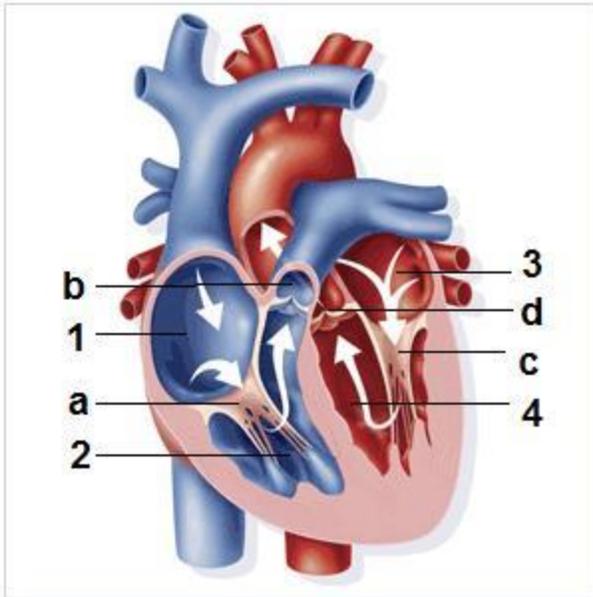


BIOPHYSIQUE CARDIAQUE

I- Généralités

A. Cavités cardiaques :



- . 1- **Atrium/oreillette D**
- . 2- **Ventricule D**
- . 3- **Atrium/oreillette G**
- . 4- **Ventricule G**

Atrium = chambre d'admission Ventricule = chambre de chasse

Valves (unidirectionnelles !)

- . a- **TricuspiDe** (à Droite)
- . b- Sigoïde pulmonaire
- . c- **MitrAle** (à Gauche)
- . d- Sigoïde aortique

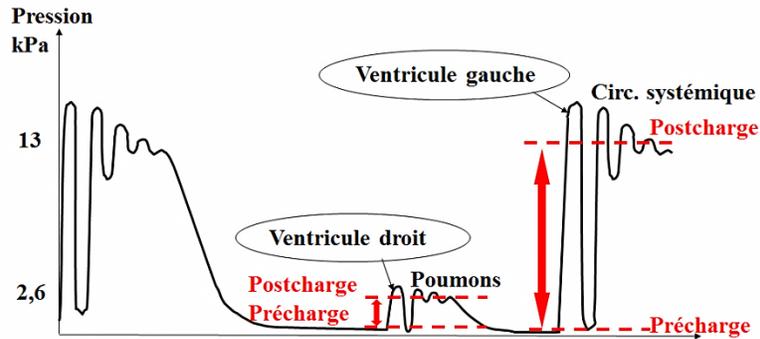
Le cœur est constitué de **deux pompes en série** (les ventricules) qui permettent de compenser la diminution de pression (**perte de charge**) entre le secteur veineux (**précharge**) et le secteur artériel (**postcharge**).

La **précharge** vaut **1kPa** l'arrivée dans les ventricules (quel qu'il soit)

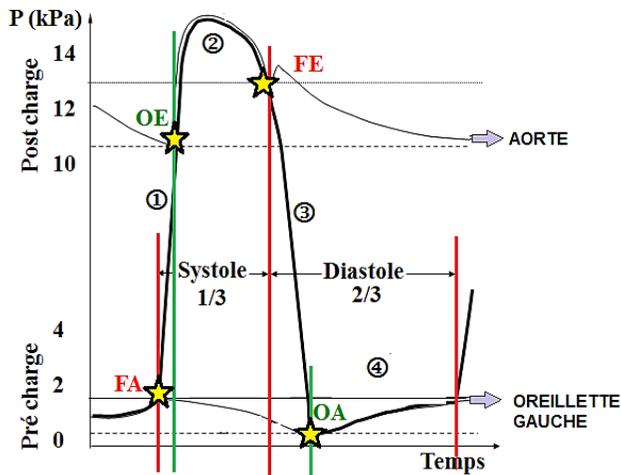
La **postcharge** varie en fonction du ventricule :

-Postcharge **systémique** = **13 kPa** au niveau de **l'aorte**

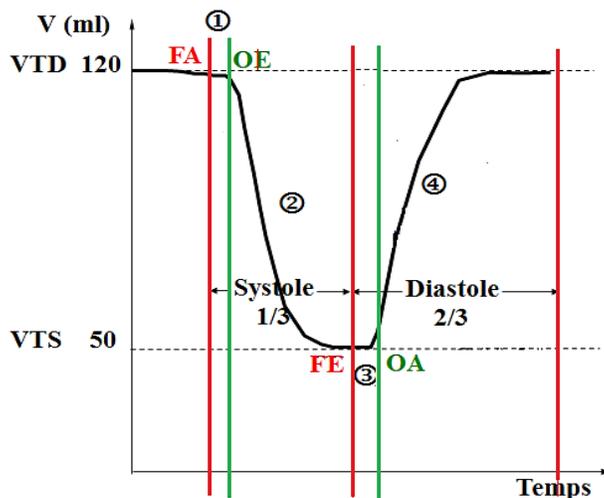
-Postcharge **pulmonaire** = **2,6 kPa** au niveau des **artères pulmonaires**



B. Courbes pression-temps :



C. Courbes volume-temps :



D. Cycle cardiaque du ventricule Gauche :

| | | |
|----------------|---|---|
| SYSTOLE (1/3) | ❶ CONTRACTION ISOVOLUMETRIQUE | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ➔ après fermeture de la valve d'admission (FA) = « TOUM » ➔ volume constant ➔ augmentation de la pression |  |
| | ❷ EJECTION | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ➔ après ouverture de la valve d'éjection (OE), à partir du moment où la pression ventriculaire > pression aortique |  |
| DIASTOLE (2/3) | ❸ RELAXATION ISOVOLUMETRIQUE | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ➔ après fermeture de la valve d'éjection (FE) = « TA » ➔ volume constante ➔ diminution de la pression |  |
| | ❹ REMPLISSAGE | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ➔ après ouverture de la valve d'admission (OA) à partir du moment où la pression atriale > pression ventriculaire |  |

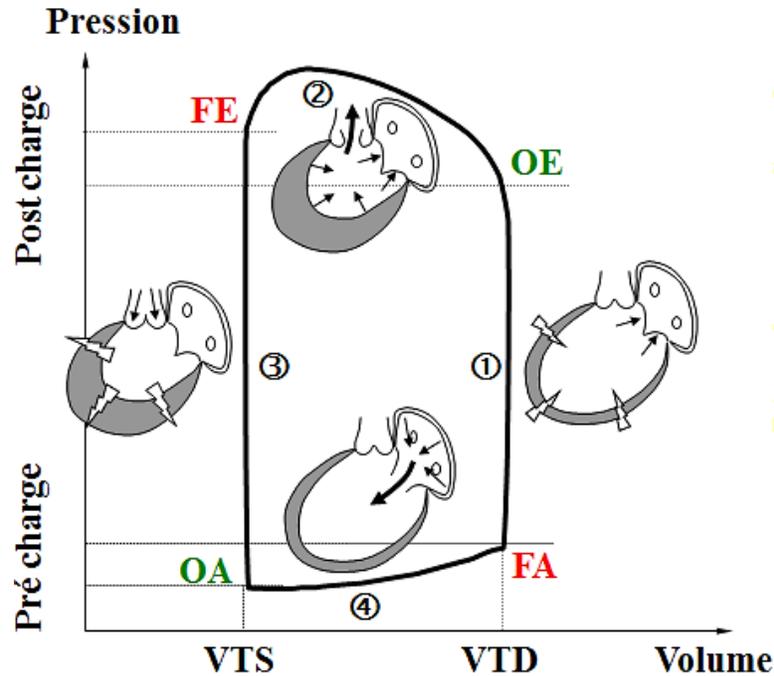
VTD = Volume Télédiastolique = 120 mL

volume **maximal**, présent dans le ventricule à la fin du remplissage

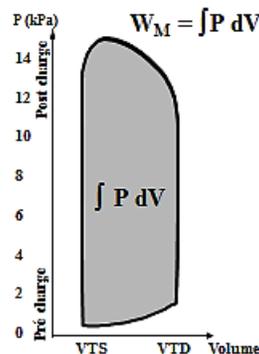
VTS = Volume Télésystolique = 50 mL

volume **minimum** présent dans le ventricule à la fin de l'éjection

E. Courbe pression-volume au niveau du ventricule Gauche



F. Travail cardiaque



Travail mécanique : $W_M = P \times V$ (c'est la surface grisée de la courbe P-V) **Travail de mise en tension du muscle cardiaque** : W_T La loi de Laplace donne la charge T (tension pariétale) contre laquelle les \mathcal{L} du myocarde doivent se contracter :

$$T = \frac{\Delta P r}{e}$$

P = pression
 r = rayon
 e = épaisseur

Travail total : $W = W_M + W_T$

$$\frac{W_M}{W_M + W_T} = 5 \text{ à } 10 \%$$

Le **rendement cardiaque** est donné par :

II- Méthode d'étude de l'hémodynamique cardiaque

A. L'AUSCULTATION

-En physiologie : les bruits normaux du cœur correspondent aux **FERMETURES** des valves :

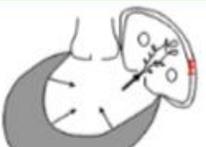
d'admission (tricuspide ou mitrale) = **TOUM** (premier bruit)

d'éjection (pulmonaire ou aortique) = **TA** (deuxième bruit) Les cœurs droits et gauches sont synchrones, sinon, dédoublement des bruits.

On obtient la séquence suivante :

TOUM – systole (petit silence) – TA – Diastole (grand silence)

-En pathologie : on peut entendre des **souffles cardiaques** qui correspondent à un **écoulement turbulent** (donc anormal) de sang au niveau des valves.

| | RETRECISSEMENT | FUITE |
|------------------------|---|---|
| SYSTOLE (TOUM-TA) |  Valves aortique ou pulmonaire |  Valves mitrale ou tricuspide |
| DIASTOLE (TA- TOUM) |  Valves mitrale ou tricuspide |  Valves aortique ou pulmonaire |

B. MESURE DES PRESSIONS INTRA-CARDIAQUES

Par **cathétérisme** artériel et montée de sondes manométriques

C. MESURE DES VOLUMES

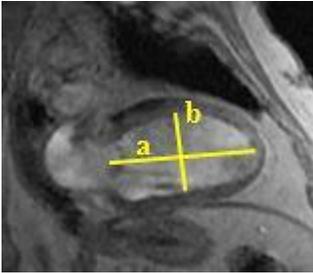
L'échographie, **l'IRM** (en séquences dynamiques) et le **cathétérisme** (avec injection d'un produit de contraste puis clichés RX dynamiques) permettent d'estimer :

le volume d'éjection systolique : **VES = VTD – VTS = 70mL** le débit :

D = VES x fréquence cardiaque la fraction d'éjection : **FE = VES/VTD**

la FE normale pour le VG est $\geq 60\%$ Ces volumes dépendent de la **méthode** utilisée, de la **surface corporelle** et du **sexe**.

NB : le calcul des volumes est réalisé en prenant pour hypothèse que les ventricules et atrioms sont des ellipsoïdes de révolution :



$$V = \frac{4}{3} \pi a \cdot b^2 \quad (\text{la formule n'est pas à apprendre})$$

En **médecine nucléaire**, on marque les globules rouges avec un produit radioactif. La radioactivité mesurée dans la région d'intérêt en fonction du temps sera proportionnelle à son volume.

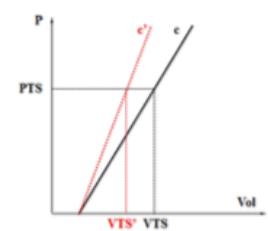
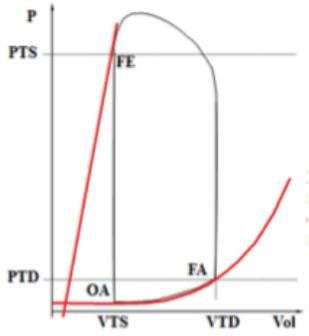
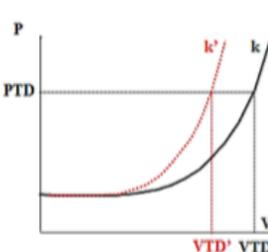
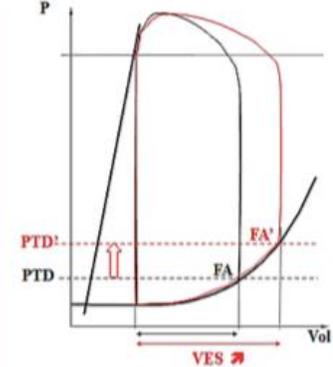
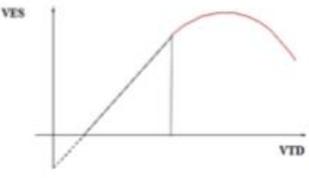
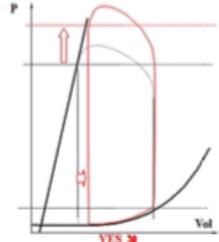
III- Déterminants de la performance ventriculaire

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

Ces performances dépendent de 5 paramètres :

- 1- **Contractilité** myocardique
- 2- **Compliance** myocardique
- 3- **Pré-charge** ventriculaire
- 4- **Post-charge** ventriculaire
- 5- **Fréquence** cardiaque (NB : le seul paramètre qui ne fait pas varier le VES)

NB : petite faute dans le tableau => c'est la compliance qui définit le couple PTD / VTD et non la contractilité !
 Désolé ouech mais la il est beaucoup trop tard et j'ai eu la flème de retoucher le tableau,
 bisou cœur quand même <3 :D !

| | | |
|---|--|---|
| <p>CONTRACTILITE</p> |  <p>Elle définit le point FE en fin de systole sur la courbe pression-volume. Le couple PTS/VTS est défini par la contractilité du ventricule dans une situation donnée.</p> $PTS = c \cdot VTS - b$ <p>Lorsque la contractilité augmente (courbe en rouge), le VTS diminue donc le VES augmente (car $VES = VTD - VTS$). La contractilité diminue en cas d'insuffisance systolique.</p> |  |
| <p>COMPLIANCE</p> |  <p>Elle définit la façon dont le ventricule se laisse distendre passivement (par simple entrée de sang) en diastole.</p> <p>Le couple PTD/VTD est défini par la contractilité du ventricule dans une situation donnée. La courbe est donnée par :</p> $P(v) = a \cdot e^{k \cdot v} + b$, avec $k = \text{élastance} = \frac{1}{\text{compliance}}$ <p>ATTENTION : lorsque la compliance diminue, k augmente donc la courbe obtenue est celle en rouge.</p> <p>Lorsque la compliance diminue (courbe en rouge) lors d'une insuffisance diastolique, le VTD diminue donc VES également.</p> | |
| <p>PRE-CHARGE VENTRICULAIRE</p> |  <p>Une augmentation de la pré-charge ventriculaire se traduit par une augmentation du PTD (courbe en rouge). Ainsi, la fermeture de la valve d'admission se fait plus tardivement (tout en restant sur la courbe k) et permet une augmentation du VTD donc du VES.</p> <p>Au final, le débit cardiaque augmente mais le travail mécanique également (↗ de la surface)</p> <p>ATTENTION : au-delà d'un certain étirement, le VES diminue. C'est ce qu'explique la loi de Starling qui définit le volume d'éjection en systole (VES) en fonction de l'étirement des fibres myocardiques en diastole (qui dépend de VTD et PTD donc de la pré-charge).</p> <ul style="list-style-type: none"> - partie linéaire (physiologique) : ↗VTD entraîne ↗VES - partie non linéaire (décompensation) : ↗VTD entraîne ↘VES |  |
| <p>POST-CHARGE VENTRICULAIRE</p> |  <p>Elle est liée aux résistances à l'éjection du ventricule : c'est la pression en sortie de ventricule</p> <p>Une augmentation de la post-charge entraîne une augmentation du VTS donc une diminution du VES. Au final, le débit est plus faible mais le cœur doit mettre plus de force pour lutter contre les résistances périphériques donc le travail mécanique augmente.</p> | |
| <p>FREQUENCE CARDIAQUE</p> | <p>Elle agit directement et rapidement sur le débit : $D = FC \times VES$ La fréquence cardiaque maximale théorique est donnée par : $FC_{max} = 220 - \text{âge}$</p> <p>Rq : plus il y a de contractions par unité de temps et plus la consommation d'énergie augmente ($W_M + W_T$ ↗) donc moins bon est le rendement.</p> | |