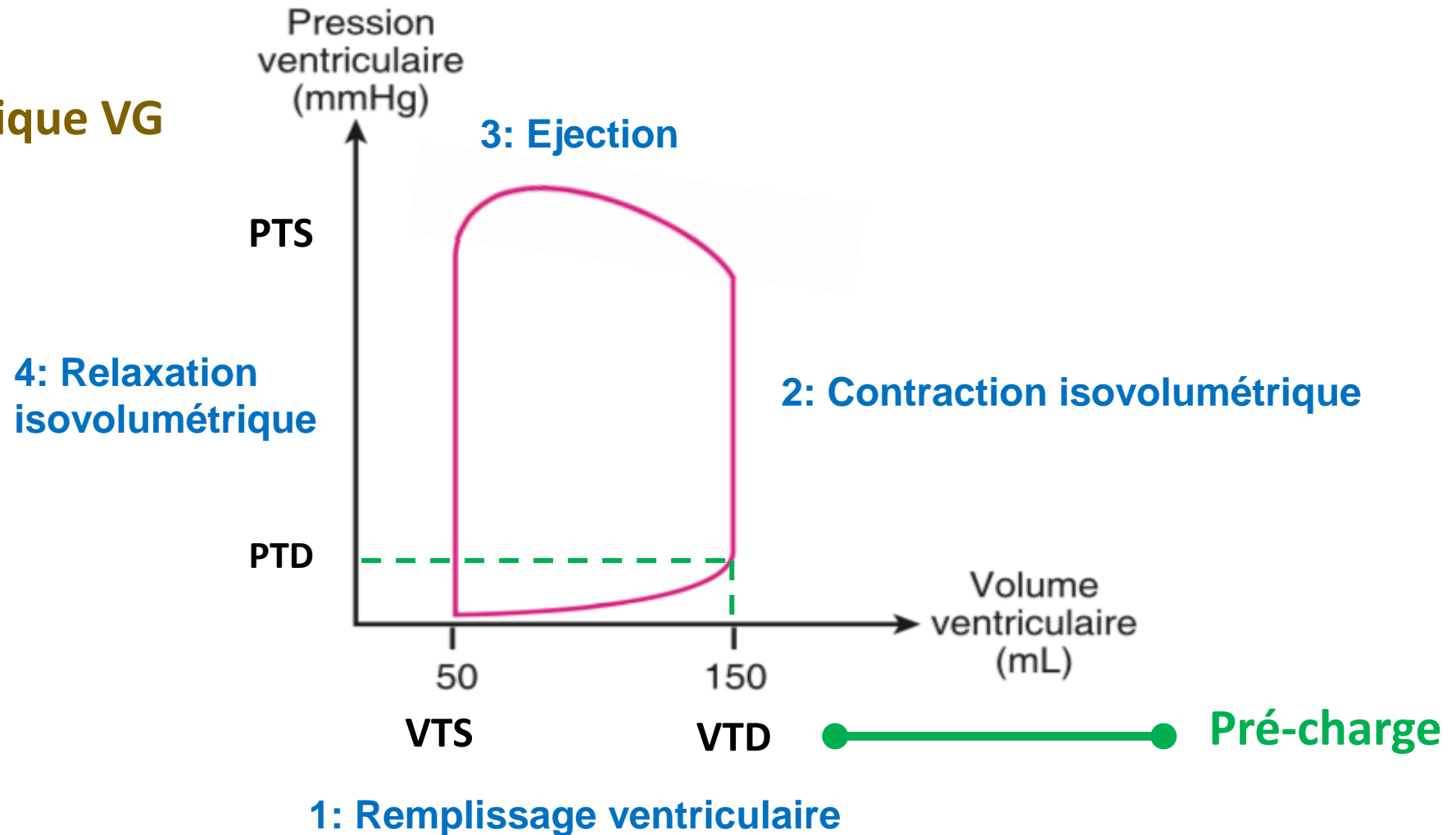
Pré-charge: force qui distend les fibres myocardiques avant la contraction



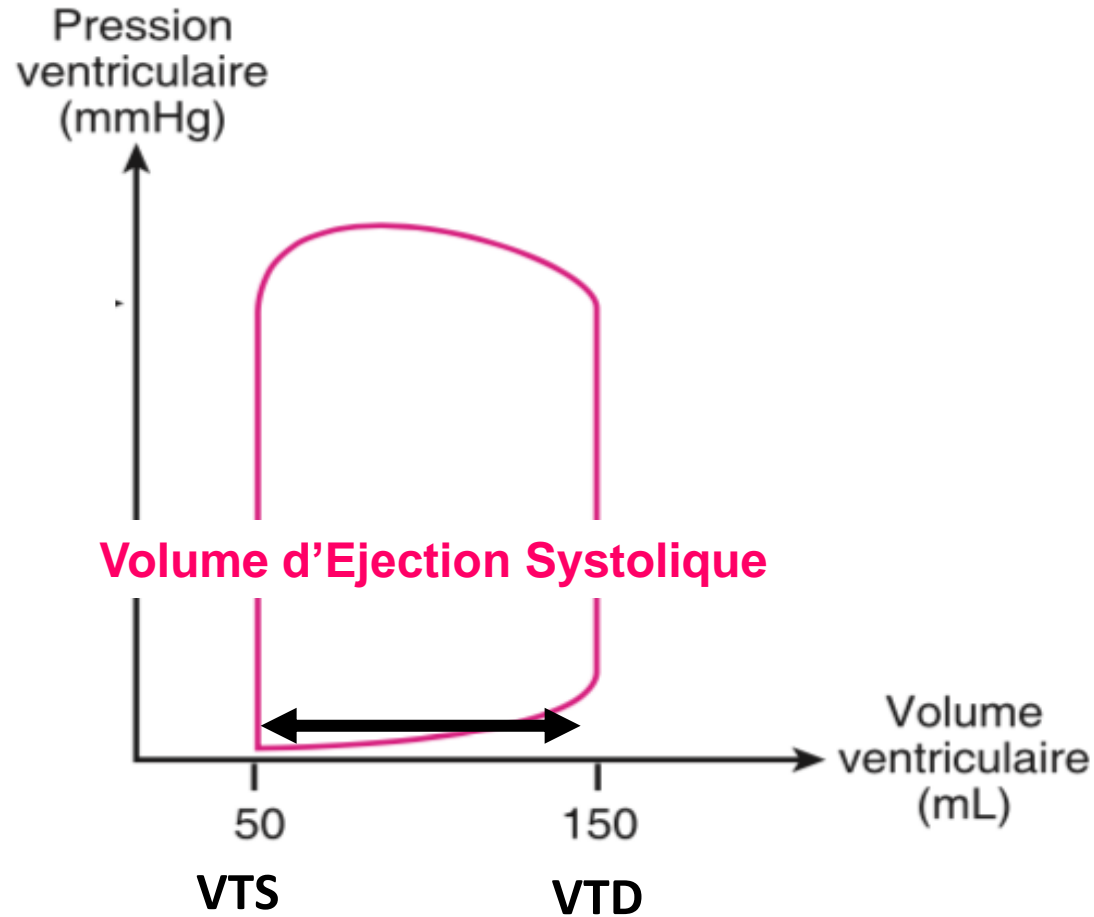
Notion de pré-charge et post-charge

Post-charge: force qui s'oppose à l'éjection du sang

Pression Systolique VG
// Post-charge



Volume d'Ejection Systolique/ FE (%)



Volume d'éjection systolique (VES)

$$\text{VES (ml)} = \text{VTD} - \text{VTS}$$

Quantité de sang éjecté par le ventricule durant 1 cycle cardiaque

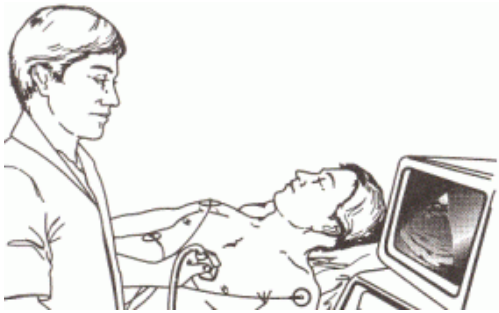
Fraction d'éjection VG

$$\text{FEVG (\%)} = \text{VES} / \text{VTD} * 100$$

Débit Cardiaque (l/min)

$$\text{DC} = \text{VES} * \text{FC}$$

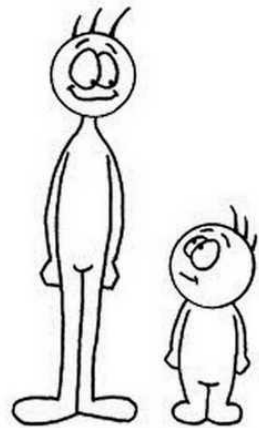
Volume d'Ejection Systolique/ FE (%)



Echographie

VTD VG < 75 ml/m²

FE VG > 50-55%



Volume d'éjection systolique (VES)

$$\text{VES (ml)} = \text{VTD} - \text{VTS}$$

Quantité de sang éjecté par le ventricule durant 1 cycle cardiaque

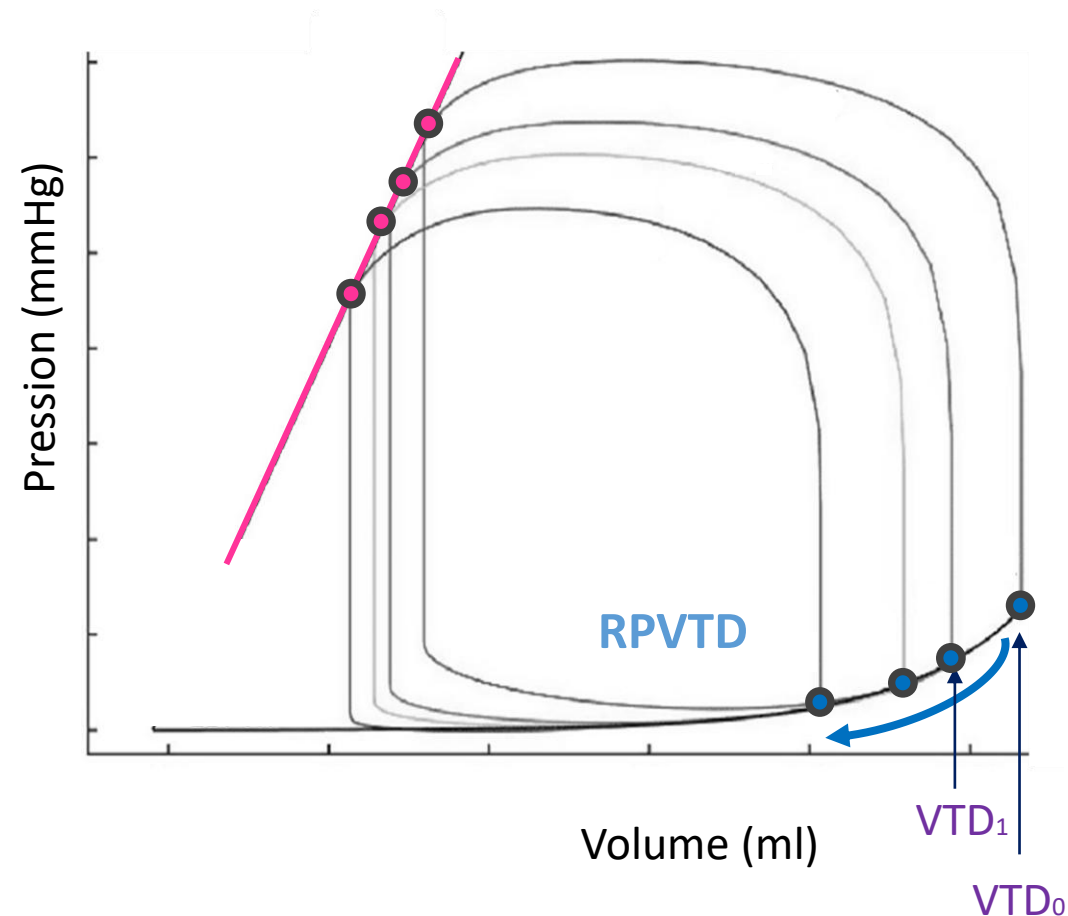
Fraction d'éjection VG

$$\text{FEVG (\%)} = \text{VES} / \text{VTD} * 100$$

Débit Cardiaque (l/min)

$$\text{DC} = \text{VES} * \text{FC}$$

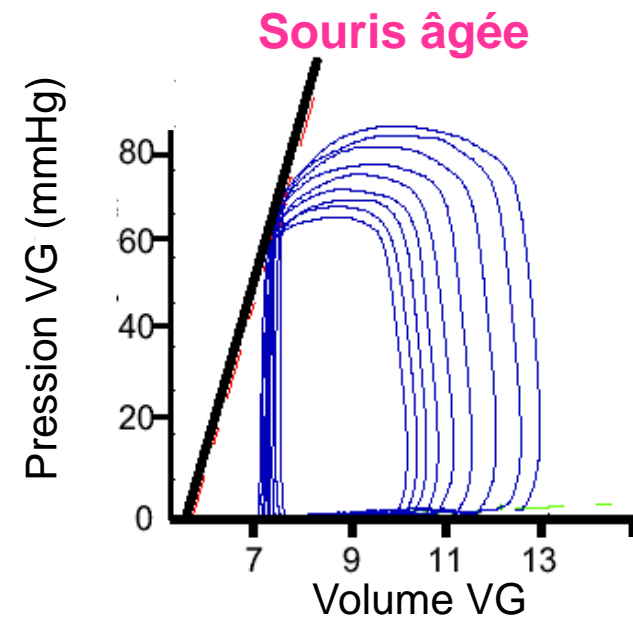
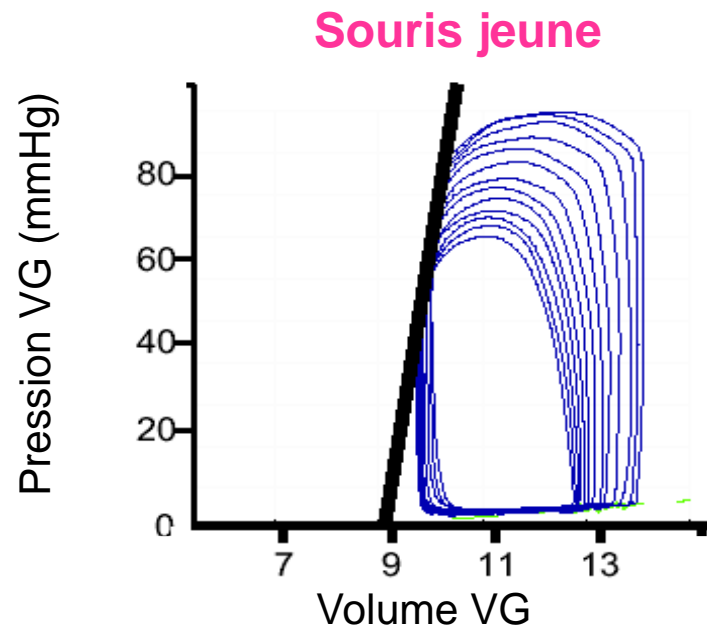
Notion d'élastance et compliance ventriculaire



- Des variations de volume ventriculaire vont entraîner des variations de pression.
- La représentation sur un même schéma des différentes courbes pression-volume générées va permettre de définir 2 relations:
 - **Relation pression volume TS (RPVTS):** dont le pente définit l'**élastance** télésystolique
 - **Relation pression volume TD (RPVTD):** permet d'évaluer la **compliance**

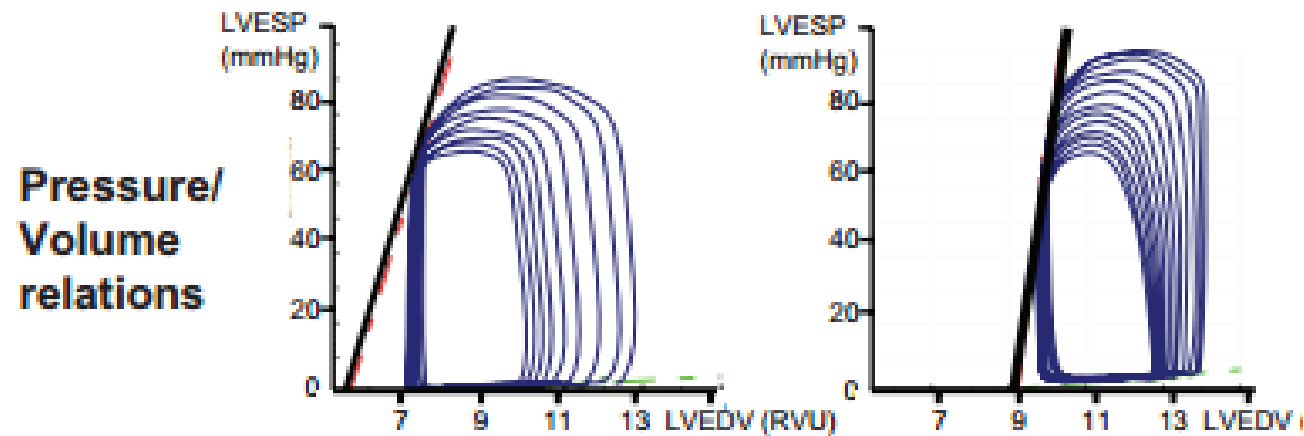
Notion d'élastance et compliance ventriculaire

Exemple de courbes pression volume obtenues lors d'une étude expérimentale



Notion d'élastance et compliance ventriculaire

Exemple de courbes pression volume obtenues lors d'une étude expérimentale





L'essentiel – Points à retenir

- Comprendre le diagramme pression volume ventriculaire
- Savoir calculer le VES, la fraction d'éjection et le débit cardiaque
- Connaitre les notions de travail du cœur, précharge, postcharge, élastance et compliance ventriculaire





Références bibliographiques

- Les fondamentaux de la pathologie cardiovasculaire; Enseignement intégré - Système cardiovasculaire. Collège National des enseignants de cardiologie, (SFC) Société Française de Cardiologie
- CNEC (Collège National des Enseignants en Cardiologie et Maladie Vasculaire) — Site de la Société Française de Cardiologie; www.sfc cardio.fr › Enseignement; Université Médicale Virtuelle Francophone
- Comprendre la physiologie cardiovasculaire. Auteur : EP D'ALCHÉ. Editeur : MÉDECINE SCIENCES FLAMMARION
- Atlas de Physiologie. S Sibernagel. A Despoulos; Flammarion
- Hémodynamique intracardiaque; CFEUPS: Collège Français des Enseignants Universitaires de Physiologie en Santé