

Physiologie cardiaque

Dr Hela Zouari Gdoura

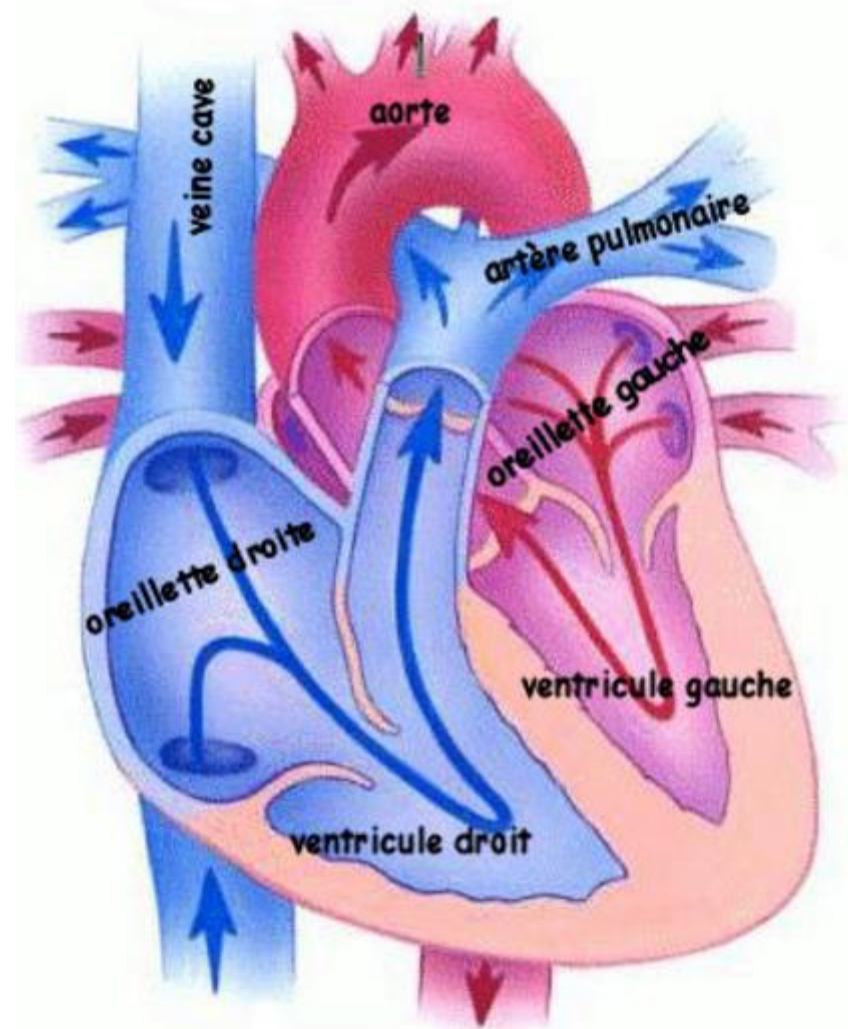
Généralités

- ▶ Circulation sanguine va permettre les échanges entre les différentes parties de l'organisme afin d'assurer un métabolisme normal.
- ▶ Cette circulation est possible grâce à une pompe , le cœur.



Le cœur

- ▶ Muscle strié (myocarde), forme pyramidale
- ▶ 250 à 350 g chez l'adulte.
- ▶ Sa contraction périodique
AUTOMATIQUE
- ▶ Circulation du sang unidirectionnelles grâce à la présence de valvules unidirectionnelles.



Le cœur

► **Le cœur droit :**

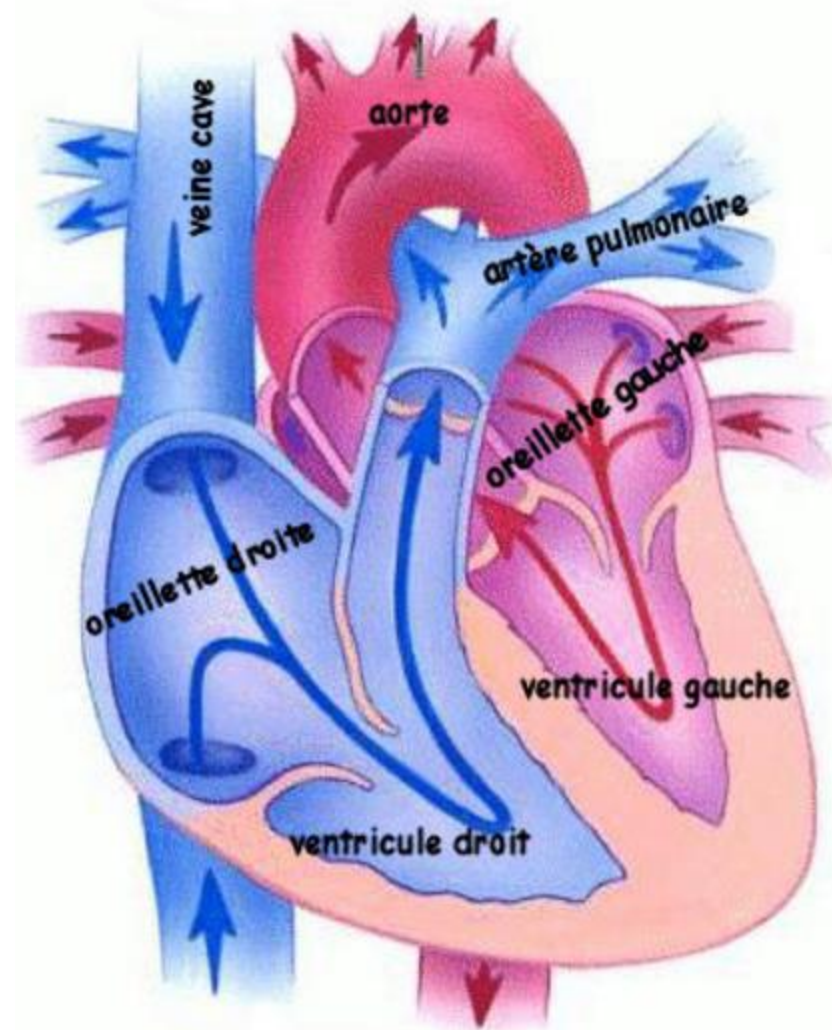
► **L'oreillette et le ventricule droits**

- il reçoit, par les VCI et VCS, le sang veineux désaturé pour l'envoyer, par l'A pul, dans les capillaires pulmonaires lieu de l'hématose.

► **Le cœur gauche**

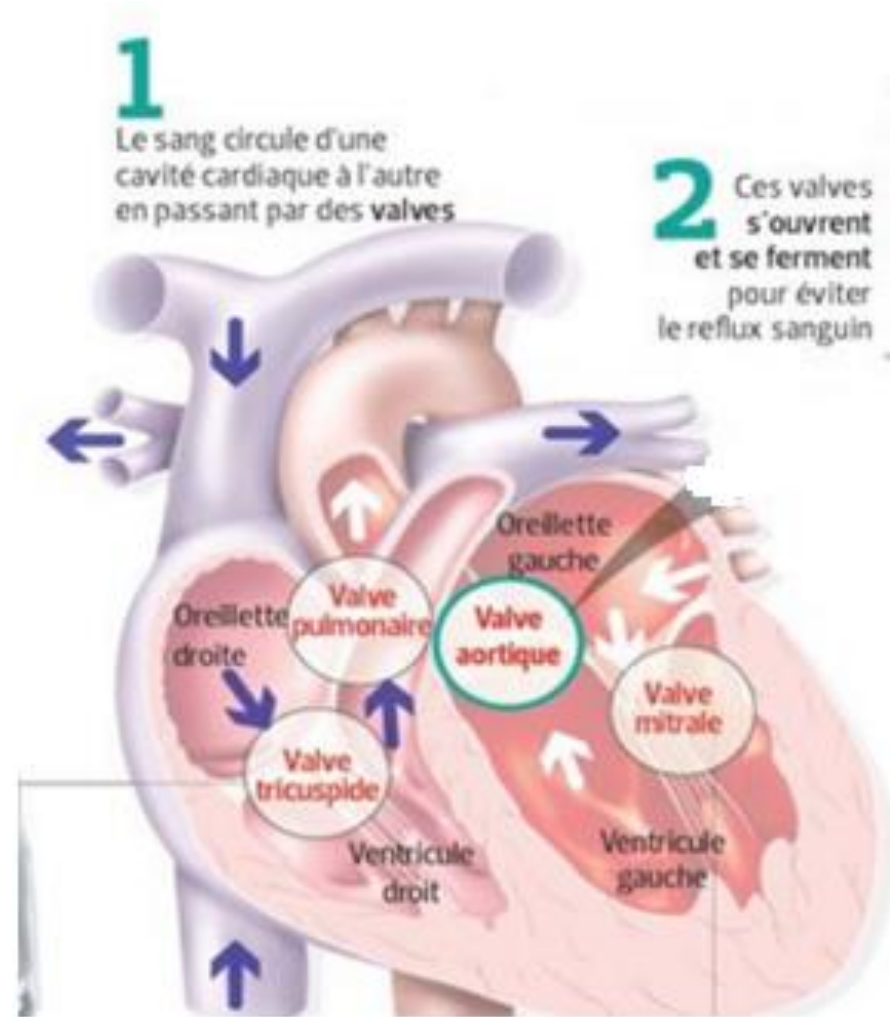
► **L'oreillette et le ventricule gauches**

- Il recueille le sang oxygéné sortant des poumons par les V pul pour l'envoyer à la périphérie par l'aorte.



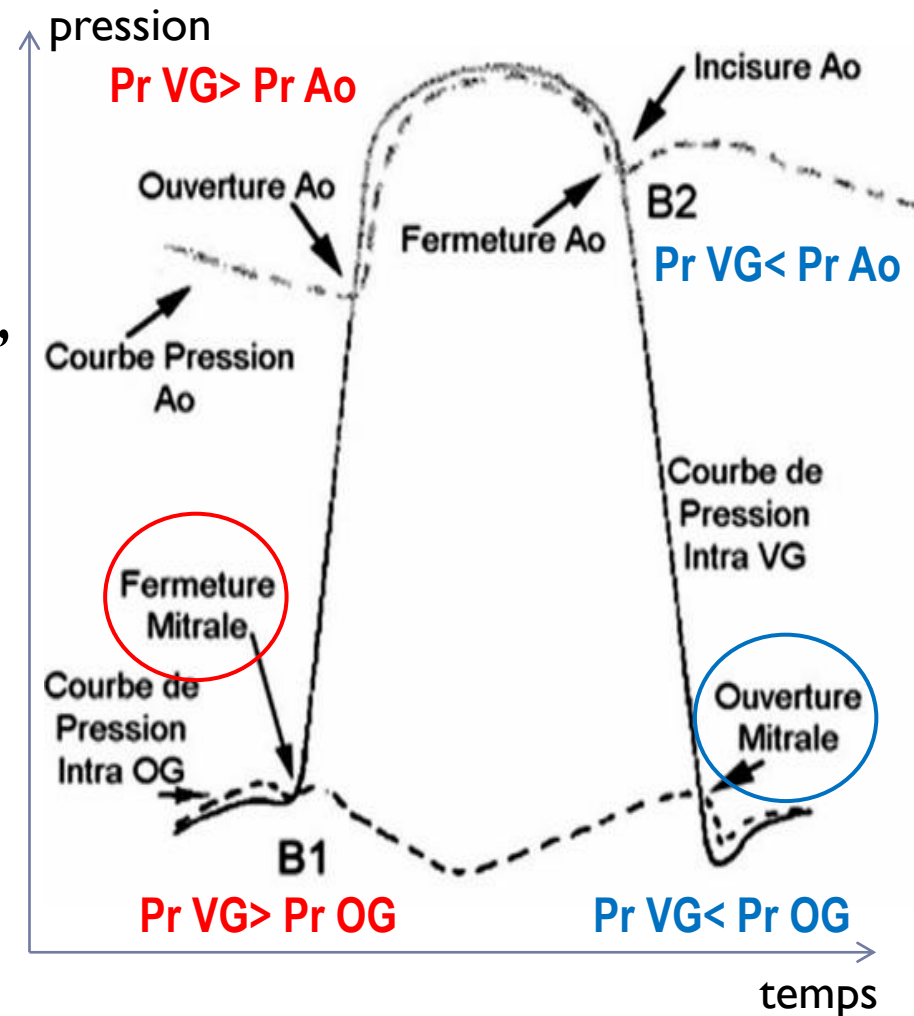
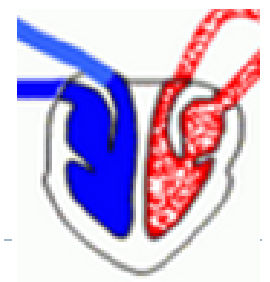
Les orifices de communication du coeur

- ▶ Les orifices de communication entre oreillettes et ventricules et entre ventricules et vaisseaux.
- ▶ Ils sont munis de valvules qui s'ouvrent toutes dans le même sens dit sens « antérograde »
- ▶ Fermées, elles empêchent tout reflux.



Ouverture des valves

- ▶ En réponse à un jeu de pression
- ▶ Si la pression en aval d'une valvule $>$ la pression d'amont, celle-ci se ferme hermétiquement.
- ▶ A l'inverse, si la pression en amont $>$ à la pression d'aval, la valvule s'ouvre, passage du sang des hautes vers les basses pressions.



Valves et pression intracavitaire

▶ Cœur Gauche :

- ▶ Lorsque la $Pr_{OG} > Pr_{VG}$: ouverture de la valve mitrale
- ▶ Lorsque la $Pr_{OG} < Pr_{VG}$: fermeture de la valve mitrale
- ▶ Lorsque la $Pr_{VG} < Pr_{Ao}$: fermeture de la valve Aortique
- ▶ Lorsque la $Pr_{VG} > Pr_{Ao}$: ouverture de la valve Aortique

▶ Cœur droit :

- ▶ Lorsque la $Pr_{OD} > Pr_{VD}$: ouverture de la valve tricuspide
- ▶ Lorsque la $Pr_{OD} < Pr_{VD}$: fermeture de la valve tricuspide
- ▶ Lorsque la $Pr_{VD} < Pr_{AP}$: fermeture de la valve pulmonaire
- ▶ Lorsque la $Pr_{VD} > Pr_{AP}$: ouverture de la valve pulmonaire



Le cycle cardiaque

- ▶ L'activité cardiaque est cyclique:
 - ▶ la séquence de tous les événements qui se succèdent pour constituer une *révolution ou cycle cardiaque*
 - ▶ *Le cycle cardiaque* ne dure environ qu'une seconde.
 - ▶ Elle se répètera durant toute la vie, assurant la progression incessante de la colonne sanguine et le maintien de la pression intravasculaire.



Le cycle cardiaque

- ▶ la fréquence cardiaque = nombre de cycles / minute
- ▶ pour un adulte au repos est de 75 à 80 battements par minute
- ▶ cette fréquence peut varier avec de nombreux facteurs
 - âge
 - sommeil
 - sportifs
 - fièvre, ...
- ▶ Fréquence cardiaque max : $F_{cmax} = 220 - \text{âge}$

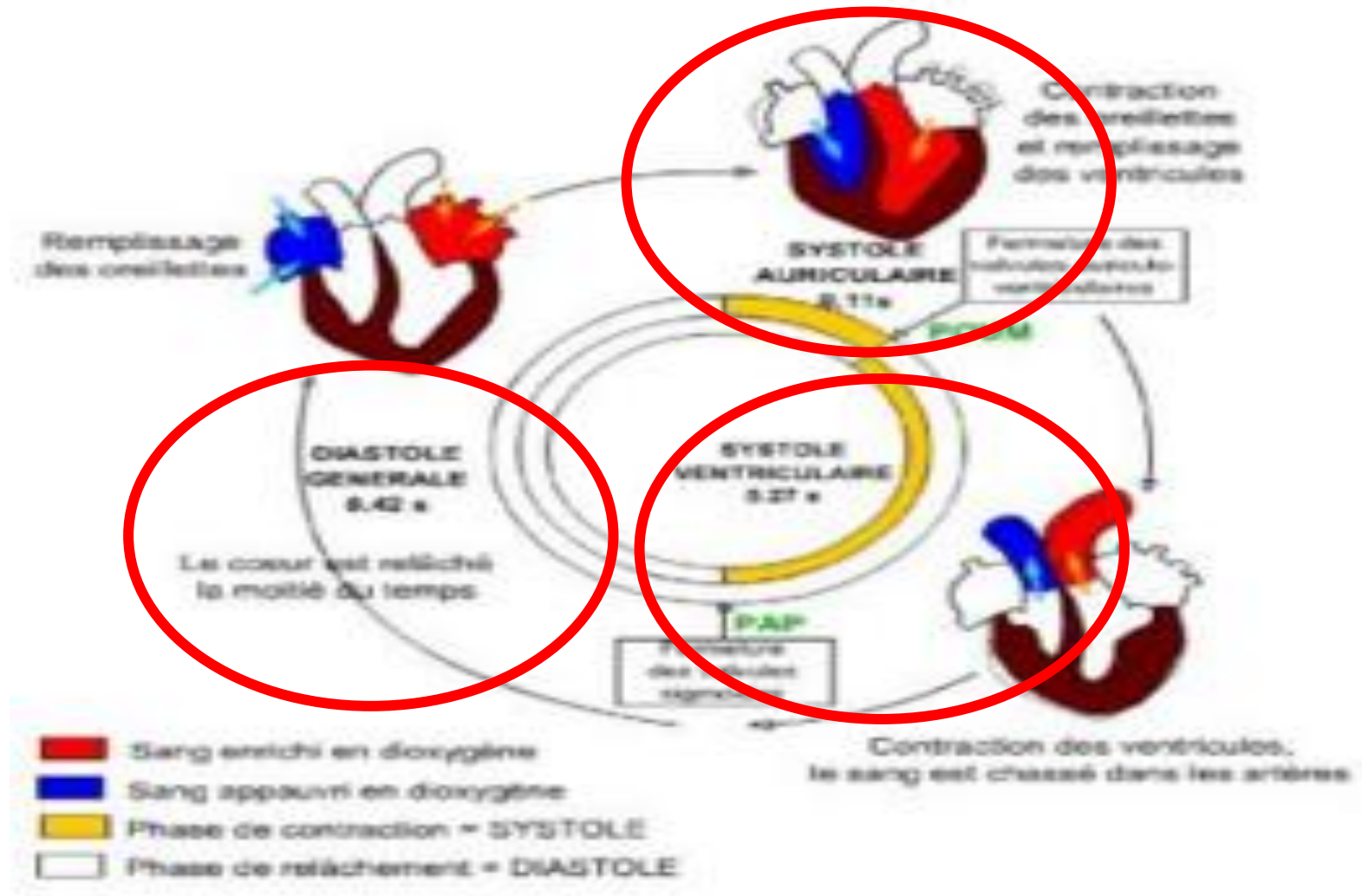


Le cycle cardiaque

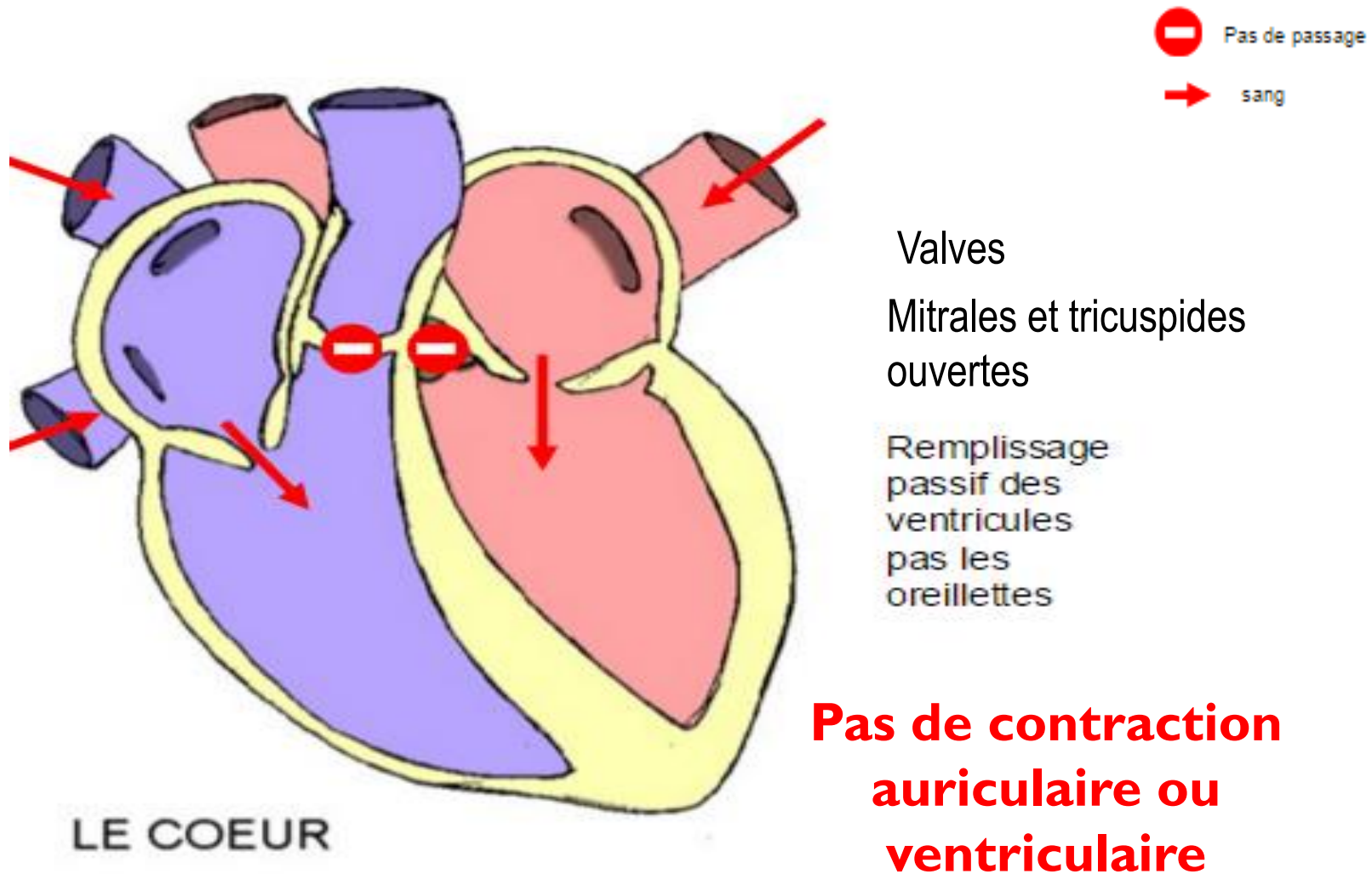
- ▶ Au cours d'un cycle, chaque partie du myocarde se trouve successivement en activité, puis au repos.
- ▶ La phase du cycle pendant laquelle le myocarde se contracte est appelée *systole* :
 - ▶ *Systole auriculaire*=
 - ▶ *Systole ventriculaire*.
- ▶ celle pendant laquelle il se relâche, *diastole*:
 - ▶ *Diastole auriculaire*
 - ▶ *Diastole ventriculaire*.



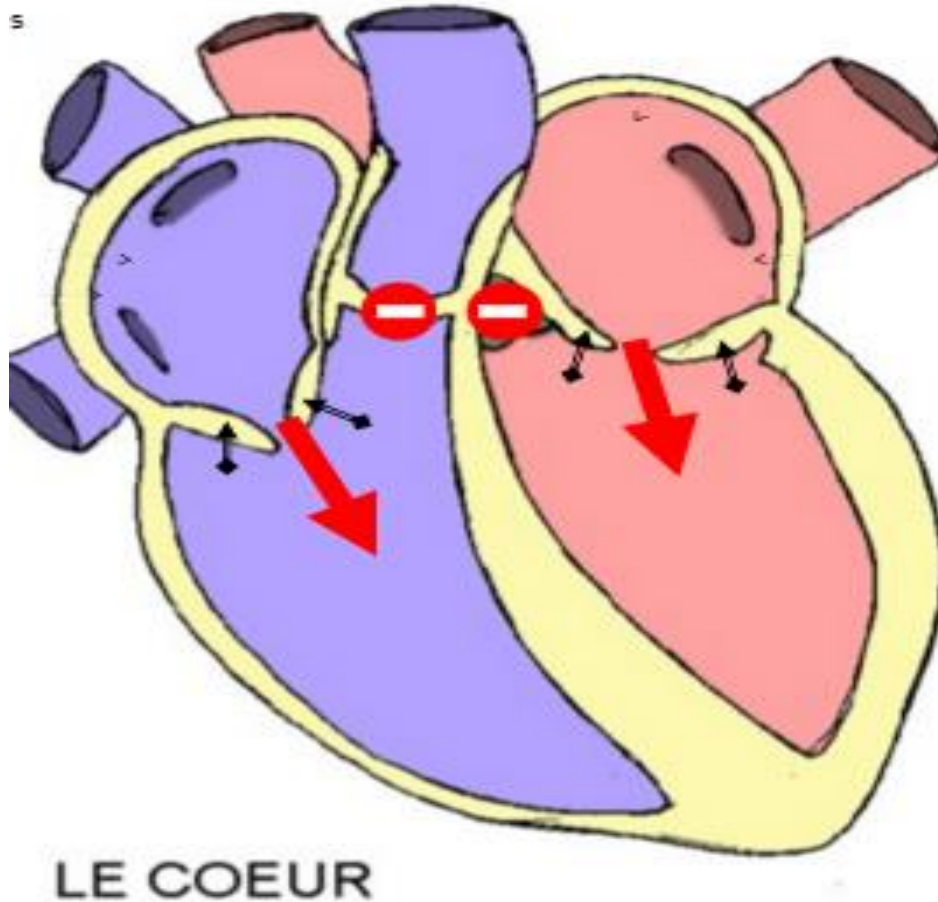
Le cycle cardiaque



Diastole générale



Systole auriculaire/diastole ventriculaire



Contraction des oreillettes.

Remplissage actif

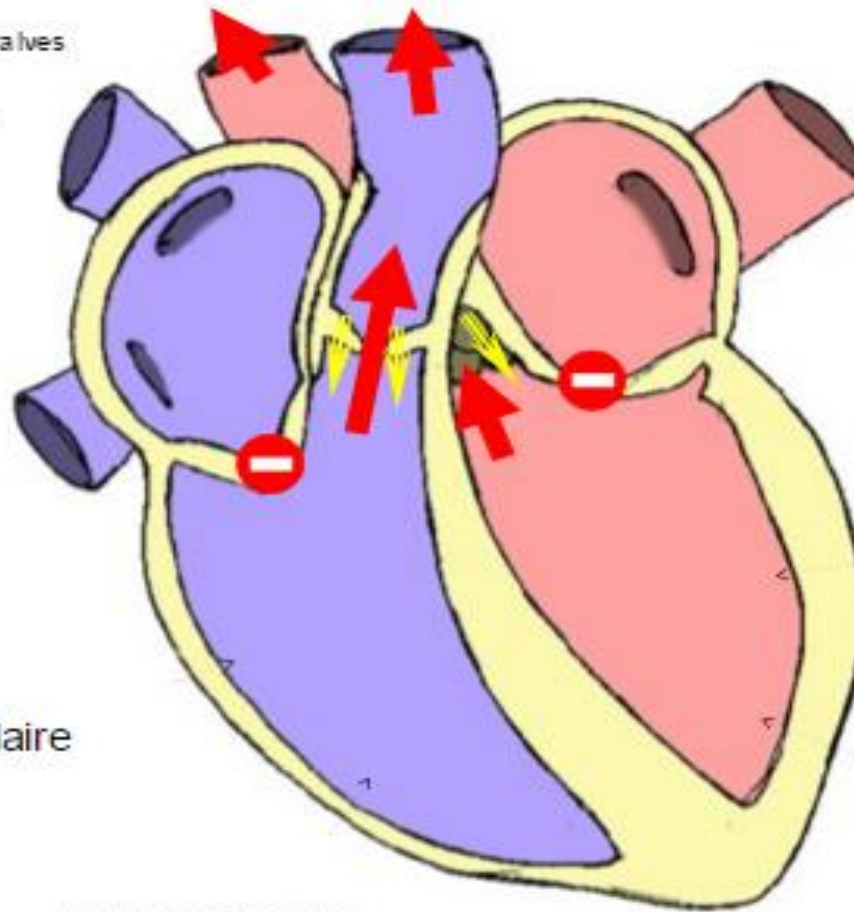
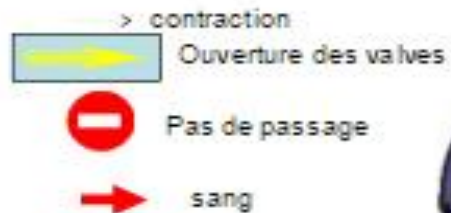
Fermeture des valves auriculo-ventriculaires

=> 1^{er} bruit de cœur

Maintenues par les cordages tendineux.

**Contraction
auriculaire**

Systole ventriculaire/Diastole auriculaire



Systole ventriculaire

LE COEUR

Contraction des ventricules

Ouvertures des valves de l'artère pulmonaire et de l'aorte

Quand la pression intra ventriculaire est basse: fermetures des valves de l'artère pulmonaire et de l'aorte

=> Deuxième bruit de cœur

Les bruits du coeur

- ▶ **Le fonctionnement cardiaque produit deux bruits audibles**
 - ▶ le premier bruit (B1) qui marque la systole ventriculaire
 - ▶ le deuxième bruit (B2) qui marque la diastole ventriculaire.
- ▶ **Le premier bruit, ou B1:TOUM**
 - ▶ maximum à la pointe, et assez sourd et grave.
 - ▶ Il correspond à la contraction du myocarde au début de la systole ventriculaire lorsque la pression ventricule > pression régnant dans l'oreillette,
 - ▶ Correspond à la fermeture des valves auriculo-ventriculaires (mitrale - tricuspide).
 - ▶ Il est en général unique et marque le début de la systole ventriculaire.



▶ Le deuxième bruit B2 :TA

- ▶ En poursuivant leur contraction, les ventricules poussent le flux sanguin à travers les valves aortiques et pulmonaires (valves sigmoïdes).
- ▶ A la fin de la systole, les ventricules se relâchent, ce qui cause une baisse de la pression intraventriculaire
- ▶ une fermeture franche des sigmoïdes aortique et pulmonaire à l'origine du deuxième bruit, ou B2.
- ▶ B2 est plus bref et plus sec que le B1 ;
- ▶ il est maximum à la base, et de tonalité plus élevé.
- ▶ B2 marque le début de la diastole ventriculaire.



L'activité mécanique cardiaque

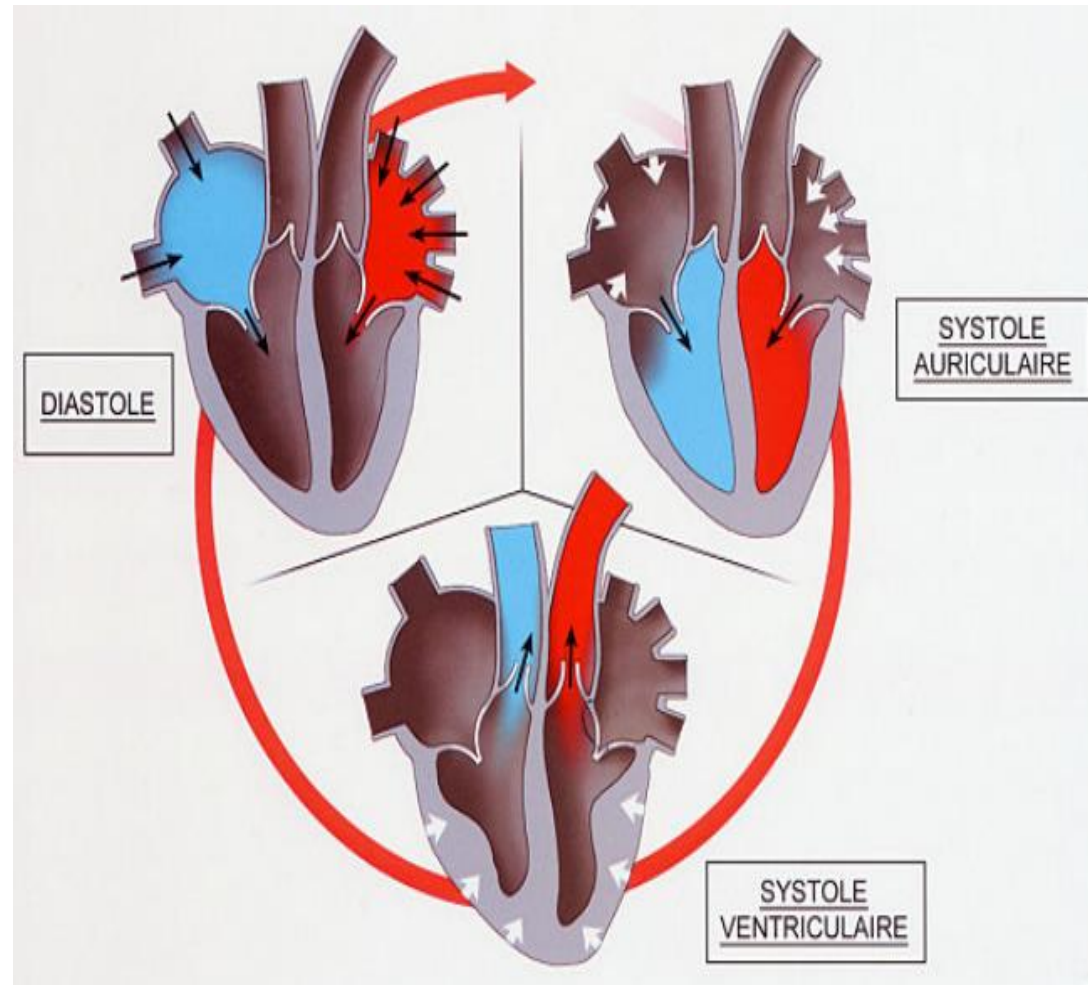
Révolution cardiaque	Les pressions intracardiaques	Les valves	Bruit de cœur
<p>1. Le sang entre dans le cœur au niveau des oreillettes par les veines caves (partie droite) et les veines pulmonaires (partie gauche): remplissage passif du cœur. C'est:</p> <p style="text-align: center;"><u>Diastole général</u></p>	<p>1. Diastole: le sang arrivant dans les oreillettes exerce une pression sur les valves auriculo-ventriculaires. La pression augmente dans les oreillettes et ouvre les valves ce qui entraîne une baisse de la pression.</p>	<p>On trouve la valve tricuspides entre le ventricule droit et l'oreillette droite. Elle est composée de trois cuspidés.</p> <p>Ce sont les membranes qui sont le prolongement de l'endocarde.</p> <p>La valve bicuspide sépare le ventricule gauche de l'oreillette gauche. Elle est composée de deux cuspidés.</p>	<p>On distingue nettement deux bruits de cœur. Le premier est fort, long et résonnant, c'est la fermeture des valves auriculo-ventriculaires, indiquant le début de la systole ventriculaire.</p>
<p>2. Contraction des oreillettes pour y chasser le sang vers les ventricules: remplissage actif. C'est:</p> <p style="text-align: center;"><u>Systole auriculaire</u></p>	<p>2. Systole auriculaire: Lorsque les ventricules se contractent, on a augmentation de la pression et donc fermeture des valves auriculo-ventriculaires.</p>	<p>Les valves « symétriques », c'est-à-dire les deux valves auriculo-ventriculaires et celle permettant au sang de quitter le cœur ne se ferment pas en même temps.</p>	<p>Le second bruit est bref et sec, il traduit la fermeture soudaine des valves de l'aorte et de l'artère pulmonaire au début de la diastole.</p>
<p>3. Fermeture des valves retenues par les cordages tendineux pour ne pas se retourner dans les oreillettes. Ouverture des valves pulmonaires et de l'aorte. C'est:</p> <p style="text-align: center;"><u>Systole ventriculaire</u></p>	<p>3. Systole ventriculaire: La pression intra-ventriculaire augmente jusqu'à dépasser celle des artères. Ainsi les valves artérielles s'ouvrent et le sang est expulsé dans les artères.</p>	<p>Ordre de fermeture des valves:</p> <p>Auriculo-ventriculaire gauche</p> <p>Auriculo-ventriculaire droite</p> <p>Valve de l'aorte</p> <p>Valve de l'artère pulmonaire.</p>	<p>En auscultant, le cœur a certains endroits précis on peut entendre quatre bruits qui correspondent à la fermeture successive réelle des valves.</p>
<p>Puis retour à la diastole général</p>	<p>Quand les ventricules se relâchent, la pression redescend, les valves artérielles se ferment et on retourne à une pression en période de diastole.</p>	<p>Le temps entre la fermeture de deux valves « symétriques » est minime.</p>	

L'automatisme cardiaque

Dr Hela Zouari Gdoura

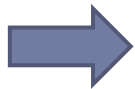
Le cycle cardiaque

- ▶ L'activité cardiaque est cyclique
- ▶ Au cours d'un cycle donné, le cœur passe successivement par 3 phase :
 - ▶ Diastole générale,
 - ▶ Systole auriculaire
 - ▶ Systole ventriculaire.



Automatisme cardiaque : Mise en évidence

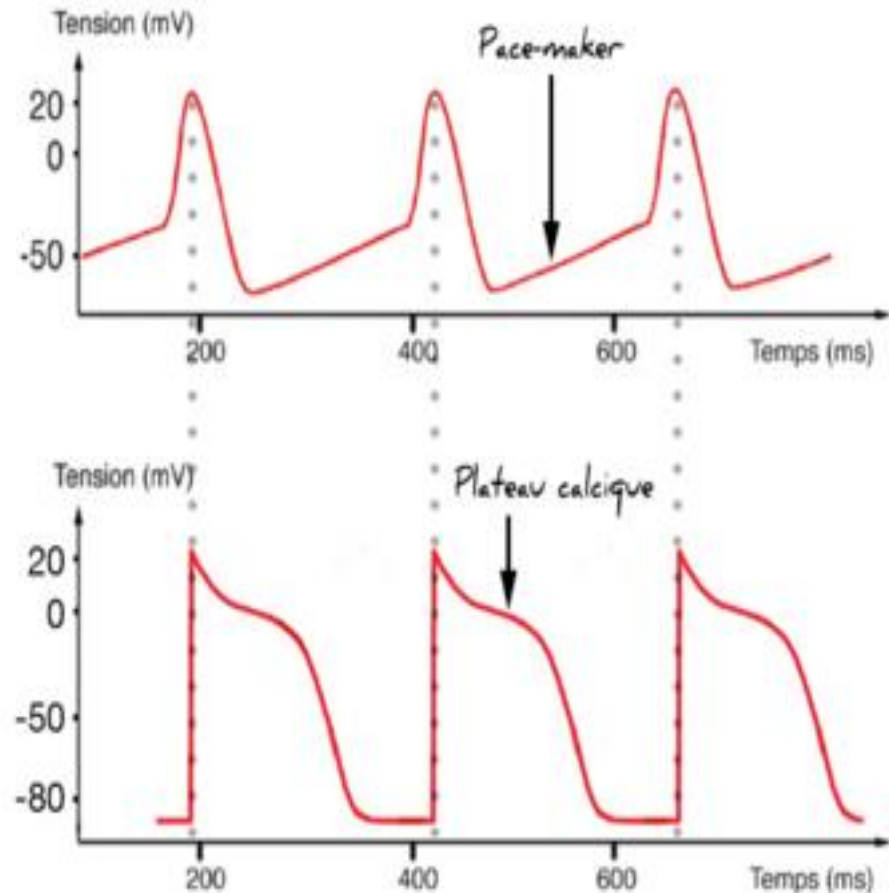
- ▶ Un cœur isolé maintenu dans des conditions de survie continue à battre avec une fréquence 100-120/min.
- ▶ Le cœur continu à battre après la section de tous ses nerfs ; et même si on le découpe en morceaux, les morceaux continuent à battre.



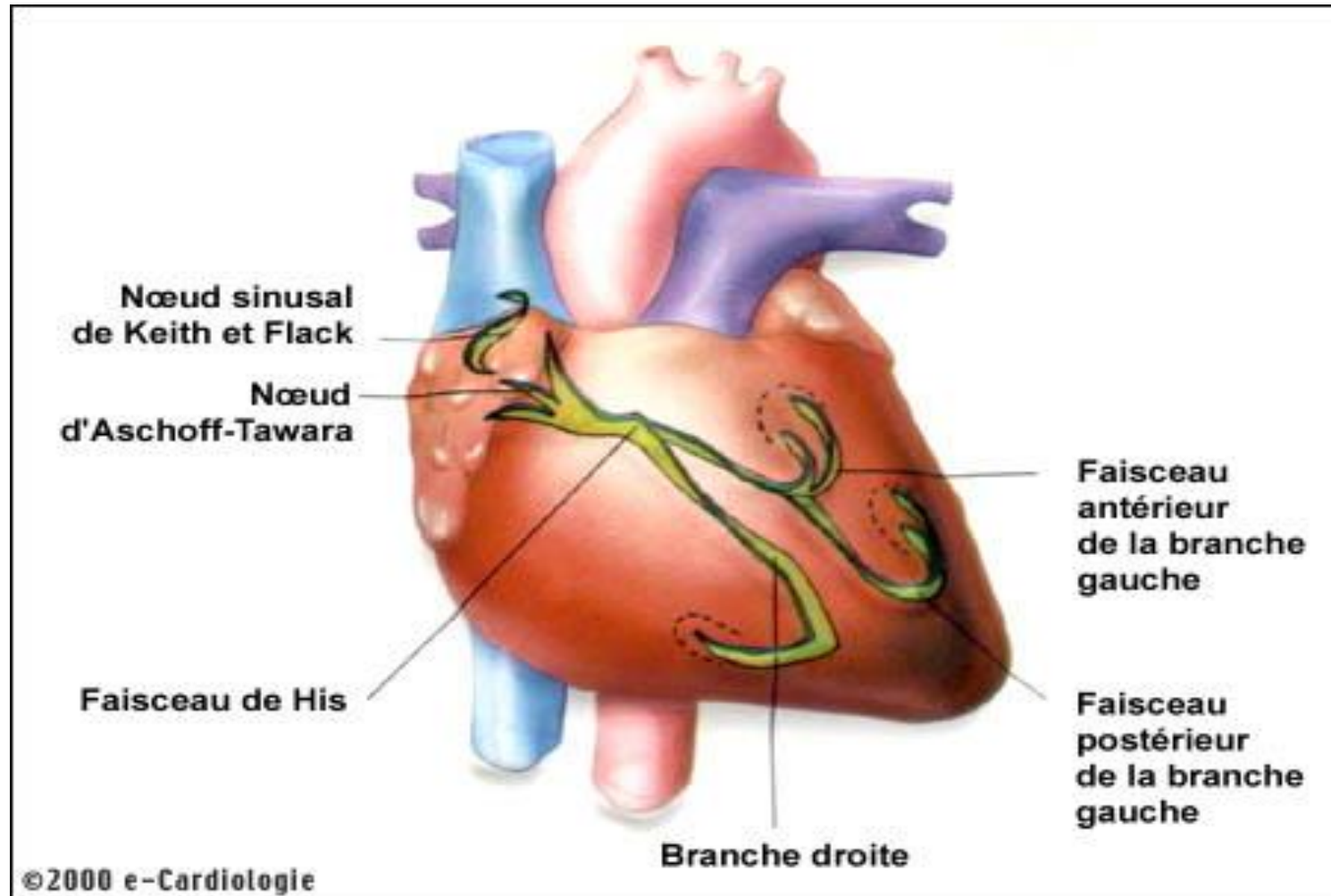
Présence dans le cœur
d'un tissu régulateur spécialisé à l'origine de l'activité
automatique cardiaque appelé **tissu NODAL**

Les cellules cardiaques

- ▶ 2 types de cellules :
 - ▶ Les cellules du tissu nodal :
 - ▶ Dotées d'un automatisme
 - ▶ Potentiel membranaire de repos instable
 - ▶ Les cellules myocardiques banales :
 - ▶ Cellules musculaires excitables
 - ▶ Potentiel membranaire de repos stable



Le tissu nodal



Le tissu nodal

- ▶ **le noeud sinusal** situé dans la paroi postérieure de l'OD,
- ▶ **le noeud atrio-ventriculaire**, dans la partie sup de la cloison interventriculaire.
- ▶ **le faisceau de His** , *prolongement du NAV* qui se divise en deux branches, droite et gauche pour chaque ventricule
- ▶ **Le réseau de Purkinje**, *ramification sous-endocardique* du fx de His.

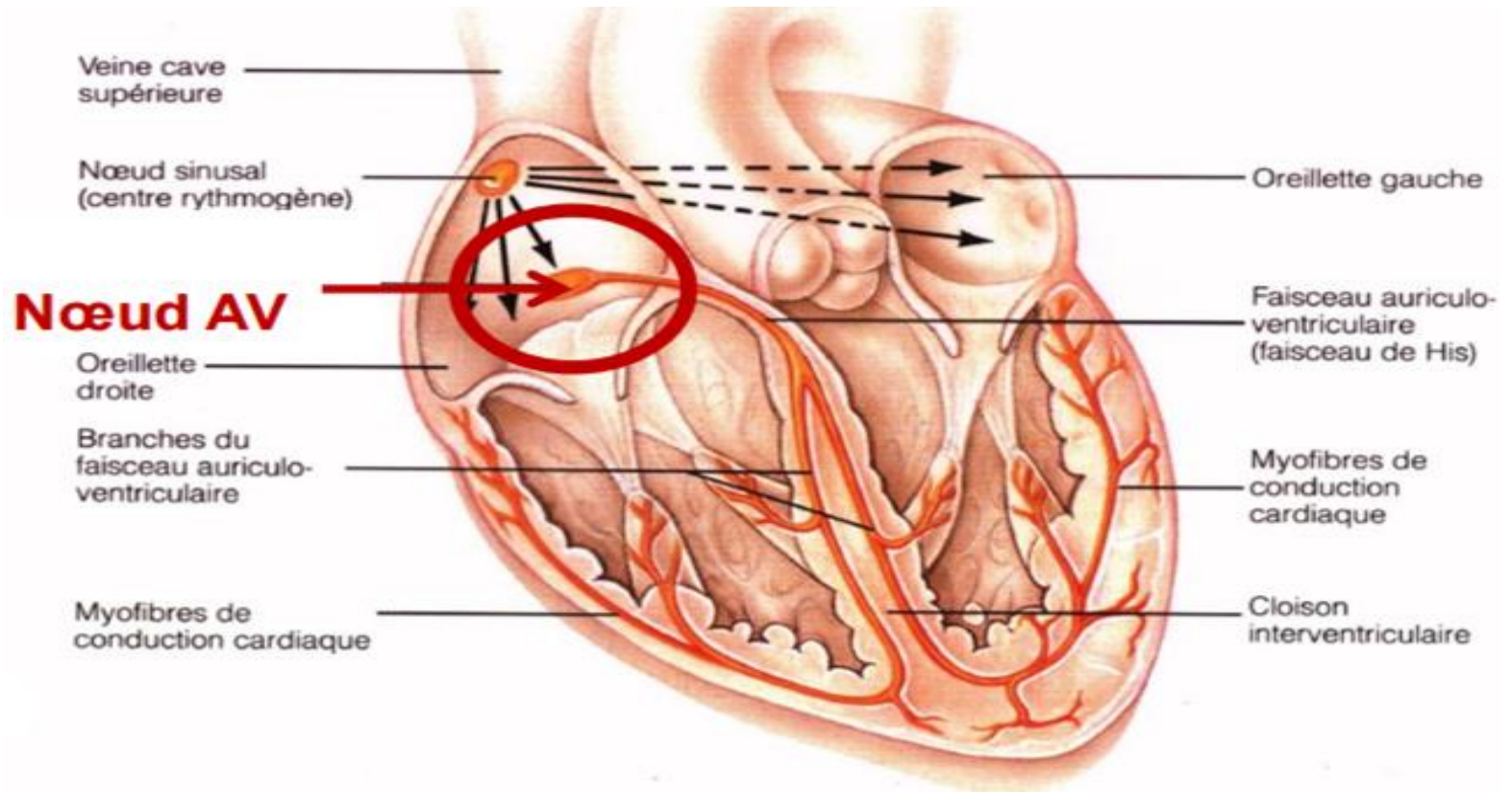


Le nœud sinusal

- ▶ Le processus normal de stimulation du coeur naît dans le nœud sinusal.
- ▶ Sa fréquence de décharge spontanée est la plus élevée 100 à 120 b/min.
- ▶ Le nœud sinusal (« pacemaker ») impose son rythme à tout le coeur : c'est le *rythme sinusal*, rythme normal du coeur.

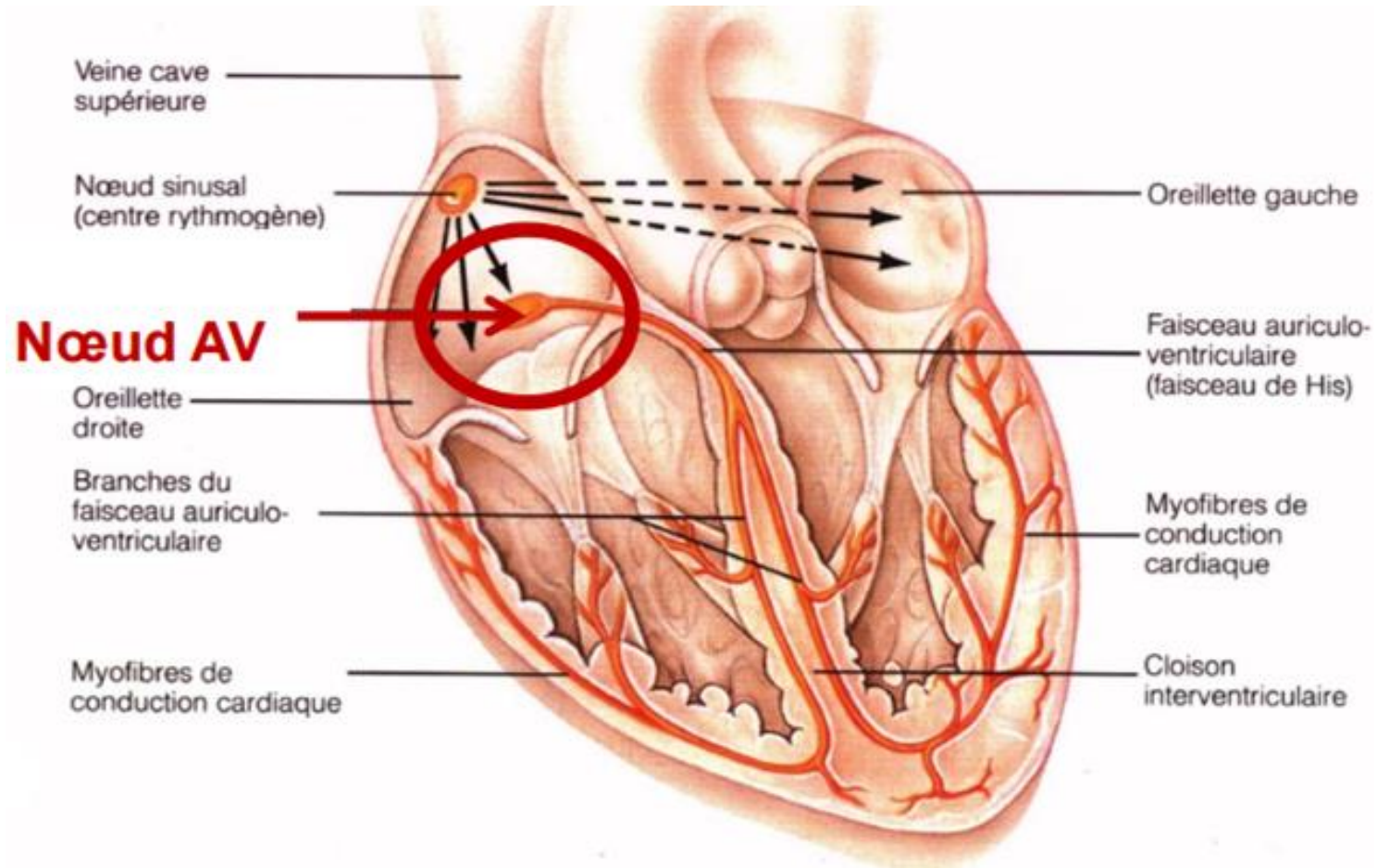


Le nœud auriculo-ventriculaire



Fréquence de pulsation du NAV: 30 à 40 P / min

Faisceau de His et réseau de Purkinje



Faisceau de His : 20 à 30 P /min

Les cellules myocardiques banales

- ▶ Elles sont séparées par des membranes,
- ▶ Mais, reliées par des jonctions communicantes,
- ▶ la dépolarisation s'y propage de façon radiale

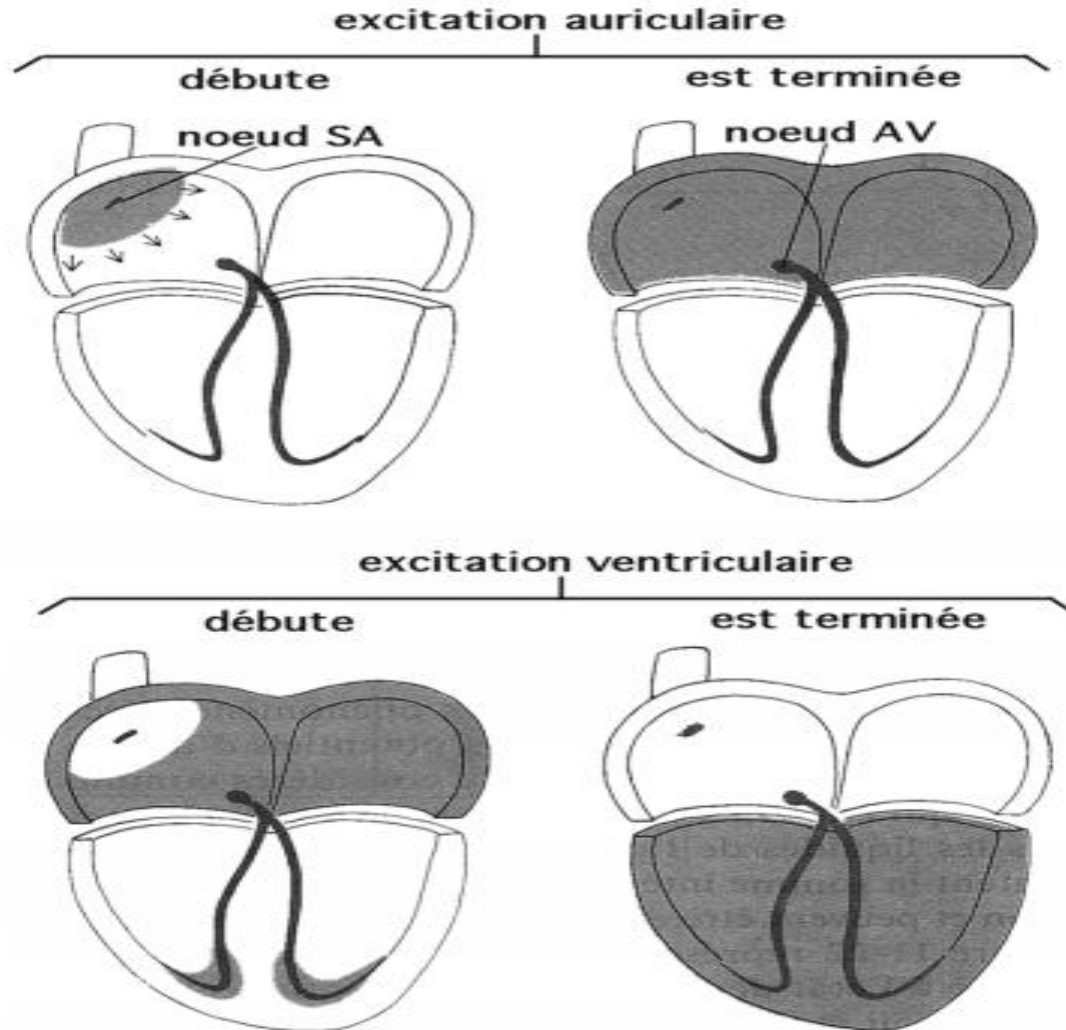


Propagation de l'excitation cardiaque

1. Dépolarisation du nœud SA
2. Propagation radiale de l'influx dans les oreillettes
3. Convergence de l'influx vers le NAV.
4. La conduction dans le NAV est lente , il s'écoule 0.1s avant que l'excitation atteigne les ventricules.
5. Propagation de l'influx dans les faisceaux de His puis le réseau de Purkinje
6. Dépolarisation des ventricules

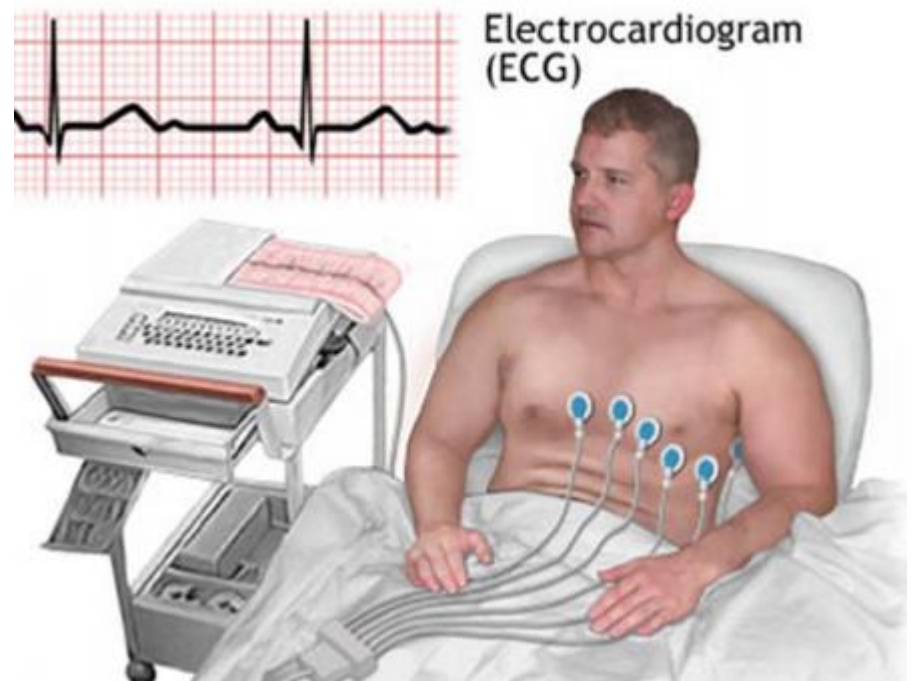


En résumé

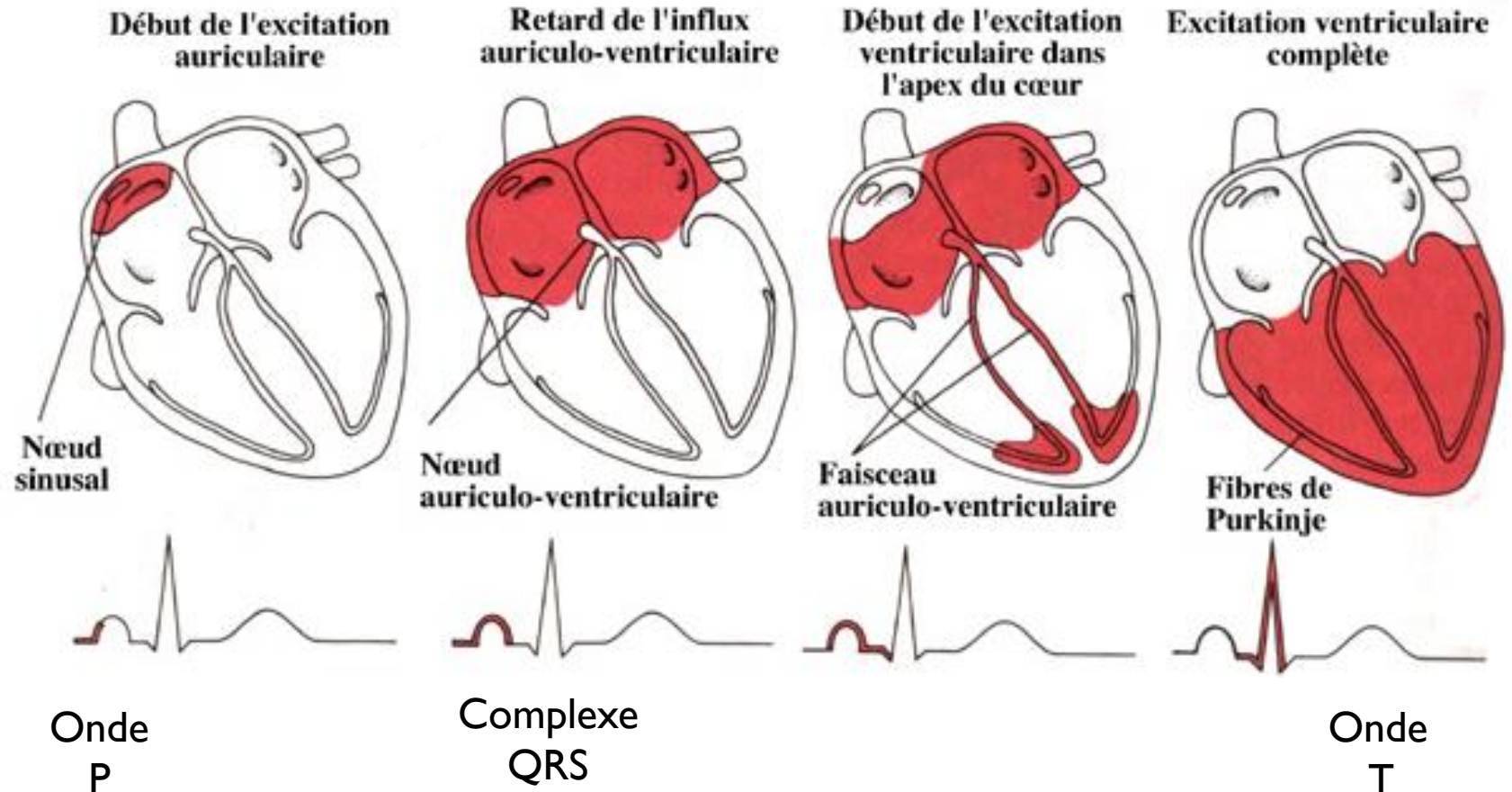


L'Electrocardiogramme

- ▶ C'est le recueil de l'activité électrique du myocarde par l'intermédiaire d'électrodes détectrices en contact avec la peau



L'ECG



L'ECG

Onde P

dépolarisation des oreillettes,

Segment PR

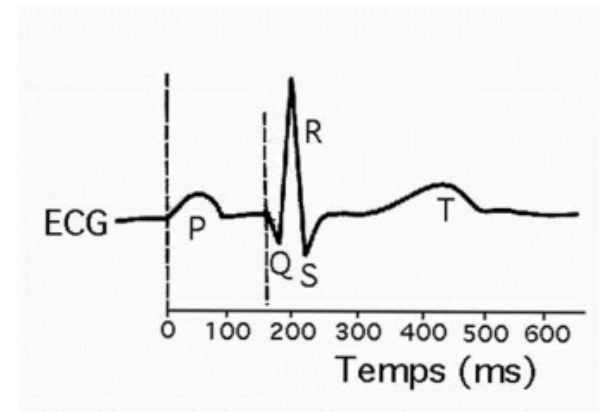
conduction auriculo-ventriculaire,

Complexe QRS

dépolarisation des ventricules,

Onde T

repolarisation des ventricules.





Le débit cardiaque et innervation cardiaque



Le débit cardiaque

- ▶ Le débit cardiaque est la quantité de sang éjecté par le ventricule en une minute.

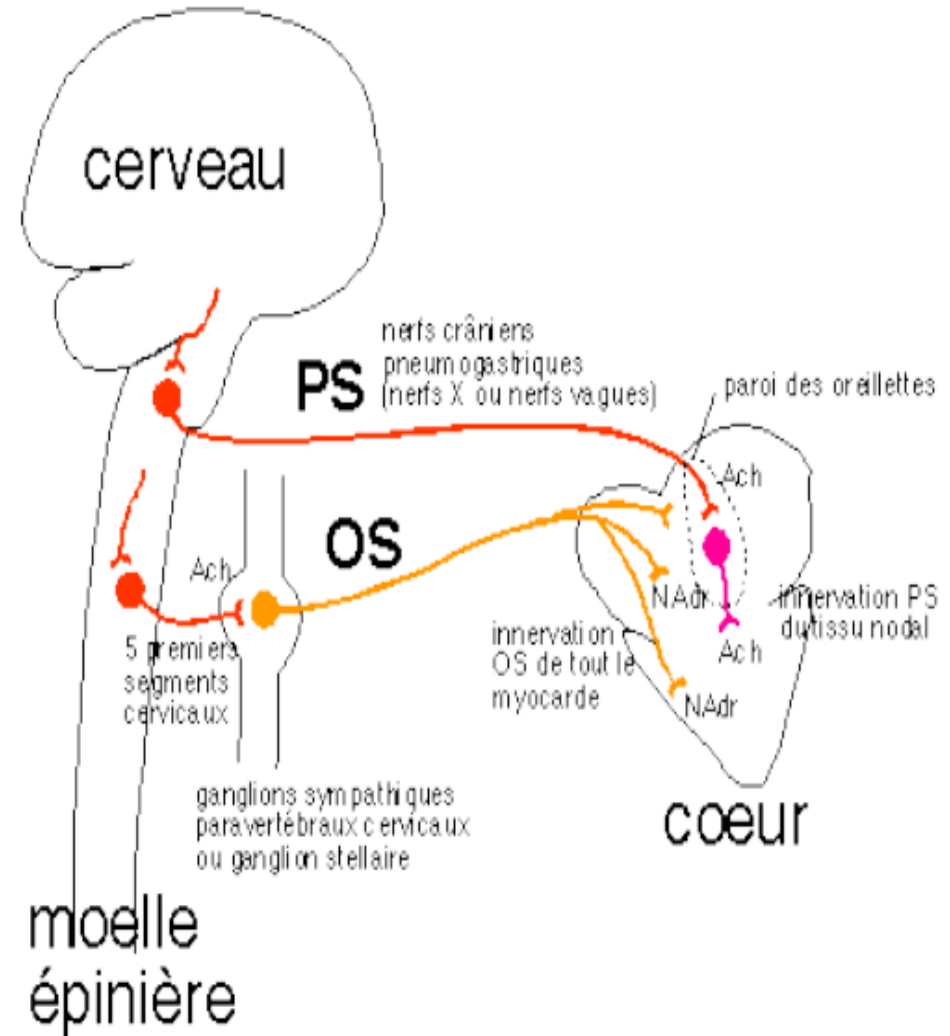
$$DC = VES * FC$$

- ▶ Normalement le ventricule droit et le ventricule gauche ont le même débit.
- ▶ Au repos, le débit cardiaque se situe entre 4 et 5 l.min-1.



L'innervation cardiaque

- ▶ Permet d'adapter l'activité cardiaque aux besoins de l'organisme.
- ▶ Assurée par le système nerveux végétatif :
 - ▶ Système nerveux sympathique (cardio-accélérateur)
 - ▶ Système nerveux parasympathique (cardio-modérateur)



Innervation parasympathique

- ▶ Le principal nerf : le pneumogastrique ou nerf vague (X)
- ▶ il agit par l'intermédiaire de médiateur chimique qui est l'acétylcholine
- ▶ Action permanente de ralentissement cardiaque : système cardio-modérateur :
 - ▶ ↓ Fréquence cardiaque : effet chronotrope négatif.



Innervation sympathique

- ▶ La stimulation du nerf sympathique libère de la noradrénaline qui se fixe sur les récepteurs adrénergiques β_1 .
- ▶ Ce système a un effet :
 - ▶ Chronotrope (+) : \uparrow la Fc
 - ▶ Inotrope (+) : \uparrow la contractilité du myocarde (\uparrow VES)
 - ▶ Dromotrope (+) : \uparrow la vitesse de conduction cardiaque.



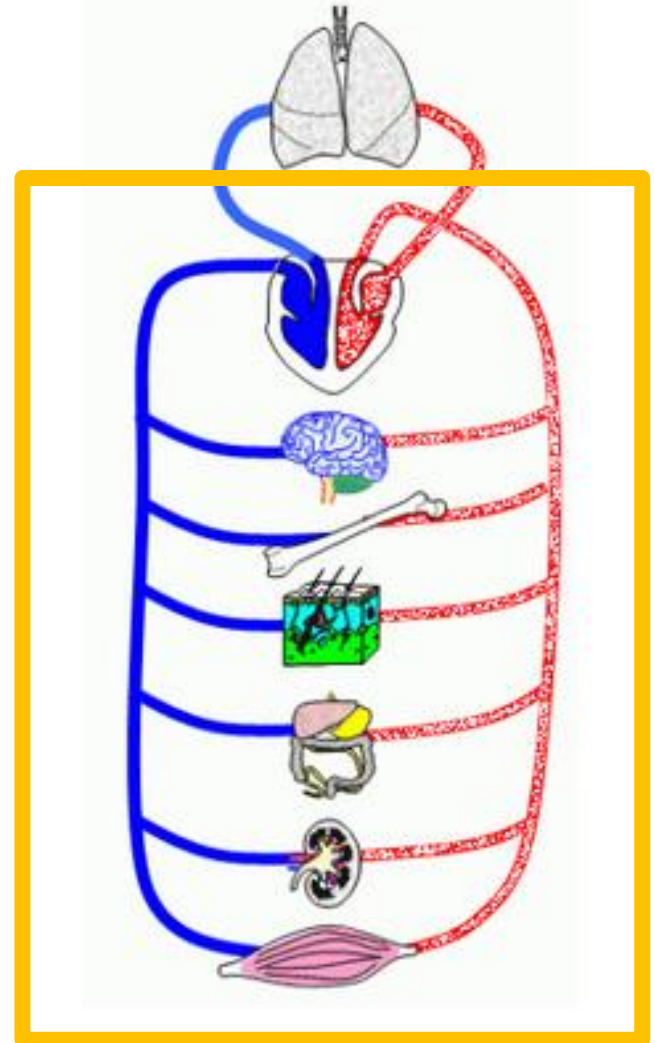


La circulation sanguine



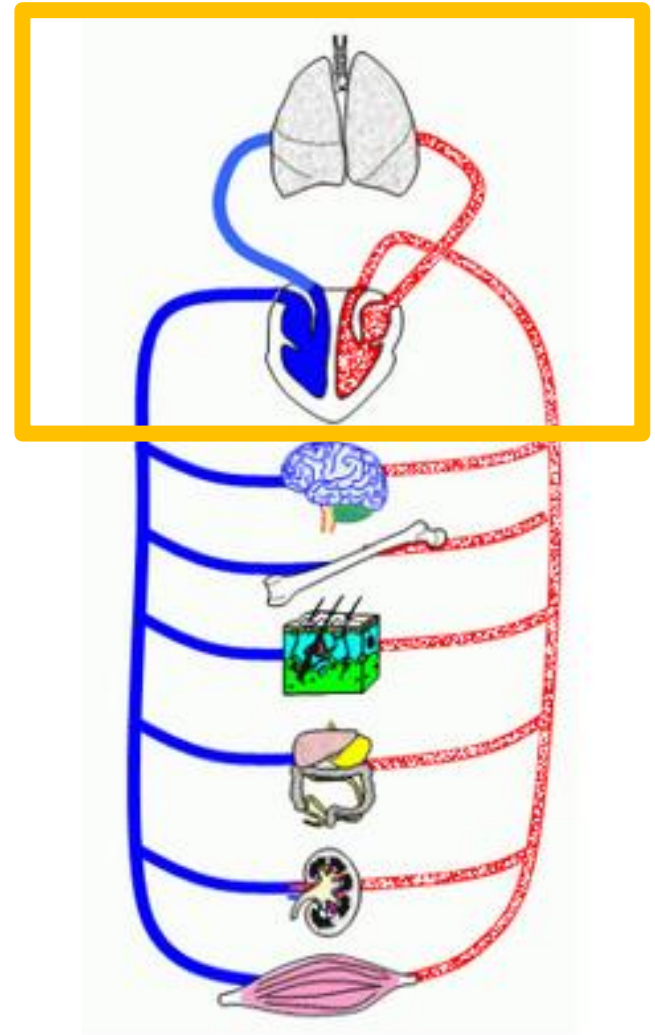
L'appareil circulatoire

- ▶ Divisé en deux zones
Fonctionnellement distinctes :
- ▶ Entre le coeur gauche et le coeur droit,
 - ▶ **La grande circulation, ou circulation systémique.**
 - ▶ Elle constitue un réseau continu comportant successivement des artères, une microcirculation et des veines, doublées par des collecteurs lymphatiques.



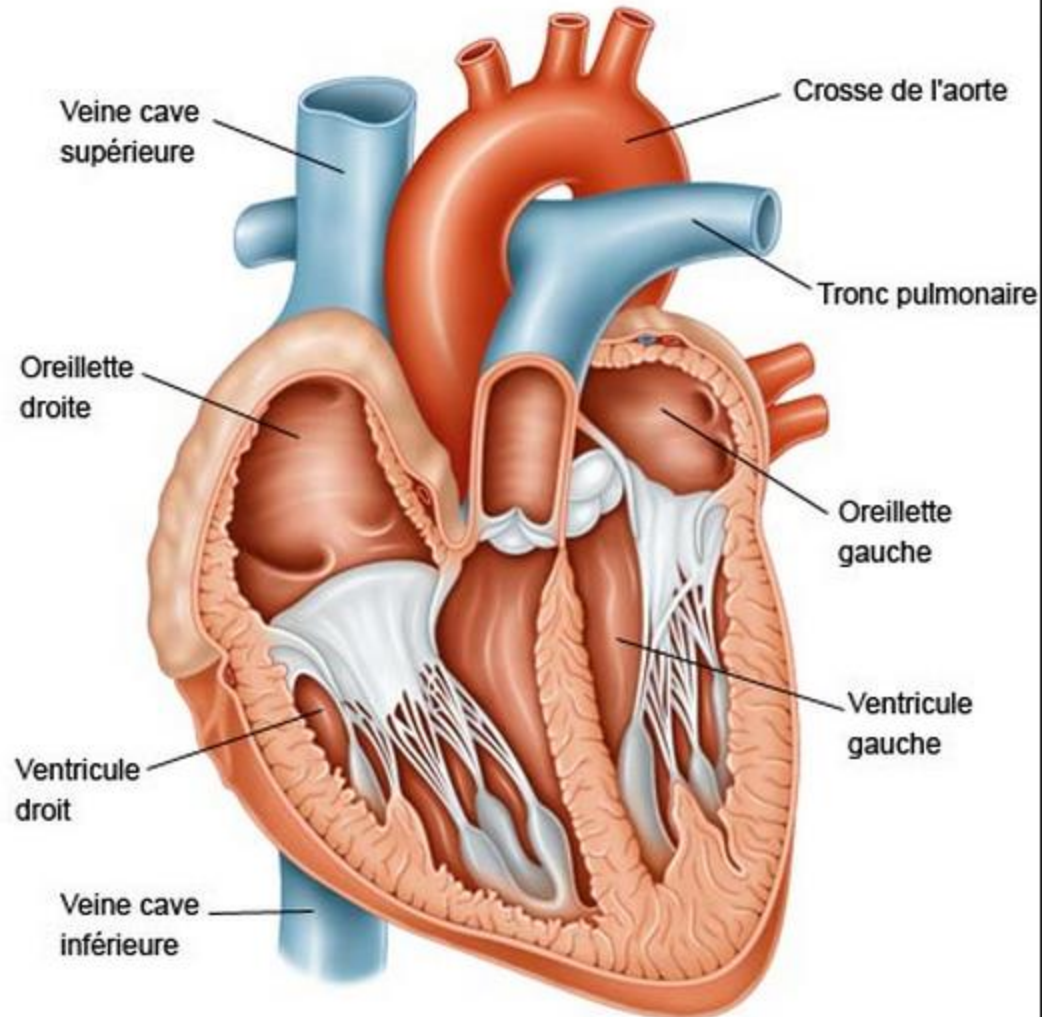
L'appareil circulatoire

- ▶ Divisé en deux zones
Fonctionnellement distinctes :
- ▶ Entre le coeur droit et le coeur gauche:
 - ▶ **la petite circulation ou circulation pulmonaire,**
 - ▶ Organisée en réseau continu qui assure, à l'état normal, les échanges gazeux avec l'extérieur.



La circulation sanguine

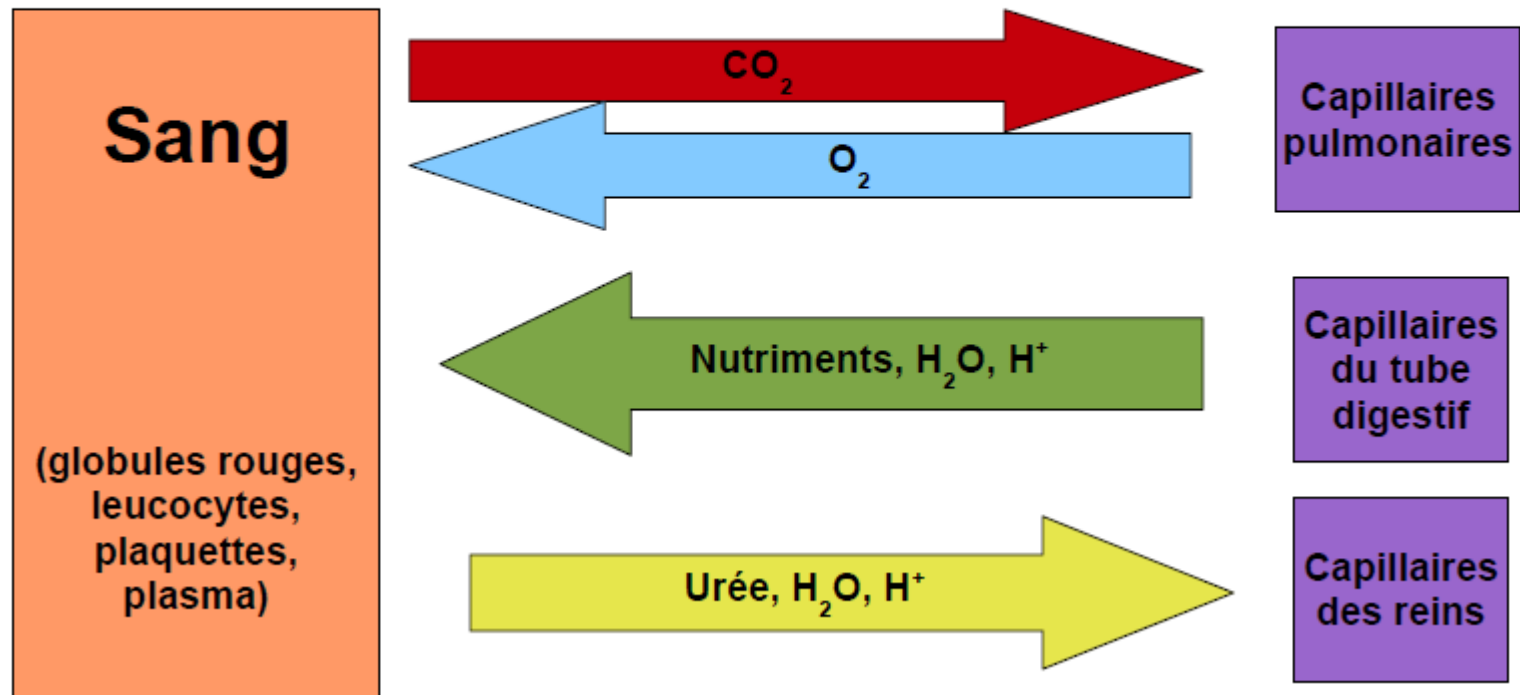
- ▶ Assurée par la contraction des fibres myocardiques de la paroi de l'un et de l'autre des deux ventricules.
- ▶ En toutes situations physiologiques, la circulation se fait de façon équilibrée entre les deux circuits.



Rôle de la circulation sanguine

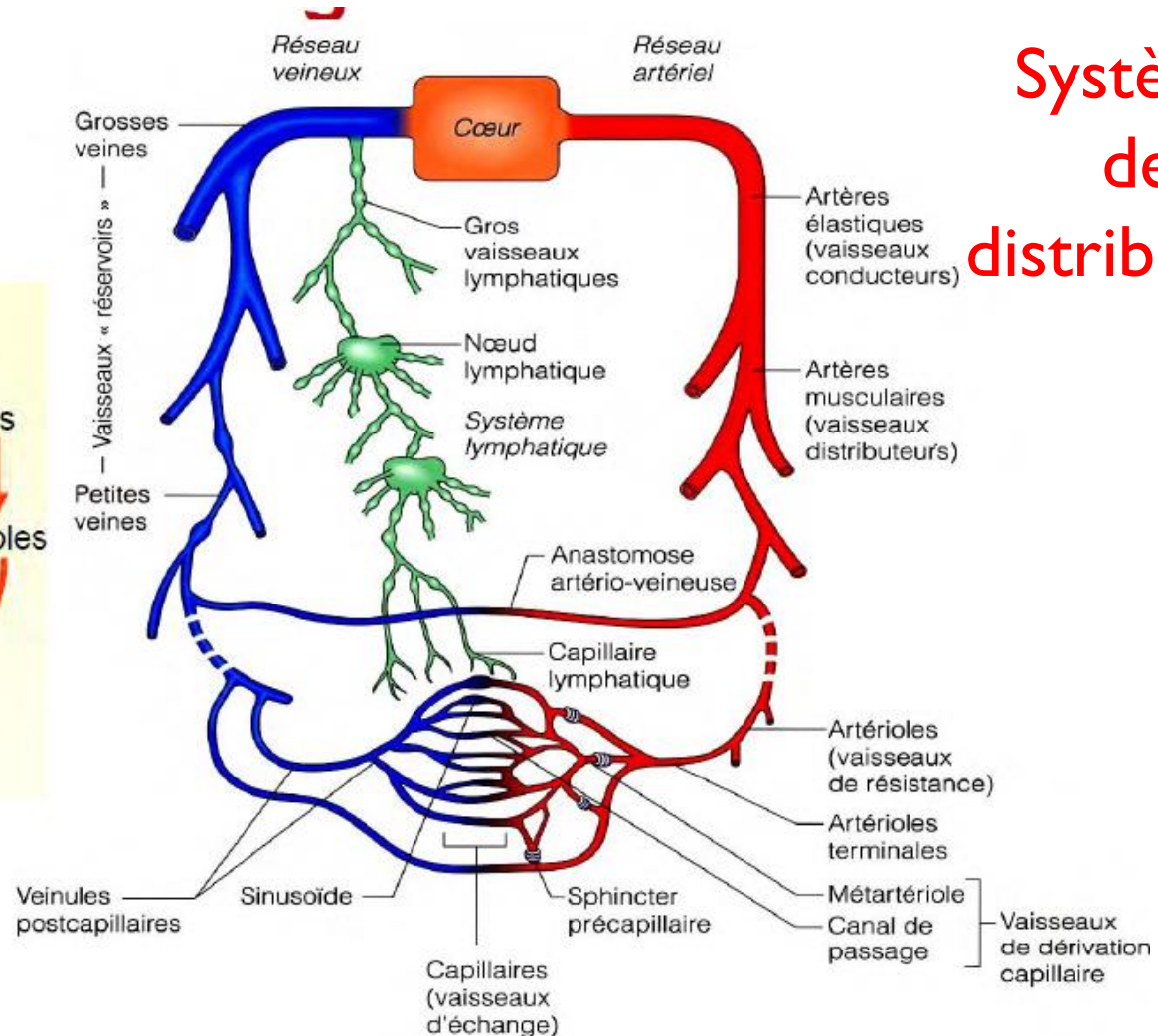
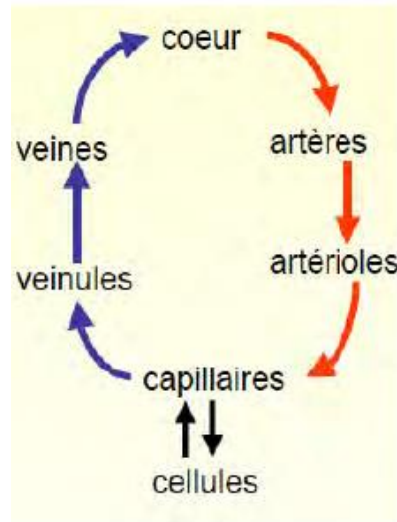
Besoin de répartir uniformément les nutriments, gaz et métabolites afin de maintenir le métabolisme

- Contribue à l'**homéostasie** des autres systèmes corporels en transportant et en distribuant le sang dans tout l'organisme



Organisation de la circulation sanguine en Circuit fermé

Système de retour

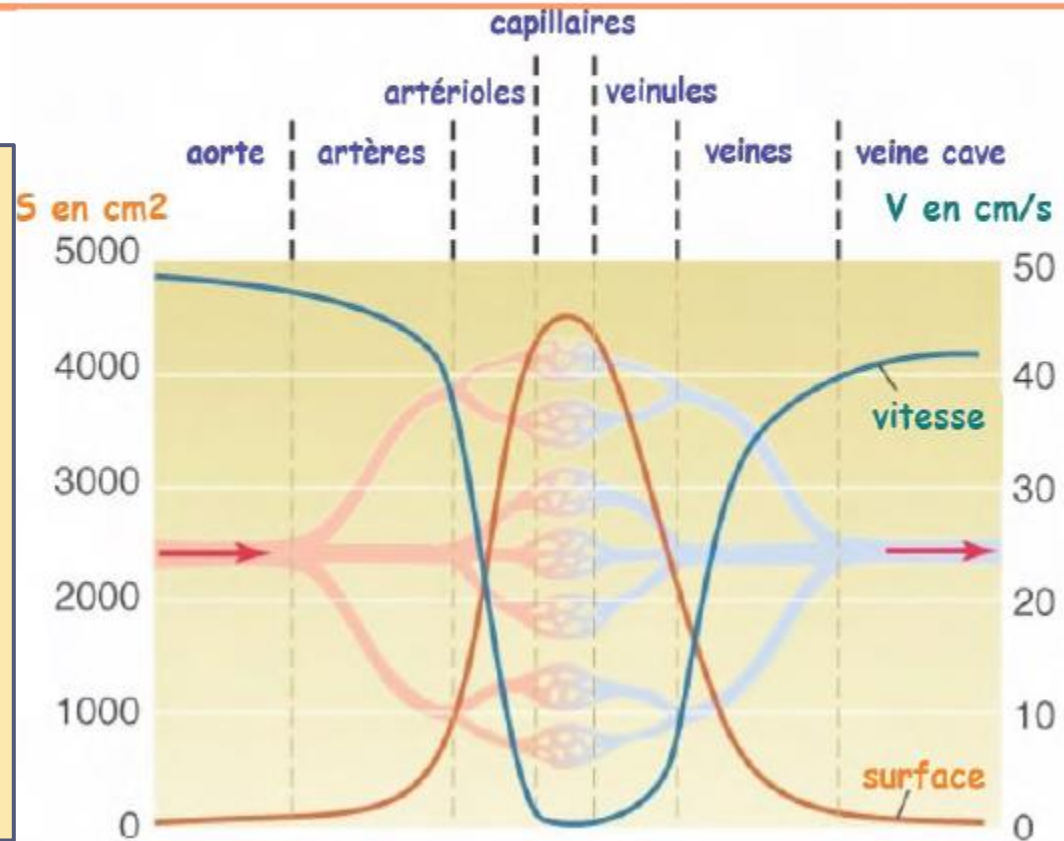


Système de distribution

Physiologie de la circulation

- **Débit sanguin:** volume de sang s'écoulant en un temps donné (mL/min)

Ralentissement de la vitesse sanguine au niveau des capillaires pour favoriser les échanges



La pression sanguine

- **Pression sanguine:** force que le sang exerce sur la paroi d'un vaisseau (*mmHg*)

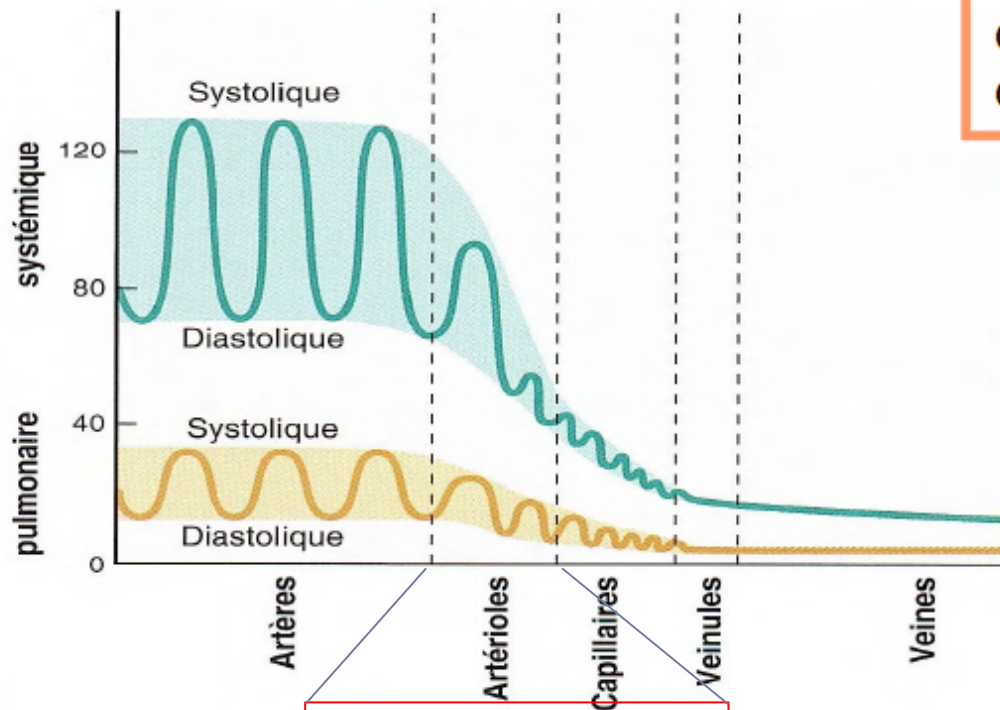
mmHg : pression exercée à 0 °C par une colonne de 1 mm de mercure

$$1 \text{ mmHg} = 133 \text{ Pa}$$



La pression sanguine

La pression sanguine diminue lorsqu'on s'éloigne du cœur :
les vaisseaux exercent une résistance au débit.



La baisse la plus abrupte de la pression se produit dans les artérioles

Le gradient de pression assure l'écoulement continu du sang

pression élevée
↓
pression faible

MAX de résistance

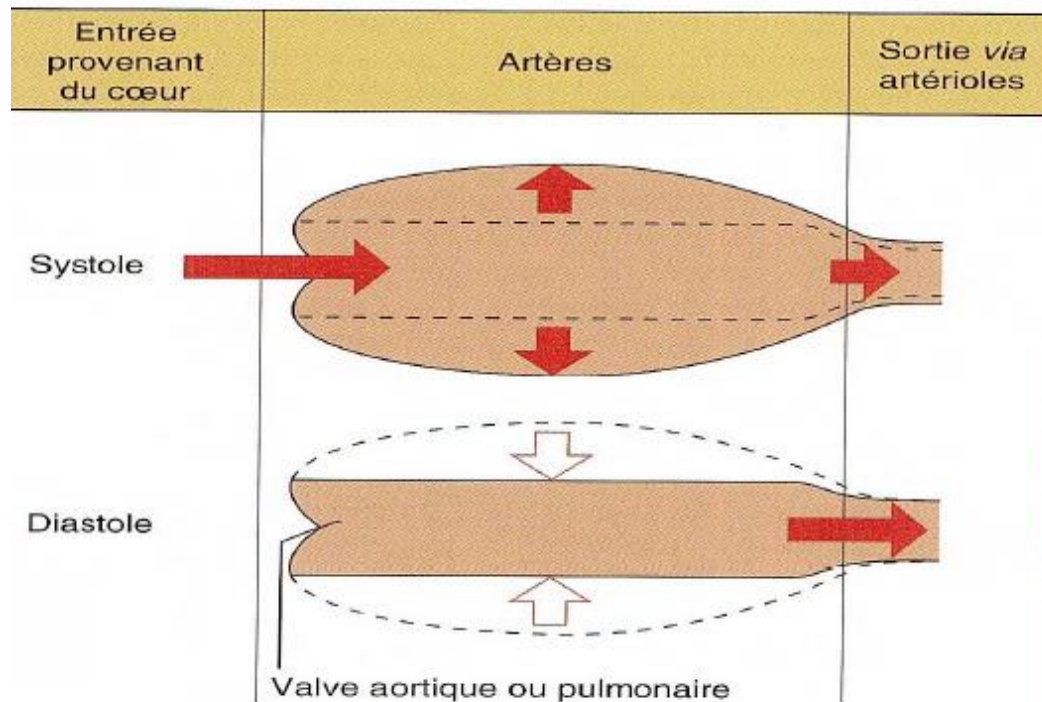
Artérioles

- ▶ Paroi musculaire qui permet la modulation du calibre donc de la résistance vasculaire
- ▶ La modulation de la résistance permet la régulation du débit tissulaire

Adaptation du débit tissulaire aux besoins



Pression artérielle (PA): pression sanguine dans les artères systémiques



Valeurs moyennes de pression pour la circulation systémique :
Systolique : 120mmHg
Diastolique : 80 mmHg

PA > 140/90mmHg :
hypertension
PA < 100/60mmHg :
hypotension

Rappel :
Systole : éjection du sang
Diastole : remplissage du cœur

Pression veineuse

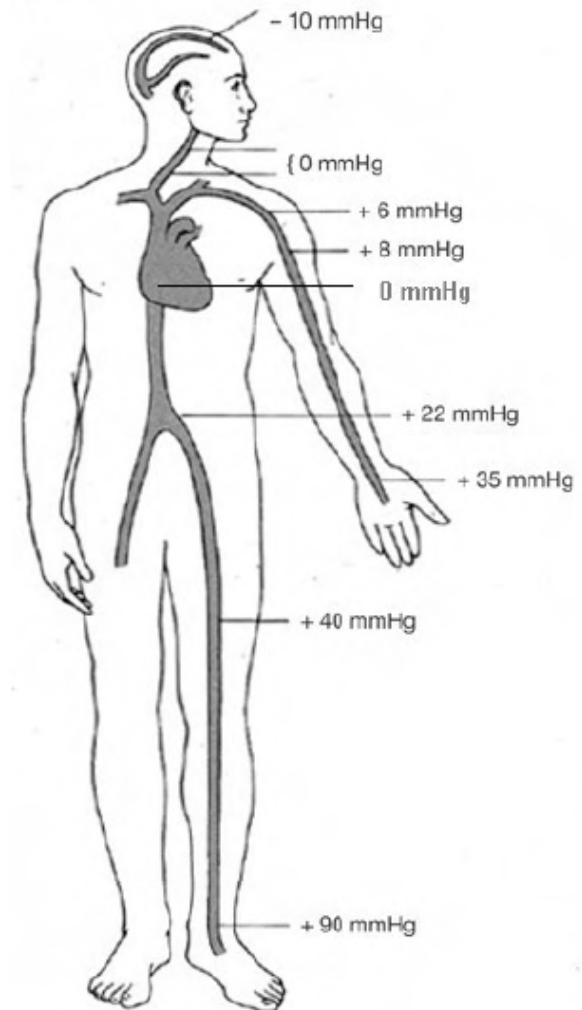
Allongé:

veines superficielles: 6mmHg
oreillette droite : 0mmHg

Debout:

Pression ↘ au-dessus du cœur
↗ au-dessous du cœur

Pression veineuse très faible :
Nécessité de mécanismes pour
assurer le retour veineux



Capacité vasculaire

Système veineux : réservoir sanguin

Système artériel : distribution du sang aux organes

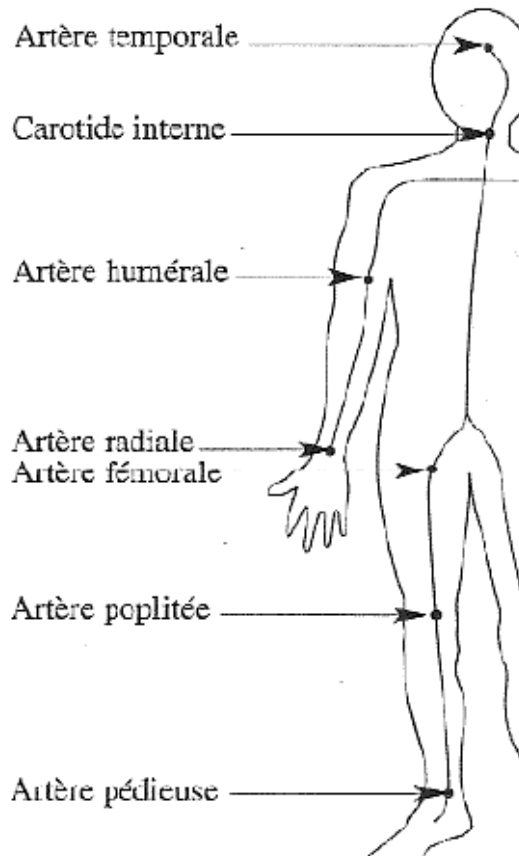
	Grande circulation	Petite circulation	Total
Artères	11%	5%	16%
Capillaires	5%	1%	6%
Veines	54%	12%	66%
Total	70%	18%	88%

12% restants sont dans le cœur, le foie et la rate



Vérification de l'efficacité circulatoire

Mesure de la pression artérielle : le pouls



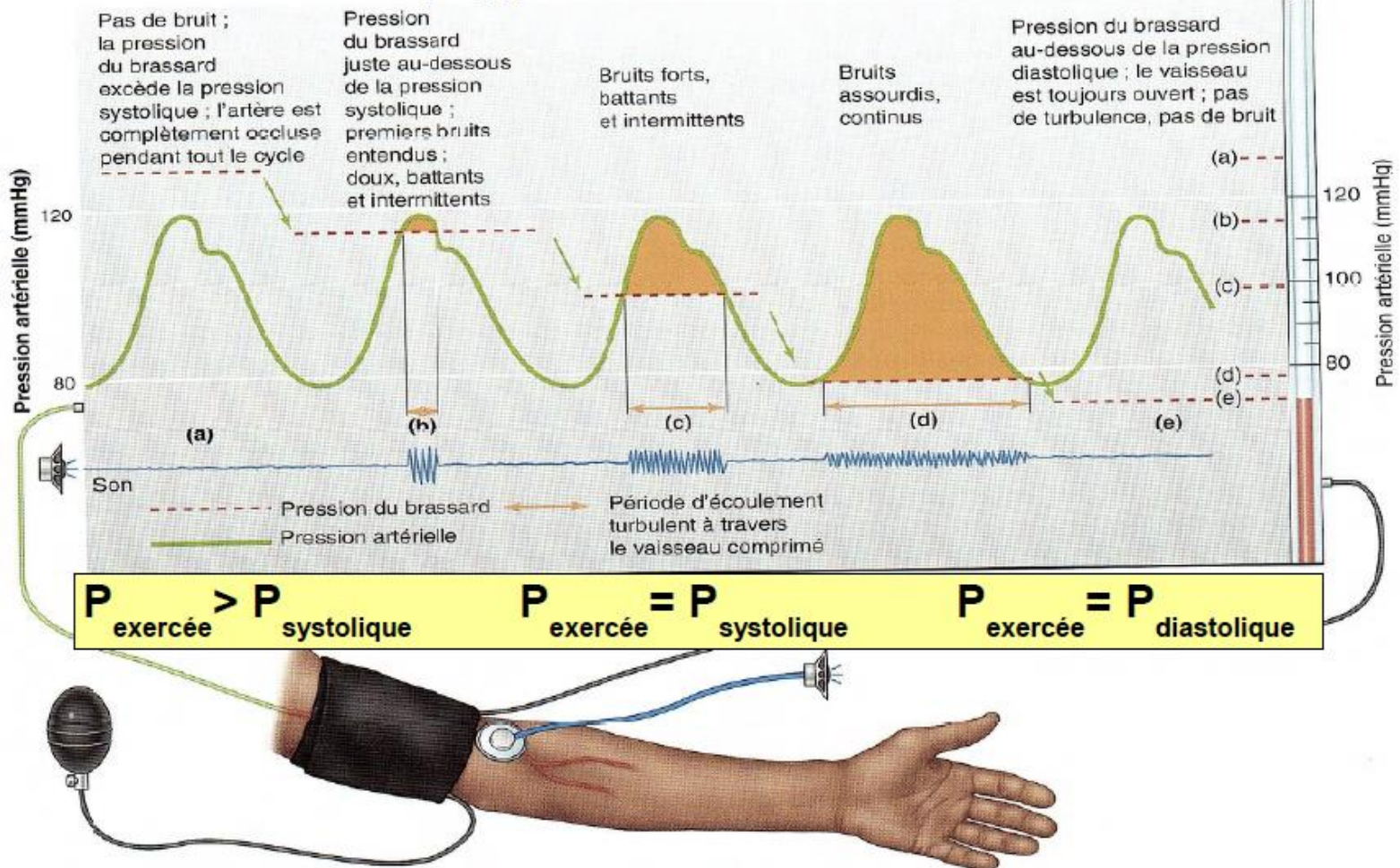
Pouls : onde de pression créée par les étirements/rétrécissements des artères élastiques à chaque battement du cœur

Fréquence normale du pouls :
70 à 80 battements/min

Tachycardie : pouls > 100

Bradycardie : pouls < 50

Mesure de la PA : sphygmomanomètre : brassard+stéthoscope



Merci pour votre attention

