

Fiche

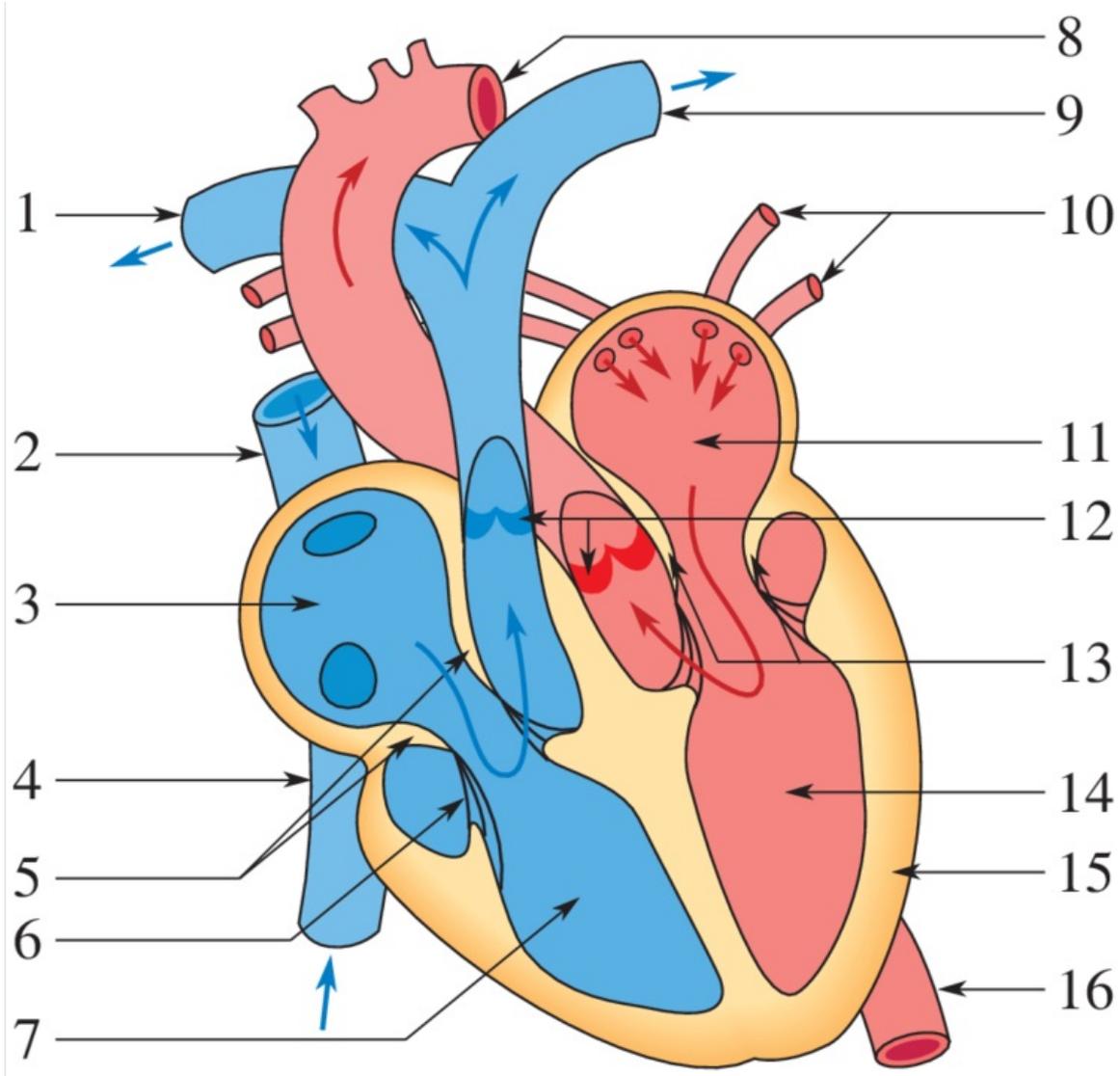
Pour que le sang arrive jusqu'aux plus petits vaisseaux et irrigue ainsi tous les tissus, il doit sortir du cœur et arriver dans les grosses artères de la circulation générale à forte pression. L'appareil cardiovasculaire est donc pourvu d'une pompe très efficace : le cœur. C'est un organe d'environ 300 g, situé entre les deux poumons, au-dessus du diaphragme et protégé par le thorax. Il est irrigué par des vaisseaux spécifiques, les vaisseaux coronaires (car ils forment une couronne autour du cœur).

Le réseau sanguin est très complexe, très ramifié et très efficace : chaque cellule de l'organisme est située à moins de trois diamètres d'un capillaire sanguin. Ce réseau est relié à plusieurs fonctions complètement différentes : la respiration, qui apporte l'O₂ et les nutriments aux cellules, et permet la récupération du CO₂ et des déchets cellulaires avant leur expulsion ; la transmission de l'information : transport des hormones ; la protection : transport des anticorps et des cellules immunitaires ; la régulation thermique : le sang transporte, répartit et dissipe la chaleur produite par les cellules en activité ; etc.

1. Quelle est la morphologie du cœur ?

- Le cœur est un organe de forme pyramidale, avec la pointe ou apex vers le bas. Il est constituée de deux parties imposantes, les ventricules, surmontées de deux petits « sacs aplatis » : les oreillettes. Des vaisseaux sanguins sont branchés sur ces quatre compartiments.
- Chez les mammifères, le cœur est séparé en deux parties indépendantes :
 - le cœur droit [oreillette droite (3) + un petit ventricule droit (7)], qui reçoit le sang non hématosé des veines caves inférieure (4) et supérieure (2) et l'envoie dans la circulation pulmonaire par les artères pulmonaires (1-9) ;
 - le cœur gauche [oreillette gauche (11) + un gros ventricule gauche (14)], qui reçoit le sang hématosé des veines pulmonaires (10) et l'envoie dans la circulation générale par l'artère aorte (8-16).





• Le sang circule toujours des veines vers les oreillettes, puis des oreillettes vers les ventricules, et enfin des ventricules vers les artères. Pour empêcher un reflux qui pourrait perturber l'ensemble de la circulation sanguine, des valvules cloisonnent les compartiments cardiaques :

- la **valvule tricuspide** (5) se trouve entre l'oreillette et le ventricule droit ;
- la **valvule mitrale** ou bicuspidie (13) se trouve entre l'oreillette et le ventricule gauche ;
- les **valvules sigmoïdes** (12) se trouvent entre les ventricules et les artères.
- Les valvules sont maintenues par des piliers tendineux (6) qui les empêchent de se retourner en doigt de gant sous la pression sanguine ventriculaire.

Exercice n°1

2. Quels sont les phénomènes mécaniques et les étapes de la révolution cardiaque ?

• La circulation du sang dans le cœur et les vaisseaux est assurée par un ensemble de contractions (systoles) et de relâchements (diastoles) successifs des différents compartiments du myocarde. On appelle **révolution cardiaque** l'ensemble des mécanismes qui permettent au sang de faire le tour complet de la circulation.

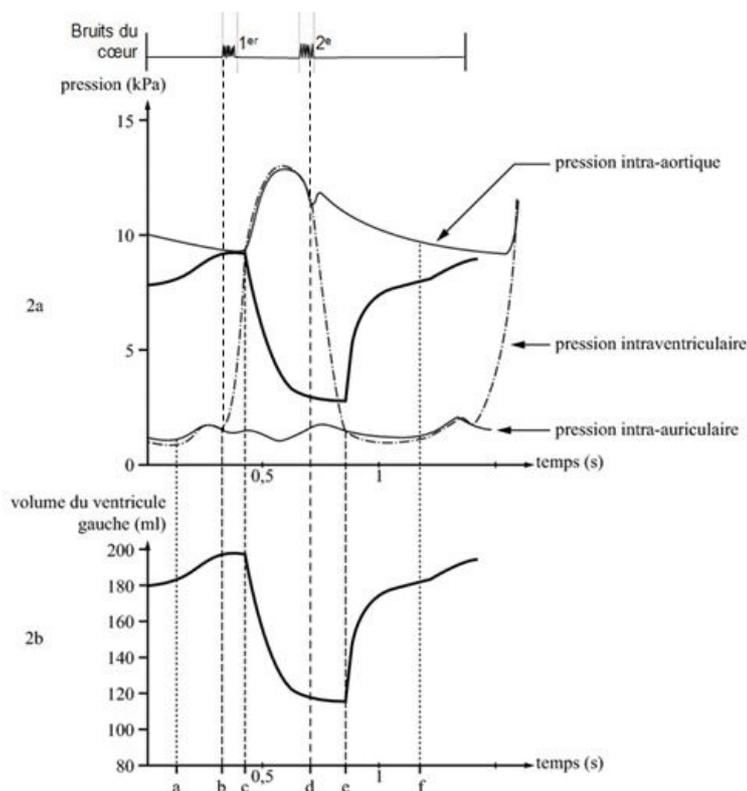
Il existe différentes méthodes pour explorer le mécanisme de la révolution cardiaque :

- Externes : on peut évaluer la fréquence, l'automatisme et donc la durée d'une révolution cardiaque à l'aide de méthodes très simples et non invasives :
 - la **palpation** au niveau des 4^e et 5^e espaces intercostaux, qui permet d'évaluer les mouvements du cœur qui frappe contre la cage thoracique ;
 - la **prise du pouls**, qui permet de sentir l'onde de propagation du sang dans les artères ;
 - l'**auscultation** grâce à un stéthoscope, qui permet d'entendre les bruits du cœur dus à la fermeture des valvules tricuspide et mitrale (« TOUM ») et sigmoïdes (« TA ») ;
 - l'**électrocardiogramme (ECG)**, qui mesure l'activité électrique du cœur (voir plus loin).

• Interne : on peut réaliser un **cardiogramme** pour étudier la révolution cardiaque. Pour cela, on introduit une petite canule appelée **cathéter** dans les cavités cardiaques, afin de mesurer les variations de pression dans les différents compartiments (ventricule, oreillette,

artère). Une volumétrie du ventricule gauche permet de compléter l'analyse.

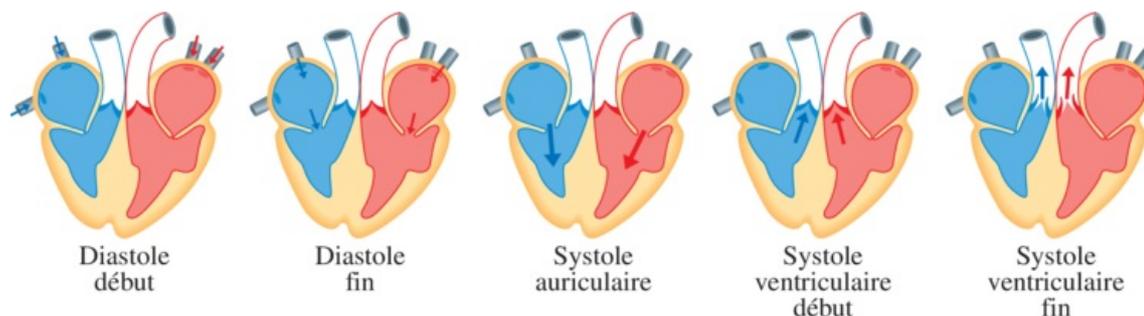
Pa est la pression intra-aortique, Pv est la pression intraventriculaire et Po est la pression intra-auriculaire.



- a-b : $P_a > P_v$, les valvules sigmoïdes sont fermées. $P_o > P_v$, le ventricule se remplit de sang, une contraction de l'oreillette (systole auriculaire) termine le remplissage. En b, le volume ventriculaire est maximal, P_v devient $>$ à P_o , les valvules auriculo-ventriculaires (VAV) se referment ce qui provoque le premier bruit (TOUM).
- b-c : le ventricule est isolé du reste du cœur car toutes les valvules sont fermées, il va alors se contracter de façon isovolumétrique (le sang est incompressible), la P_v augmente brusquement. C'est la systole ventriculaire. Une fois rempli, le ventricule contient environ 205 mL, c'est le **volume télédiastolique**.
- c-d : P_v devient $>$ à P_a et provoque l'ouverture des valvules sigmoïdes, le sang est expulsé dans l'artère. Le ventricule gauche expulse environ 70 mL de sang dans l'aorte au repos, c'est le **volume d'éjection systolique**. Il reste alors environ 135 mL dans le ventricule après contraction, c'est le **volume téléstolique**.
- d-e : l'éjection du sang dans l'artère et le relâchement du ventricule font chuter la pression. En d, $P_v < P_a$, les valvules sigmoïdes se referment, ce qui provoque le second bruit (TA). Le ventricule est à nouveau isolé, il se relâche, sa pression continue de baisser.
- e-f : Quand $P_v < P_o$, les VAV s'ouvrent et le ventricule se remplit à nouveau passivement de sang. Tous les compartiments cardiaques étant relâchés, le cœur est en phase de diastole générale.

Conclusion

- Les différentes phases de la révolution cardiaque sont :



- Un cycle cardiaque, ou une révolution cardiaque, ou un battement, a sur le schéma précédent une durée d'environ 0,8 seconde. On peut en déduire la **fréquence cardiaque** de l'individu, c'est-à-dire le nombre de battements en 60 secondes : $60 / 0,8 = 75$ battements par minute (bpm).

- On appelle **débit cardiaque** le volume de sang qui passe par le cœur chaque minute. Sa valeur s'obtient en multipliant la fréquence cardiaque (en bpm) par le volume d'éjection systolique (en L par battement) : $D_c = F_c \times V_s$. Si on prend pour V_s la valeur de 0,07 L (voir plus haut), le débit moyen d'un individu est : $D_c = 75 \times 0,07 =$ environ 5 L de sang par minute.

Pendant une activité physique, l'organisme a besoin de plus de dioxygène, de nutriments, minéraux et vitamines; il doit également évacuer plus de déchets, de toxines. Le débit cardiaque doit nécessairement augmenter par rapport à la valeur de repos. Ainsi, la fréquence cardiaque va augmenter rapidement pour dépasser 100 bpm (certains efforts imposent une Fc supérieure à 180 bpm !). Vs peut également augmenter, si le ventricule gauche est capable de se contracter plus intensément qu'au repos, l'ampleur de cette variation dépend donc de l'aptitude physique de chaque individu. Un marathonien de haut niveau, par exemple, a une Fc de 40 bpm au repos, car son puissant ventricule gauche a une Vs très élevée.

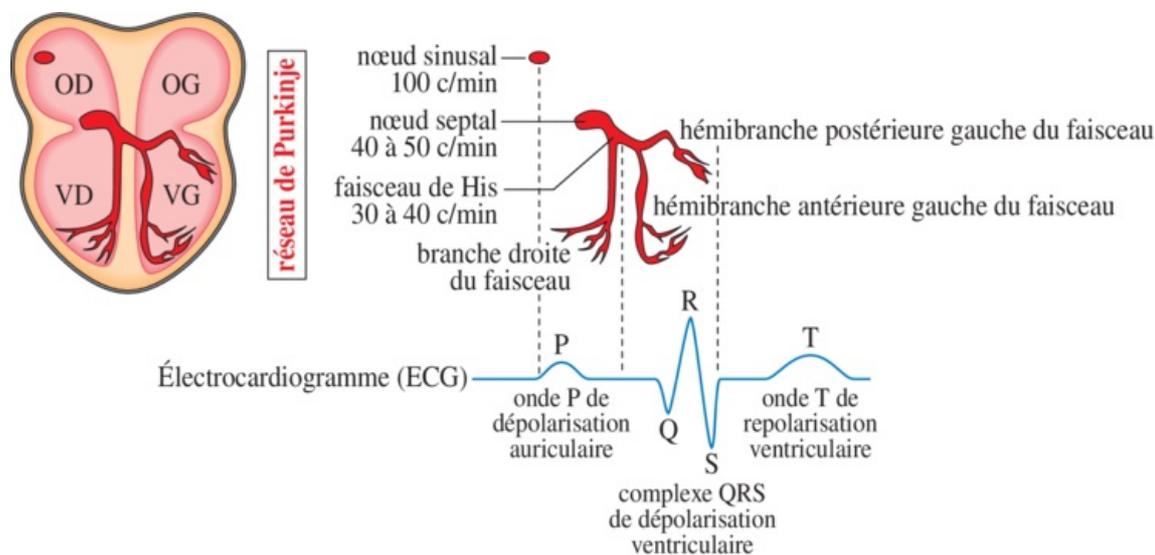
 Exercice n°2

 Exercice n°3

 Exercice n°4

3. Pourquoi parle-t-on d'automatisme cardiaque ?

• Il existe à l'intérieur même du myocarde un tissu particulier, qui constitue environ 1 % de l'ensemble des cellules cardiaques, et qui est à l'origine de l'activité électrique du cœur. Ce tissu, constitué de cellules proches des cellules myocardiques, mais qui ont gardé des caractéristiques embryonnaires, est capable de s'autoexciter, et donc de se contracter spontanément et rythmiquement. C'est le **tissu nodal**.



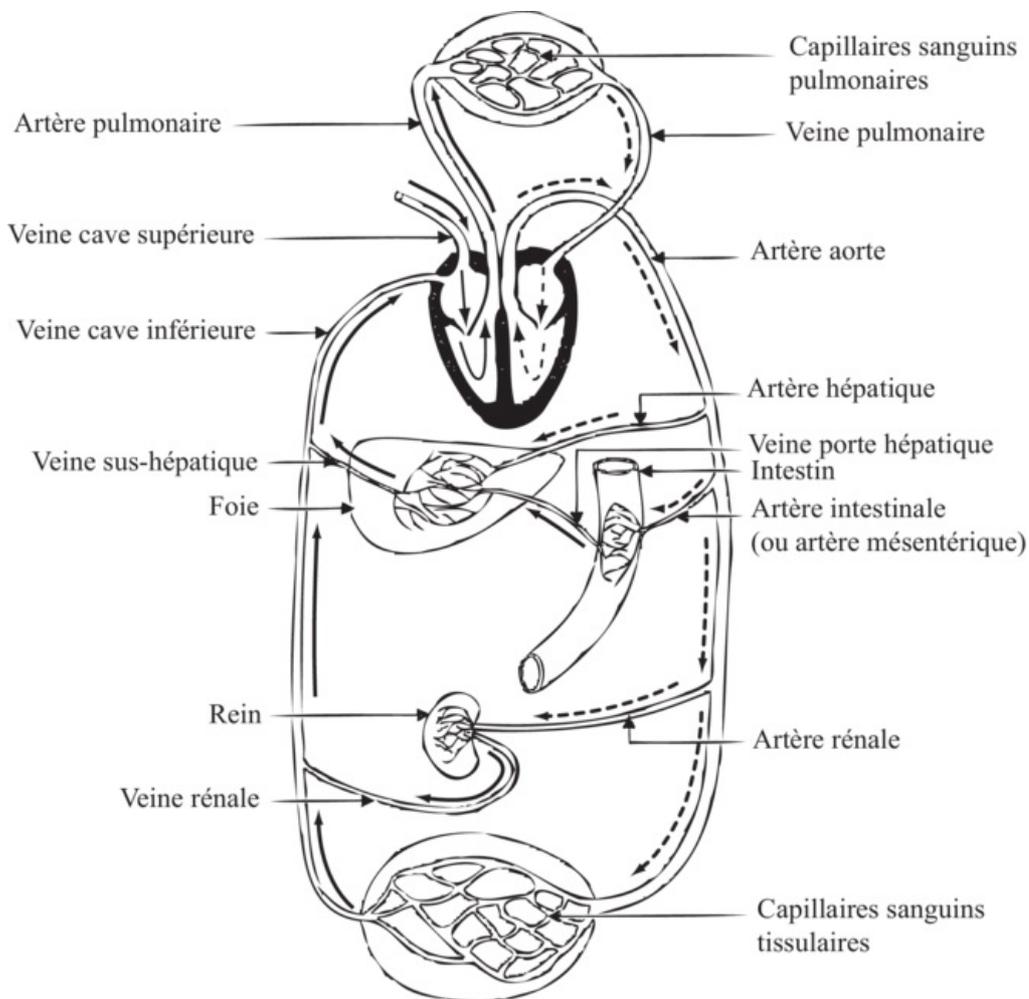
- Entre les cellules nodales et les cellules du myocarde, des **jonctions ouvertes** permettent une transmission rapide d'un potentiel d'action. La transmission est par contre plus lente entre les cellules nodales.
- Ce sont les cellules du noeud sinusal qui sont capables de se contracter le plus souvent : 100 à 110 fois par minute, ce sont donc elles qui imposent leur rythme aux autres cellules. On appelle le potentiel des cellules du noeud sinusal le **potentiel pacemaker**. En effet, les cellules du noeud septal se contractent environ 50 fois par minute, celles du faisceau de His environ 40 fois par minute et du réseau de Purkinje 25 fois par minute. Le tonus des cellules du myocarde ne pourrait leur permettre de se contracter que 30 fois par minute.
- Le noeud sinusal se contracte donc en premier, ce qui déclenche la contraction de l'oreillette droite, et juste après celle de l'oreillette gauche, 1/200 de seconde plus tard. Le potentiel d'action est ensuite transmis au noeud septal au bout d'1/10 de seconde, puis au faisceau de His et au réseau de Purkinje, puis ensuite seulement aux cellules du ventricule, ce qui lui permet de se contracter de la pointe vers le haut, afin de pouvoir expulser le sang dans l'artère.
- L'ensemble de la période de contraction dure environ 0,22 seconde.

 Exercice n°5

 Exercice n°6

4. Quelle est l'organisation générale du système circulatoire ?

L'appareil cardiovasculaire



—————▶ Sang non hématosé (pauvre en O₂, riche en CO₂)

-----▶ Sang hématosé (riche en O₂, pauvre en CO₂)

• L'appareil cardiovasculaire présente trois types de vaisseaux : les **artères**, qui partent du cœur ; les **veines**, qui arrivent au cœur ; les **capillaires**, qui relient les systèmes artériel et veineux, et qui permettent les échanges entre le sang et les tissus. Le cœur envoie le sang dans deux réseaux complémentaires, la petite circulation ou **circulation pulmonaire** (artères, veines et capillaires pulmonaires) et la **circulation générale** ou systémique.

• Un système en dérivation distribue le sang aux organes : à partir des artères systémiques issues de l'aorte, un vaisseau spécifique distribue le volume adéquat de sang à chaque organe. Ainsi, sur 5 L de sang pompés par le cœur chaque minute : le cerveau en reçoit 750 mL ; le tissu cardiaque en reçoit 250 mL ; les muscles striés en reçoivent 1 200 mL ; les reins en reçoivent 1 100 mL ; etc.

• Le foie, les reins et le cerveau ont une particularité intéressante : en plus de leur irrigation normale, ils possèdent un **système porte** qui leur permet de gérer les mouvements de substances spécifiques. Ainsi, le foie reçoit-il par le biais de la veine porte hépatique le glucose absorbé après digestion au niveau de l'intestin grêle.

 [Exercice n°7](#)

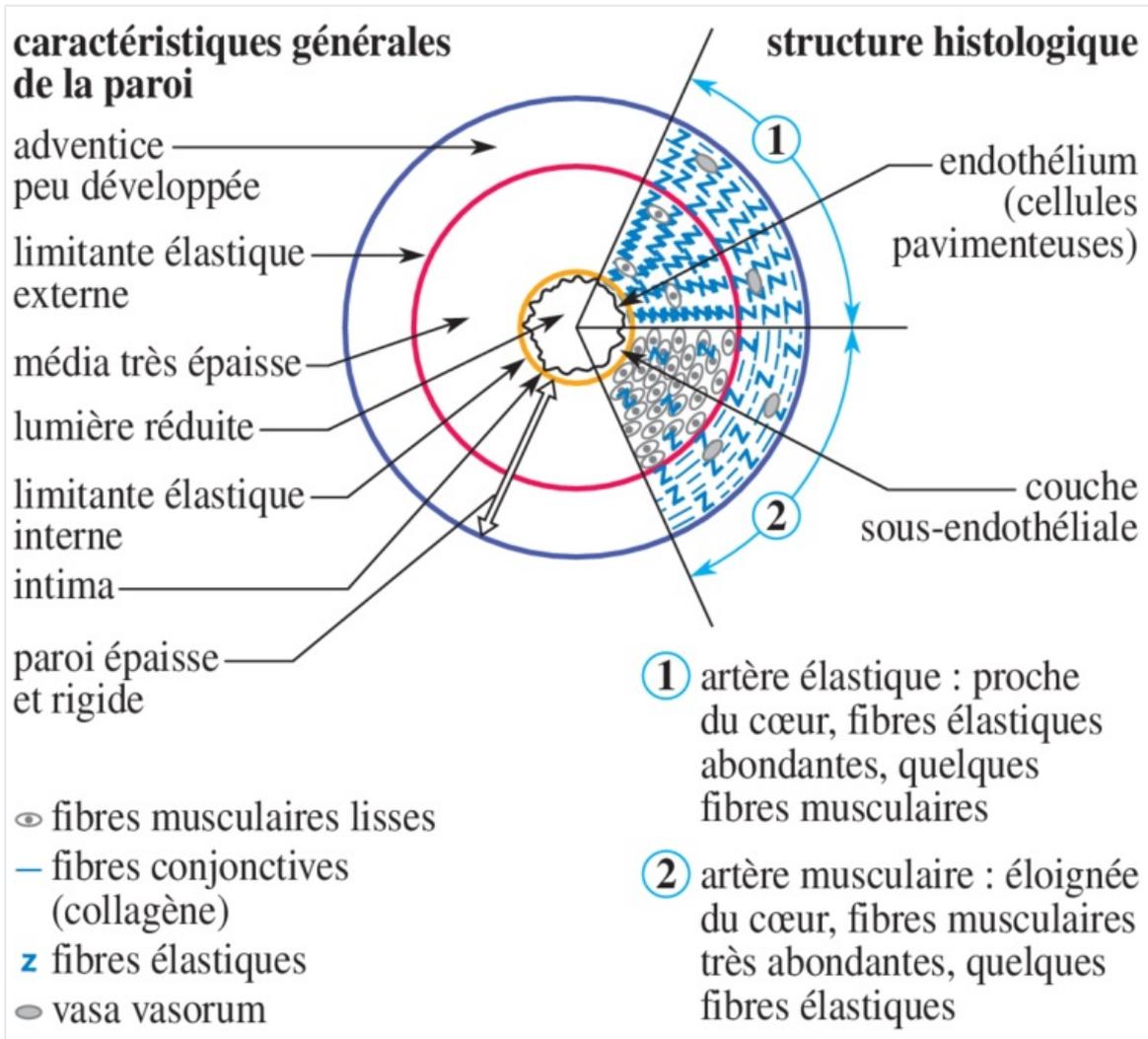
 [Exercice n°8](#)

2. Quelles sont les structures et propriétés de la paroi des vaisseaux sanguins ?

• Le diamètre des vaisseaux varie de quelques μm à 3 cm. Leur histologie, c'est-à-dire l'étude de la nature de leur paroi, permet de distinguer quatre types de vaisseaux : les artères, les artérioles, les capillaires, les veines. Les parois des vaisseaux sanguins peuvent comporter jusqu'à trois couches :

- l'**intima** : elle est composée d'un endothélium, et entoure la lumière du vaisseau ;
- la **media** : elle entoure l'intima, et est constituée de fibres musculaires (contraction) et de fibres élastiques (élasticité) ;
- l'**adventice** : elle présente des fibres de collagène (résistance), des fibres élastiques, des fibres nerveuses et du tissu conjonctif, ainsi que les capillaires qui irriguent les cellules de la paroi.

• Les artères ont une media très développée, leur paroi est riche en fibres élastiques, collagène et fibres musculaires lisses. Ce sont des vaisseaux élastiques qui résistent faiblement à l'écoulement. La motricité des artères (contraction ou relâchement de leur paroi) est contrôlée par des fibres nerveuses.

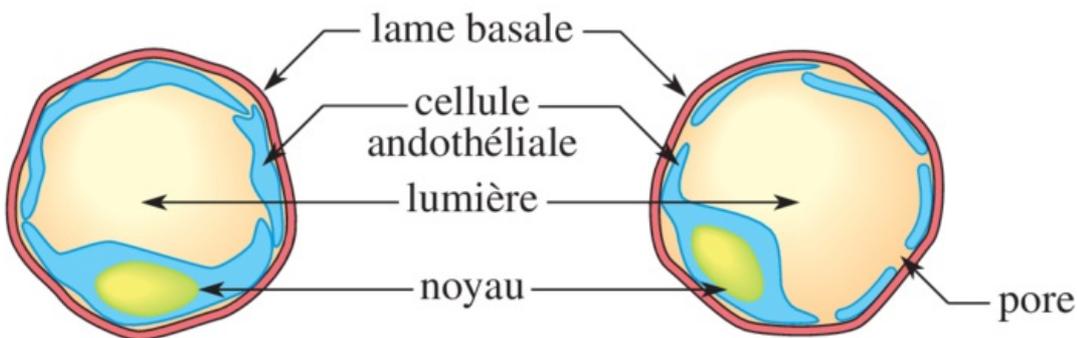


• Les artérioles ont une media est très riche en cellules musculaires lisses, ce sont donc des vaisseaux contractiles qui peuvent régler finement leur diamètre. Leur motricité est également contrôlée par voie nerveuse. Les artérioles ont ainsi quatre rôles complémentaires :

- maintenir en amont une pression élevée ;
- amortir la pulsation du sang, comme les artères ;
- faire chuter vitesse et pression en aval pour faciliter les échanges dans les capillaires ;
- régler le débit sanguin vers chaque organe en fonction de son activité.

• La paroi des capillaires est très simple : elle n'est constituée que d'une seule couche de cellules, l'intima. Les capillaires sont donc spécialisés dans les échanges entre le sang et les cellules. De plus, la vitesse d'écoulement dans la circulation capillaire (= microcirculation) est seulement de 8 mm par seconde. Les sphincters entre artérioles et capillaires répartissent la masse sanguine selon les besoins, si bien qu'à chaque instant, seulement 5 % des capillaires sont irrigués par les artérioles.

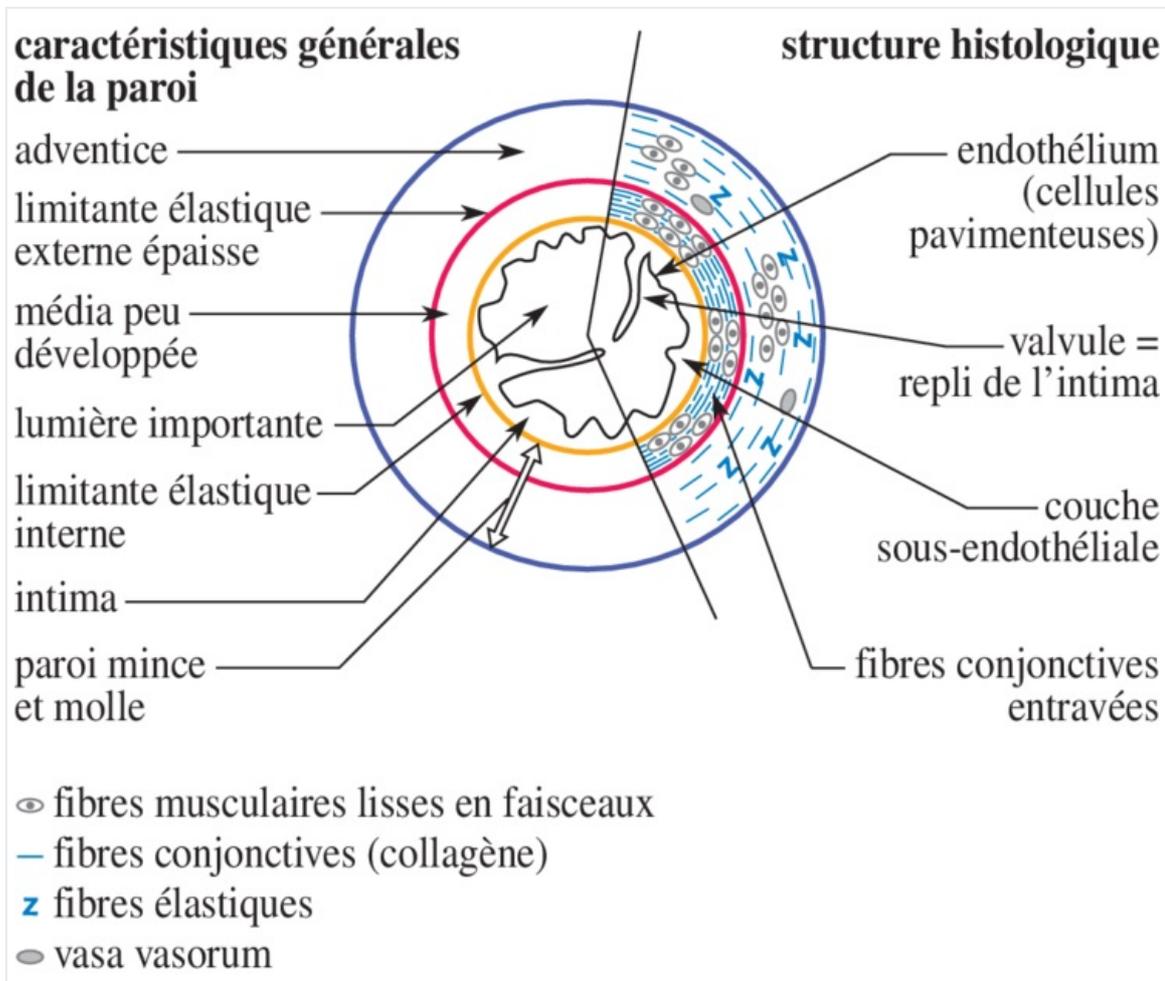
Coupe transversale de la paroi d'un capillaire



capillaire continu (CT)

capillaire fenestré (CT)

• La paroi des veines et veinules est mince et contient surtout du collagène, et peu de fibres musculaires lisses. Les veines peuvent recevoir un très grand volume de sang.



- Le retour veineux en provenance de la partie basse du corps est assuré par plusieurs systèmes :
 - des valvules anti-reflux ;
 - le grand diamètre des vaisseaux permet de n'avoir qu'une résistance à l'écoulement minimale ;
 - les cellules musculaires lisses de la paroi ;
 - la contraction des muscles striés à proximité des veines les « massent » vers le haut.

Remarques

- La **phlébite** est une inflammation des veines qui peut survenir, par exemple, chez un malade alité. Elle engendre la formation d'un caillot, qui peut se détacher et provoquer une embolie.
- Les **varices** sont des dilatations de la paroi des veines, gorgées de sang à la suite d'un mauvais fonctionnement des valvules anti-reflux. Les hémorroïdes sont des varices de veines situées à proximité de l'anus.

 Exercice n°9

 Exercice n°10

 Exercice n°11

À retenir

- Le sang circule toujours des veines vers les oreillettes, des oreillettes vers les ventricules et des ventricules vers les artères.
- Les valvules empêchent le reflux du sang.
- Un cycle cardiaque est constitué de plusieurs périodes : le remplissage des ventricules (diastole générale), qui se termine quand les oreillettes se contractent pour se « vider » (systole auriculaire). Les ventricules se contractent alors (systole ventriculaire) pour éjecter le sang dans les artères.
- On appelle débit cardiaque le volume de sang qui passe par le cœur chaque minute.
- Un groupe de cellules autoexcitables, les cellules nodales, sont à l'origine de la contraction automatique et rythmique des compartiments cardiaques.

- L'appareil cardiovasculaire est composé de la circulation générale, qui sert à distribuer le sang aux tissus, et de la circulation pulmonaire, qui permet l'hématose du sang.
- Le système porte hépatique, par le biais d'une veine porte, apporte au foie le glucose issu de la digestion pour qu'il puisse réguler la glycémie.
- Les artères systémiques sont des vaisseaux résistants et élastiques, qui peuvent se déformer et supporter une forte pression sanguine.
- Les artéioles contrôlent le débit sanguin de chaque organe.
- Les capillaires assurent les échanges respiratoires et nutritionnels entre le sang et les tissus.
- Les veines assurent le retour du sang au cœur, notamment grâce à des valvules anti-reflux.