

L'appareil circulatoire.

1) La circulation sanguine.

Dans le corps humain, le cœur se situe dans le médiastin antérieur*, 2/3 à gauche et 1/3 à droite de la ligne médiane. Il se trouve un peu à gauche du centre du thorax, en arrière du sternum, sur le diaphragme. C'est un organe creux mû par un muscle, le myocarde, qui est enrobé par le péricarde et l'endocarde ; il est entouré par les poumons. Il repose sur le diaphragme.

Fig. 1

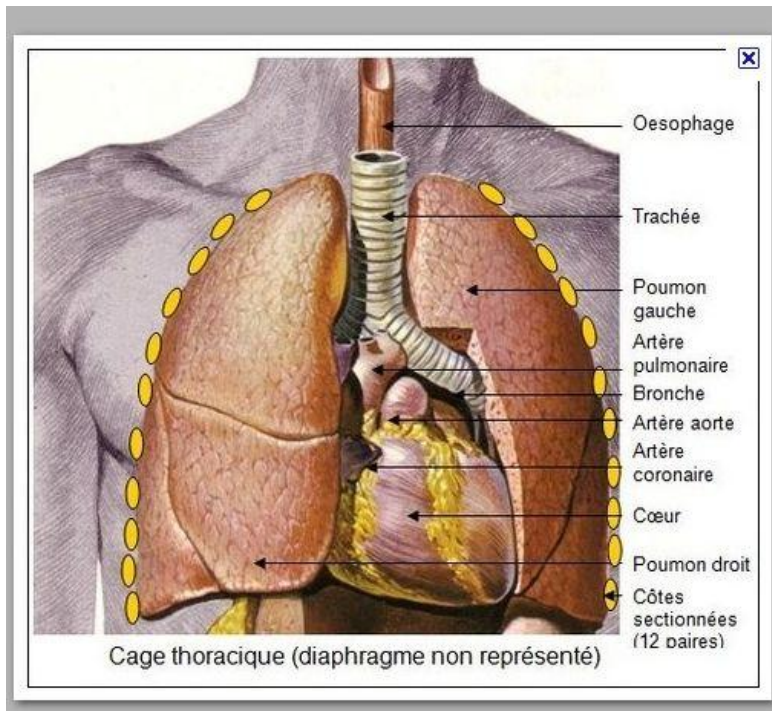
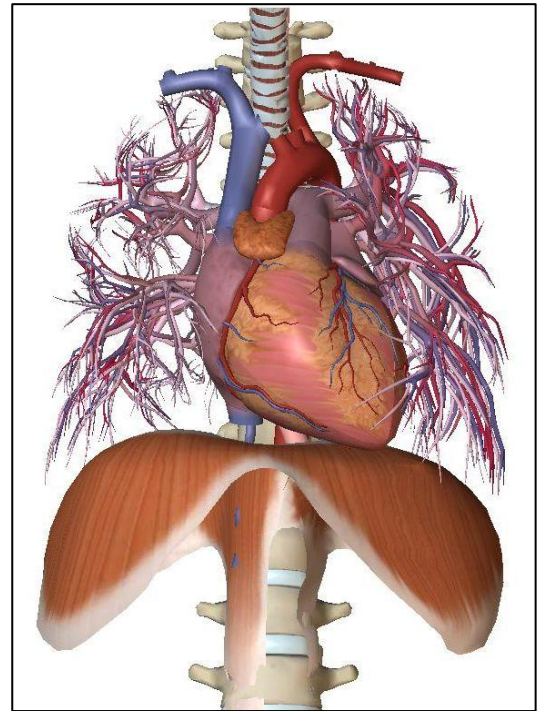


Fig. 2.



Le cœur mesure de 14 à 16 cm et son diamètre est de 12 à 14 cm. Sa taille est environ de 1 à 1,5 fois la taille du poing de la personne, un peu moins gros chez la femme que chez l'homme. Le cœur d'un adulte pèse de 300 à 350 grammes. Il consiste en quatre chambres, appelées cavités cardiaques : les oreillettes en haut, et les ventricules en bas. Chaque jour, le cœur pompe l'équivalent de 8 000 litres de sang pour un équivalent de 100 000 battements cardiaques.

Les ventricules cardiaques ont pour fonction de pomper le sang vers le corps ou vers les poumons. Leurs parois sont plus épaisses que celles des oreillettes, et la contraction des ventricules est plus importante pour la distribution du sang.

Un homme de 70 kg a environ 5 à 6 litres de sang, ce qui représente à peu près 10% du poids total de son corps.

Le cœur assure donc la circulation du sang en pompant le sang par des contractions rythmiques et en le dirigeant vers les vaisseaux sanguins ; il assure de la sorte les échanges gazeux, l'apport d'éléments nutritifs et participe à l'évacuation de tous les déchets du métabolisme. Avec le diaphragme, c'est un muscle qui fonctionne 24h/24h.

* médiastin : espace dans la cage thoracique qui n'est pas occupé par les poumons.

Fig. 3 Représentation de la petite circulation.

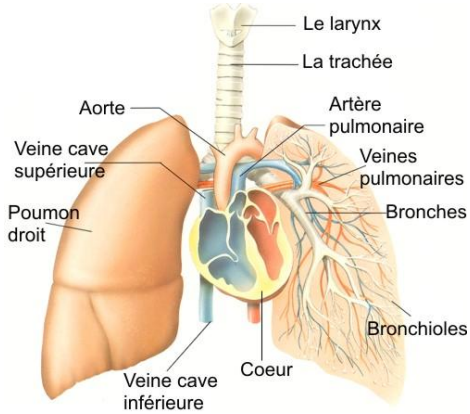


Fig. 4 : Organisation des capillaires sanguins autour d'une alvéole pulmonaire.

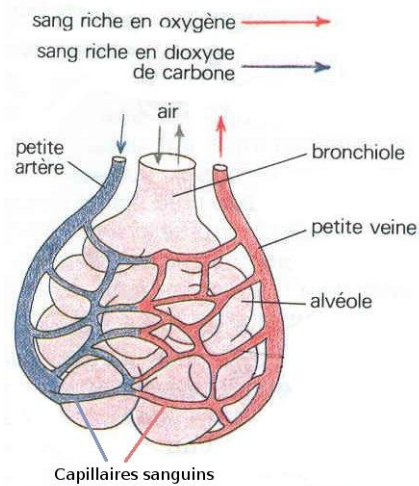
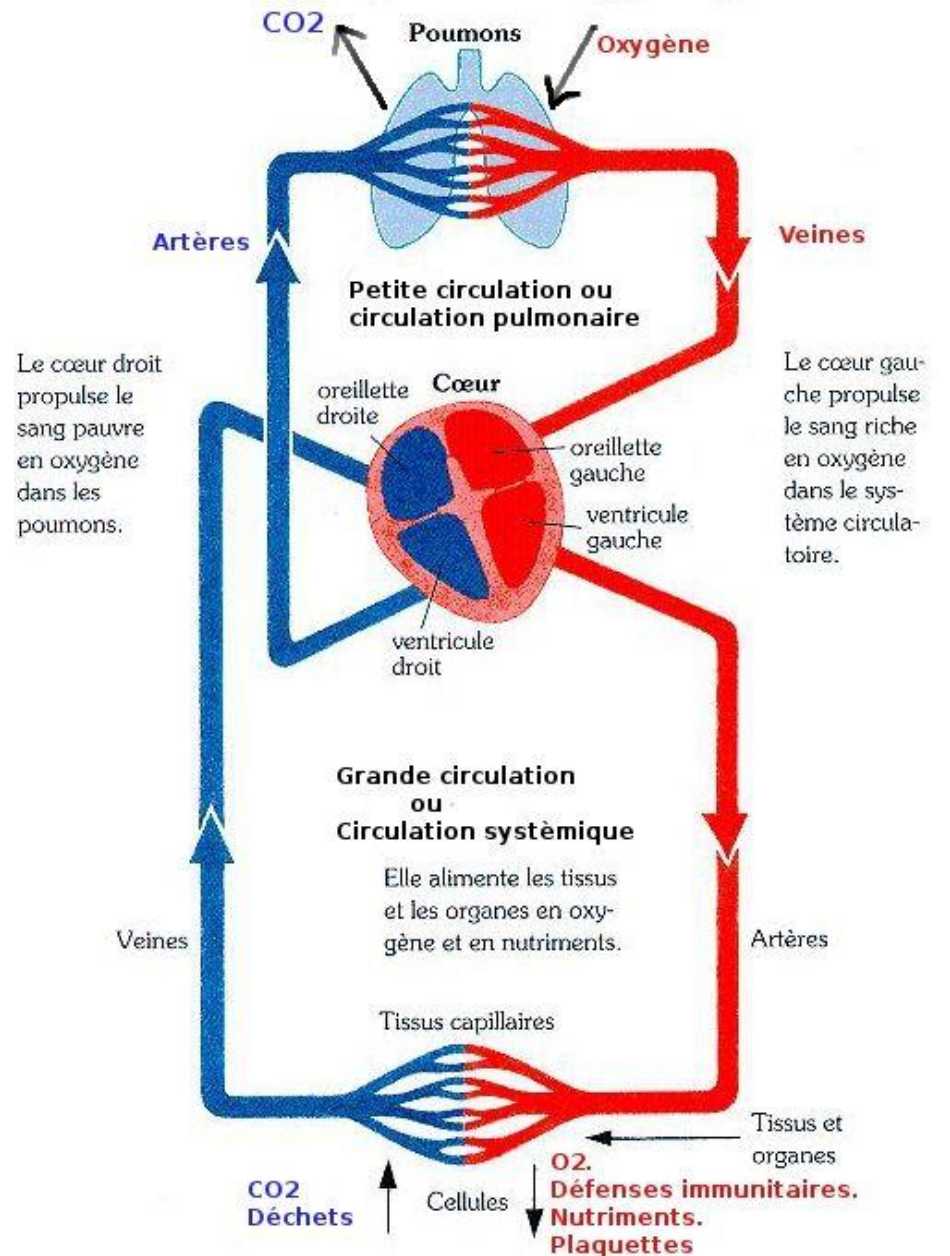


Fig.5 REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA CIRCULATION SANGUINE.



La petite circulation :

Venant de l'oreillette droite, le sang passe dans le ventricule droit. Les contractions du ventricule droit envoient le sang dans l'artère pulmonaire (voir figure 3) qui pénètre dans les poumons et s'y ramifie en capillaires pulmonaires(fig.4). Ces derniers se rassemblent en veines pulmonaires qui aboutissent à l'oreillette gauche.(fig. 3)

Notons la différence qui existe entre le sang artériel et veineux de la grande et de la petite circulation (oxygéné dans les artères de la grande et les veines de la petite circulation, contenant du gaz carbonique dans les artères de la petite et les veines de la grande circulation) (fig. 5)

La grande circulation (fig.5):

Venant de l'oreillette gauche, le sang passe ensuite dans le ventricule gauche, il ressort du cœur par l'artère aorte. De l'aorte, se détachent des artères qui se rendent dans toutes les parties du corps.

Les artères deviennent de plus en plus petites et se ramifient en capillaires.

Les capillaires se réunissent en vaisseaux de plus en plus gros : les veines. Ces dernières se rassemblent finalement en deux grosses veines : les veines caves (supérieure et inférieure) qui se jettent dans l'oreillette droite. (fig.7).

Le cœur est donc un muscle creux qui comprend 4 cavités communicant deux à deux, les parties droite et gauche étant séparées par le **septum**, évitant le passage de sang entre les deux moitiés du cœur. L'organe central de la circulation sanguine est, en réalité, composé de deux cœurs accolés l'un à l'autre, mais cependant totalement distincts l'un de l'autre.

Sens de la circulation du sang dans le cœur (fig. 8).

L'**oreillette droite** collecte le sang qui a parcouru tout le corps (le sang "bleu" - « désoxygéné »), et l'envoie vers le **ventricule droit** afin qu'il soit éjecté dans les poumons pour y être ré-oxygéné. De la même façon, l'**oreillette gauche** collecte passivement le sang qui a traversé les poumons et l'achemine au **ventricule gauche** qui éjecte le sang fraîchement oxygéné (le sang "rouge") dans l'ensemble du corps.

Le sang circule toujours dans le cœur dans la même direction grâce aux quatre valves cardiaques, appelées respectivement valve **tricuspide, pulmonaire, bicuspide (ou mitrale), et aortique**. (fig. 6 et 7)

Le sang entre dans le cœur via les **veines caves inférieure et supérieure**, transite dans l'oreillette droite et est éjecté par la contraction du ventricule droit.

De façon similaire, le sang parvient au cœur gauche via **les quatre veines pulmonaires**, transite dans l'oreillette gauche, et est éjecté dans le corps par la contraction du ventricule gauche.

La valve tricuspide empêche le reflux de sang depuis le ventricule droit vers l'oreillette droite et la valve pulmonaire prévient le reflux depuis l'artère pulmonaire vers le ventricule droit.

La valve mitrale (ou bicuspide) empêche le reflux de sang depuis le ventricule gauche vers l'oreillette gauche tandis que la valve aortique prévient le reflux depuis l'aorte vers le ventricule gauche.

N.B. : La valve mitrale est constituée de 2 valvules ou cuspidés tandis que la valve tricuspide est constituée de trois valvules.

Fig. 6 : Vue supérieure des valves du cœur. On peut voir l'ouverture des valves tri et bi cuspidés, à ce moment, les ventricules sont en train de se remplir avant de se contracter pour éjecter le sang vers la petite et la grande circulation en forçant l'ouverture respectivement des valves pulmonaire et aortique. Remarquez les trois feuillets ou cuspidés de la valve tricuspide. Idem pour la valve bicuspide ou souvent appelée aussi « mitrale ». Les 2 autres valves sont constituées de 3 valvules.

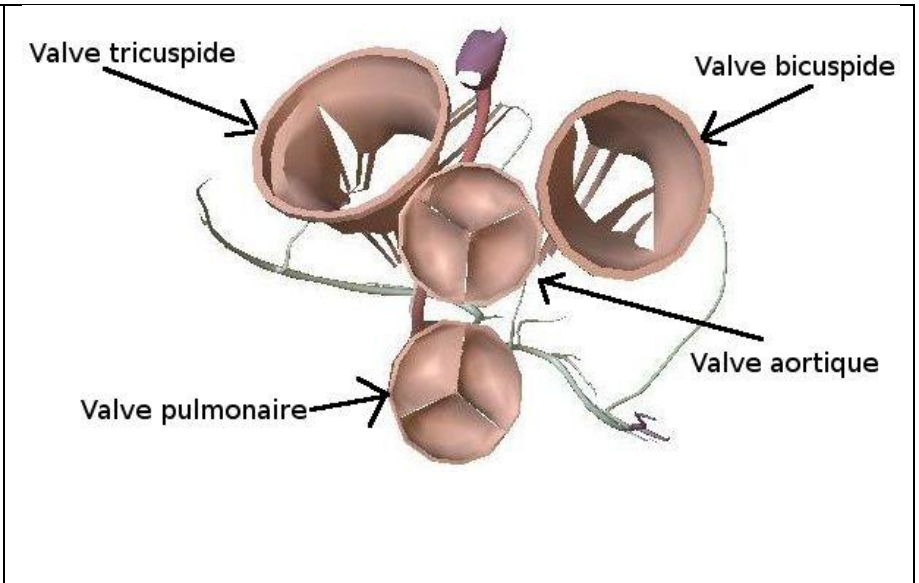
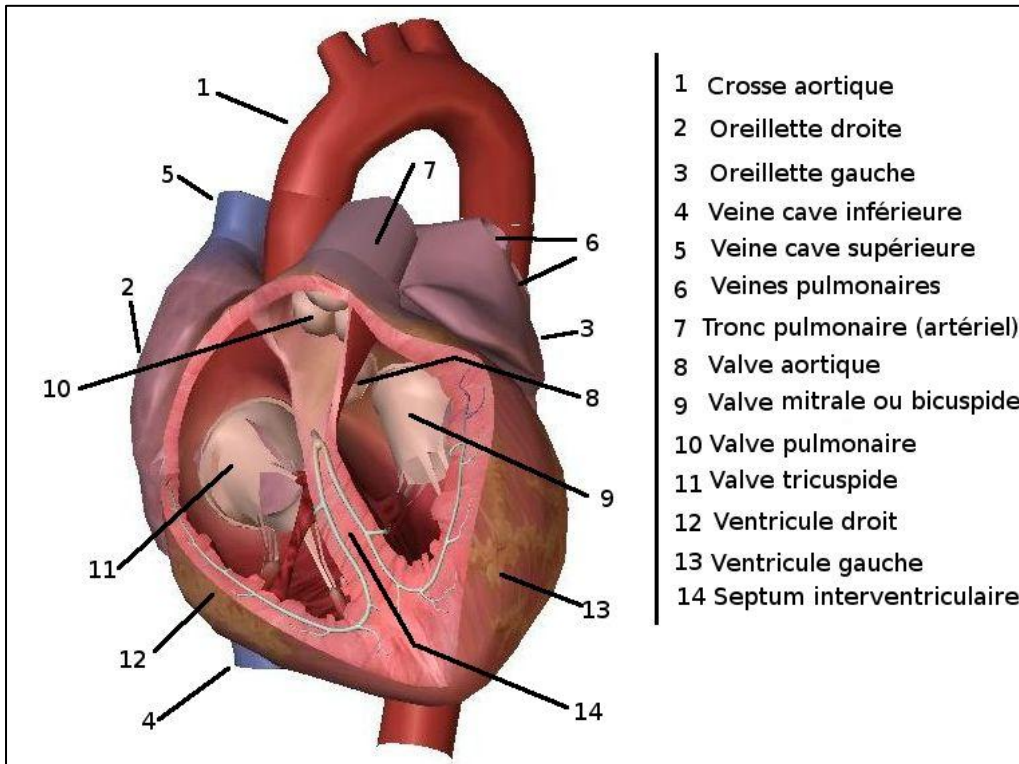
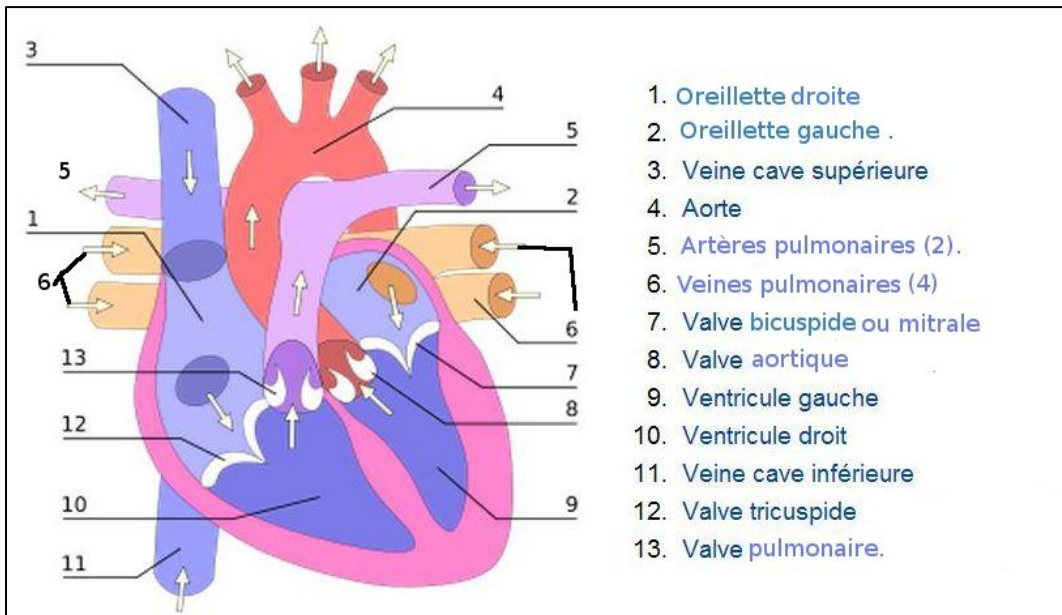


Fig. 7 : Coupe longitudinale du cœur passant pas les ventricules (vue ¾ inférieure.)



C'est le ventricule gauche qui assure le rôle le plus important puisque de lui dépend la distribution du sang dans tout le corps (grande circulation). C'est la raison pour la quelle le ventricule gauche est plus massif et que ses parois sont plus épaisses que les parois du ventricule droit qui ne doit desservir que les poumons.

Fig. 8 : Le sens de la circulation du sang dans le cœur (représenté par des flèches).



Le cœur comporte quatre éléments importants :

1) Le tissu musculaire(fig.9).

La paroi du cœur est composée de muscles qui ne se fatiguent pas. Elle consiste en trois couches distinctes. La première est le péricarde qui se compose d'une couche de cellules épithéliales et de tissu conjonctif. La deuxième est l'épais myocarde ou muscle cardiaque. À l'intérieur se trouve l'endocarde, une couche additionnelle de cellules épithéliales et de tissu conjonctif

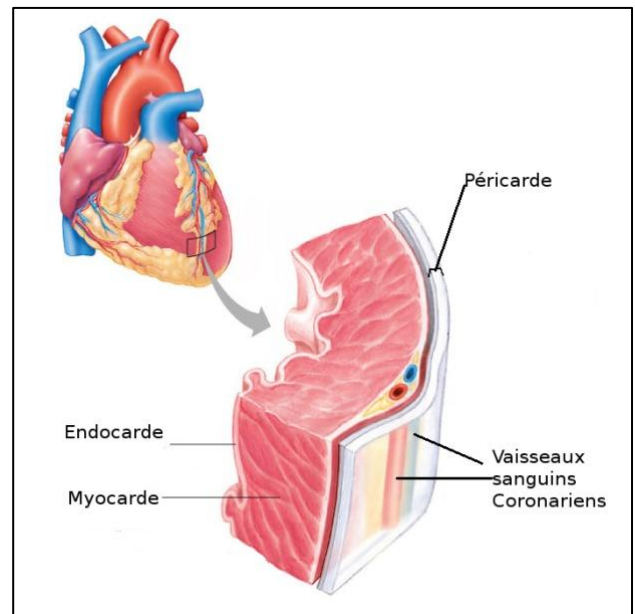
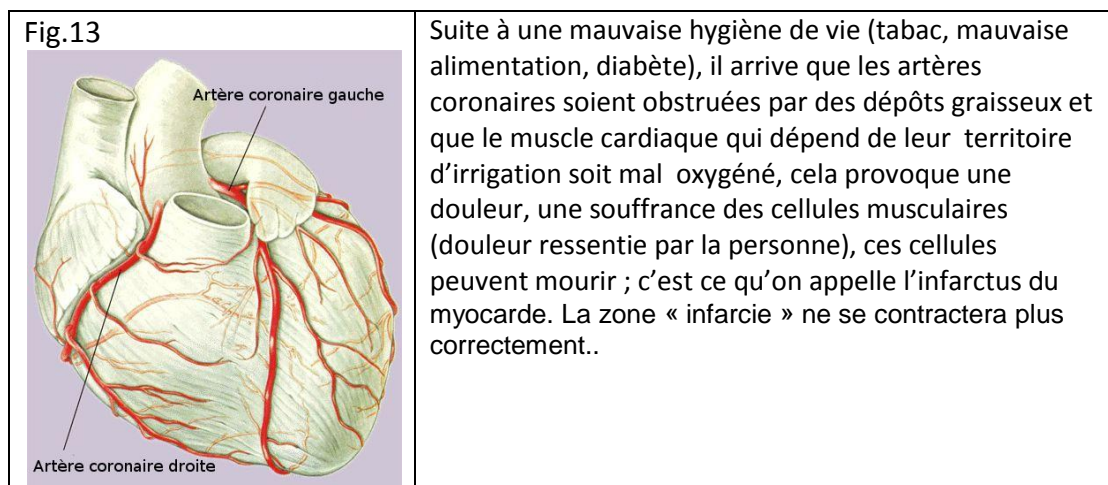


Fig. 9.

Contrairement aux muscles squelettiques (fig.11) qui ont leurs fibres disposées parallèlement dans le sens de la longueur et qui bénéficient des tendons et les articulations comme points d'appuis, les fibres musculaires du myocarde (Fig.10 et 12) sont enchevêtrées de manière à avoir une contraction concentrique. Cela est d'autant plus important que le cœur n'a pas de point d'appui solide, il est arrimé par les artères et repose sur le diaphragme.

<p>Fig. 10</p>	<p>Fig. 11</p>	<p>Fig 12</p>
<p>Fibres musculaires cardiaques en 2 ; les fibres ne sont pas parallèles. Noyau avec son centriole en 1</p>	<p>En 3, fibres musculaires squelettiques. Elles sont parallèles afin de se raccourcir toutes dans le même sens lors d'un mouvement de flexion de l'avant-bras par exemple</p>	<p>Les fibres cardiaques s'anastomosent entre-elles afin de pouvoir rétrécir le muscle cardiaque dans tous les sens ce qui est indispensable pour rétrécir un muscle creux.</p>

2) Les artères coronaires (fig.13) qui ont pour charge de nourrir le muscle cardiaque.



3) Les valves cardiaques (fig. 6,7,8) :

Au nombre de 4, elles séparent :

-soit : les oreillettes des ventricules, on les désigne alors par le terme de valves auriculo-ventriculaires, elles ne doivent laisser passer le sang que dans le sens oreillette → ventricule et résister à la forte pression du ventricule au moment de l'éjection du sang vers les artères.

-soit : les ventricules des gros vaisseaux sanguins qui sortent du cœur, on les désigne alors sous le nom de valves sigmoïdes, elles doivent résister à la pression artérielle et s'ouvrir lors de la contraction du ventricule. Leur fermeture empêche le sang de revenir dans les ventricules.

<u>Récapitulation :</u>	Valve tricuspidale (à droite) Valve bicuspidale ou mitrale	= valves auriculo-ventriculaires
	Valve aortique Valve pulmonaire	= valves sigmoïdes

4) Le système électrique (fig14):

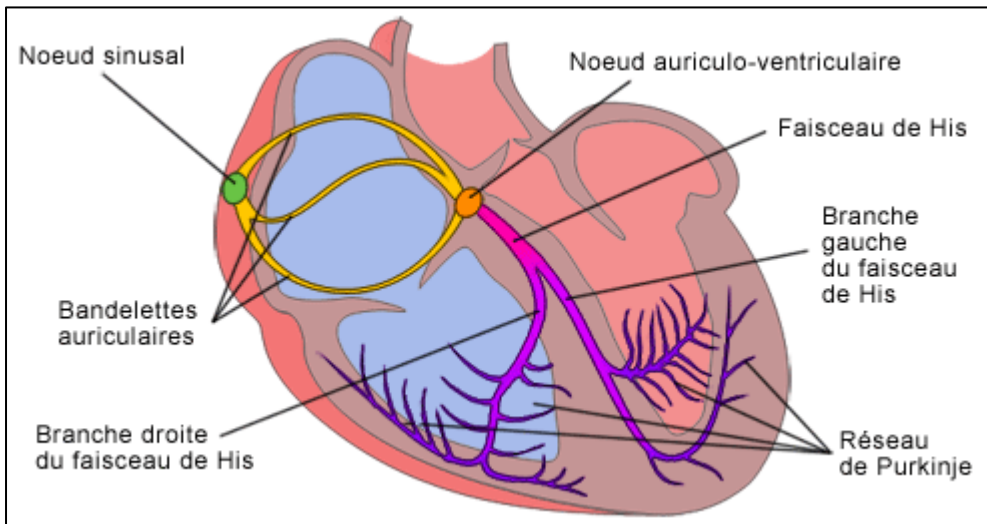
Les contractions du muscle cardiaque sont régulées au repos par quatre faisceaux de fibres conduisant les impulsions dans les parois du cœur, provoquant la contraction des oreillettes, d'abord, puis celle des ventricules.

Remarque : Ces impulsions sont sous la dépendance du Système Nerveux Autonome (SNA, ne dépendant pas de notre volonté contrairement au Système Nerveux Volontaire) Le SNA comprend le Système Nerveux Orthosympathique qui accélère le rythme cardiaque (en cas de stress par exemple) et le Système Nerveux Parasympathique qui ralentit le rythme cardiaque lorsque nous sommes « cool »

Le premier faisceau de fibres s'appelle le **nœud sinusal** ou de **Keith et Flack**, il transforme donc les ordres des systèmes orthosympathique et parasympathique en impulsions plus ou moins rapides pour réguler la fréquence

cardiaque en fonction des besoins de l'organisme. Il est le « pacemaker » naturel du cœur.

Fig . 14 : Les fibres qui conduisent l'influx électrique du cœur.



Le nœud sinusal génère une brève impulsion électrique de faible intensité, environ 72 fois par minute chez un adulte au repos. A partir de là, l'impulsion se propage le long des couches de tissu qui forment les deux oreillettes, excitant les fibres musculaires sur son passage, ce qui provoque la contraction des oreillettes et le passage du sang qu'elles contiennent dans les ventricules vides. L'impulsion atteint rapidement un autre petit nœud de tissu spécialisé, le **nœud auriculo-ventriculaire** ou d'**Aschoff-Tawara**, situé entre les oreillettes et les ventricules. Ensuite, l'impulsion est transmise aux ventricules par le faisceau de **His** et le réseau de **Purkinje**, déclenchant ainsi la contraction des ventricules.

Le cœur possède des dispositifs propres de sécurité. Ainsi, en cas d'urgence, le nœud auriculo-ventriculaire peut reprendre la fonction du nœud sinusal en générant lui-même les impulsions. Il n'est pas aussi efficace, ne produisant que 40 à 50 battements par minute.

Chacun des battements du cœur entraîne une séquence d'événements appelés la révolution cardiaque. Celle-ci consiste en trois étapes majeures : **la diastole**, **la systole auriculaire** et **la systole ventriculaire**

(N.B. : Systole = contraction -----Diastole = relâchement.)

La révolution cardiaque.(fig. 15)

Les trois étapes majeures du cycle cardiaque peuvent être décomposées en 5 phases, commençons par :

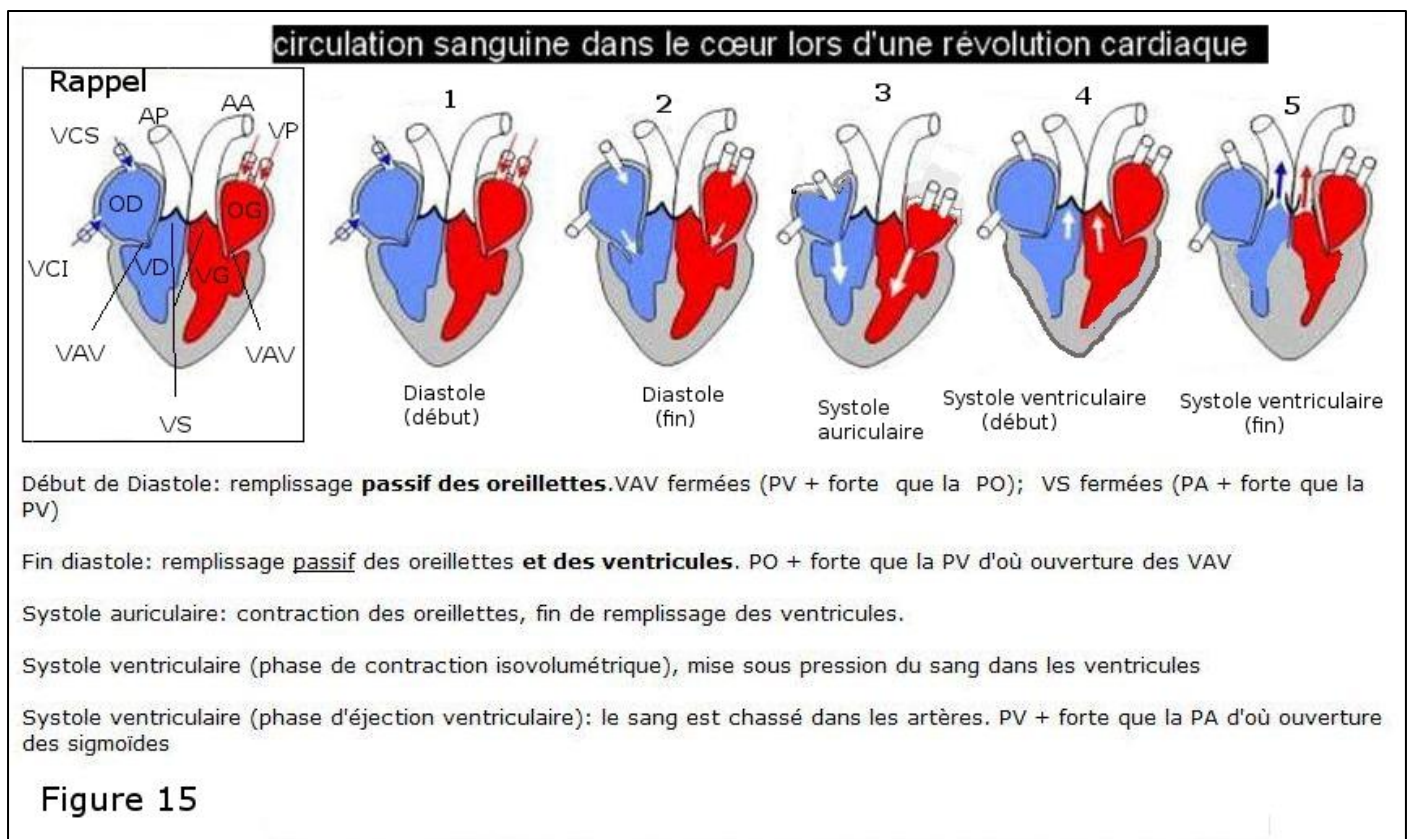
- 1) **Le début de la diastole générale**, il s'agit d'un relâchement simultané des oreillettes et des ventricules. Pendant ce temps on observe le remplissage passif des oreillettes via les veines caves supérieure et inférieure.
Les valves auriculo-ventriculaires(VAV) et sigmoïdes (VS) sont fermées car la pression à l'intérieur des ventricules (PV) est supérieure à la pression des oreillettes (PO) et inférieure à la pression du sang qui se trouve dans les artères (pulmonaire et aortique).(Pression artérielle = PA)
- 2) **La fin de la diastole générale** : le poids du sang contenu dans les oreillettes oblige les VAV à s'ouvrir car la PO est supérieure à la PV. On assiste alors au remplissage passif des ventricules.
(N.B.: pendant ce temps, les veines caves et pulmonaires continuent à remplir les oreillettes droite et gauche)

- 3) **La systole auriculaire** : (contraction des oreillettes) qui envoie le sang dans les 2 ventricules qui sont encore en diastole (diastole ventriculaire). Les ventricules sont alors remplis de sang et la phase suivante peut commencer.
- 4) **Le début de la systole ventriculaire** : les ventricules commencent à se contracter,(les oreillettes entrent en diastole). La pression à l'intérieur des ventricules commence à augmenter obligeant les valves auriculo-ventriculaires à se fermer. La fermeture de ces valves produit le premier temps du son familier du battement du cœur. Cependant, la pression intra ventriculaire n'est pas encore suffisamment élevée pour ouvrir les valves sigmoïdes ; cette phase est appelée la phase de contraction iso volumétrique car la quantité de sang contenue dans les ventricules ne varie pas (iso= égal)
- 5) **La fin de la systole ventriculaire** : les ventricules se contractent encore plus fort afin de vaincre la pression exercée par le poids du sang qui se trouve au dessus des valves sigmoïdes. Le sang est alors expulsé vers le système circulatoire, c'est la phase d'éjection ventriculaire .

Une fois le sang expulsé, les ventricules entrent en diastole et le cycle peut recommencer. Au début de la diastole générale, la PA oblige les deux valves sigmoïdes à se refermer afin que le sang ne reflue pas vers les ventricules. La fermeture des valves sigmoïdes produit le deuxième bruit cardiaque plus aigu que le premier.

La fermeture des valves auriculo-ventriculaires suivie de celle des valves sigmoïdes peuvent être entendues distinctement si on place l'oreille contre la poitrine d'une personne.

é



Au repos, le cœur passe 1/3 du temps en systole et 2/3 en diastole. Une révolution cardiaque dure environ une seconde chez l'homme et un peu plus d'une seconde si il est en bonne condition physique.

L'expulsion rythmique du sang provoque ainsi le pouls que l'on peut tâter soit au niveau de l'artère radiale (poignet) soit au niveau de la carotide (cou).

La fréquence cardiaque :

Définition : nombre de contractions ventriculaires par minute (battements)

Moyenne au repos : 70

Les personnes qui ont une bonne condition physique ont souvent une fréquence cardiaque lente au repos.

Le ralentissement de la fréquence cardiaque permet de suivre l'efficacité de l'entraînement sur la progression de l'aptitude cardiaque.

Ensuite beaucoup d'éléments peuvent modifier son rythme :

Le stress accélère la FC ; la relaxation la ralentit.

Un certain nombre de récepteurs situés à la périphérie, dans les parois des vaisseaux sanguins, par exemple, ont la capacité de ralentir ou d'accélérer la F.C. Ces récepteurs renvoient des informations concernant la pression sanguine, le taux de CO₂, la température ...

Facteurs influençant la fréquence cardiaque :

L'âge : de 130/140 battements par minute à la naissance, elle diminue jusque l'âge adulte.

En effet, la consommation en oxygène d'un nourrisson est deux à trois fois supérieure à celle d'un adulte pour satisfaire son métabolisme de base et son activité musculaire qui sont **proportionnellement** plus élevés que chez l'adulte.

Le sexe : la fréquence cardiaque de la femme est plus élevée car son cœur est plus petit que le cœur de l'homme.

La taille : plus on est grand plus le cœur doit battre vite et fort.

La position : en position couchée, le cœur doit battre moins vite et moins fort car la circulation du sang est plus facile

La température du corps: toute élévation de la température du corps fait augmenter la fréquence cardiaque.

Les émotions (stress) provoquent une libération d'adrénaline dans le sang, l'adrénaline fait augmenter la fréquence cardiaque.

L'effort : l'augmentation de la fréquence cardiaque est proportionnelle au travail à fournir.

L'altitude et l'hypoxémie : la quantité d'oxygène disponible étant moindre, le cœur doit augmenter sa fréquence pour que la même quantité d'oxygène soit fournie aux tissus.

Les agents chimiques comme drogues (alcool, nicotine, caféine), produits dopants, certains médicaments et plantes vénéneuses.

L'anémie, la douleur, l'hypotension, **l'entraînement**, la gestation...

Quelques définitions de mots « savants » se rapportant au cœur.

La tachycardie : accélération du rythme cardiaque.

La bradycardie : ralentissement du rythme cardiaque.

L'arythmie : irrégularité du rythme cardiaque.

Valeurs de F.C. pour certaines espèces animales.

Il existe également, chez les vertébrés en tout cas, une relation entre la masse des organismes et la fréquence cardiaque. La fréquence est d'autant plus élevée que la masse est petite. Par exemple, la fréquence au repos est de 25 pulsations/min chez un éléphant de 3000 kg alors qu'elle atteint 600 pulsations/min chez une musaraigne de 3 g. La relation masse-fréquence est la même que celle obtenue en étudiant le rapport consommation d'oxygène - masse. Ceci indique que l'augmentation de fréquence cardiaque chez les animaux de petite taille est en relation directe avec leur consommation d'oxygène spécifique qui est supérieure. Il existe aussi un lien entre la longévité moyenne dans une espèce et la fréquence cardiaque dans cette espèce. Les espèces à cœur lent ont habituellement une plus grande longévité.

Animaux	F.C.
Homme	75
Cheval	48
Rat	360
Pigeon	100
Poulet	270
Tortue	23
Grenouille	40
Requin	45
Escargot	22
Homard	90
Musaraigne	600
Baleine grise	9
Phoque commun	10 en plongée;140 sur terre
Éléphant	25
Être humain	60-120
Moineau	500
Musaraigne	600
Oiseaux-mouches	jusqu'à 1 200