

Physiologie cardiaque

Pr Arous

Réalisé par:

Filali Mohamed

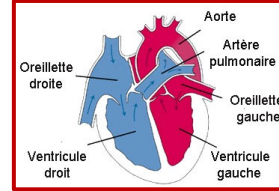
RAPPEL ANATOMIQUE

GENERALITES

- Organe creux situé dans la cavité thoracique
- Poids moyen 250 g
- Pyramide triangulaire
- Situé dans le médiastin recouvert par les poumons, le sternum et les cartilages des 3, 4 et 5èmes côtes
- À la taille d'un poing fermé, situé entre les poumons.

Structure générale

- Un muscle creux : le myocarde (4 cavités) :
- 2 oreillettes : **OD** et **OG**.
 - 2 ventricules : **VD** et **VG**
- Le cœur droit = OD et VD. -Le cœur gauche = OG et VG**
- Le cœur gauche et droit sont séparés par les septums inter-ventriculaires et inter-auriculaires



Valves

- Le rôle des valves est d'empêcher le **mouvement rétrograde** du sang
- Les valves permettent la circulation du sang **dans le bon sens** : elles imposent la circulation des **veines** vers les **oreillettes** puis les **ventricules** et les **artères**.

- Valve mitrale** (2 valves) entre OG et VG
- Valve tricuspide** (3 valves) entre OD et VD

- Pulmonaire**
- Aortique**

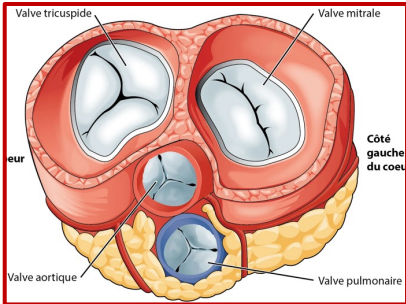
Valves mitrale et tricuspide:

- Formées de **valvules** rattachées à la paroi du ventricule par des **cordages** et des **pilliers**.
- Mouvements: différences de pression de part et d'autre de la valve

Valves sigmoïdes

Pas de cordages ou pilliers

- Le diamètre est plus petit.
- Elles sont situées à la base de chaque artère et constituées de 3 replis fibreux en cupules.

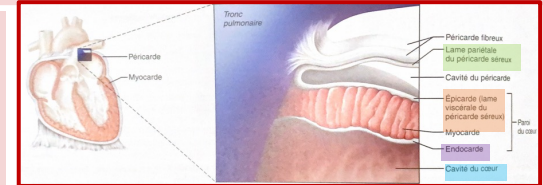


Autres structures

- Les 4 systèmes valvulaires sont montés sur un anneau fibreux, l'ensemble formant le squelette du cœur.
- Le myocarde est tapissé intérieurement de l'**endocarde** qui revêt la totalité des surfaces des **valves**.
- Le myocarde est recouvert extérieurement d'un feuillet : l'**épicarde** (feuillet viscéral du péricarde séreux)
- Le cœur et la base des **gros vx** est enfermée dans un double sac fibro-séreux qui est le **péricarde**

- Le péricarde fibreux, élément superficiel
- Le péricarde séreux se compose de deux feuillets:
 - Viscéral = **épicarde**
 - Pariétal = **parietal**

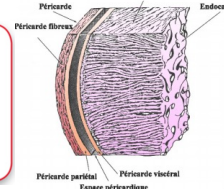
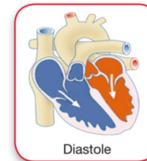
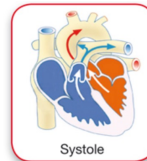
- Les deux feuillets délimitent une **cavité virtuelle**



Pompe cardiaque

Le cœur : une pompe à double corps.

- Diastole**: le sang dans le sens oreillette – ventricule
- Systole**: Le sang dans le sens ventricule- artères



Trois tuniques
Endocarde, tunique la plus interne : Les **valvules auriculo ventriculaires** et **sigmoïdes** en sont des replis.
Myocarde, tunique musculaire: Il est d'épaisseur très inégale : 1mm sur les oreillettes, 5mm sur le ventricule droit et 10 à 15mm sur le ventricule gauche.
Epicarde est doublé d'une couche grasseuse jaunâtre, localisée superficiellement sur le trajet des artères coronaires principales

Hétérogénéité cellulaire du myocarde

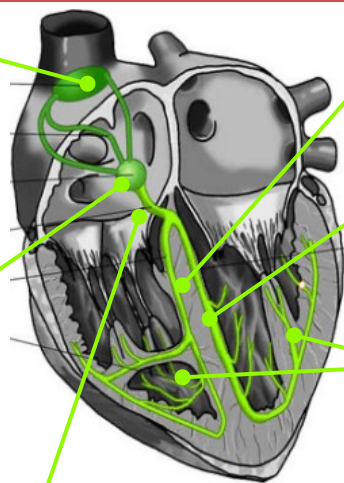
Tissu de conduction

Centre sinusal

15 à 20 mm de long 5 mm de large situé sous l'**épicarde** à la partie supérieure de l'oreillette droite, près de l'abouchement de la veine cave supérieure. Il est connecté au centre nodal par des faisceaux de fibres appelés voies atriales (faisceaux de BACHMANN).

Centre nodal

ou **nœud auriculo-ventriculaire** : de 1 à 5 mm long sur 1 mm de large Il est situé sous l'**endocarde** à la jonction oreillettes ventricules devant l'orifice du **sinus coronaire**, derrière l'insertion de la valve septale de la tricuspide. Il est vascularisé, le plus souvent, par une branche de la **artère coronaire droite** (81 % des cas)



Branche droite

prolonge le tronc jusqu'au pilier antérieur de la tricuspide.

Branche gauche

se dirige sous l'**endocarde** de la face gauche du septum. Elle se divise en deux faisceaux : antéro-supérieur et postéro-inférieur.

Réseau de Purkinje

représente les ramifications terminales du tissu nodal sous l'**endocarde** des deux ventricules.

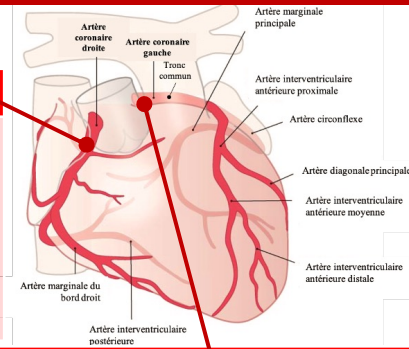
Tronc du faisceau de His

descend sous l'**endocarde** de la face droite du septum interventriculaire.

Circulation coronaire

Artère coronaire droite

-Naît au dessus de la **sigmoïde antéro-droite**.
-Contourne le cœur dans le sillon auriculoventriculaire droit et atteint la partie sup du sillon interventriculaire post qu'elle emprunte : interventriculaire post



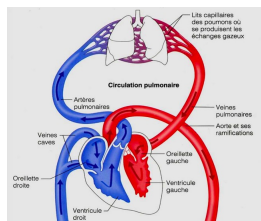
Artère coronaire gauche

-Naît au dessus de la sigmoïde antéro-gauche.
-Comporte tronc commun, qui se divise en **interventriculaire ant** (donnant les artères septales et diagonales) circonflexe (donnant des collatérales descendantes pour la face post du ventricule gauche, des collatérales ascendantes pour l'oreillette gauche, enfin une **marginale** pour la face ant-latérale du ventricule gauche).

Circulation vasculaire

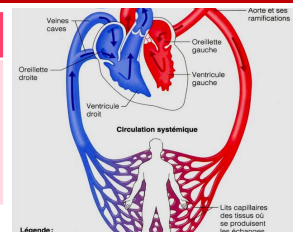
Petite circulation

-Constituée par l'**artère pulmonaire**, la circulation pulmonaire puis se déverse dans les 4 **veines pulmonaires** qui s'abouchent dans l'oreillette gauche.
-Elle est donc comprise entre le ventricule droit et l'oreillette gauche.



Grande circulation

-La grande circulation, constituée par l'**aorte**, le réseau capillaire, la **veine cave supérieure** et la **veine cave inf**,
-Elle est donc comprise entre le ventricule gauche et l'oreillette droite.



*Le côté droit reçoit le sang désoxygéné Qui provient des cellules
*Le côté gauche reçoit le sang oxygéné Qui provient des poumons/sang rouge

Troncs vasculaires

- La **veine cave supérieure** (VOS) et la **veine cave inférieure** (VCI) arrivent dans l'oreillette droite.
- Les 4 veines pulmonaires arrivent au cœur gauche (dans l'OG).
- L'aorte repart du VG.
- L'artère pulmonaire (qui se divise rapidement en 2) part du VD.

Les gros vaisseaux du cœur :

Veines

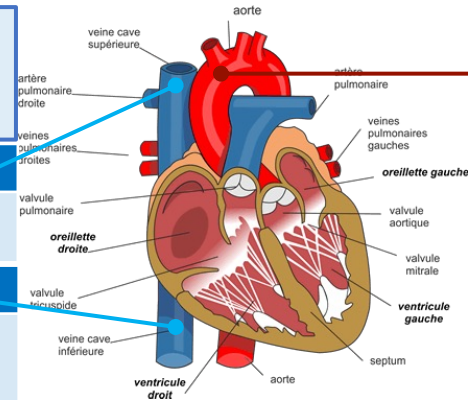
-Le sang veineux de tout le corps, à l'exception des poumons, est ramené au cœur par deux troncs principaux.

Veine cave supérieure

-Tronc collecteur du sang veineux de la partie sus diaphragmatique du corps

Veine cave inférieure

-Beaucoup plus longue collecte le sang veineux de la partie sous diaphragmatique du corps. Elle est formée par la réunion des deux veines iliaques primitives



Aorte

-L'**aorte** monte verticalement décrivant une **courbe**, ou crosse aortique, Puis descend dans la partie postérieure du médiastin et traverse le diaphragme pour gagner la cavité abdominale.

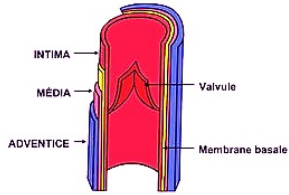
-Au niveau de la quatrième vertèbre lombaire, elle se bifurque en deux **artères iliaques primitives** destinées au bassin et aux membres inférieurs.

SYSTÈME CIRCULATOIRE

Le système circulatoire comporte :

- une pompe : **le cœur**
- un ensemble de conduits en série et en parallèle : **les vaisseaux sanguins**
- un liquide : **le sang**

Histologie des vaisseaux



3 Tuniques:
- **Intima** (interne)
- **Média**
- **Adventice** (externe)

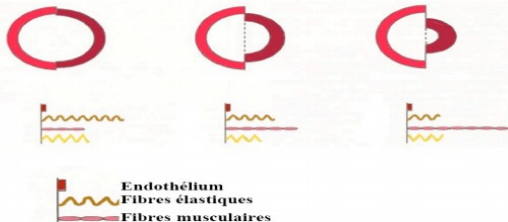
Vasomotricité

Vasodilatation
Vasoconstriction

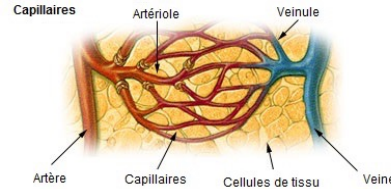
Artère élastique
10 à 20 mm de diamètre

Artère de distribution
1 à 10 mm de diamètre

Artériole (0,02 à 2 mm)



Organisation et aspect général



Artères : Vaisseaux élastiques principaux vaisseaux de distribution
Artérioles : Vaisseaux résistifs riches en cellules musculaires lisses régulent le débit sanguin
Capillaires : principaux vaisseaux d'échange et de diffusion
Veinules : principaux collecteurs
Veines : vaisseaux capacitif et réservoir

Mécanisme de contrôle vasculaire

Régulation humorale

- **Noradrénaline**: vasoconstricteur (récepteurs α)/ - **ADH** (vasopressine): vasoconstriction. / - **SRA**: vasoconstriction.

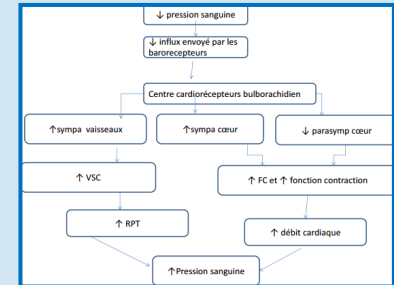
Autorégulation intrinsèque (locale)

hypoxie ou substances vasoactives
- Intervient pour le cerveau, le cœur, le rein (organes nobles).

Deux fonctions: Assurer perfusion constante avec même débit et Ajuster la perfusion de l'organe à son activité.

Régularisation nerveuse (extrinsèque)

↑ influx sympa ==> Vasoconstriction ==> ↓ pression
↓ - influx sympa ==> Vasodilatation ==> ↑ pression



Distribution du sang

Sang

La vitesse du sang varie d'un secteur vasculaire à l'autre

$$\text{Débit} = \text{Surface de section} \times \text{Vitesse}$$

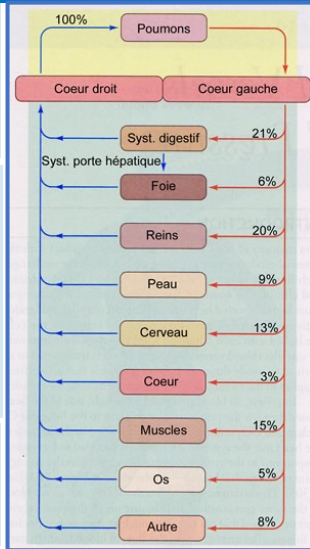
- **Surface de section** = section totale de tous les vaisseaux du même type situés en parallèle
- vitesse dans un capillaire est très faible

-La distribution du sang dans l'arbre vasculaire est **très inégale** :

- 2/3 du sang total se trouve dans les veines et veinules
- faible pourcentage (7%) de sang contenu dans les capillaires
- La fraction du débit cardiaque que reçoivent les différents organes varie avec l'état physiologique (ex : l'exercice physique) → redistribution du débit cardiaque

Modification du débit cardiaque lors d'un effort :

- au repos, débit de 5-6 L/min
- à l'effort, débit de 20 L/min chez l'adulte un peu entraîné ; 35 L/min chez le sportif de haut niveau



-La distribution du sang dans l'arbre vasculaire est très inégale :

- 2/3 du sang total se trouve dans les veines et veinules
- faible pourcentage (7%) de sang contenu dans les capillaires
- La fraction du débit cardiaque que reçoivent les différents organes varie avec l'état physiologique (ex : l'exercice physique) → redistribution du débit cardiaque

3 principes de base conditionnent la fonction circulatoire :

- **Le flux sanguin local** est très ajusté aux besoins métaboliques locaux
- Le débit cardiaque varie → **redistribution**
- La régulation de la PAM est la régulation primordiale du **système cardiovasculaire**

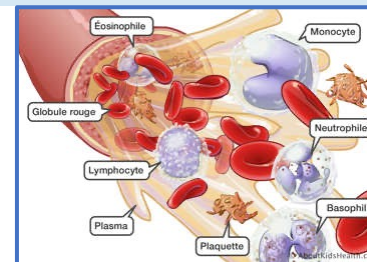
Le sang transporte :

- **cellules** : des globules rouges, globules blancs, plaquettes
- **substances du métabolisme** : nutriments, catabolites
- **substances de défense immunitaire** : Ac
- **substances de coagulation**
- **hormones**
- **chaleur**

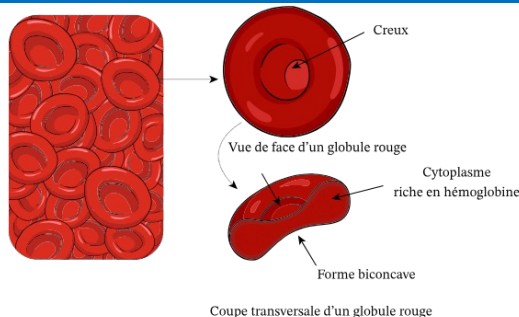
7% du poids corporel = 5 litres/ individu de 70 kg comprend :

Une partie liquide : le plasma

Une partie cellulaire : globules rouges, globules blancs, plaquettes



Globule rouge



-5 millions/mm³ de sang

-Durée de vie : 120 jours

Fonction principale : transport d'oxygène, cellules de l'organisme/ du CO₂ poumons

-L'O₂ se fixe sur le fer dans les molécules d'Hb

-Destruction des GR/ rate+++

-Production des GR est contrôlée par **l'érythropoïétine** (EPO), sécrétée par rein

-Les GR contiennent des glycolipides membranaires qui présentent des propriétés antigéniques. Ceux du **système ABO** sont les plus connus et permettent de séparer les différents **groupes sanguins** (A,B,AB,O)

Le plasma : contient des électrolytes, substances nutritives, dérivés du métabolisme, hormones, gaz, protéines en solution (albumines, globulines et fibrinogène)

Sérum : plasma dans lequel le fibrinogène et les protéines intervenant dans la coagulation ont été extraits/formation des caillots

Hématocrite : le volume occupé/ cellules sanguines (45% du volume total), GR+++

Les globules blancs : font partie du système immunitaire

Plaquettes : fragments de cellules de la moelle osseuse. Rôle dans l'hémostase et la coagulation du sang

ÉLECTROPHYSIOLOGIE CARDIAQUE

Fréquences cardiaques:
 • 60 < **FC au repos** < 80 battements/min
 • **FC maximale théorique**
 = 220 - âge

Cellules myocardiques contractiles communes, qui assurent le travail mécanique du cœur
Cellules du tissu nodal, siège de l'automatisme et assurant la conduction

Toutes ces cellules sont électriquement polarisées lors de la diastole et se dépolarisent lors de la systole : c'est le **PA**

-Constitué de fibres striées et ramifiées (anastomoses)

-Constitué de cellules individualisées reliées par des disques intercalaires (stries scalariformes)

Notion de seuil

-Si l'on fait passer **pendant un temps court un courant peu intense** au niveau de la cellule, il y aura **inversion** de la polarité entraînant un **potentiel local** : c'est la **stimulation infra-liminaire**.

Intensité seuil :

-L'intensité de courant doit être suffisante pour obtenir un potentiel d'action.

Notion de période réfractaire :

-Pendant la durée du potentiel d'action, la fibre est à l'état réfractaire absolu.
 Aucun stimulus, quelque soit son intensité, ne peut faire apparaître un nouvel influx.

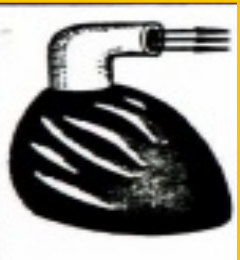
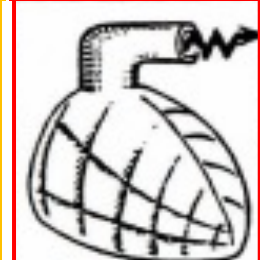

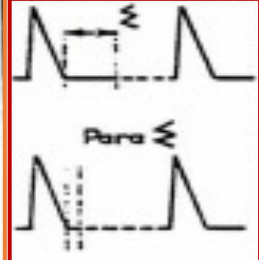

Loi du Tout ou Rien :

-L'amplitude du PA est indépendante de l'intensité du stimulus d'excitation.
 Si l'intensité atteint le seuil ou le dépasse, un potentiel d'action, d'amplitude maximale apparaît

Automaticité

-Faculté pour un groupe de cellules de se dépolariser spontanément sans aucune excitation.
 -Dépolarisation progressive diastolique spontanée jusqu'à atteindre un seuil propre de dépolarisation, la dépolarisation est alors entière, la cellule devient contractile
 -Nœud sinusal = véritable pace-maker

Notions fondamentales

Chronotrope	Inotrope	Tonotrope	Bathmotrope	Dromotrope
				
Fréquence commande la régularité d'un rythme	Contractilité puissance contraction des muscles	Distensibilité (les oreillettes sont plus distensibles)	Excitabilité périodiquement* variable du myocarde	Vitesse conductibilité de la fibre musculaire cardiaque

* + la période réfractaire est longue + la fq cardiaque est faible ⇒ l'excitabilité est diminué

Phénomènes fondamentaux : potentiel d'action avec les 4 phases

Au repos	L'excitation	La repolarisation
la cellule myocardique est polarisée : 80 à 90 mV charge + à l'ext, charge - à l'int ⇒ Le potentiel de repos (stable) est dû aux différences de concentration K+	-Entraîne la dépolarisation (charge - à l'ext, charge + à l'int): phénomène initial rapide qui va donner naissance à un phénomène mécanique ⇒ la contraction . - Pendant le PA (instable : + entrée de Na que de sortie de K+), il existe des modifications de courants membranaires liés au passage d'ions Na+ , K+ et Ca2+ (Cl-)	est un phénomène tardif et lent purement électrique (retour à l'état initial)
		Réalisé par: Filali Mohamed

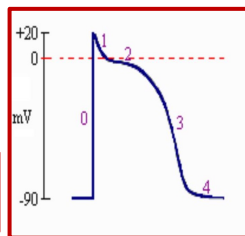


Figure 1 : Les phases du potentiel d'action d'une cellule du muscle cardiaque.

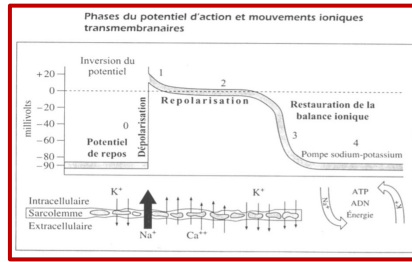
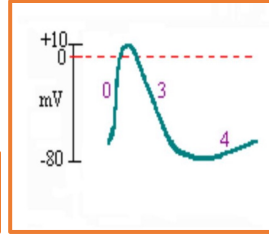
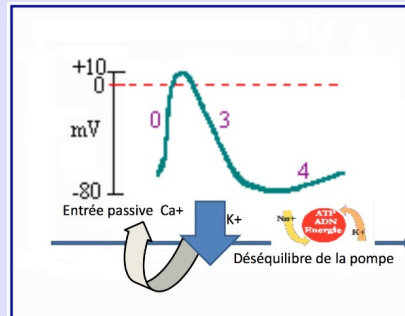


Figure 2 : Les phases du potentiel d'action d'une cellule du nœud SA.



	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
cellules MYOCARDIQUES	<p>Dans les cellules myocardiques auriculaire et ventriculaire + les cellules du tissu conducteur rapide ventriculaire</p> <p>Cette phase 0 est très pentue : elle est due au rapide accroissement de la perméabilité membranaire au Na^+ qui entraîne le flux entrant passif des ions Na^+</p>	<p>= phase de repolarisation rapide précoce</p> <p>Une inversion du potentiel intra-cellulaire qui est devenu positif, suit une courte période de repolarisation, plus ou moins marquée, principalement dans les cellules à phase 0 rapide. Dans ces cellules, cette phase 1 résulte de l'activation de courants transitoires entrant ou sortant chlorure potassique</p>	<p>= phase du plateau du potentiel d'action.</p> <p>= repolarisation lente qui peut durer plusieurs centaines de millisecondes. La repolarisation est ralentie par la composante lente du courant calcique entrant.</p>		<p>= celle du potentiel transmembranaire de repos pour les cellules myocardiques :</p> <p>Entre 2 dépolariations, la cellule a récupéré son potentiel de repos :</p> <p>⇒ avec une charge + en surface, riche en K^+</p> <p>⇒ comparée à une charge plus pauvre en K^+ à l'intérieur.</p> <p>Gradient de concentration qui doit être maintenu par la pompe $\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPase}$</p>
cellules Automatiques	<p>Dans les cellules du nœud SA et du nœud AV la pente de la phase 0 est faible : le courant sodique entrant rapide n'existe pas ou n'est pas fonctionnel. Cette phase est due principalement à l'entrée passive plus lente des ions Ca^{2+}</p>			<p>= phase de repolarisation finale rapide</p> <p>Cette repolarisation rapide résulte de l'activation de courants sortants combinés à l'inactivation des courants entrants</p> <p>Pendant toute cette période de repolarisation la cellule n'est plus excitable = période réfractaire.</p>	<p>= la phase de dépolariation spontanée diastolique lente :</p> <p>⇒ Le potentiel transmembranaire de repos devient graduellement moins négatif jusqu'à atteindre un potentiel seuil à partir duquel se produit un potentiel d'action spontané. Cette dépolariation lente = résultat du déséquilibre entre les courants sortants et les courants entrants au profit de ces derniers.</p> <p>Les cellules automatiques ont, de ce fait, la propriété de s'activer et de se décharger spontanément, stimulant les oreillettes et les ventricules. Les centres d'automatismes ont des fréquences de dépolariation différentes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 60 à 100/min. pour le noeud sinusal, - 40 à 60/min. pour le faisceau de His, - 20 à 40/min. pour le réseau de Purkinje



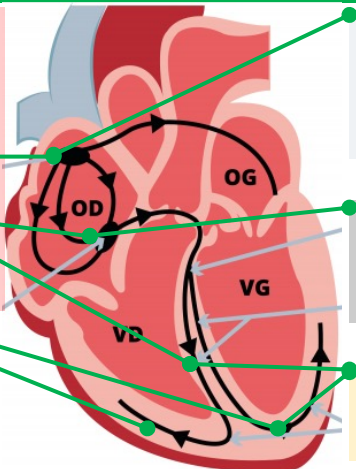
Autorythmicité cardiaque

Existence de **cellules myocardiques** produisant **spontanément un signal électrique** qui stimule les **cellules voisines = tissu nodal**.

2 amas cellulaires :

- nœud **sinusal** ou **Keith et Flack**
- nœud **auriculo-ventriculaire** ou nœud **d'Aschoff-Tawara**

Prolongement par le **faisceau de His**
Division en **2 branches** : **réseau de fibres de Purkinje**



Naissance du processus de stimulation du cœur dans le **nœud sinusal = pace-maker** impose son rythme à tout le cœur =rythme sinusal

Relayée par le **nœud auriculo-ventriculaire**
Propagation **aux oreillettes** qui se contractent **en bloc**

Atteint l'ensemble des **2 ventricules** par le **faisceau de His** et le **réseau de Purkinje**

Excitabilité cardiaque

= la transmission du phénomène électrique de proche en proche
Elle dépend du :

Niveau du seuil de dépolarisation :

Plus il est élevé, plus l'excitabilité est réduite

La durée des périodes réfractaires :

Plus elles sont élevées, moins un potentiel a de chance d'être obtenue, moins la cellule est excitable

L'asynchronisme physiologique des périodes réfractaires :

Ni le début, ni la fin des périodes réfractaires ne sont identiques pour toutes les structures cardiaques, toute les cellules n'ont pas la même période réfractaire

Facteurs de l'automatité

Facteurs intrinsèques

Pente de dépolarisation spontanée

(plus la pente est abrupte, plus la dépolarisation est rapide, plus tôt est atteint le seuil, plus le potentiel sera atteint rapidement, plus vite la cellule sera à nouveau excitable).

Degré de dépolarisation de départ

Si le potentiel de repos est proche de zéro, le degré de dépolarisation de départ sera augmenté, donc la fréquence sera augmentée.

Facteurs extrinsèques

Système nerveux autonome

- **Le para sympathique**, représenté par le nerf vague, et l'acétylcholine, il est cardiomodérateur.

-**Le sympathique**, augmente la fréquence en jouant sur la pente de dépolarisation (pente augmentée)

Médicaments et les agents pharmacologiques

(exemple : les digitaliques qui abaissent la pente de dépolarisation et ralentissent le cœur)

Environnement

l'augmentation de la température a une action chronotrope + directe sur la cellule

Humoral

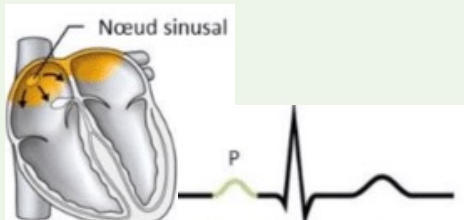
catécholamines circulantes, pH, PaCO₂, PaO₂

Troubles métaboliques

hypocalcémie et hypokaliémie favorisent l'automatisme cardiaque

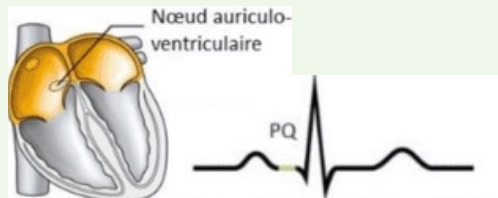
Activité cardiaque

Activation auriculaire



- Commence au **nœud sinusal** (Keith et Flack)
- Marque le début de l'activité cardiaque
- Sous la dépendance du **nœud sinusal**
- Comporte une dépolarisation et une repolarisation
- Activation auriculaire : **onde P**

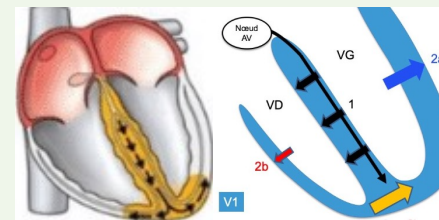
Conduction auriculoventriculaire



Voie de conduction normale:

- le noeud auriculoventriculaire d'Aschoff Tawara
- le faisceau de His
- la branche dte (face droite du SIV)
- la branche gauche (se divise en hémibranche ant et post)
- voies de conduction accessoires (généralement lieu de trouble du rythme, exemple = Wolf Parkinson White)

Activation septale



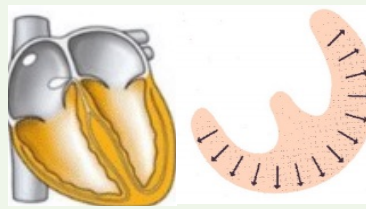
- Commence à la partie moyenne de la face gauche du septum interventriculaire (SIV gauche)
- Gagne la **profondeur du SIV de gauche à droite** du VG et VD (ce qui explique les différences d'enregistrement des précordiales le vecteur tourne de proche en proche...)

Activation ventriculaire



- Suit l'activation auriculaire dont elle est séparée par la conduction auriculoventriculaire (espace PR allongé si obstacle à conduction)
- Inégale répartition des branches :
- **branche droite** plus longue : pointe du VD
- **branche gauche** plus courte : partie moyenne du SIV
- Inégalité des épaisseurs des parois libres : VG>VD

Activation pariétale



- Réseau de Purkinje**
- Immédiatement après l'activation septale
- Débute dans les couches profondes : sous endocarde vers sous-épicaire
- VG a son activation légèrement anticipée par rapport à celle du VD
- Activation du VG engendre des potentiels plus importants (épaisseur pariétale)

Repolarisation normale



- Commence à la surface (épicaire) et progresse vers endocarde
- Dépolarise et repolarisation ont donc sens inverse

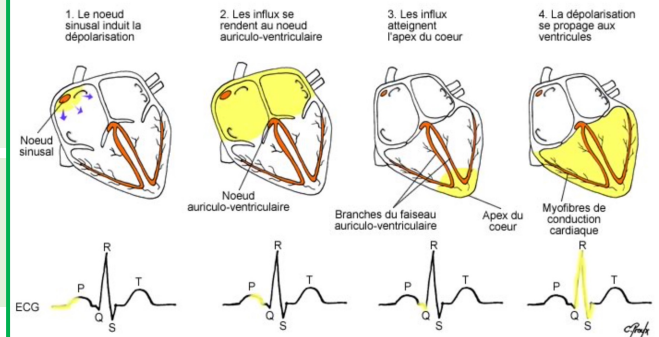
*La dépolarisation débute des couches profondes (endocarde) vers l'extérieur (épicaire)

*La repolarisation est l'inverse (ce qui explique l'onde T positive)

ECG

-Tout muscle **en travail** est le siège d'une onde de **dépolarisation** = un courant qui peut être enregistré par 2 électrodes placées judicieusement.
-Le cœur, comme n'importe quel muscle, produit un courant.

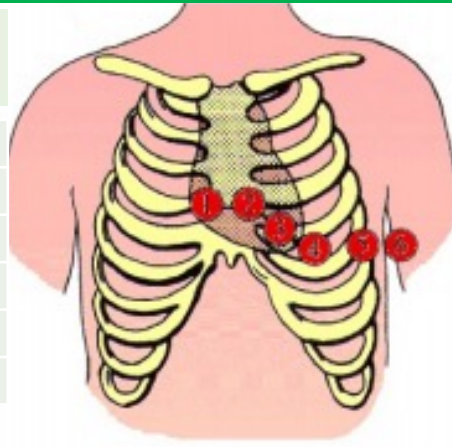
L'ECG = le résultat de l'enregistrement de l'activité électrique du cœur, étudiée sous des <angles> diff.
⇒ Plus ces points d'études sont différents, et nombreux, plus le <portrait> électrique de l'activité cardiaque ainsi obtenu sera exact.



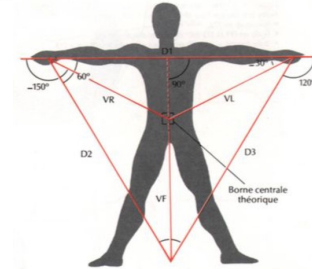
Dérivations précordiales

Ce sont des dérivations unipolaires fixées en des points définis sur la paroi thoracique
On les nomme pour les dérivations standards = V1 à V6 :

V1	4ème espace intercostal droit, au bord droit du sternum.
V2	4ème espace intercostal gauche, au bord gauche du sternum
V3	entre V2 et V4.
V4	5ème espace intercostal gauche, sur la ligne médioclaviculaire
V5	5ème espace intercostal gauche, sur la ligne axillaire antérieure.
V6	5ème espace intercostal gauche, sur la ligne axillaire moyenne



Électrodes périphériques		Électrodes Thoraciques
Dérivations unipolaires	Dérivations bipolaires	= dérivations précordiales V1 → V6
aVR, aVF, aVL	D1, D2, D3	



Principe de base :
L'enregistrement est réalisé sur revêtement cutané par intermédiaire d'électrodes

PRESSION ARTÉRIELLE

Définitions

= pression du sang dans les artères

PRESSION ARTÉRIELLE

= **tension artérielle**, car = force exercée par le sang sur la paroi des artères: tend la paroi de l'artère. Se mesure habituellement en **mm Hg**

Pression **DYNAMIQUE** : écoulement du sang **du cœur vers la périphérie**

- Reflet du **débit cardiaque** et des **résistances - périphériques**
- Caractère **pulsatile**
- Niveau élevé
- Régulation étroite
- Continuellement explorée en clinique
- Renseigne sur l'état cardio-vasculaire

Variations physiologiques

Respiration	L'inspiration stimule les mécanorécepteurs pulmonaires sensibles à l'étirement → inhibition parasymphatique augmentation de la FC et de la PA
Orthostatisme	↓ Retour veineux, du DC et de la PA
Sommeil	↓ PA : sujets « deepers »
Effort	↓ Résistances musculaires, FC et de la PA
Grossesse	↓ PAS et PAD en début de grossesse, puis ré ascension modérée au 3ème trimestre
Age	Tendance à l'augmentation de la PA avec l'âge du fait de la diminution d'élasticité des artères

Enregistrement manométrique de PA

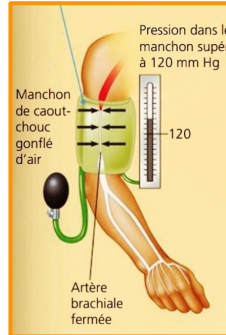
La pression varie à chaque cycle cardiaque entre :

- la pression **diastolique** (PD) = valeur **minimale** - environ 10 kPa (80 mm Hg)
- la pression **systolique** (PS) = valeur **maximale** - environ 16 kPa (120 mm Hg)

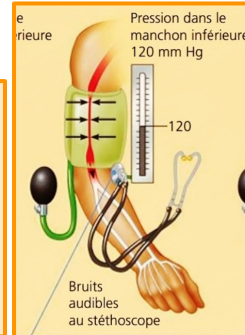
*La pression artérielle est générée par la **pompe cardiaque** et elle dépend donc de

- la masse sanguine et
- la contraction cardiaque

Principes de mesures

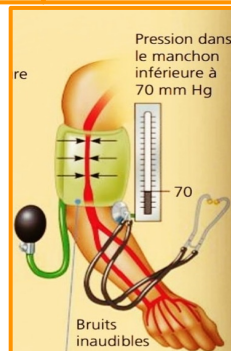


- Amener d'abord la pression du brassard (PB) à une valeur > à la pression systolique (PS)
⇒ bloquer la circulation artérielle dans le bras.
- **P. Brassard > PS :**
absence de bruits



- Laisser ensuite PB ↓ progressivement jusqu'à la valeur limite à partir de laquelle la pression artérielle est suffisante pour laisser de nouveau passer le sang = la pression systolique
- **P. Brassard = PS :**
apparition des bruits

- **PD < P. Brassard < PS :**
les bruits augmentent d'intensité puis s'atténuent



- En poursuivant le dégonflage, on amène la PB à une valeur à partir de laquelle il n'y a plus d'obstacle au flux artériel même lorsque le cœur est en diastole = la pression diastolique
- **P. Brassard = PD :**
disparition des bruits

Méthodes de mesures de la PA

Direct	Indirect	Méthode de mesure non invasive	Autre méthode de mesure
cathé cardiaque	<ul style="list-style-type: none">- Auscultatoire- Palpatoire- Oscillatoire- DYNAMAP- Holter tensionnel- Automesure	-La mesure non invasive de la pression artérielle s'effectue avec un sphygmomanomètre + un stéthoscope	-Mesure ambulatoire de la pression artérielle (MAPA)

La pression artérielle s'exprime donc par deux valeurs.

Dans le milieu médical, les valeurs de PA («tension») sont généralement indiquées en cm de mercure (Hg)

- Dans la tranche d'âge 20-24 ans, 90 % des hommes ont des valeurs comprises entre 60 et 80 mm de Hg pour le minimum et 105 à 140 mm de Hg pour le maximum.

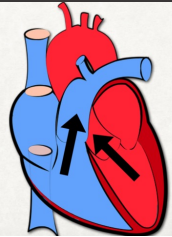
- Chez les femmes, les valeurs sont comprises dans les limites de 60 - 85 mm de Hg et 100 - 130 mm de Hg.

Fonction mécanique

Révolution cardiaque

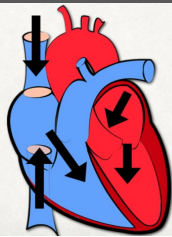
= comprend la période située entre la fin d'une contraction et la fin de la contraction suivante

Systole ventriculaire



-Phase d'activité où **le cœur** se contracte pour éjecter **le sang** dans l'**aorte** et l'**artère pulmonaire**
Durée : 0,3 sec
 -La durée de la systole est relativement **constante**, l'accélération ou le ralentissement se fait au dépens de la **diastole**

Diastole ventriculaire



-Phase de repos où **le cœur** se relâche et se remplit
Durée : 0,5 sec
 -Le cœur se **repose** au cours diastole, ceci est important car c'est durant cette période que s'effectue, l'**irrigation sanguine du myocarde**

Chez l'homme **au repos**, la durée de chaque cycle est **0,8s** (800 msec)

Systole ventriculaire (suite)

Lorsque la pression VG > la pression diastolique de l'aorte et la pression du VD > la pression diastolique de l'AP → les valves aortiques et pulmonaires **s'ouvrent** et la **phase systolique d'éjection commence**.

Ejection rapide

Où : ⇒ la P ventriculaire est légèrement > la P aortique et ⇒ **la plus grande partie de l'éjection systolique** a lieu dans cette période. A chaque systole, un certain volume du sang contenu dans le ventricule est **chassé** dans l'aorte = **VES**

Ejection lente

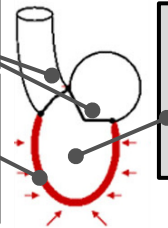
Quand la P aortique devient légèrement > à la P ventriculaire: ⇒ **progressive du volume ventriculaire**, ⇒ **de la pression** et ⇒ **retour du sang** dans l'aorte vers le VG qui entraîne la **fermeture des valves sigmoïdes**
 À la fin de l'éjection, il **reste** dans le ventricule un certain volume = **volume télé systolique**

Systole ventriculaire

Contraction iso-volumétrique

Les 2 valves sont fermées

Mise en tension des parois ventriculaires → **de pression ventriculaire**.



Pression intra-ventriculaire ↗ rapidement **mais le volume ventriculaire ne change pas**

Éjection



Dès que les valves sigmoïdes s'ouvrent, **le ventricule communique librement** avec l'**aorte** ou l'**artère pulmonaire**, le sang est éjecté d'abord **rapidement** puis **lentement**

Diastole ventriculaire

Relaxation isovolumétrique



Comprise entre la **fermeture** des valves **sigmoïdes** et l'**ouverture** des valves **AV**.

Pendant cette phase: ventricles = cavités **closes** et Relaxation myocardique continue une **de pression** des P intraventriculaires **sans changement de volume ventriculaire**.

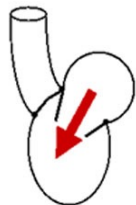
Quand les **P intra-ventriculaires < P intra-auriculaires**,

→ valves AV s'ouvrent, marquant la fin de cette période et le début du remplissage ventriculaire.

La **de pression** est d'autant plus rapide que le myocarde est capable se relâcher facilement = **compliance** ou distensibilité ↗

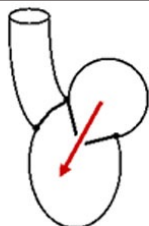
Diastole ventriculaire

Remplissage ventriculaire



Remplissage RAPIDE

Les valves AV s'ouvrent,
→ Pression légèrement élevée des oreillettes → vide post-systolique des ventricles font passer rapidement sang auriculaire dans les ventricules,
→ rapide des volumes ventriculaires (75% du remplissage effectué)
Cette phase dure le 1/3 de la diastole.



Remplissage LENTE

(diastasis)
Le sang continue à passer des veines dans les oreillettes et passe directement dans les ventricules.



Remplissage actif

= le dernier 1/3 de la diastole

Les oreillettes se **contractent** et **éjectent** les **25%** restant du sang dans les ventricules.
A la fin de la **contraction auriculaire**:
⇒ P ventricules légèrement > P des oreillettes,
⇒ valves AV s'affrontent et commence la phase de **contraction isovolumétrique**.

Force ventriculaire : courbe pression / volume

Système sympathique

Méiateur chimique et récepteur:

Noradrénaline → Récepteur β_1

Effet: **Inotrope +, Chronotrope+, Dromotrope+**
Augmentation ouverture des canaux calciques
Rehaussement du plateau = phase I plus courte

Système parasympathique

Méiateur chimique et récepteur

Acétylcholine → Récepteurs muscariniques

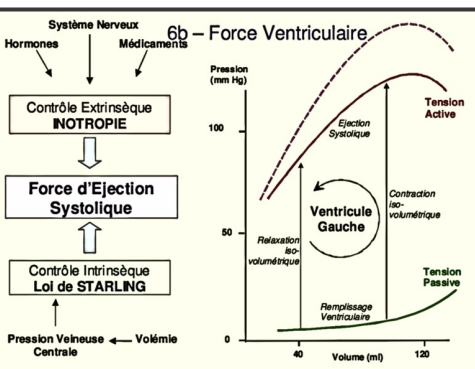
Innervation limitée à l'**atrium** et au **tissu nodal**

Effet: **Inotrope-, Chronotrope-, Dromotrope-**
Ralentissement de la dépolarisation spontanée

Les facteurs inotropes:

Positifs: Catécholamines circulantes (Adrénaline) Angiotensines, Ca^{++}

Négatifs: Acétylcholine (Parasympathique)
Hyperglycémie Hyperkaliémie Hypoxie Acidose
Bétabloquants



Le remplissage du ventricule gauche se traduit sur ce graphique par une courbe qui représente en fait la compliance du ventricule

La force contractile libérée à la systole est fonction directe du degré d'étirement de sa fibre myocardique à la diastole jusqu'à un point critique qui correspond à une longueur fixe du sarcomère du **muscle cardiaque**.

Débit cardiaque

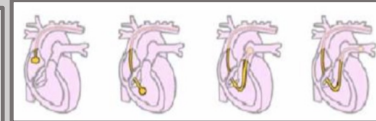
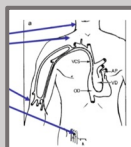
Etude pressions et des volumes ventriculaires

Pression

Cathétérisme cardiaque : consiste à introduire à partir d'un **vaisseau superficiel** (artère ou veine) un fin tube (cathéter) jusque dans les **cavités cardiaques**.

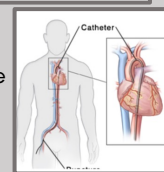
Cathétérisme cardiaque DROIT :

Veine fémorale → OD → VD → AP → Cap. pulm ≈ OG



Cathétérisme cardiaque GAUCHE :

Artère fémorale → Aorte descendante
→ Crosse aorte → VG



Volume

Invasives: cinéangiographie
injection d'un **produit de contraste** directement dans la **cavité ventriculaire** après cathétérisme cardiaque.

Non invasives: **échographie** (ultra-sons) **Débit cardiaque =**
 $VES \times FC = (VTD - VTS) \times FC$

Pression télédiastolique = pression qui règne dans le ventricule juste avant la systole
Présente intérêt certain en pathologie car indique l'état de distension des fibres myocardiques ventriculaires

Réalisé par: **Filali Mohamed**

Signes et moyens d'exploration de l'activité du cœur

Pulsations cardiaques (palpation)

Choc précordial

(= région du thorax située en avant du cœur)
ou Choc de pointe

Choc **périodiquement** sentiv qui siège normalement au **4-5 ème EIC gauche** et sur la **ligne médio-claviculaire**.

L'apex qui vient **s'appuyer** sur la paroi traduit la **systole ventriculaire**.

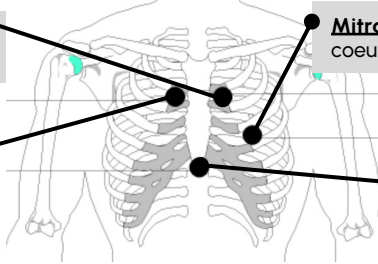
Bruits du cœur (auscultation, stéthoscope)

Pulmonaire:
2-3ème EICG

Mitral: pointe du cœur, 4-5 ème EICG

Aorte:
2-3 ème EIC droit

Tricuspide:
appendice xyphoïde



Bruits normaux

B1

- Fermeture des valves mitrales et tricuspide
- Pointe du cœur 5ème EICG
- Synchrones avec le pouls
- Sourd, grave et prolongé

B2

- Fermeture des valves aortiques et pulmonaires
- Base du cœur
- Claqué et bref

*L'intensité des bruits est proportionnelle au **gradient de pression** de part et d'autre des valves AV et sigmoïdes. D'autres bruits peuvent s'ajouter aux précédents*

DÉBIT CARDIAQUE

= volume de sang expulsé par chaque ventricule par unite de temps. En L/min

$$Q_{VD} = Q_{VG} \quad Q_c = VES \times Fc \quad Q_c = (VTD - VTS) \times Fc$$

⇒ Importance primordiale, puisqu'il conditionne toute l'hémodynamique circulatoire.

Volume d'éjection systolique (VES)

= Volume de sang éjecte du cœur par les ventricules **à chaque contraction** (100 ml)

Volume télédiastolique (VTD)

= volume **PRÉcharge**
= Volume de sang contenu dans les ventricules **juste avant la systole ventriculaire** (160 ml)

Volume téléstolique (VTS)

= volume **POSTcharge**
= Volume de sang contenu dans les ventricules **à la fin de chaque systole** (60 ml)

Fréquence cardiaque (Fc)

= nb de contractions ventriculaires par seconde.
Exprimée en **battements par minute**
bats/min (moyenne = 60 - 70 bats/min)
⇒ **Fc max théorique** = variable suivant les individus, (↗ avec l'âge et l'entraînement) = **220-âge**

Méthode de mesure du débit cardiaque

Principe de Fick

Le débit sanguin à travers un organe peut être calculé, si une substance est enlevée ou ajoutée au sang au cours de son passage à travers l'organe.

Quantité O₂ consommé = qté d'O₂ dans les v pulmonaires - qté d'O₂ dans les artères pulm

$$VO_2 = QCaO_2 - QcV_{O_2} \quad VO_2 = Q(CaO_2 - CvO_2)$$

$$Qc = VO_2 / (CaO_2 - CvO_2)$$

VO₂ : étude spirométrie

CaO₂ : ponction d'une artère systémique

CvO₂ : par cathétérisme cardiaque droit au niveau de l'A. pulmonaire (sang veineux mêlé).

Technique de dilution d'un colorant

= principe de Stewart Hamilton
= on injecte le plus rapidement possible au niveau du tronc de l'Ap (vert d'indocyanine) et on mesure en aval la concentration de l'indicateur en fonction du temps au niveau d'une artère. Cette concentration va décroître de façon exponentielle.
On démontre que le débit du fluide est égal au rapport de la masse connue de l'indicateur injecté sur l'aire de la surface comprise entre la courbe de dilution et l'axe des abscisses.

Méthode invasive

Méthode simple (dispense spirométrie)

Produits utilisés :

- Marqueurs colorés : vert indocyanine (cardiogreen)
- **sérum froid** +++ : variation de T° (courbe de thermodilution)
- Isotopes : radioéléments Exp : l'albumine marquée à l'iode

Méthode non invasive

→ Échographie Doppler

$$\text{Surface} = \pi \times (\text{diamètre})^2 / 4$$

→ **VES** (cm³) = intégrale temps-vitesse (ITV) x **surface de l'anneau**

→ **Débit cardiaque** (L/min) = VES x fréquence cardiaque

Doppler cardiaque

= permet de déterminer

⇒ le diamètre aortique donc la surface de l'orifice aortique (SA),

⇒ le temps d'éjection ventriculaire (TE) et

⇒ la vitesse du sang (Vm) lors de la **SYSTOLE** :

$$Qc = SA \times TE \times Vm$$

Résultats et variations physiologiques

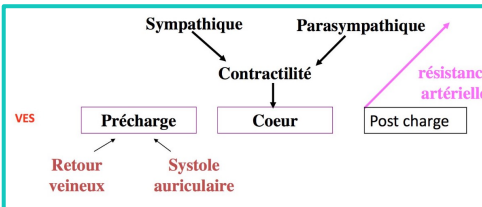
À l'état de base :

Débit cardiaque
 - en décubitus est de 5 à 6 L/min
 - rapporté à la surface corporelle = 3L/min/m²
 ⇒ Si IC < 3Lmin/m² → Bas débit cardiaque, Insuffisance cardiaque

Variations physiologiques

Position du corps	Le débit cardiaque d'un sujet en position couchée est de 20 à 25% supérieur au débit mesuré chez le même sujet en orthostatisme
Anxiété	↗ débit cardiaque ↗ Fréquence cardiaque : consommation d'O ₂
Age-sexe	↘ avec l'âge. L'index cardiaque est plus faible chez la femme.
Anémie	↗ débit cardiaque (↘ résistance artérielle) Hb < 3g → Débit cardiaque >
Hyperthyroïdie	Qc: ↗ FC card ↗ Contractibilité myocardique
Grossesse	↗ Qc 2°- 6° mois. ↘ Qc du 6ème mois 9°mois
Fièvre	↗ débit cardiaque
Altitude	↗ débit cardiaque
Insuff Card	↘ débit cardiaque

Régulations du débit cardiaque et facteurs d'adaptation



$Qc = VES \times Fc$
 $= (VTD - VTS) \times Fc$
 Fc dépend du **SNA** (facteur EXtrinsèque)
 VES : propriétés du **muscle cardiaque** (facteur Intrinsèque) :

- Précharge
- Post charge
- Contractilité

Rôle de la fréquence cardiaque

L'augmentation de FC est mise en jeu rapidement → ↗ Qc pour un VES fixe

Cette **tachycardie** n'est efficace que si le retour veineux ↗

Ce mécanisme a ses limites :

- **Réduction du temps du remplissage** ventriculaire ↘ VTD → ↘ VES
- **Mauvaise perfusion myocardique** par les coronaires
- **Fc > 160 batt/min**

Fc est déterminée par le noeud sinusal, innervé par le SN sympathique (Noradrénaline) cardio-accelérateur et le système parasympathique (acétylcholine) cardiomodérateur

- Fréquence propre du noeud sinusal est **120/mn**

- Fréquence cardiaque normale au repos est de l'ordre de **70/mn**.

⇒ donc **il existe en permanence un tronc cardiomodérateur d'origine vagale**.

La mise en jeu de ce mécanisme nerveux est surtout **réflexe** (barosensibilité)

Contrôle du volume d'éjection systolique

Dépend de

Précharge	Contractilité cardiaque	Post-charge
Loi de Starling : La force de contraction musculaire et le degré de raccourcissement de la fibre myocardique dépend de la longueur de la fibre myocardique* avant la contraction. La précharge est représentée par PTD (Pression télédiastolique).	= performance contractile du myocarde (inotropisme). L'↗ de la force et fraction contractile du VG → ↗ VES et ↘ du temps d'éjection → ↗ Qc et ↗ fraction d'éjection. Les variations de contractilité sont sous la dépendance du système sympathique adrénergique	= l'ensemble des résistances du système artériel que doit vaincre le ventricule pour aboutir à l'éjection systolique. La post-charge : impédance artérielle (ensemble des résistances opposées au courant artériel).

*Longueur de la fibre myocardique dépend de

Retour veineux

- Dépend
- de la **pompe musculaire** et **respiratoire**
 - de la **masse sanguine totale**
 - et sa **répartition** entre le secteur **intrathoracique** (ou central) et le secteur **extrathoracique périphérique**

Les facteurs déterminants cette **répartition** sont

- **La position du corps** : debout, \searrow du volume central au déterminant du volume périphérique.
- **Pression intrathoracique** :
P. intra pleurale est négative \rightarrow facilite le retour veineux
- **Tonus veineux** :
La paroi des veines est sensible à des stimulus **nerveux** et **humoraux**.
Veino-constriction $\rightarrow \nearrow$ Retour veineux
Veino-dilatation $\rightarrow \searrow$ Retour veineux
- **Pompe musculaire** :
La contraction des **muscles squelettiques** tend à **chasser le sang** et donc le retour veineux.

Systole auriculaire

Contribue à un remplissage ventriculaire à 25%.
Si systole auriculaire disparaît $\rightarrow \searrow Qc$ (\searrow 25-30%)