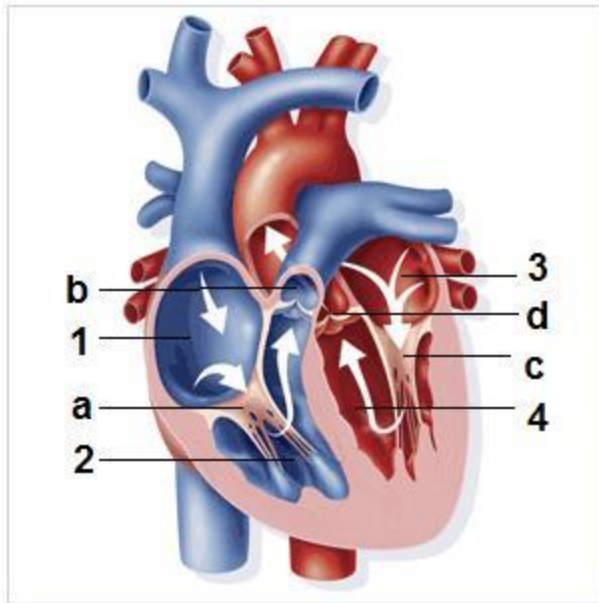


# BIOPHYSIQUE CARDIAQUE

## 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

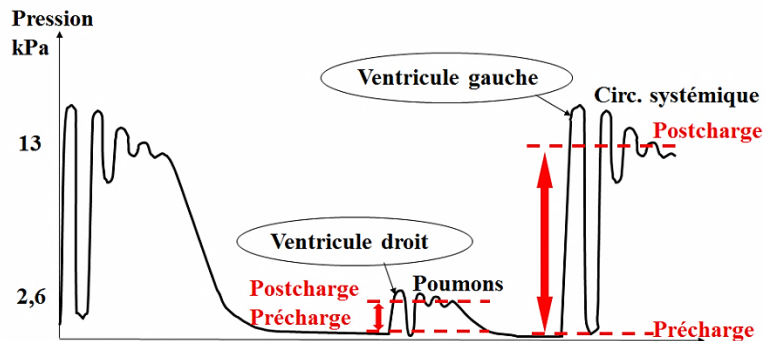
Le cœur est constitué de **deux pompes en série** (les ventricules) qui permettent de compenser la diminution de pression (**perte de charge**) entre le secteur veineux (**précharge**) et le secteur artériel (**postcharge**).

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

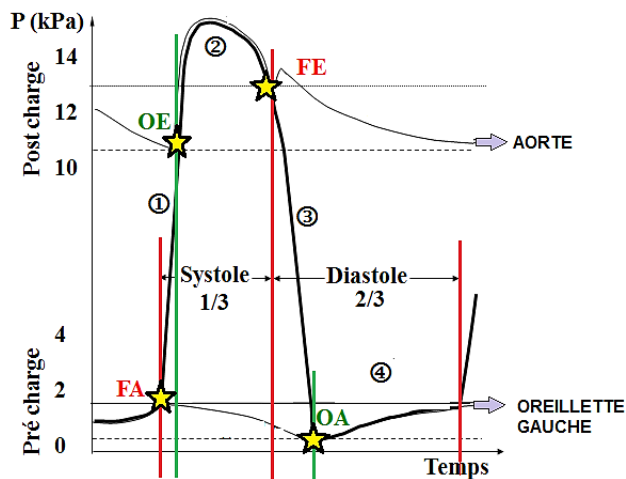
La **postcharge** varie en fonction du ventricule :

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

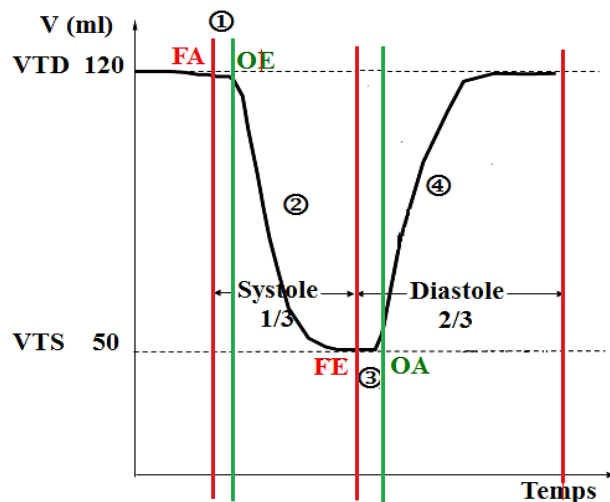
-Postcharge **pulmonaire** = **2,6 kPa** au niveau des **artères pulmonaires**







## B. Courbes pression-temps :



## C. Courbes volume-temps :



## D. Cycle cardiaque du ventricule Gauche :

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

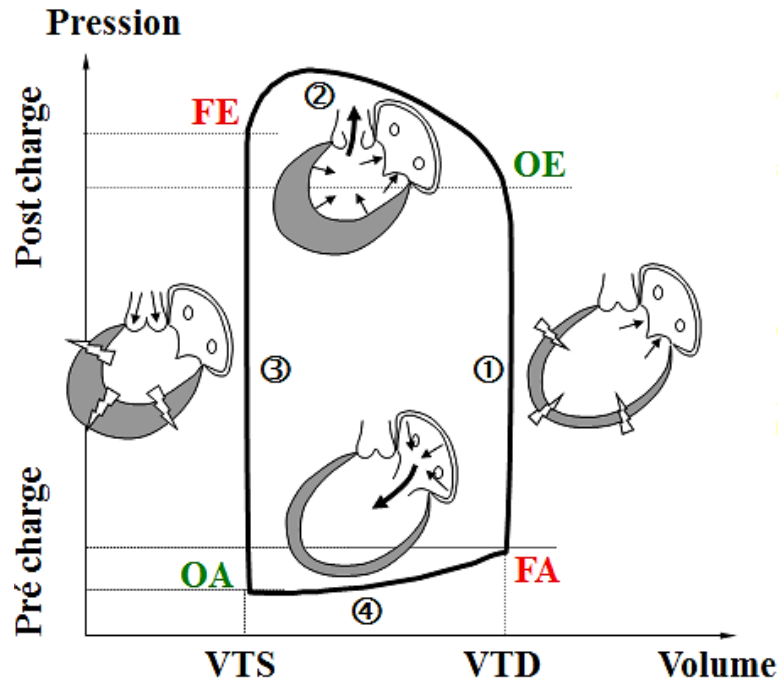
**VTD = Volume Télédiastolique = 120 mL**

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

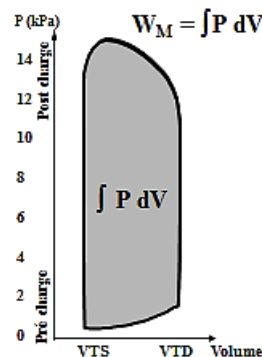
**VTS = Volume Télésystolique = 50 mL**

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 :


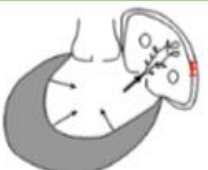
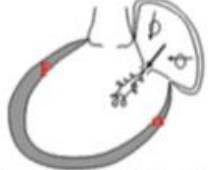

**d'admission** (tricuspide ou mitrale) = **TOUM** (premier bruit)

**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

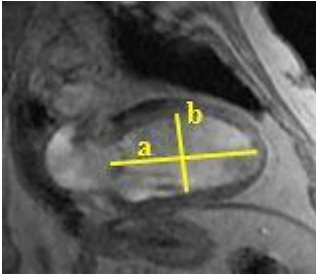
**L'échographie**, **l'IRM** (en séquences dynamiques) et le **cathétérisme** (avec injection d'un produit de contraste puis clichés RX dynamiques) permettent d'estimer :

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 atriums 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

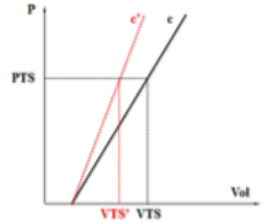
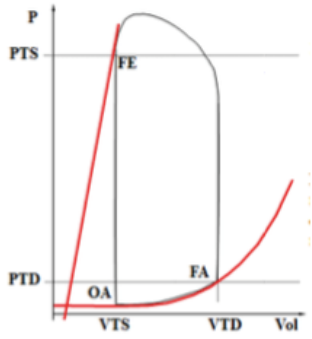
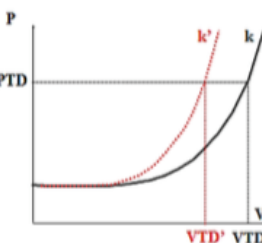
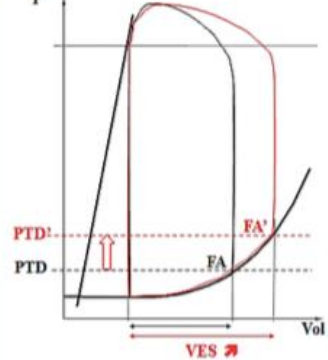
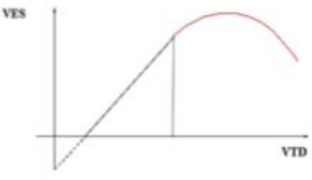
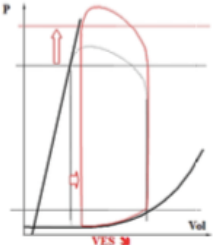
**Performance ventriculaire** = capacité à assurer un **débit** circulatoire et des conditions de **pression** suffisantes pour répondre aux besoins de l'organisme avec un **rendement maximum**.

**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><b>CONTRACTILITE</b></p>	 <p>Elle définit le point <b>FE</b> en fin de <b>systole</b> 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 <b>contractilité augmente</b> (courbe en rouge), le <b>VTS diminue donc le VES augmente</b> (car <math>VES = VTD - VTS</math>). La contractilité diminue en cas d'insuffisance systolique.</p>	
<p><b>COMPLIANCE</b></p>	 <p>Elle définit la façon dont le ventricule se laisse <b>distendre passivement</b> (par simple entrée de sang) en <b>diastole</b>.</p> <p>Le couple PTD/VTD est défini par la contractilité du ventricule dans une situation donnée. La courbe est donnée par :</p> $P(v) = a \cdot e^{k \cdot v} + b$ <p>avec <math>k = \text{élastance} = \frac{1}{\text{compliance}}</math></p> <p><b>ATTENTION : lorsque la compliance diminue, k augmente donc la courbe obtenue est celle en rouge.</b></p> <p>Lorsque la compliance diminue (courbe en rouge) lors d'une insuffisance diastolique, le <b>VTD diminue donc VES également</b>.</p>	
<p><b>PRE-CHARGE VENTRICULAIRE</b></p>	 <p>Une <b>augmentation de la pré-charge ventriculaire</b> 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 <b>augmentation du VTD donc du VES</b>.</p> <p>Au final, le <b>débit cardiaque augmente</b> mais le <b>travail mécanique également</b> (↗ de la surface)</p> <p><b>ATTENTION : au-delà d'un certain étirement, le VES diminue.</b> C'est ce qu'explique la <b>loi de Starling</b> 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"> <li>- partie linéaire (physiologique) : ↗VTD entraîne ↗VES</li> <li>- partie non linéaire (décompensation) : ↗VTD entraîne ↘VES</li> </ul>	
<p><b>POST-CHARGE VENTRICULAIRE</b></p>	 <p>Elle est liée aux résistances à l'éjection du ventricule : c'est la pression en sortie de ventricule</p> <p>Une <b>augmentation de la post-charge</b> entraîne une <b>augmentation du VTS donc une diminution du VES</b>. Au final, le <b>débit est plus faible</b> mais le cœur doit mettre plus de force pour lutter contre les résistances périphériques donc le <b>travail mécanique augmente</b>.</p>	
<p><b>FREQUENCE CARDIAQUE</b></p>	<p>Elle agit directement et rapidement sur le débit : <math>D = FC \times VES</math></p> <p>La <b>fréquence cardiaque maximale théorique</b> est donnée par : <math>FC_{max} = 220 - \text{âge}</math></p> <p>Rq : plus il y a de contractions par unité de temps et plus la consommation d'énergie augmente (<math>W_M + W_T</math> ↗) donc moins bon est le rendement.</p>	