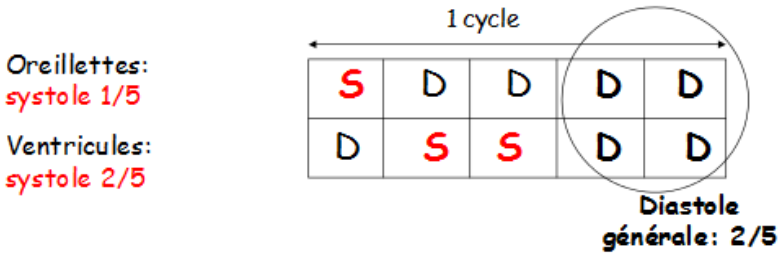
LA FONCTION DU CŒUR

I) Le cycle cardiaque.

1. Définition

Séquence de contractions (systoles) et de relaxations (diastoles) des oreillettes et des ventricules. Le repère physiologique est la systole auriculaire.



2. Périodicité.

La fréquence varie avec l'âge, le genre, l'activité physique.

	Nouveau-né	Enfant de 5 ans	Age adulte	Activité physique
HOMME	80 < FC < 120	100	60 – 70	Fréquence max =
FEMME	moyenne 150		70 – 80	220 – âge en années

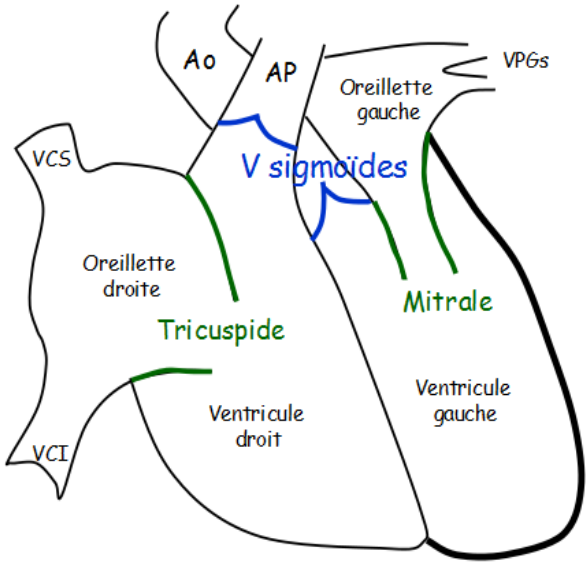
3. Rythme

Le rythme est régulier

Arythmie respiratoire chez l'enfant +++ : augmente à l'inspiration. Rôle de l'activité parasympathique.

II) Anatomie fonctionnelle

1. Schéma simplifié du cœur



2. A la base du cœur : des appareils valvulaires

Constitution

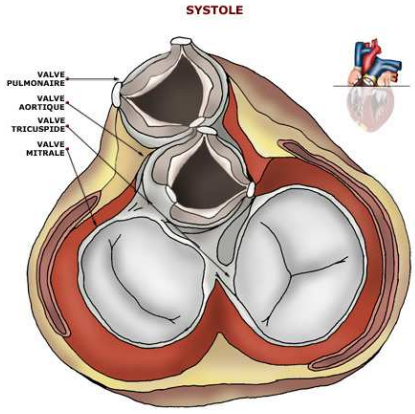
Valvules atrio-ventriculaires : Tricuspide et mitrale.

Valvules sigmoïdes : Pulmonaires et aortiques.

Structure : un anneau fibreux et des feuillets valvulaires.

Agencement : Les valves sont toutes **dans un même plan**, mais dans une **orientation inverse** !

- Une contraction ventriculaire refoule les feuillets → fermeture VAV et ouverture VS
- Un relâchement ventriculaire aspire les feuillets → ouverture VAV et fermeture VS



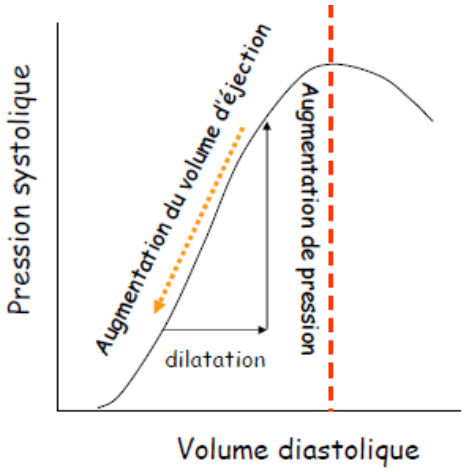
3. Le muscle cardiaque.

a. Des caractères communs avec le muscle squelettique.

Mécanismes moléculaire de la contraction identique : actine / myosine

Nécessité d'un point d'ancrage pour assurer une contraction efficace : l'anneau valvulaire.

Relation tension – longueur du muscle : Loi de Franck & Starling :



- La tension correspond à la force développée : ici en lien avec la pression systolique
- La longueur initiale est en lien avec le volume télédiastolique

Exemple : transfusion rapide (veineuse) :

→ Augmentation du volume diastolique

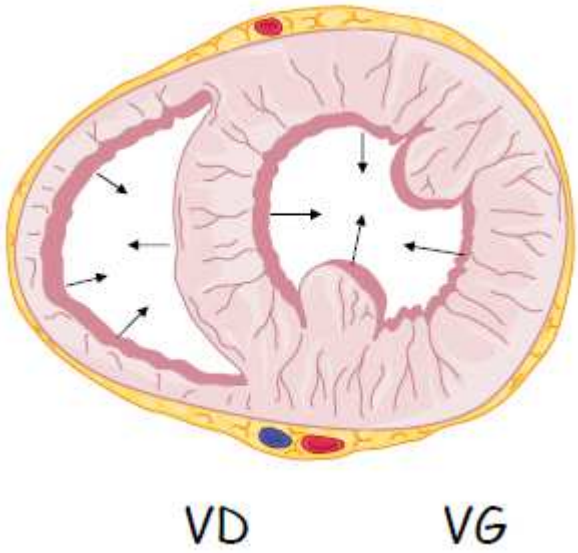
→ Augmentation de la pression systolique

→ Augmentation du volume d'éjection

➔ Diminution du volume diastolique

Il y a un ajustement du volume d'éjection systolique
aux variations de remplissage ventriculaire.

b. L'orientation des fibres permet de réduire le diamètre ventriculaire selon l'axe longitudinal et transversal.



➔ **Mouvement de torsion selon le grand axe.**

c. Des éléments synchronisateurs

Synchroniser oreillettes et ventricules

Le tissu nodal assure la dépolarisation successive des oreillettes et des ventricules par une *temporisation entre oreillettes et ventricules.* (nœud atrio-ventriculaire)

➔ Optimisation du remplissage ventriculaire.

Minimiser l'hétérogénéité des distances myocytes / pacemaker

Le tissu nodal assure une grande vitesse de propagation de la dépolarisation à l'étage ventriculaire.

Les myocytes forment un syncytium électrique :

- Syncytium : fusion partielle des myocytes
- Électrique : favorise leur dépolarisation **simultanée.**

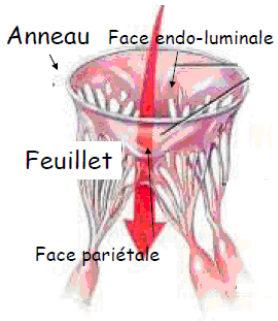
➔ Contraction quasi simultanée des masses ventriculaires.

4. Les appareils valvulaires.

a. caractères généraux.

Constitution.

La valvule proprement dite est un **feuillet** de tissu fibreux qui a une face pariétale (externe) et une face endoluminale (interne).



Elle est recouverte d'endothélium (l'endocarde) qui assure l'étanchéité.

➔ Une endocardite peut entraîner une insuffisance valvulaire (fuite).

Les valvules sont fixées sur un anneau fibreux.

➔ Un rétrécissement de l'anneau peut entraîner une sténose orificielle (obstacle)

Fonction

Aucun muscle ne contracte les valvules, leur mouvement est **passif**, dû aux variations de pressions intra cavitaires. Les valvules ne s'accolent JAMAIS à la paroi ventriculaire ou artérielle lors de l'ouverture.

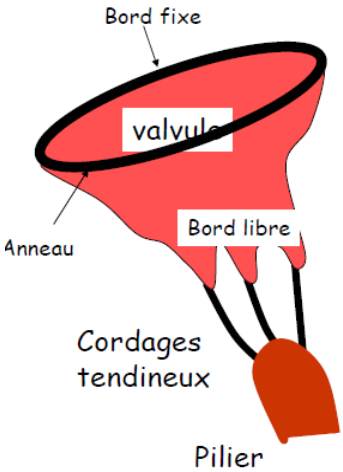
L'orientation des valvules détermine la direction du débit sanguin. Oreillette → ventricule → artère.

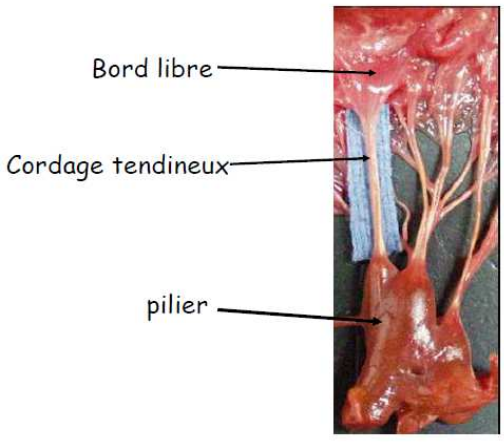
b. Les valvules atrio-ventriculaires. (tricuspide et mitrale)

Constituants

Plusieurs valvules attachées sur un bord fixe, inséré sur l'anneau valvulaire. L'aire totale de feuillets est égale à 2x la section de l'anneau ➔ **recouvrement** +++ (redondance, **sécurité**).

Les bords libres ont un **système d'amarrage** : cordages tendineux reliés à des muscles papillaires.





En systole ventriculaire

La pression ventriculaire augmente → accolement des valvules → fermeture de l'OAV.

Contraction des piliers → mise en tension des cordages tendineux

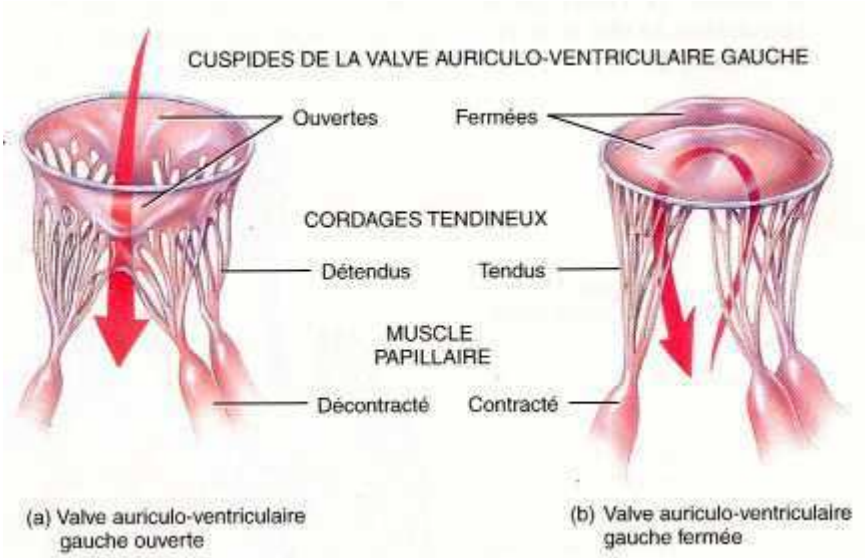
➔ **Tout ça prévient l'éversion valvulaire et la fuite vers l'oreillette.**

En diastole ventriculaire

Mise en tension des cordages tendineux par le remplissage ventriculaire.

Turbulences sur la face pariétale (externe) des valves.

Les valves atrio-ventriculaires forment un chenal de remplissage ventriculaire qui prévient l'accolement à la paroi (tension de surface)



c. Les valves sigmoïdes

Ce sont trois valvules situées entre le ventricule gauche et l'aorte.

Il y a deux renflements de la paroi de la base de l'aorte en regard des valves : les sinus de Valsalva.

Siège de turbulences au cours de l'éjection ➔ prévient l'accolement des valves à la paroi aortique et empêche le blocage de l'orifice des artères coronaires.

Fermeture par le recul de la colonne sanguine c'est-à-dire que le poids du sang contenu dans l'aorte ascendante referme les valves. (Mécanisme passif)

5. Jeu des valves cardiaques

a. CINQ principes

1► Elles déterminent le sens du débit : elles sont anti-reflux et unidirectionnelles.

2► Elles sont actionnées par les pressions intra cavitaires.

3► VAV et VS peuvent être alternativement ouvertes et fermées.

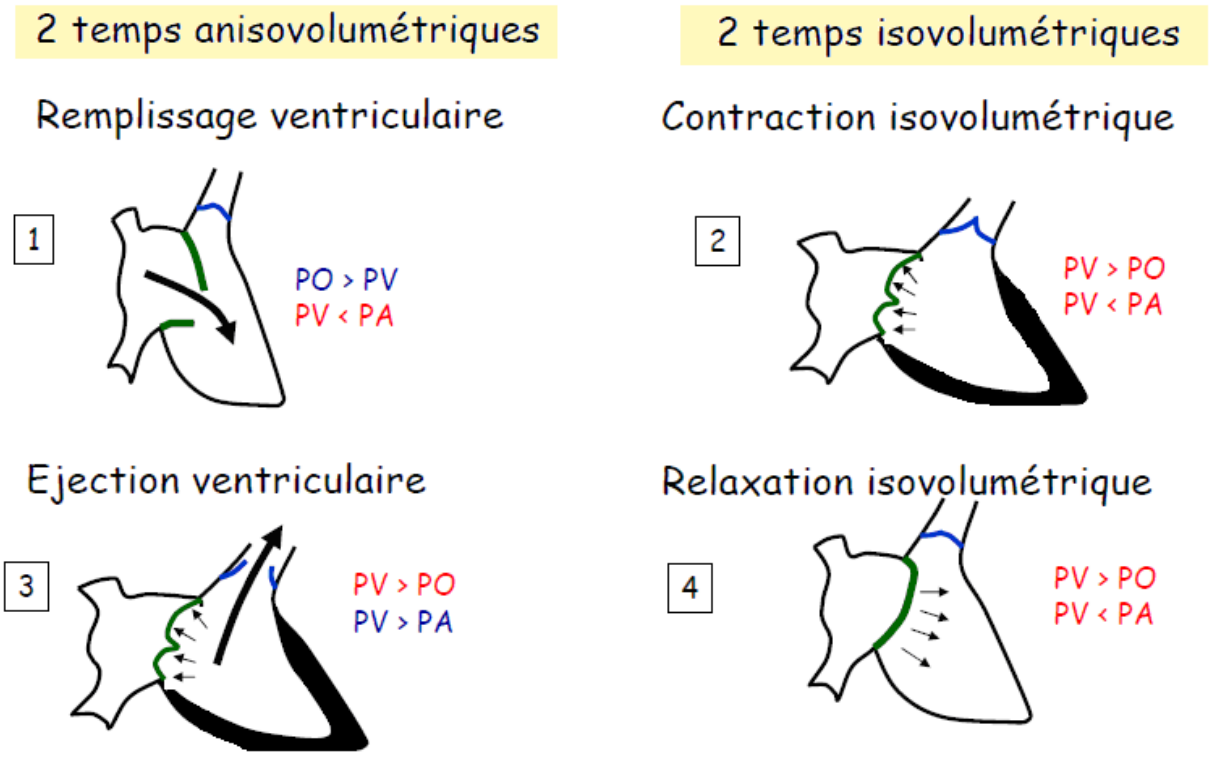
- Pendant le remplissage ventriculaire : VAV ouverte et VS fermée
- Pendant l'éjection ventriculaire: VAV fermée et VS ouverte

4► Elles peuvent également être fermées simultanément.

- Contraction isovolumétrique.
- Relaxation isovolumétrique.

5► **Elles ne sont JAMAIS ouvertes simultanément.**

b. La chronologie



III) Hémodynamique cardiaque.

1. Principes généraux

Le but de la contraction ventriculaire est de propulser le débit sanguin dans le réseau artériel. Il **est impératif d'augmenter la pression sanguine** dans le cœur à cause de la résistance artérielle.

➔ Le ventricule gauche multiplie la pression sanguine par 10.

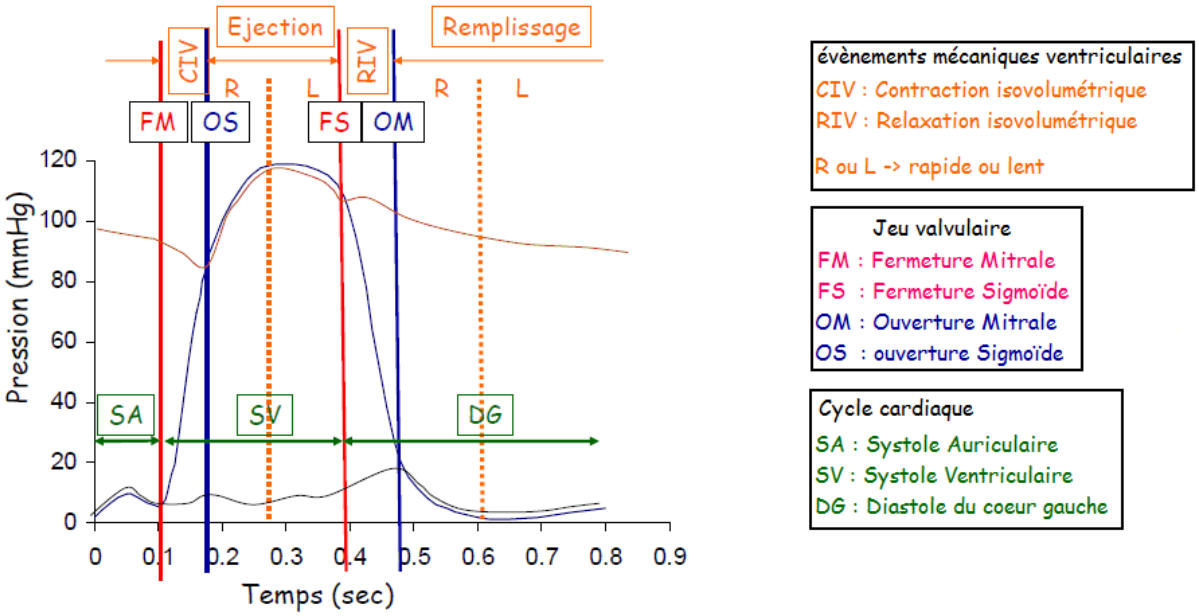
- Pression dans l'atrium gauche : **10 mmHg**
- Pression dans l'aorte : **100 mmHg**

Facteur de pression dans les oreillettes → débit des veines pulmonaires.

Facteur de pression dans les ventricules → contraction du muscle ventriculaire.

2. Cœur gauche.

a. Pressions.



Intérêt de la contraction isovolumétrique :

- augmentation rapide de la pression dans le ventricule gauche
- favorise la vidange du ventricule gauche (pressurisation = énergie potentielle)

Intérêt de la relaxation isovolumétrique

- diminution rapide de la pression dans le ventricule gauche (aspiration)
- favorise le remplissage du ventricule gauche.

b. Volume ventriculaire

Le volume max est atteint au moment de ce qu'on appelle la télédiastole.

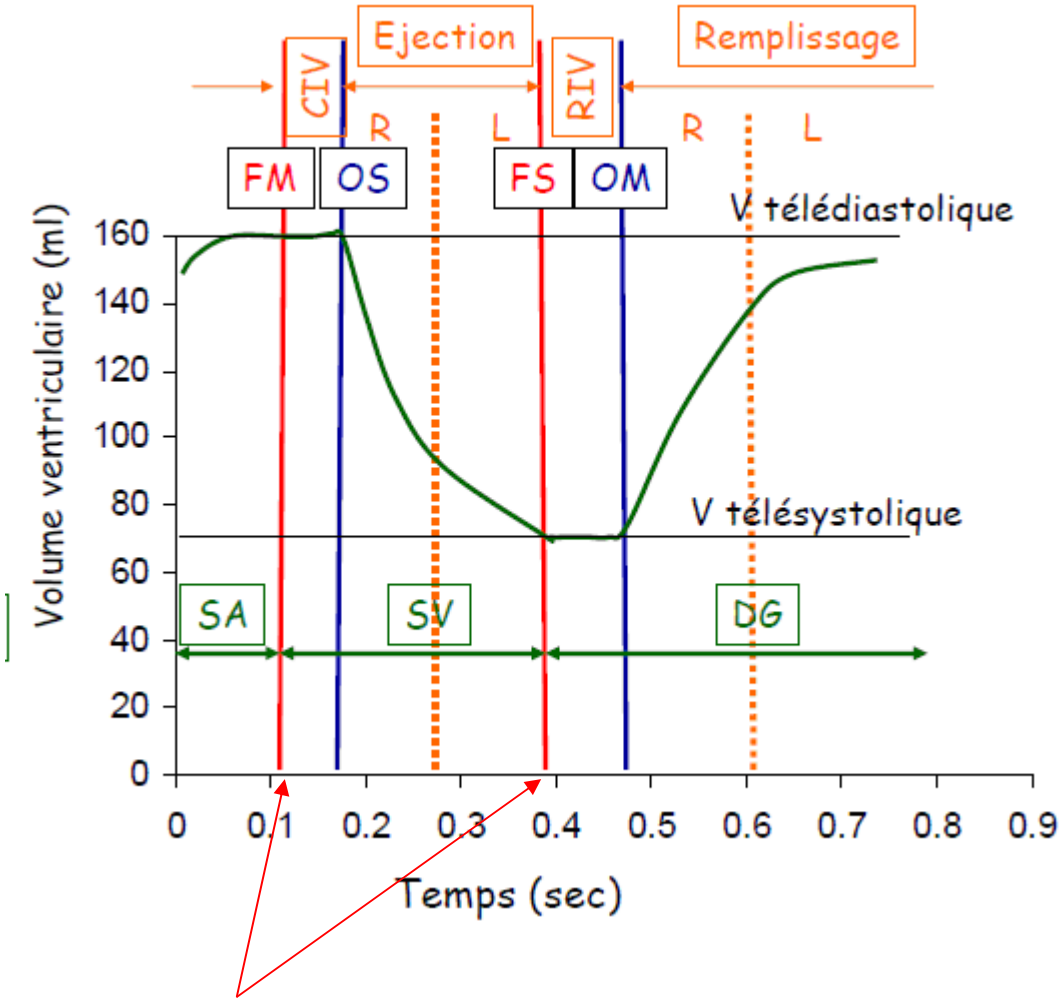
Le volume minimum est atteint au moment de la télésystole.

➔ Le volume d'éjection est la différence entre les deux.

$$\text{Fraction d'éjection en \%} = \frac{\text{volume d'éjection} \times 100}{\text{volume en télédiastole}} = \frac{(\text{VTD} - \text{VTS}) \times 100}{\text{volume en télédiastole}} = 1 - \frac{\text{VTS}}{\text{VTD}} \times 100$$

Fraction d'éjection = environ 60 à 65 %

Traduction : le volume d'éjection représente entre 60 et 65 % du volume ventriculaire maximum atteint au moment de la télédiastole. (Tout ça pour ça…)



Rien à voir mais **les traits rouges**, au moment de la fermeture mitrale et de la fermeture sigmoïde représentent les moments où on entend les **« bruits du cœur »**

3. Dans le cœur droit.

Même volume, donc même débit (Q')

Même volume **qualitatif** de pression (P)

MAIS circulation pulmonaire à faible résistance (R inférieure à la résistance circulatoire)

Comme P = R x Q

→ Régime de pression plus faible dans le cœur droit que dans le cœur gauche (divisé par 5 ou 6)

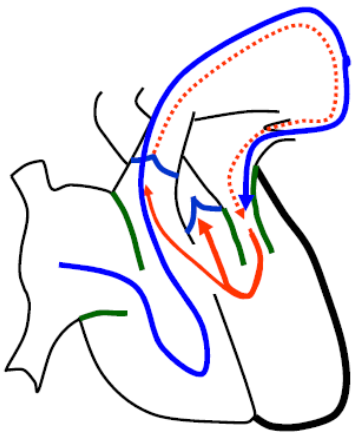
➔ Le travail du ventricule droit **moindre** et donc sa **paroi plus mince**.

Conséquences physio pathologiques : Exemple d'une malformation cardiaque congénitale :

La communication interventriculaire Il y a un court-circuit sur le trajet normal du sang (shunt).

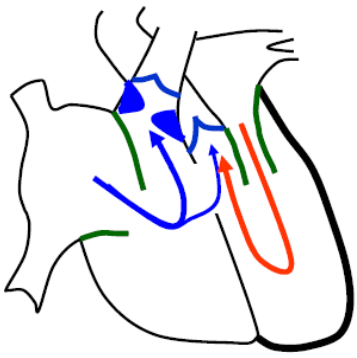
Dans le cas d'une communication interventriculaire isolée :

- PVG > PVD
- Shunt dans le sens gauche → droite
- Augmentation du retour veineux pulmonaire
- Surcharge ventriculaire gauche
- Augmentation du travail VG
- Risque d'insuffisance ventriculaire gauche.



Dans le cas d'une communication interventriculaire associée à une sténose pulmonaire serrée :

- PVD > PVG
- Shunt dans le sens droite → gauche
- Baisse du contenu en O_2 du sang artériel
- Coloration bleue de la peau (cyanose)



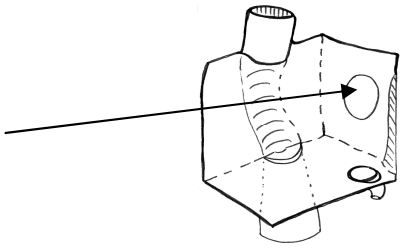
Particularité chez le nouveau-né : hypertrophie

In utero

2 circulations en parallèle : le débit du ventricule droit peut être différent du débit du ventricule gauche ➔ Débit ventriculaire combiné (Q'VC = Q'VD + Q'VG)

Même régime de pression circulatoire grâce à des communications

- entre les oreillettes droite et gauche par le **foramen ovale**
- entre l'artère pulmonaire et l'aorte par le **canal artériel**



<u>Le ventricule droit éjecte 2/3 du débit ventriculaire combiné</u>

→ vers la circulation pulmonaire par le canal artériel vers l'hémicorps inférieur et le placenta.

<u>Le ventricule gauche éjecte 1/3 du débit ventriculaire combiné</u>

→ vers l'hémicorps supérieur (encéphale +++)

In utéro, le travail du ventricule droit est SUPERIEUR au travail du ventricule gauche.
Il existe donc à la naissance une hypertrophie physiologique du ventricule droit qui perdure pendant les premiers mois de vie.

Des malformations compatibles avec la vie fœtale deviennent incompatibles avec la vie post-natale : hypoplasie du ventricule gauche.

4. Débit cardiaque.

Définition :

Débit cardiaque = volume systolique x fréquence cardiaque ≈ 5L / min au repos chez l'adulte.

Facteurs de variation :

- **Taille et poids :**
  - expression par unité de poids → en mL / min / kg
  - expression par surface corporelle (index cardiaque) → en L / min / m²
  - **Le débit cardiaque augmente avec la croissance.**

- **Genre :**
  - **Le débit cardiaque est supérieur chez l'homme.**

- **Activité :**
  - **Exercice :** le débit peut être multiplié par 5 maximum
  - **Pendant le sommeil paradoxal.**

Principe de mesure ➔ Equation de Fick = ppe de la conservation de la masse appliqué à l'O_2

La quantité entrante (artérielle) est égale à la quantité consommée + la quantité sortante (veineuse)

S'applique aux débits

Débit d'O_2 entrant = débit cardiaque x $[O_2]_{artérielle}$

Débit d'O_2 consomme = débit d'O_2

Débit d'O_2 sortant = débit cardiaque x $[O_2]_{veineuse}$

D'où

→ Débit cardiaque x $[O_2]_{artérielle}$ = Débit d'O_2 + débit cardiaque x $[O_2]_{veineuse}$

→ Débit cardiaque x ($[O_2]_{artérielle}$ - $[O_2]_{veineuse}$) = Débit d'O_2

$$\text{débit cardiaque} = \frac{\text{Débit d'O2}}{([O2]\text{artérielle} - [O2]\text{veineuse})}$$

IV) Signes extérieurs du cycle cardiaque.

1. Palpation = début de la systole ventriculaire.

Choc de pointe :

Perçu au niveau du 5ème espace intercostal gauche. Il correspond à une mise en tension de la pointe du cœur qui marque le début de la systole ventriculaire.

Pouls :

Perçu au moment du début de l'éjection du sang dans l'aorte, il correspond au choc de la colonne sanguine sur la paroi aortique provoquant des vibrations des parois artérielles sur toute leur longueur. Le pouls est synchrone du choc de pointe.

La vitesse du pouls ($10 m.s^{-1}$) est très supérieure à la vitesse de circulation du sang ($30 cm.s^{-1}$)

2. Auscultation : les bruits du cœur

a. Deux bruits normaux habituels

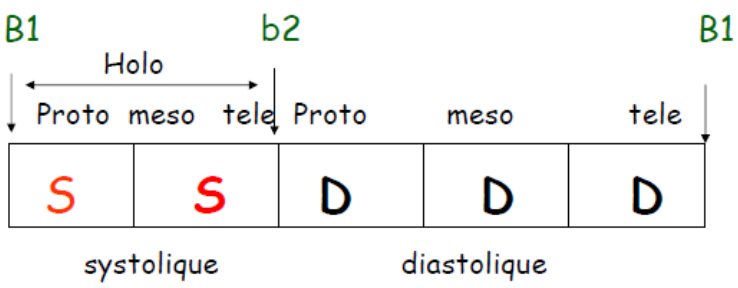
B1 : Coïncide avec la fermeture des valves atrio-ventriculaires.

- Oscillation de la colonne sanguine & vibration des chambres cardiaques.
- Mise en tension des VAV et décélération du sang lors de la fermeture.
- Synchrone du pouls.

B2 : Coïncide avec la fermeture des valves sigmoïdes

- Oscillations de la colonne sanguine
- Accentué si HTA ou HTAP

B1 et B2 délimitent la systole et la diastole ventriculaire.



b. Deux bruits parfois surajoutés

Très fréquents chez l'enfant (le cœur est très proche de la paroi thoracique)

B3 : protodiastolique

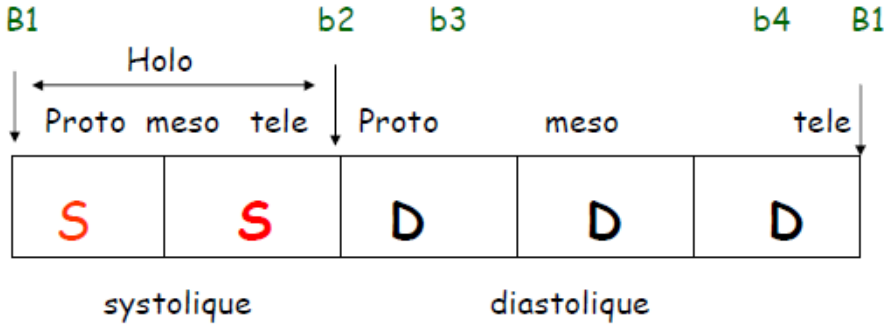
- vibration de la paroi ventriculaire **lors du remplissage rapide**.

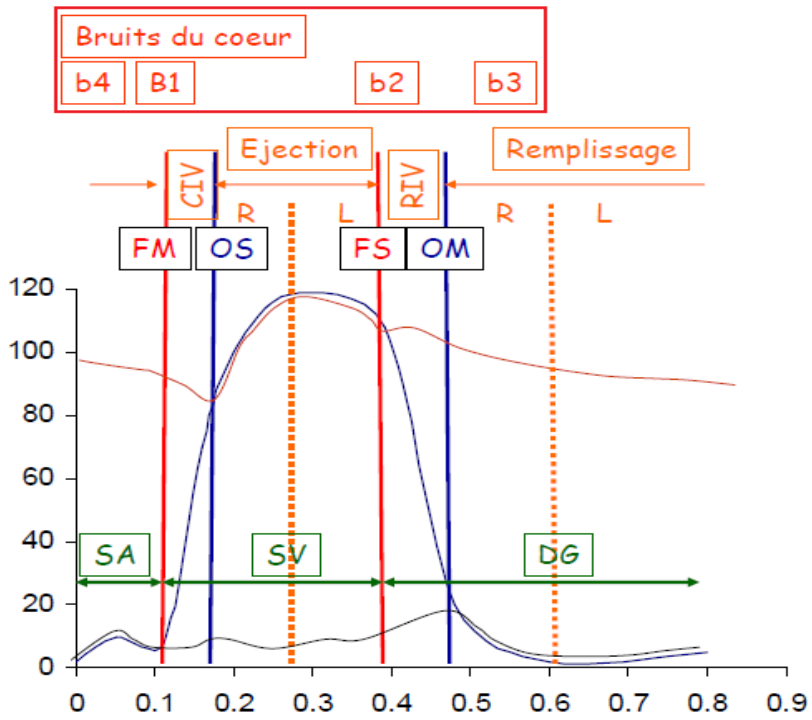
B4 : télédiastolique

- vibration de la paroi ventriculaire lors de la **contraction ventriculaire**.

Tachycardie : sommation de B3 + B4 ➔ bruit de galop.

Pathologie : Insuffisance Ventriculaire Gauche.





c. Particularités des bruits du cœur chez l'enfant.

Arythmie respiratoire : la fréquence cardiaque augmente au moment de l'inspiration.

Dédoublement bb2 **variable avec la respiration** : Retard de la valvule sigmoïde pulmonaire à l'inspiration.

Conséquence de la proximité du cœur avec la paroi :

- B3
- Souffles innocents.