Document téléchargeable sur le site
https://www.svt-tanguy-jean.com/

Lycée Valentine LABBÉ
41 rue Paul DOUMER – BP 20226
59563 LA MADELEINE CEDEX
CLASSE PRÉPARATOIRE TB
(Technologie & Biologie)

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)
°° SCIENCES DE LA VIE °°

Partie 2. L'organisme, un système en interaction avec son environnement
>> Travaux pratiques <<

TP 2.6.

Étude pratique du cœur et des vaisseaux de Mammifères

Objectifs : extraits du programme

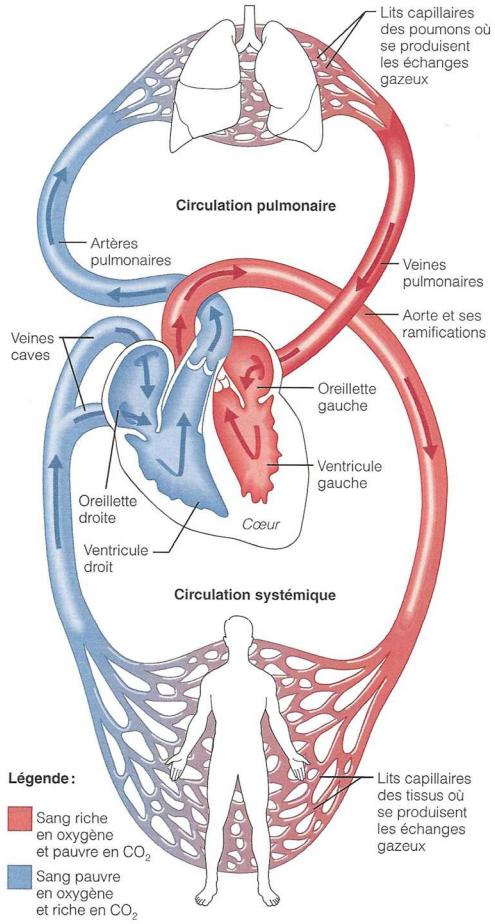
Séance(s)	Connaissances clefs à construire, commentaires, capacités exigibles
Cœur et vaisseaux sanguins 1 séance	- identifier les différentes cavités du cœur et comprendre la mise en circulation du sang. Repérer les vaisseaux qui arrivent et partent du cœur. - déterminer les caractéristiques microscopiques des cellules du myocarde. - caractériser les différents vaisseaux de l'organisme à l'aide de préparations microscopiques et d'électronographies. *L'étude sera limitée aux artères, artérioles, veines et capillaires.*

Introduction

L'**appareil cardiovasculaire** ou **appareil circulatoire** désigne le ***réseau d'organes qui assure la circulation du sang ainsi que le sang lui-même***. On peut sommairement le diviser en trois entités :

- Le **sang**, ***liquide comprenant des cellules (éléments figurés = cellules sanguines) en suspension dans un liquide aqueux riche en solutés variés (plasma) et qui, entre autres, approvisionne les cellules en nutriments variés mais aussi évacue les déchets métaboliques, transporte les hormones, contribue à maintenir l'intégrité de l'organisme, participe au maintien de l'équilibre hydrique et électrolytique…***
- Les **vaisseaux**, ***ensemble de conduits de taille variable où circule le sang et où s'effectuent les échanges de matière avec les tissus***.

On notera ici que le **sang** est un **milieu intérieur endigué**, c'est-à-dire qu'***il circule dans un système circulatoire fermé***. Ce n'est pas le cas de l'**hémolymphe** des Arthropodes qui est un ***liquide circulant dans des vaisseaux ouverts qui débouchent dans la cavité générale (hémocœle)***.



Circulation pulmonaire et circulation systémique. Le côté droit du cœur est la pompe de la circulation pulmonaire* (qui va aux poumons, puis revient au côté gauche du cœur). Le côté gauche est la pompe de la circulation systémique, qui transporte le sang vers les tissus de l'organisme et le rapporte ensuite au cœur où il entre du côté droit. Le sang qui passe dans la circulation pulmonaire absorbe de l'oxygène et se débarrasse de son gaz carbonique (ce phénomène est représenté par le passage du bleu au rouge). Quant au sang de la circulation systémique, il abandonne son oxygène et absorbe du gaz carbonique (passage du rouge au bleu).

* Bien qu'il existe deux artères pulmonaires et quatre veines pulmonaires, le schéma ne montre qu'une artère et une veine pour plus de simplicité.

FIGURE 1. La double circulation sanguine. D'après MARIEB (2005).

- Le **cœur**, ***organe essentiellement composé d'un muscle creux (myocarde) qui propulse le sang dans le réseau vasculaire et permet ainsi la mise en mouvement de ce fluide circulant***.

La **circulation** peut être divisée en **deux grandes boucles** en partant du **cœur** (figure 1) :
- La **circulation pulmonaire** ou **petite circulation** qui correspond au ***circuit vasculaire qui va du cœur au cœur en passant par les poumons***.
- La **circulation générale** ou **circulation systématique** ou **grande circulation** qui correspond au ***circuit vasculaire qui va du cœur au cœur en passant par les organes autres que les poumons***.

On peut noter ici que la **circulation générale** et la **circulation pulmonaire** sont *en série l'une par rapport à l'autre* mais, au sein de la **circulation générale**, les **organes** sont placés *en dérivation les uns par rapport aux autres*.

Le **fonctionnement de l'appareil cardiovasculaire** est traité en **cours** (chapitre 10).

Comment l'organisation de l'appareil cardiovasculaire des Mammifères permet-elle la circulation du sang dans l'organisme ?

À consulter :
- ✓ **Protocole de dissection du cœur** : document fourni en annexe
- ✓ **Documents annexes en ligne que j'avais compilés pour la prépa ATS Bio :**
  - **Présentation de l'histologie cardiaque et vasculaire par HEUSSER & DUPUY (2015)** : document fourni en annexe [*avec des clichés intéressants*]
  - **Présentation de l'histologie cardiaque et vasculaire par HIATT & GARTNER (2012)** : document fourni en annexe [*avec de nombreux clichés*]
- ✓ **Manuel d'histologie en ligne :**
  Y. CLERMONT, M. LALLI & Z. BENCSATH-MAKKAI, *Atlas d'histologie en microscopie optique*, en ligne : http://audilab.bmed.mcgill.ca/HA/html/HAintro_F.html (consultation janvier 2016)

I. Étude pratique du cœur, une double pompe musculaire et automatique

A. Le cœur, organe essentiellement constitué d'un muscle cavitaire en deux parties (myocarde)

- Le **cœur** est enfermé dans une **cavité cœlomique** dont la paroi s'appelle **péricarde**.
- Le **cœur** comprend **trois couches** (en partant de l'extérieur de l'organe) :
  - L'**épicarde**, une couche d'un **épithélium pavimenteux simple** et de **tissu conjonctif plutôt lâche** sous-jacent. On y trouve des **vaisseaux sanguins** et on peut y trouver du **tissu adipeux**. *Du tissu adipeux est du reste souvent présent côté externe de l'organe.*
  - Le **myocarde** correspond au **tissu musculaire cardiaque** qui sera étudié plus loin. On y trouve du **tissu conjonctif dense** riche en **collagène** et **des vaisseaux sanguins**.
  - L'**endocarde** délimite les **cavités auriculaires** et **ventriculaire** et compose l'essentiel des **valvules** ; il comprend un **épithélium** (qu'on peut nommer **endothélium**, puisque c'est ***au contact du sang***) de type **pavimenteux simple** et un **tissu conjonctif plutôt lâche** sous-jacent.

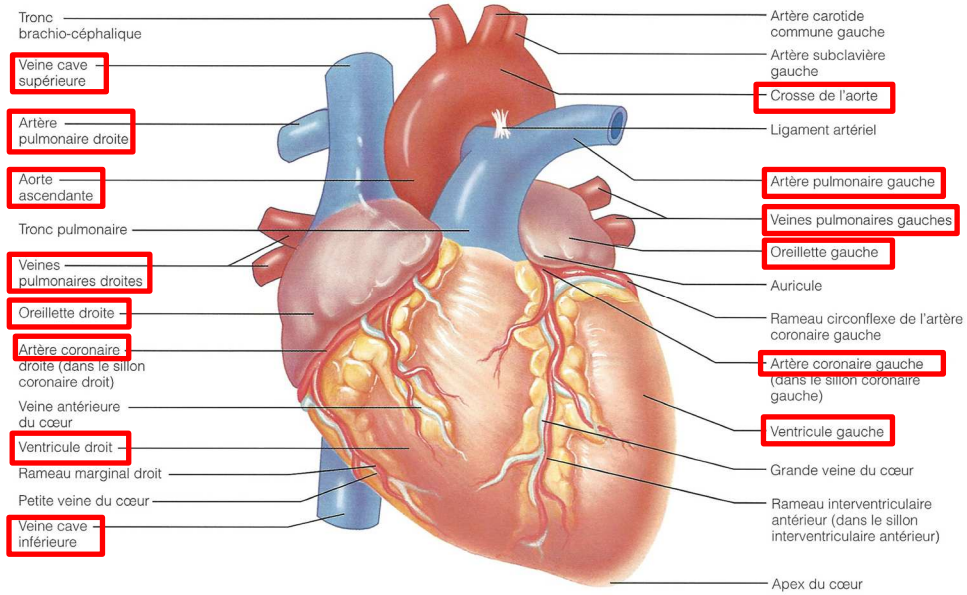


FIGURE 2. Organisation externe du cœur (vue ventrale). D'après MARIEB (2005).
Encadré : vocabulaire important.

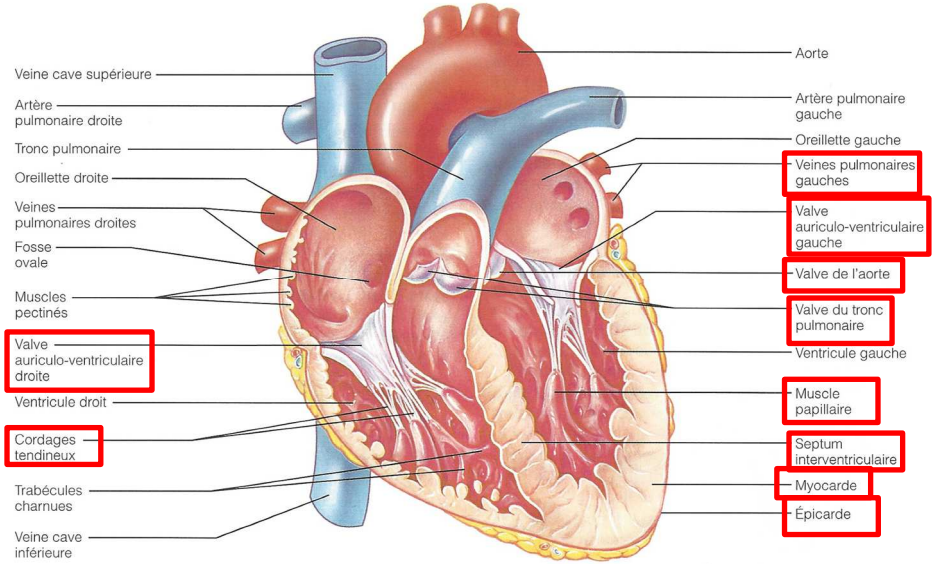
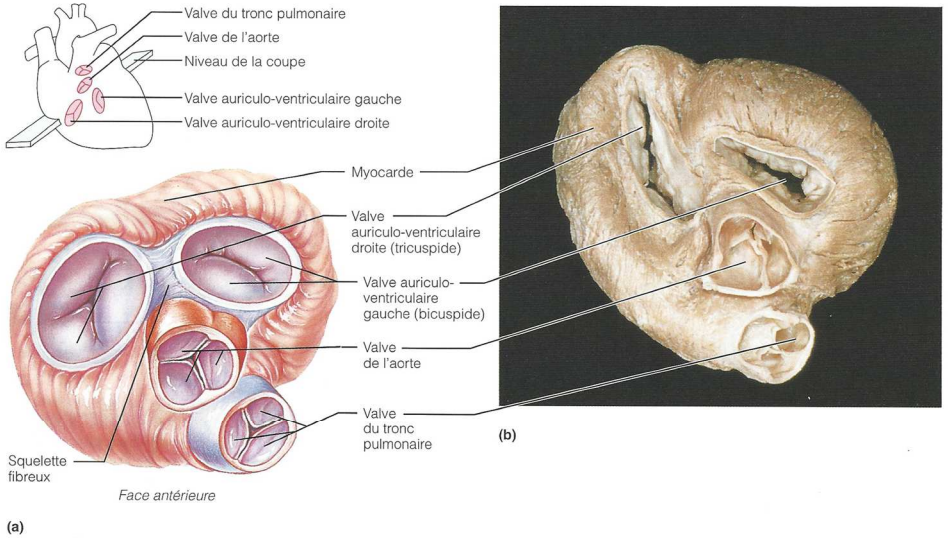


FIGURE 3. Organisation interne du cœur (vue ventrale). *Sont mis en évidence dans le cadres les éléments supplémentaires par rapport à la figure précédente.* D'après MARIEB (2005).

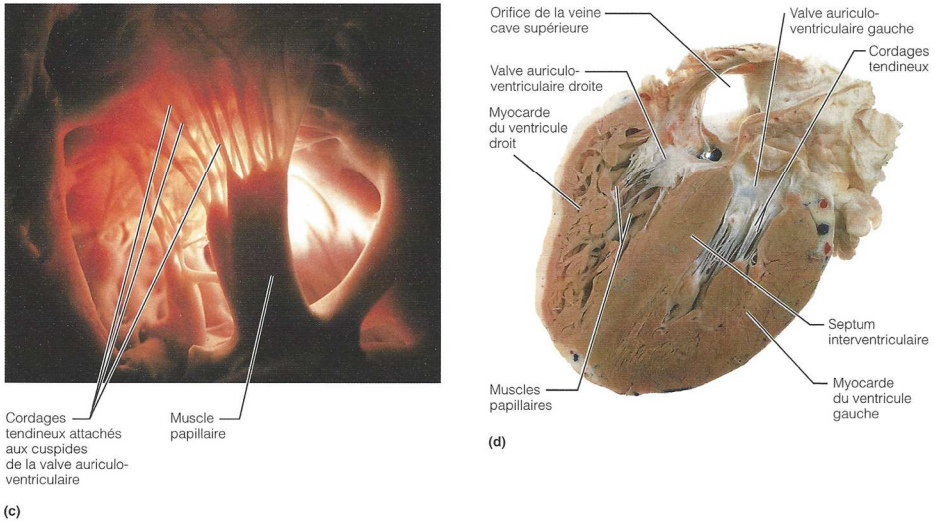
- L'**organisation** du **cœur** et son lien avec les **vaisseaux cardiaques** sont explicités aux figures 2-3. On retiendra que le **cœur** comprend deux **continuums de cavités** (**cœur droit** et **cœur gauche**) chacun constitué d'une **oreillette** où ***arrive le sang*** et d'un **ventricule** d'où ***repart le sang vers les organes***. Un septum interventriculaire sépare les « deux » cœurs (figure 3) ; il est repérable extérieurement par un **sillon interventriculaire**.
- On retiendra le nom des **vaisseaux** suivants : **artère aorte** qui forme une **crosse**, **artère pulmonaire**, **veines caves** (**supérieure** et **inférieure**), **veines pulmonaires** (× 4) (figures 2-3). On retiendra aussi leur rôle dans la **circulation** et leur **positionnement fonctionnel** (voir figure 1) ; les **artères** permettent de ***véhiculer le sang en direction des organes*** alors que les **veines** ***ramènent le sang au cœur***.

Les **vaisseaux coronaires** (**artères** et **veines**) sont les ***vaisseaux permettant l'alimentation sanguine du cœur en sang*** (figure 6). Les artères coronaires prennent naissance à la base de l'aorte.

- On notera enfin le rôle majeur des **valves** ou **valvules** (figures 4-5), ***système anti-reflux de membranes***, qui ***permettent l'unidirectionnalité de la circulation sanguine dans le cœur***. Les **valvules auriculo-ventriculaires** sont reliées par des **cordons tendineux** à des **muscles papillaires (= piliers)** ***dont la contraction facilite la fermeture des valves au moment de la contraction (systole) ventriculaire en empêchant leur retournement sous l'effet de la pression ventriculaire*** (figure 5).

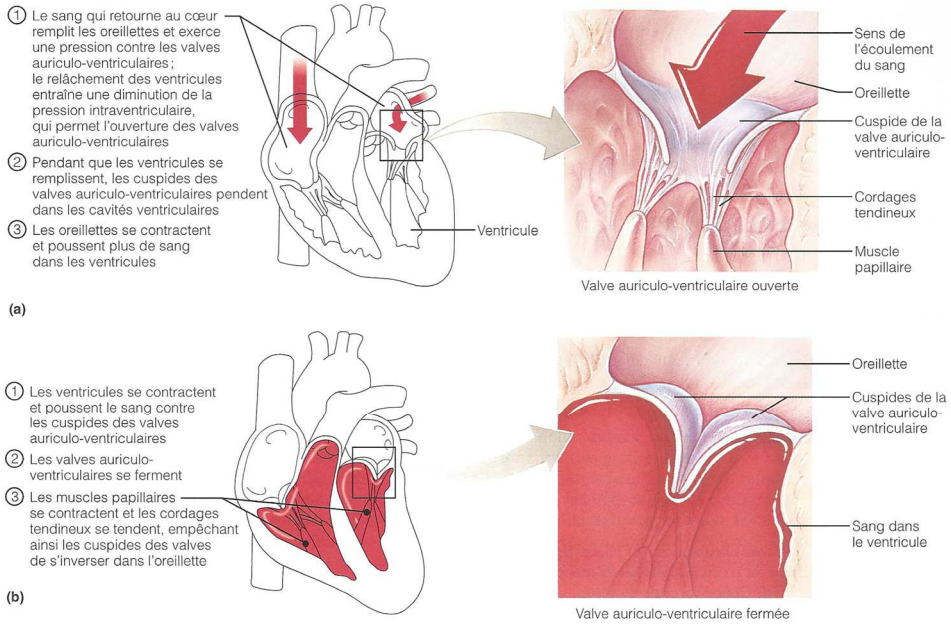


Valves cardiaques. (a) Vue de la face supérieure du cœur montrant les deux paires de valves (oreillettes retirées). Les deux valves auriculo-ventriculaires sont situées entre les oreillettes et les ventricules ; les valves du tronc pulmonaire et de l'aorte sont situées à la jonction des ventricules et des artères qui en émergent. **(b)** Photographie de la face supérieure du cœur montrant les valves.

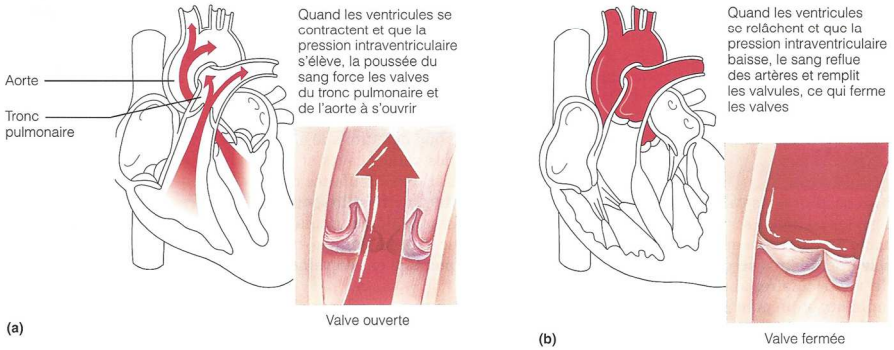


Valves cardiaques. (c) Photographie de la valve auriculo-ventriculaire droite. La vue est en contre-plongée et montre le passage du ventricule droit à l'oreillette droite. **(d)** Coupe coronale du cœur.

FIGURE 4. Organisation et localisation des valvules cardiaques. D'après MARIEB (2005).



Valves auriculo-ventriculaires. (a) Les valves s'ouvrent lorsque la pression artérielle exercée sur leur face auriculaire dépasse la pression exercée sur leur face ventriculaire. **(b)** Les valves se ferment lorsque les contractions des ventricules et l'élévation de la pression intraventriculaire poussent le sang vers le haut. Les muscles papillaires et les cordages tendineux maintiennent les cuspides en position fermée.

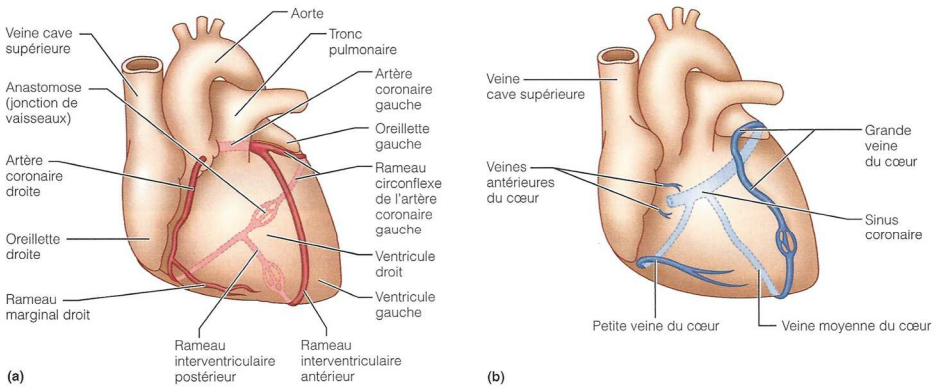


Valves du tronc pulmonaire et de l'aorte. (a) Pendant la contraction des ventricules, les valves sont ouvertes et leurs valvules sont aplaties contre les parois artérielles. **(b)** Lorsque les ventricules se relâchent, le reflux du sang remplit les valvules et ferme ainsi les valves.

FIGURE 5. <u>Rôle des valvules cardiaques</u>. D'après MARIEB (2005).

Pour information : le nom des valvules

- **Valvules sigmoïdes** = **valvules artérielles** : ***valvules formées de 3 lames (= cuspides) présentes entre un ventricule et une artère*** (deux cuspides dessinent la lettre grecque sigma) ; on peut utiliser les termes pour les deux valvules.
- **Valvule tricuspide** : ***valvule formée de trois lames (= cuspides) située entre l'oreillette et le ventricule droit***.
- **Valvule mitrale** = **bicuspide** : ***valvule formée de deux lames (= cuspides) située entre l'oreillette et le ventricule gauche***.



Circulation coronarienne. (a) Irrigation artérielle. **(b)** Irrigation veineuse. (Les vaisseaux de couleur plus claire sont situés dans la partie postérieure du cœur.)

FIGURE 6. <u>La circulation coronaire</u>. D'après MARIEB (2005).

B. Étude pratique du cœur à l'échelle macroscopique

Capacités exigibles	✓ **Identifier** les différentes cavités du cœur et comprendre la mise en circulation du sang. ✓ **Repérer** les vaisseaux qui arrivent et partent du cœur.

Comment l'étude macroscopique de la morphologie et de l'anatomie du cœur permet-elle de comprendre son organisation et son fonctionnement ?

Activité 1. Étude macroscopique du cœur

Savoirs à construire	Organisation macroscopique du cœur

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel… ➢ Dissection	

Méthodes d'étude

Suivez le **protocole** d'**étude** et de **dissection** fourni en annexe.

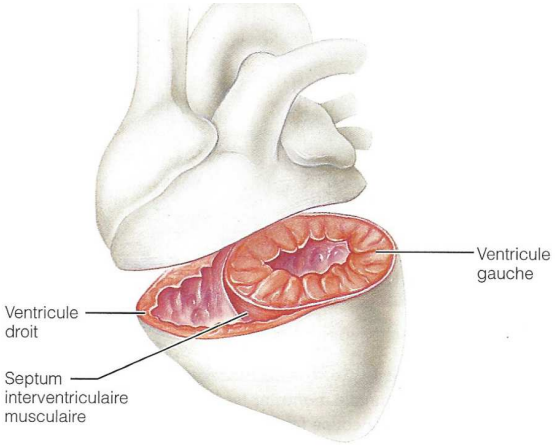
Pistes d'exploitation

- ***Observez*** *bien toutes les structures et* ***comparez*** *les deux côtés du cœur (taille des ventricules, épaisseur de la paroi, couleur et épaisseur des vaisseaux…).*

Éléments de réponse.

Le ***ventricule gauche*** *(débouchant sur la* ***circulation générale*** *: forte* ***distance*** *à parcourir, nécessité d'une* ***pression élevée****) est nettement* ***plus épais*** *que le* ***ventricule droit*** *(débouchant sur la circulation pulmonaire : distance plus faible, fragilité des tissus pulmonaires aux fortes pressions sanguines) (figure 7).*

Les ***artères*** *ont une paroi* ***blanchâtre****, plus* ***épaisse*** *et plus* ***rigide*** *que les* ***veines*** *dont la paroi est plus* ***sombre*** *(couleur chair à brune), moins* ***épaisse*** *et plus* ***souple****.*



Différences anatomiques entre le ventricule gauche et le ventricule droit. La paroi du ventricule gauche est plus épaisse et sa cavité est presque circulaire ; la cavité du ventricule droit a la forme d'un croissant et entoure le ventricule gauche.

FIGURE 7. Cœur droit et cœur gauche : épaisseur ventriculaire. D'après MARIEB (2005).

C. Étude histologique du cœur

1. Notions théoriques d'histologie cardiaque : tissus spécifiques du cœur

- Outre les tissus épithéliaux, conjonctifs, nerveux, les vaisseaux… le cœur contient fondamentalement **deux types tissulaires spécifiques**.

a. Le tissu musculaire cardiaque, acteur de la contraction cardiaque

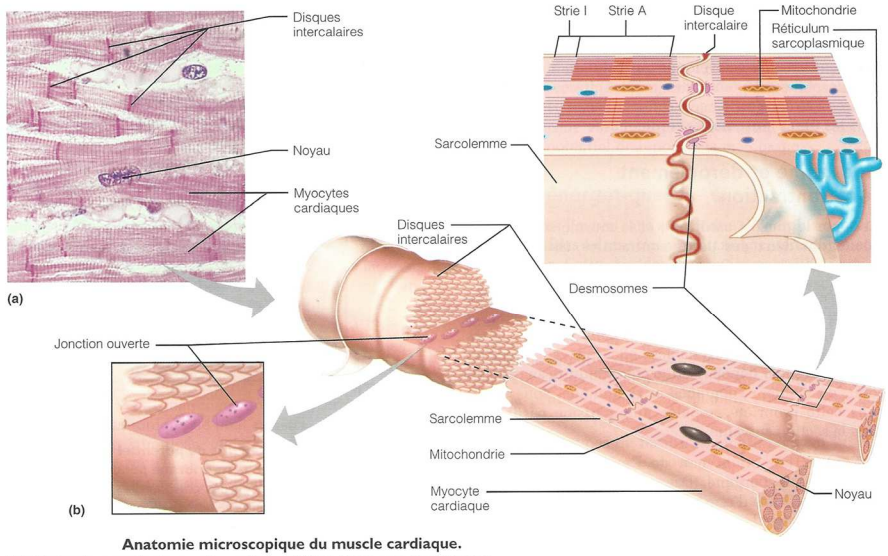
- Le **tissu musculaire (strié) cardiaque** est composé de **cardiomyocytes**, ***cellules musculaires striés en forme de X ou de Y dont la contraction permet la contraction de l'organe***.

- Quelques caractéristiques (à comparer aux fibres musculaires striées squelettiques du TP 1.1.) :
  - **Aspect strié** dû à l'**organisation particulière du cytosquelette** qui permet la **contraction de la cellule** : présence d'***unités de raccourcissements composées d'actine et de myosine*** qu'on nomme **sarcomères** (encadré A).
  - **1 seul noyau par cellule**.
  - Diamètre : de **10 à 20 µm** ; Longueur : **jusqu'à 200 µm**.
  - **Cellules reliées entre elles** (au niveau des **branches du X ou du Y**) par des **complexes** nommés **stries scalariformes** ou **disques intercalaires** : on y trouve des **jonctions d'ancrage** de type **desmosomes** et des **jonctions lacunaires** (**jonctions *gap***) (figure 8). Les **circonvolutions** des disques assurent une **adhérence** supérieure à des surfaces qui auraient été lisses.

    Bien entendu, les **caractéristiques de ces jonctions** sont **à connaître** : elles ont été vues avec le cours sur la cellule.

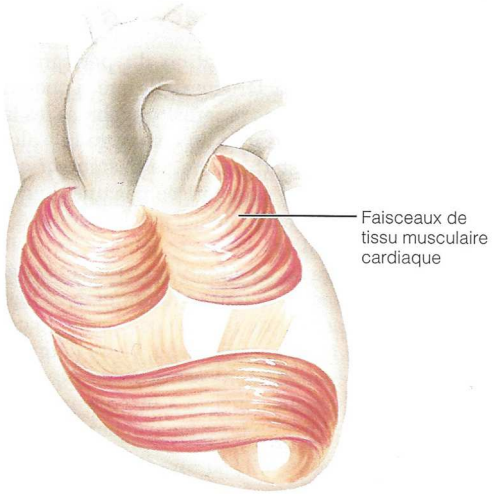
Les **jonctions lacunaires** permettent l'existence de **synapses électriques** : la ***dépolarisation membranaire à l'origine de la contraction des cardiomyocytes*** (ce qu'on appelle le **potentiel d'action cardiaque** ou **PAC**) **se propage de cellule en cellule** très rapidement par ces jonctions.

  - **Cellules** organisées en un **réseau tridimensionnel** (figure 9) (*et non « rectiligne » comme on l'observe dans les muscles squelettiques qui ne permettent qu'un mouvement dans une seule direction*) formant **macroscopiquement** un **tissu circulaire** autorisant la **variation de volume du cœur**. Cette forme est à mettre en lien avec la **forme** des **cardiomyocytes** (**courtes cellules en X et Y**) et leurs **liens structuraux** (**stries scalariformes**).
- Entre les **cardioymocytes**, on trouve une quantité faible de **tissu conjonctif** (incluant des **fibroblastes**) et de nombreux **capillaires**.



Anatomie microscopique du muscle cardiaque.
(a) Photomicrographie du muscle cardiaque (700 ×). Notez que les myocytes cardiaques sont courts, ramifiés et striés. Remarquez aussi les disques intercalaires sombres entre les cellules adjacentes. **(b)** Structures qui unissent les myocytes cardiaques au niveau du disque intercalaire.

FIGURE 8. Tissu musculaire strié cardiaque : organisation fonctionnelle.
D'après MARIEB (2005).



Disposition du muscle cardiaque dans le cœur. Vue longitudinale du cœur montrant les spirales et les cercles formés par les faisceaux de tissu musculaire cardiaque.

⮝ **FIGURE 9. Organisation circulaire du muscle cardiaque.** D'après MARIEB (2005).

Encadré A *Les sarcomères, unités fondamentales de la contraction musculaire dans le cardiomyocytes (et les fibres musculaires squelettiques)*

Très important !

➢ Dans le **tissu musculaire strié**, qu'il soit **cardiaque** ou **squelettique**, on trouve des **myofibrilles** qui sont des ***cylindres parallèles allongés dans le sens de la cellule, faits de la succession régulière, bout à bout, de petits cylindres identiques appelés sarcomères***.

➢ Chaque **sarcomère** est fait de ***filaments de cytosquelette*** qu'on peut ici nommer **myofilaments** (***filaments fins d'actine*** et ***filaments épais de myosine***). Leur organisation détermine au sein du sarcomère des **régions de structure différente** rendant compte de la **striation transversale** des myofibrilles bien **visible en MO** (figure a).

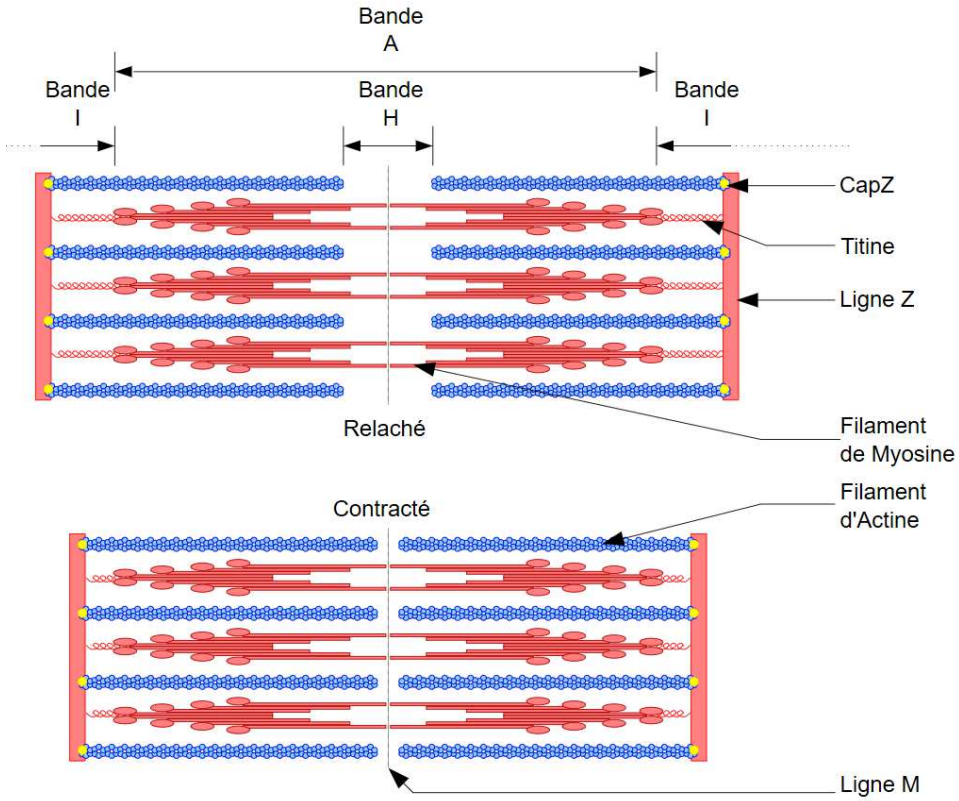


FIGURE a. Organisation simplifiée d'un sarcomère (état relâché et contracté).
D'après *Wikipédia* (consultation janvier 2016).

➢ C'est un **glissement ATP-dépendant** des **têtes de myosine** sur les **microfilaments d'actine** qui permet la **contraction musculaire**.

➢ *En **microscopie électronique** (figure b), l'arrangement protéique des sarcomères permet de définir des **bandes** et des **lignes**. On définit un **sarcomère** comme étant le **segment entre deux lignes Z voisines**. Dans les **coupes longitudinales** des **muscles** en **microscopie électronique**, les **lignes Z** (de l'allemand* zwischen*, signifiant « entre ») apparaissent comme une* **série de lignes foncées**. *À côté de la ligne Z, on retrouve la **bande I** (pour isotrope). La **bande A** (pour anisotrope) vient ensuite. On retrouve une **partie plus pâle** dans cette région appelée la **zone H** (de l'allemand* heller*, plus pâle). Finalement incluse dans cette dernière, la mince **ligne M** (de l'allemand* mittel*, centre) se situe à l'intérieur. Les bandes A et I ont été nommées d'après leurs propriétés sous microscope polarisant. Les bandes A et I, ainsi que la ligne Z, sont visibles au microscope optique.*

À chacune de ces **structures** correspondent des **protéines particulières** ; il paraît utile de **retenir l'actine et la myosine** ; la mémorisation des **autres protéines** (titine, CapZ…) peut sembler **superflue** dans le cadre de ce programme.

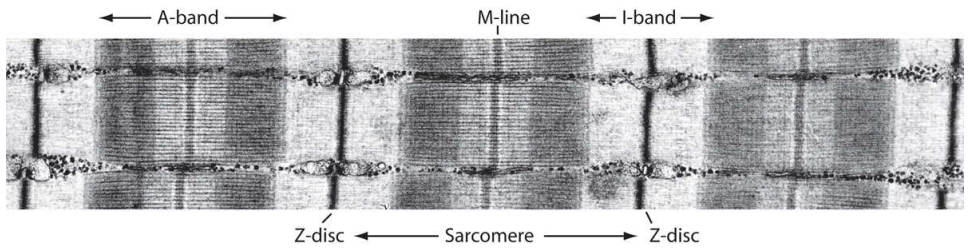
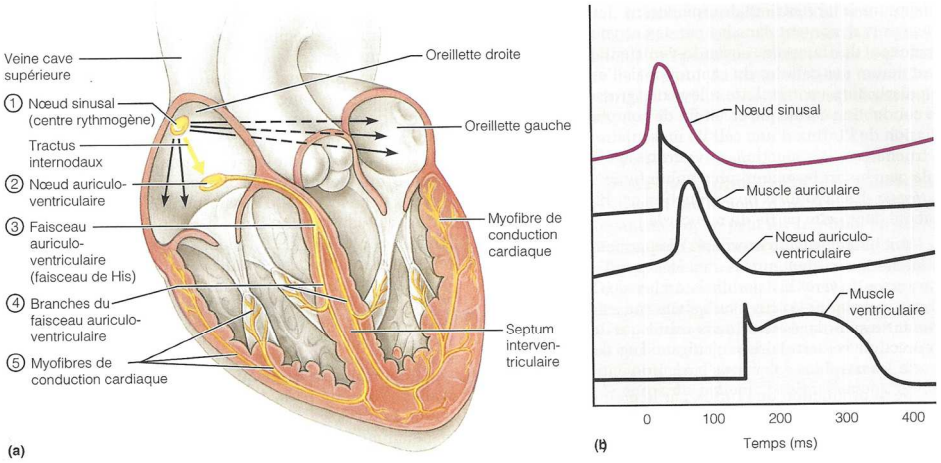


FIGURE b. Sarcomères au MET.
http://www.ks.uiuc.edu/Research/telethonin/ (consultation janvier 2016).
À compléter par l'étudiant.

b. Le tissu nodal (= tissu cardionecteur), support tissulaire de l'automatisme cardiaque



Système de conduction du cœur et succession des potentiels d'action pendant un battement. (a) L'onde de dépolarisation a son origine dans les cellules du nœud sinusal, après quoi elle traverse le myocarde auriculaire pour atteindre le nœud auriculo-ventriculaire, le faisceau auriculo-ventriculaire, les branches gauche et droite du faisceau auriculo-ventriculaire et les myofibres de conduction cardiaque, dans le myocarde ventriculaire. **(b)** La succession des potentiels engendrés dans le cœur est représentée de haut en bas, du potentiel de «pacemaker» produit par les cellules du nœud sinusal jusqu'au potentiel d'action (au plateau étendu) typique des cellules contractiles des ventricules.

FIGURE 10. Tissu nodal. D'après MARIEB (2005).

- Le **tissu nodal** ou **tissu cardionecteur** (figure 10) désigne ***l'ensemble des cellules cardiaques capables de générer spontanément un potentiel d'action en l'absence de toute stimulation externe***. On appelle ce potentiel d'action un **potentiel pacemaker** ; c'est lui qui permet le **fonctionnement automatique du cœur**.
  - ✓ Cela explique qu'un **cœur séparé d'un individu** en état de mort cérébrale **continue à battre** et puisse **être greffé**.
  - ✓ Cela explique aussi que **le cœur batte chez un embryon** avant même que toute **afférence nerveuse** ne soit en place.
  - ✓ On notera enfin que les **cellules nodales isolées** et mises en culture **se contractent spontanément**.
- Les **cellules cardionectrices** sont des **cellules musculaires** représentant environ **1 % des cellules cardiaques** et s'apparentant aux **cardiomyocytes** mais ***comprenant nettement moins de myofibrilles et de taille plus importante que les cardiomyocytes***. Les myofibrilles sont essentiellement réparties dans la **périphérie des cellules** (ce qui est particulièrement **visible en coupe transversale**).
- On distingue **plusieurs groupes de cellules nodales** (nœud sinusal, nœud, auriculo-ventriculaire, faisceau de HIS, fibres de PURKINJE) (figure 10) caractérisées par leur **localisation** et leur **rythme de dépolarisation**.

2. Étude pratique des tissus cardiaques

Capacité exigible	✓ **Déterminer** les caractéristiques microscopiques des cellules du myocarde.

Comment l'étude microscopique des tissus cardiaques permet-elle de comprendre leur organisation fonctionnelle ?

Activité 2. Étude histologique (MO) et ultrastructurale (MET) des tissus cardiaques

Savoirs à construire	Organisation microscopique des tissus cardiaques

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel… ➢ Microscopie	
	Analyser, observer et raisonner	

Travail à faire

1. **Réalisation** d'un montage entre lame et lamelle de **tissu musculaire cardiaque dilacéré** prélevé lors de la **dissection** du cœur (puis **observation au MO**).
2. **Étude histologique (MO)** de coupes du commerce (**coupes longitudinales** et **transversales**).
3. **Étude ultrastructurale (MET)** : étude **d'électronographies**.

Pistes de réflexion et d'exploitation

- ***Réalisez** les **manipulations** et **observations** listées puis **complétez** les figures 11-15.*

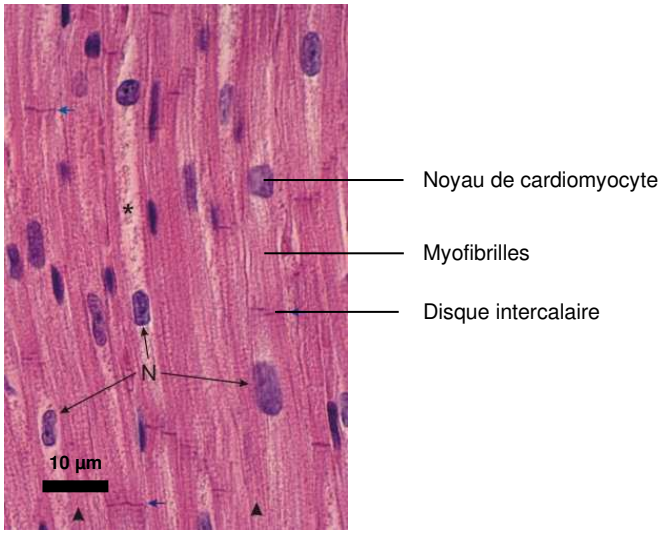


FIGURE 11. Cardiomyocytes de Mammifères en coupe longitudinale (MO).
Cliché Y. CLERMONT, M. LALLI & Z. BENCSATH-MAKKAI, *Atlas d'histologie en microscopie optique*, en ligne : http://audilab.bmed.mcgill.ca/HA/html/HAintro_F.html (consultation janvier 2016)

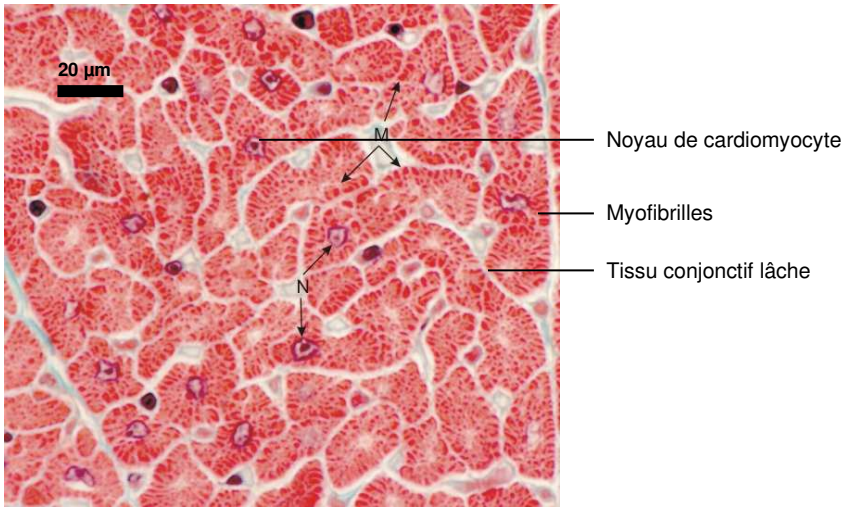
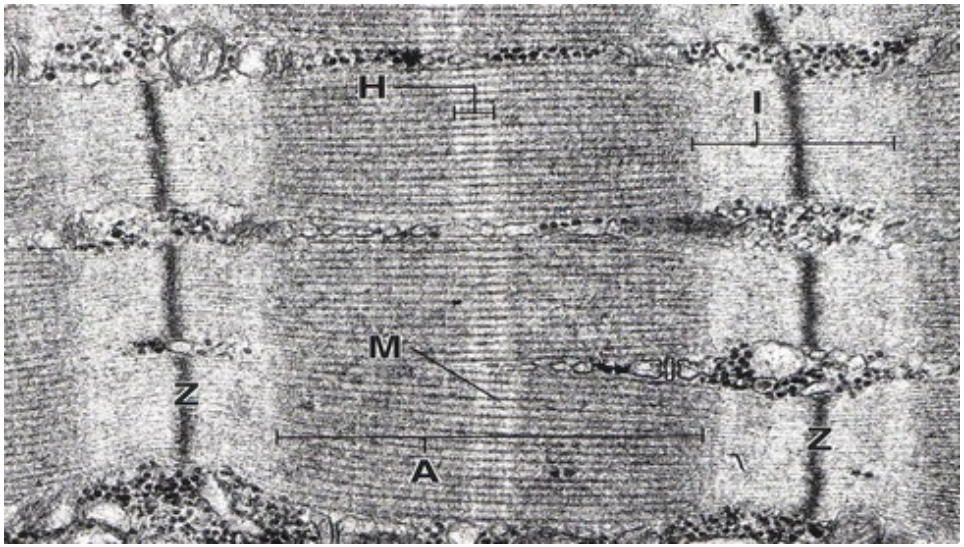


FIGURE 12. Cardiomyocytes de Mammifères en coupe transversale (MO).
Cliché Y. CLERMONT, M. LALLI & Z. BENCSATH-MAKKAI, *Atlas d'histologie en microscopie optique*, en ligne : http://audilab.bmed.mcgill.ca/HA/html/HAintro_F.html (consultation janvier 2016)



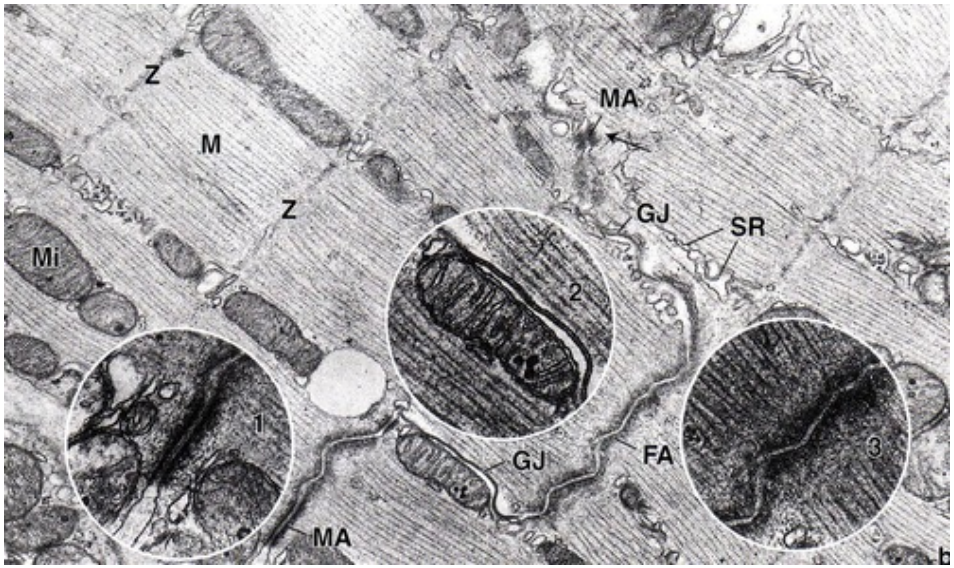


FIGURE 13. Ultrastructure de cardiomyocytes de Mammifères (MET).
D'après https://quizlet.com/28922918/cardio-week-2-flash-cards/ (consultation janvier 2016)
MA : desmosome (*macula adherens*), GJ : *gap junction*, FA : ceinture d'adhérence (*fascia adherens*)
Mi : mitochondrie, SR : réticulum sarcoplasmique

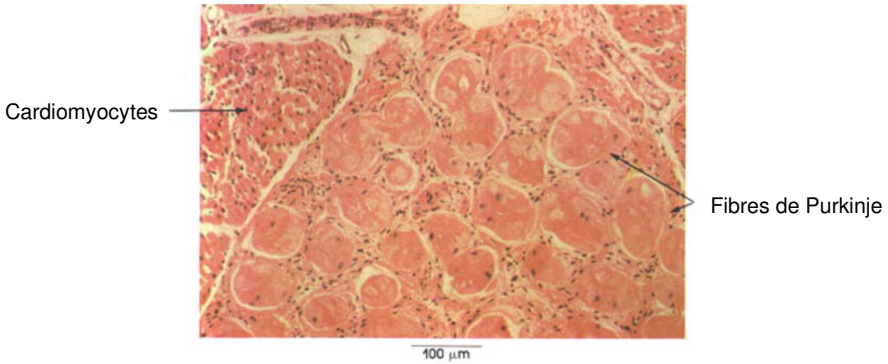


FIGURE 14. Tissu nodal en coupe transversale : fibres de PURKINJE (MO).
D'après http://www.anatomyatlases.org/MicroscopicAnatomy/Section05/Plate0579.shtml
(consultation janvier 2016)

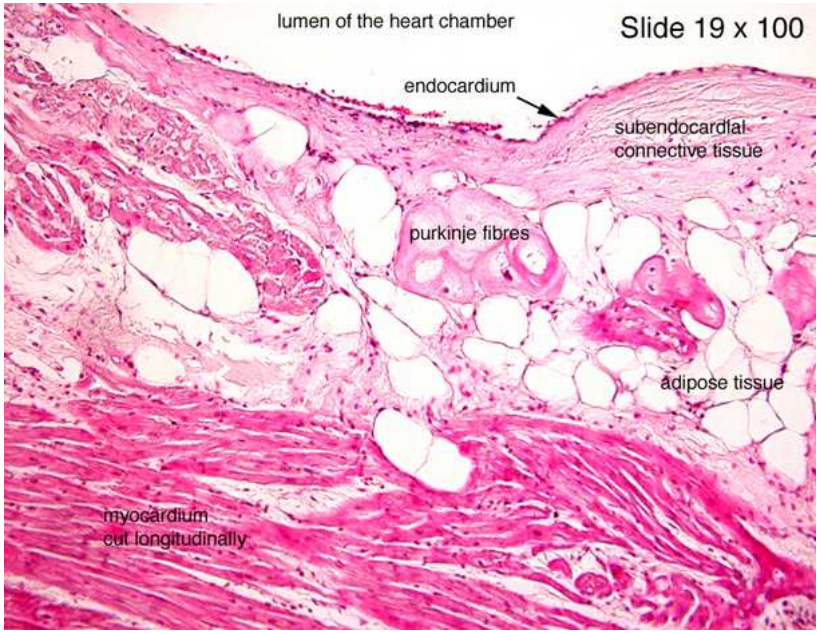


FIGURE 15. Tissu nodal en coupe transversale : fibres de PURKINJE en périphérie du cœur (MO).
D'après https://secure.health.utas.edu.au/intranet/cds/histoten/Practicals/06.Cardiovascular.html
(consultation janvier 2016)

*Notez la **taille importante** des **fibres** et leur **striation moindre** par rapport aux cardiomyocytes.*
*Les **myofibrilles** se retrouvent surtout **en périphérie** des cellules.*
*Le cytosol est riche en **glycogène**.*

II. Étude pratique des vaisseaux, conduits de distribution du sang

A. Organisation générale des vaisseaux sanguins

Les vaisseaux sanguins forment un **réseau continu de conduits** présents dans tous les tissus de l'organisme à l'exception des épithéliums. Ils ont un rôle de distribution et d'échanges au sein de l'organisme. Trois catégories de vaisseaux sont distinguées en fonction de leur position dans l'arbre circulatoire, leur structure et leur fonction : artères, capillaires et veines.

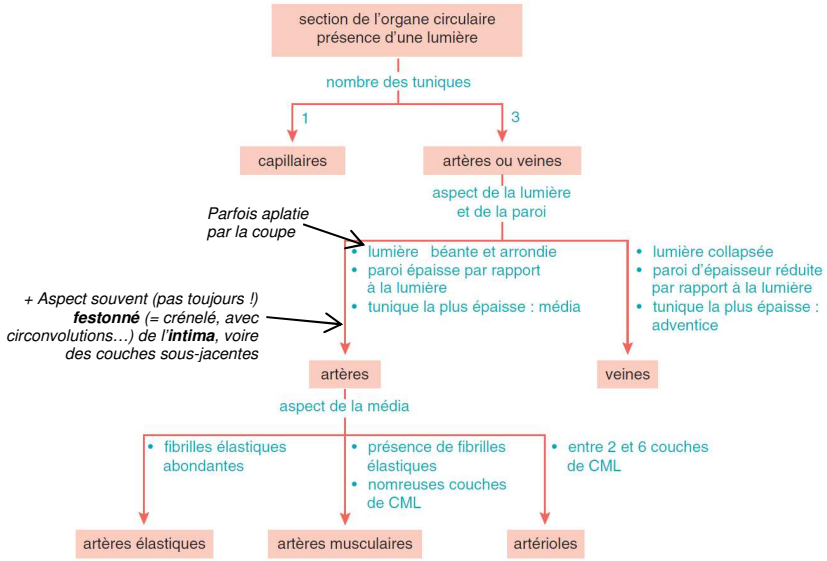
Organisation générale des vaisseaux sanguins

Les vaisseaux ont une structure commune constituée par plusieurs **tuniques** plus ou moins développées :
- **intima** : bordure interne des vaisseaux ; elle est constituée par une couche unique de cellules extrêmement aplaties, l'endothélium, reposant sur une lame basale et un tissu conjonctif fin ;
- **média** : couche intermédiaire contenant une proportion variable de fibrilles d'élastine, de collagène et de cellules musculaires lisses ;
- **adventice** : couche externe de tissu conjonctif de soutien plus ou moins riche en collagène.

Des limitantes entre intima et média, **limitante élastique interne** (LEI) et entre média et adventice, **limitante élastique externe** (LEE) sont bien visibles pour les gros vaisseaux.
Les cellules des vaisseaux sont alimentées par diffusion à partir de leur lumière. Pour les plus gros vaisseaux, un système de vascularisation propre est assuré par de petites artères : les *vasa vasorum* (« vaisseaux des vaisseaux »).

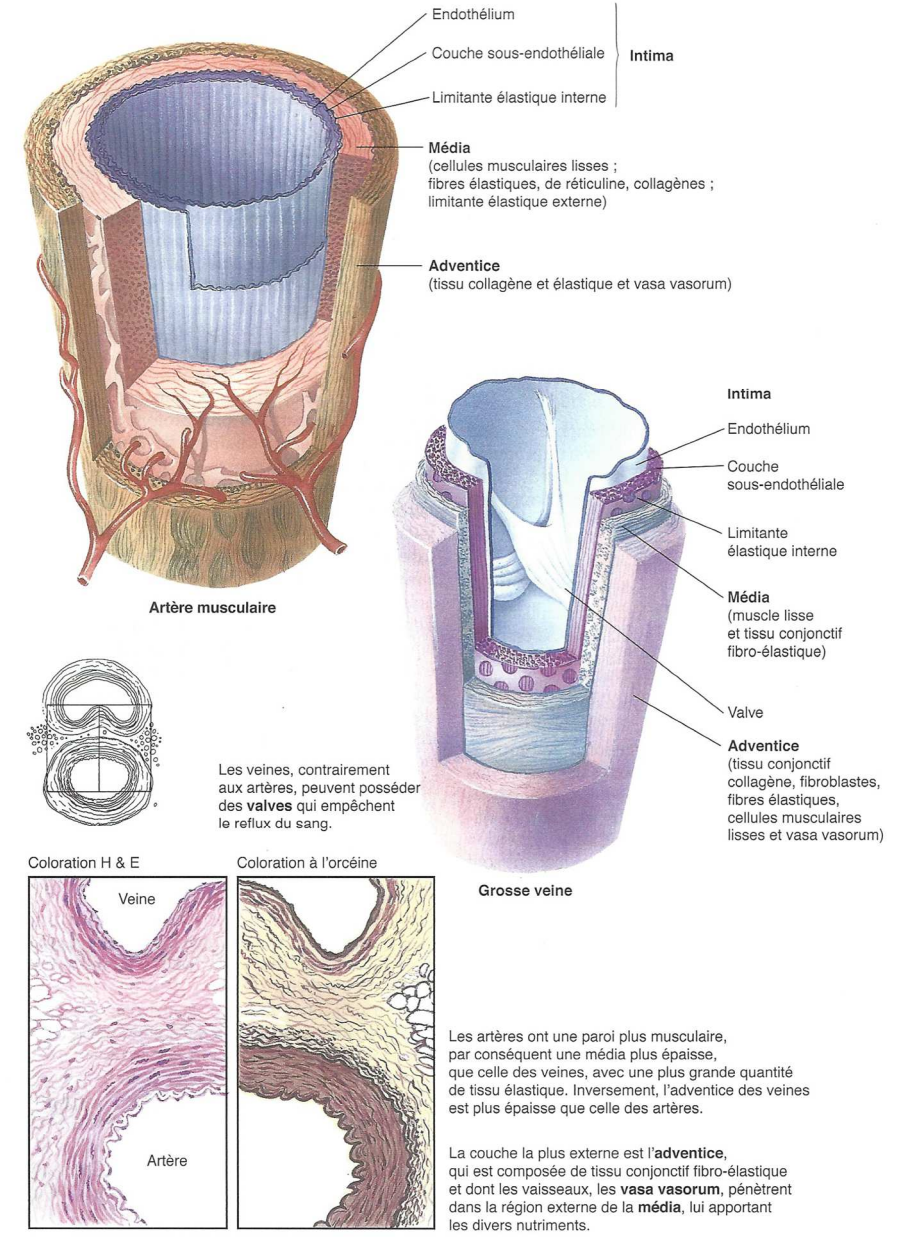
La **LEI** et la **LEE** sont des **niveaux conjonctifs souvent riches en élastine** (nettement visibles dans le **réseau artériel**)

B. Clef d'identification des vaisseaux sanguins



D'après SEGARRA et al. (2015)

SCHÉMA Artère et veine

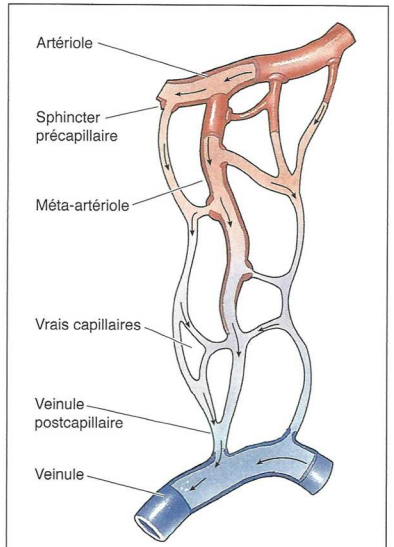


Les artères ont une paroi plus musculaire, par conséquent une média plus épaisse, que celle des veines, avec une plus grande quantité de tissu élastique. Inversement, l'adventice des veines est plus épaisse que celle des artères.

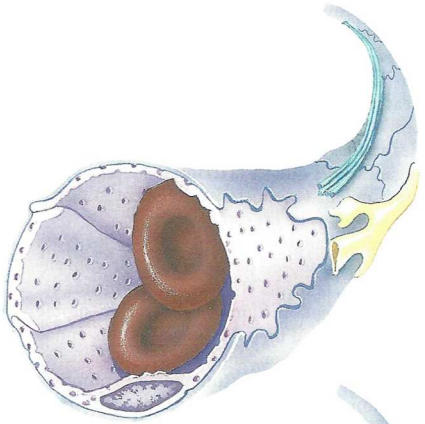
La couche la plus externe est l'**adventice**, qui est composée de tissu conjonctif fibro-élastique et dont les vaisseaux, les **vasa vasorum**, pénètrent dans la région externe de la **média**, lui apportant les divers nutriments.

FIGURE 16. Diversité des vaisseaux 1/2. D'après HIATT & GARTNER (2012).

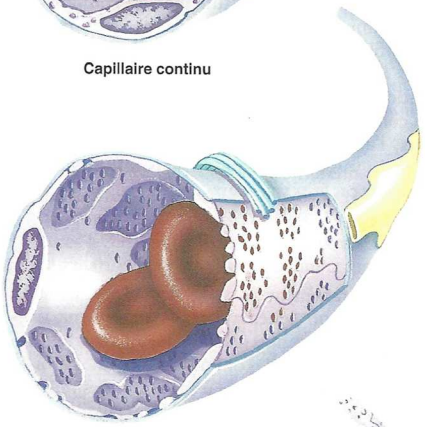
SCHÉMA Types de capillaires



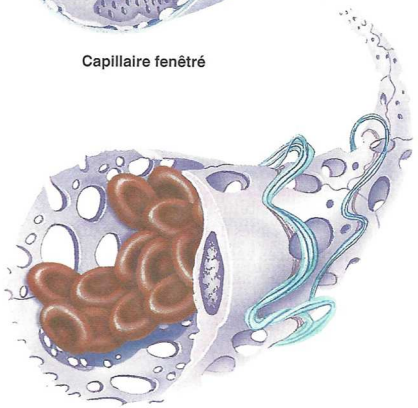
Certains lits capillaires, comme ceux de la peau, sont disposés d'une façon telle qu'ils puissent être court-circuités dans certaines circonstances. Le flux sanguin peut être contrôlé au niveau des **canaux centraux** qui transportent le sang d'une artériole à une veinule. La partie proximale du canal central est une **méta-artériole**, vaisseau ayant une couche musculaire incomplète. Le flux sanguin dans chaque capillaire issu de la méta-artériole est contrôlé par un **sphincter précapillaire** constitué de cellules musculaires lisses. La partie distale du canal central est la **veinule postcapillaire**, qui reçoit le sang du lit capillaire et ne possède pas de cellules musculaires lisses. Si le lit capillaire doit être court-circuité, le sphincter précapillaire se contracte, empêchant le sang de passer dans le lit capillaire, et le sang va alors directement dans la veinule.



Capillaire continu



Capillaire fenêtré



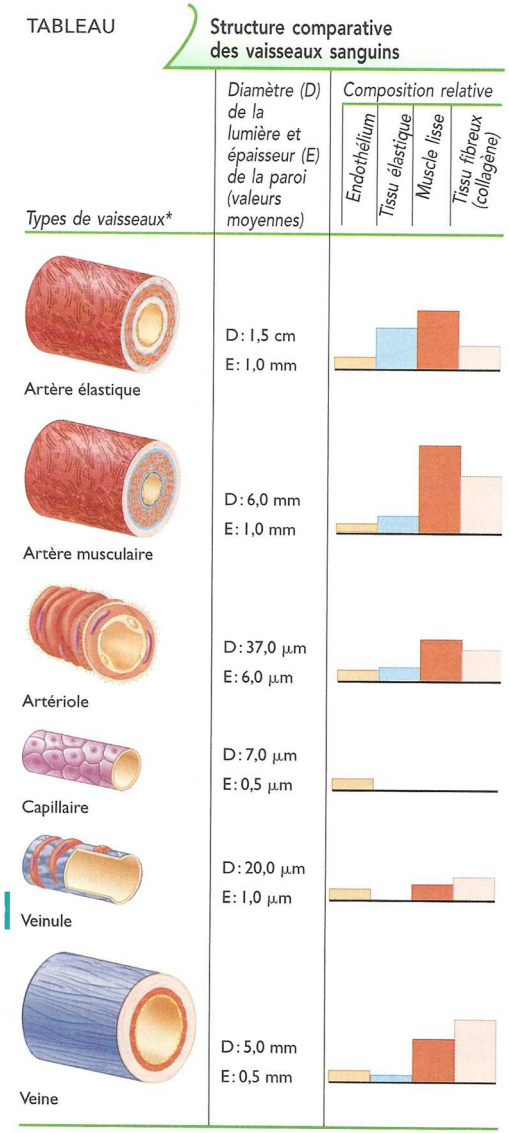
Capillaire sinusoïde

Les capillaires consistent en un épithélium pavimenteux simple enroulé en cylindre de 8-10 µm de diamètre. Les **capillaires continus** n'ont pas de pores ; les échanges se font dans l'une ou l'autre direction par des **vésicules de pinocytose**. Les **capillaires fenêtrés** sont caractérisés par la présence de perforations, les **pores**, de 60-80 nm de diamètre, qui sont ou non recouverts par un diaphragme. Les **capillaires sinusoïdes** ont une grande lumière (diamètre de 30-40 µm), de nombreux pores, une lame basale discontinue et n'ont pas de vésicules de pinocytose. Dans les capillaires sinusoïdes, les cellules endothéliales adjacentes se superposent souvent partiellement.

FIGURE 16. Diversité des vaisseaux 2/2. D'après HIATT & GARTNER (2012).

C. Typologie des vaisseaux

TABLEAU I. Comparaison des vaisseaux chez l'Homme. D'après MARIEB (2005).



* Les divers vaisseaux ne sont pas représentés à l'échelle.
La taille des petits vaisseaux est exagérée pour montrer certains détails.
Les dimensions réelles sont données dans la deuxième colonne.

1. Le réseau artériel, réservoir de pression

- Les artères sont généralement divisées en **artères élastiques** (= **grosses artères** : **aorte**, **artère pulmonaire**, **carotides**…), **artères musculaires** et **artérioles** ; celles-ci diffèrent par leur **localisation**, leur **taille**, leur **organisation** et leur **fonction** (tableau II) (voir aussi tableau I). Le réseau artériel **amortit la pression sanguine** due au **cœur** (artères élastiques) et gère, par la **vasoconstriction** ou la **vasodilatation**, le **débit sanguin** aux **organes** (artères musculaires) et aux **tissus** (artérioles).

Histologie des artères élastiques

Les artères élastiques sont des **grosses artères**, dont certaines sont directement en relation avec le cœur. Les trois tuniques sont bien visibles.
L'intima est soutenue par un tissu conjonctif riche en élastine. Leur media contient assez peu de cellules musculaires lisses. En revanche, elle est **riche en fibrilles élastiques** (assemblage d'élastine) qui confèrent une compliance assez élevée aux artères c'est-à-dire une capacité à se distendre pour une pression transmurale donnée
Leur élasticité est à l'origine d'un retour au diamètre initial. Comme leur media est plus riche en collagène que la media des veines, les artères élastiques ne présentent pas de collapsus de leur lumière.

Histologie des artères musculaires et des artérioles

Les artères musculaires et les artérioles sont caractérisées par une **media épaisse riche en cellules musculaires lisses**. Ces cellules sont reconnaissables à leur noyau effilé et tortueux. Selon le calibre du vaisseau, le nombre de couches de cellules musculaires lisses est plus ou moins important. La présence importante des cellules musculaires lisses confère une **vasomotricité** importante aux petites artères et aux artérioles qui leur font jouer un **rôle majeur dans la variation de la résistance à l'écoulement sanguin** et dans la **répartition des débits entre les différents tissus**.

D'après SEGARRA et al. (2015)

TABLEAU II. Typologie et caractéristiques des artères.
Document J. SEGARRA, TB2, Lycée Pierre-Gilles de Gennes ENCPB, Paris 13e (2005).

type d'artère	*exemples*	*caractéristiques structurales*	*rôle(s) dans le système circulatoire*
artères élastiques	aorte, carotide, sous-clavières	3 tuniques bien visibles Diamètre important Média riche en fibrilles élastiques	**Amortissement** de la pression sanguine lors de l'éjection systolique **Maintien** d'une pression élevée dans le segment artériel
artères musculaires	radiales, fémorales, coronaires, cérébrales	3 tuniques bien visibles Diamètre lumière comparable épaisseur paroi Média épaisse, riche en CML Intima plissée/festonnée	Variation de diamètre = variation de résistance Ajustement du débit sanguin dans les organes
artérioles	segments terminaux artériels avant les lits capillaires	2 tuniques bien visibles, adventice fusionnée avec tissu conjonctif adjacent Noyaux endothéliaux qui font protrusion Média épaisse avec CML = 2 à 6 couche	Variation de résistance = ajustement du débit au sein des tissus avant l'entrée dans les capillaires

2. Le réseau capillaire, lieu d'échanges avec les tissus

- Les **capillaires** sont des vaisseaux normalement ***seulement limités par une couche endothéliale et une lame basale*** et ***où se réalisent les échanges de nutriments, déchets, hormones… entre le sang et les tissus***.

Les capillaires peuvent aussi présenter des **péricytes**, ***cellules localisées au niveau de la lame basale de l'endothélium des capillaires qu'elles entourent par de longs prolongements circonférentiels et cytoplasmiques***. Peu nombreux, les péricytes ont une **fonction contractile** et un rôle dans la **régulation du débit sanguin** au niveau des capillaires et des veinules post-capillaires.

- L'organisation des **lits capillaires** est rappelée par la figure 16.
- On distingue classiquement trois types de capillaires (figure 16) :
  - Les **capillaires continus** : ***capillaires dont les cellules endothéliales ne présentent pas de perforation*** (*exception faite peut-être des* ***fentes intercellulaires****, de l'ordre de 4 nm*). Les échanges se font seulement par diffusion et **transcytose** (***phénomènes fréquents et bidirectionnels de cytoses entre plasma et liquide interstitiel des tissus***).
  - Les **capillaires fenêtrés** ou **fenestrés** : ***les cellules présentent des pores (fenestrations) de 50 à 80 nm***.
  - Les **capillaires discontinus** ou **capillaires sinusoïdes** : ***les cellules endothéliales présentent des pores de 100 à 1000 nm***.

3. Le réseau veineux, réservoir de volume assurant le retour du sang au cœur

Les veines conduisent le sang des tissus vers le cœur. Elles fonctionnent comme un **système collecteur**. La majeure partie du volume sanguin est contenue dans les veines.
La section transversale des veines n'est généralement pas circulaire et la **lumière** est **plus ou moins collapsée** en raison de la **moindre épaisseur de la paroi** des veines (en comparaison avec celle des artères de même niveau). L'**adventice** est la **tunique la plus développée**. Elle est constituée par des fibrilles de collagènes. Pour les grosses veines, elle contient des vaisseaux d'alimentation (*vasa vasorum*). L'intima est généralement réduite à la couche de cellules endothéliales.

Les grosses veines ont une média riche en fibrilles élastiques et en collagène leur conférant une compliance très élevée. Les veines de moyen et de petit calibre ont une média contenant quelques couches de cellules musculaires lisses qui modulent le diamètre de la lumière et la capacité de stockage du sang dans le système veineux.
Des **valvules** dans les veines de moyen calibre (au-delà de 2 mm de diamètre) empêchent le retour du sang.

D'après SEGARRA *et al. (2015)*

D. Réalisation des observations

Capacité exigible	✓ **Caractériser** les différents vaisseaux de l'organisme à l'aide préparations microscopiques et d'électronographies. *L'étude sera limitée aux artères, artérioles, veines et capillaires.*

Comment l'étude microscopique et ultrastructurale des vaisseaux permet-elle de comprendre leur organisation fonctionnelle ?

Activité 3. Étude des vaisseaux

Savoirs à construire	Organisation histologique et ultrastructurale des vaisseaux (artères, artérioles, veines, veinules, capillaires)

Savoir-faire sollicités	Capacité ou attitude visée	Évaluation
	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel… ➢ Microscope	

Travail attendu

1. **Étude histologique** de coupes transversales (**MO**) :
   - **Artère élastique**
   - **Artère musculaire**
   - **Artériole**
   - **Capillaire**
   - **Veinule**
   - **Veine**
2. **Étude ultrastructurale** des types de capillaires (**MET**) :
   - **Capillaire continu**
   - **Capillaire fenêtré**
   - **Capillaire sinusoïde**

Pistes de réflexion et d'exploitation

- ***Réalisez*** *les observations attendues et, partir de ces observations et des données de ce TP,* ***complétez*** *les figures 17-26.*
- ***Dressez*** *un bilan des caractéristiques structurales et fonctionnelles des divers types de vaisseaux (hors capillaires qui seront plutôt repris en cours) en vous fondant sur vos observations et les données de ce TP.*

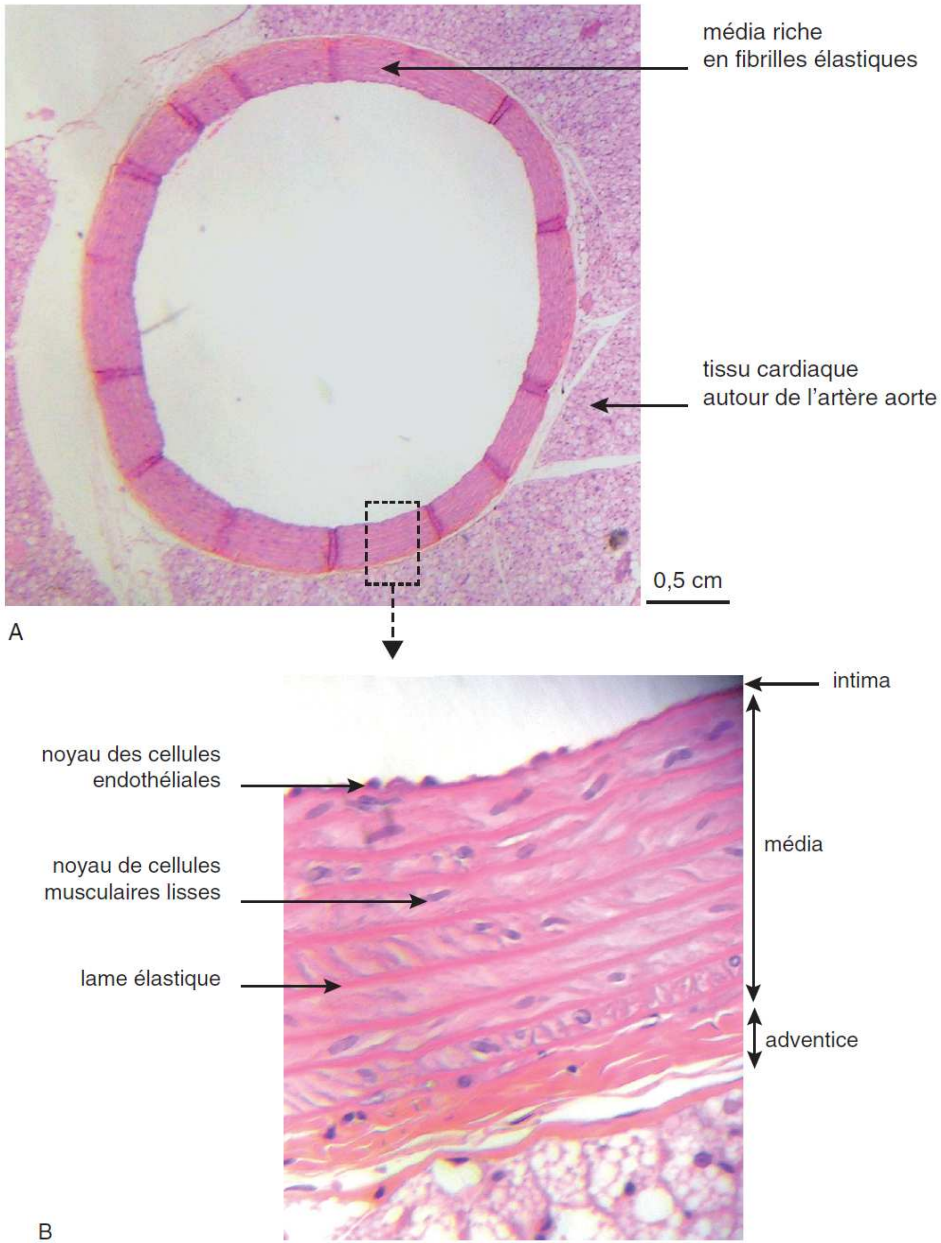
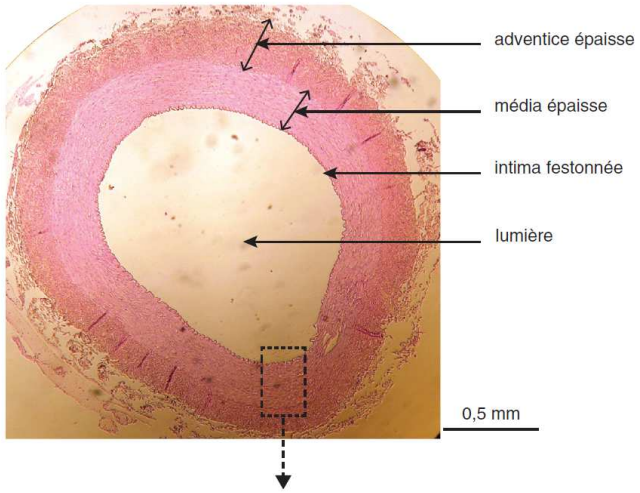


FIGURE 17. Artère aorte de Rat (MO). D'après SEGARRA *et al.* (2015).

D'un diamètre interne de 1 mm à 1 cm, leurs caractéristiques structurales sont les suivantes :

- **intima** fine et **festonnée** ;
- **limitantes élastiques bien visibles** : interne (LEI) séparant l'intima de la média et externe (LEE) séparant la média de l'adventice ;
- **média épaisse** contenant de nombreuses couches de cellules musculaires lisses ainsi que des fibrilles élastiques ;
- adventice épaisse essentiellement constituée par des fibrilles de collagène avec de l'élastine.

Les grosses artères musculaires, situées à l'extérieur des organes, ont un rôle de distribution du sang dans les organes. Les petites artères musculaires, situées à l'intérieur des organes, répartissent le sang au sein des tissus.



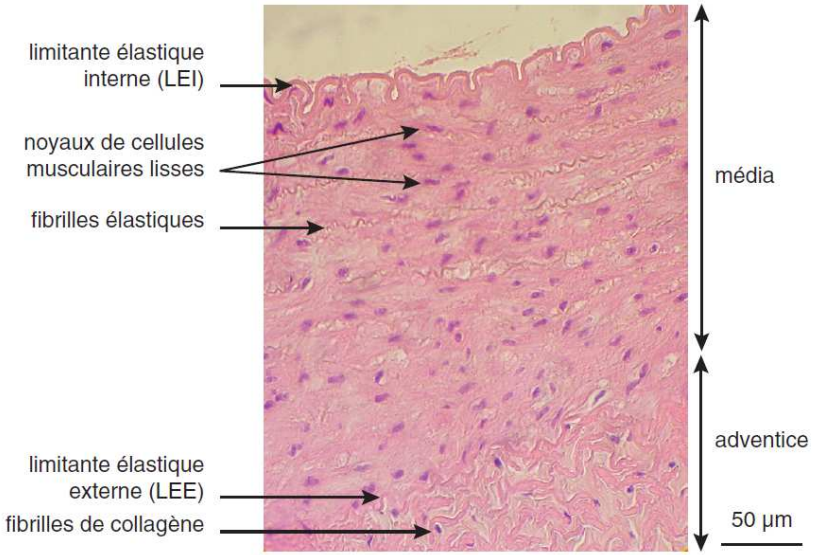
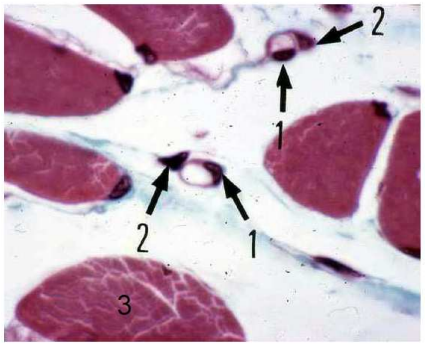


FIGURE 18. Artère musculaire de Mammifère (MO). D'après SEGARRA *et al.* (2015).

Les artérioles sont des segments artériels ayant une **lumière inférieure à 0,3 mm de diamètre**. L'intima très fine des artérioles est entourée d'une limitante élastique interne discrète. Les **noyaux des cellules endothéliales font souvent saillie dans la lumière**. La média est constituée de **quelques couches de cellules musculaires lisses**, au maximum six couches concentriques. L'adventice est souvent fusionnée avec le tissu conjonctif adjacent.
L'importance relative de l'épaisseur de la média des artérioles en fait un segment vasculaire **modulant** très fortement la **résistance périphérique** à l'écoulement du sang.

FIGURE 19. Artériole de Mammifère (MO). D'après SEGARRA *et al.* (2012).



1 : capillaire avec noyau endothélial (cytoplasme en anneau)
2 : péricyte avec son noyau triangulaire (cytoplasme non visible)
3: fibre musculaire striée squelettique (CT)

Capillaires, CT, trichrome de Masson, MO, x 800

FIGURE 20. Capillaires de Mammifères (MO).
Document J. SEGARRA, TB2, Lycée Pierre-Gilles de Gennes ENCPB, Paris 13e (2005).

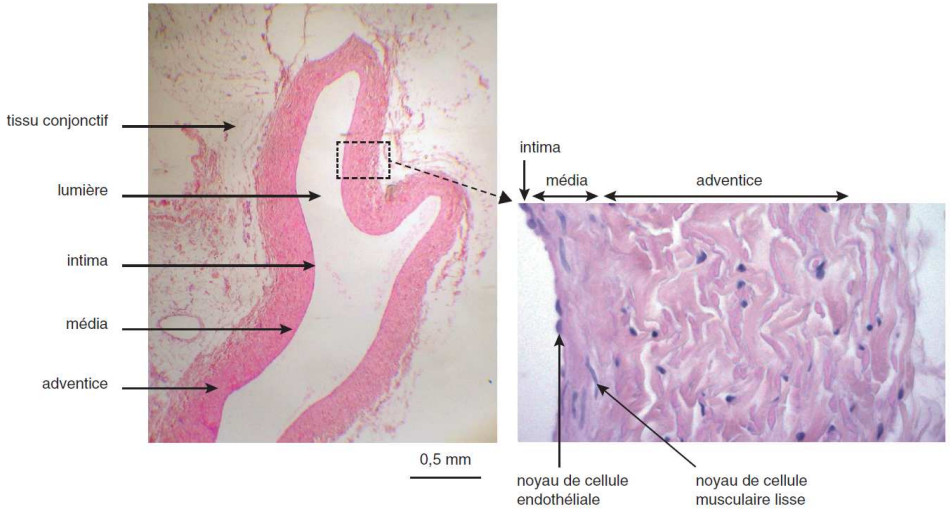


FIGURE 21. Veine de Mammifère. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

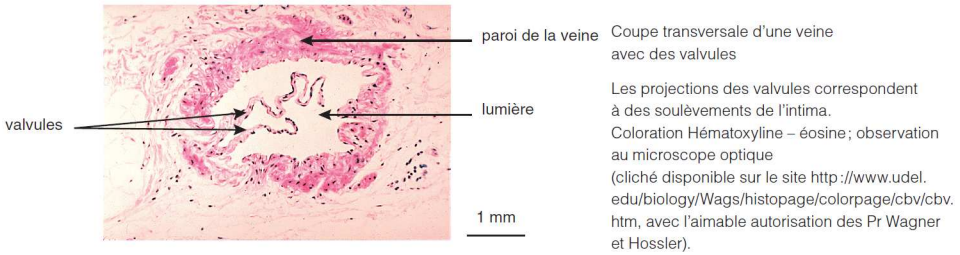
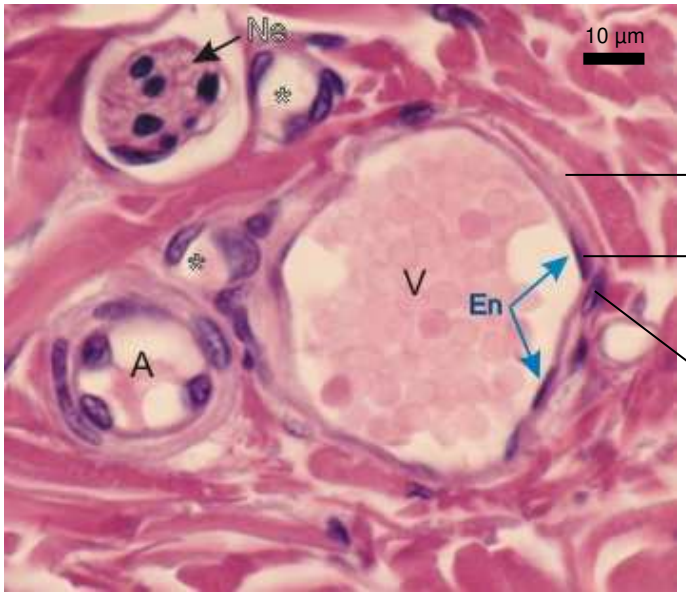


FIGURE 22. Veine avec valvules. D'après SEGARRA *et al.* (2015).



Adventice peu discernable des tissus environnants

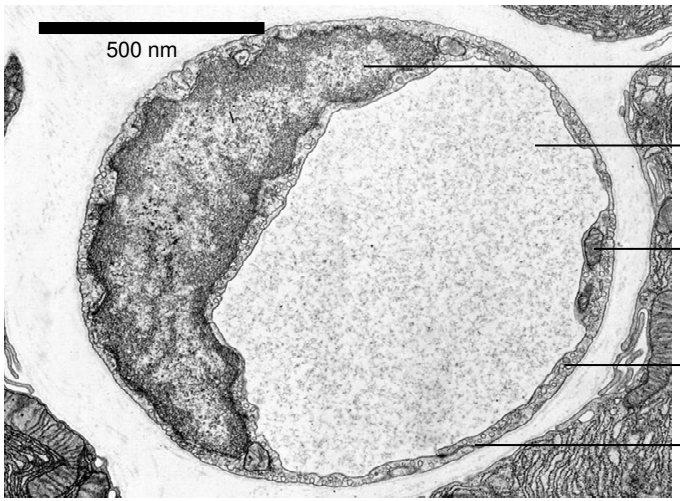
Noyau de cellule endothéliale (?)

Noyau de fibroblaste (?) ou de CML (?)

NB Les CML sont rares dans les veinules mais il y en a.

FIGURE 23. Veinule (V) accompagnée d'une petite artériole (A), de capillaires (*) et d'un nerf (Ne) (MO).

Cliché Y. CLERMONT, M. LALLI & Z. BENCSATH-MAKKAI, *Atlas d'histologie en microscopie optique*, en ligne : http://audilab.bmed.mcgill.ca/HA/html/HAintro_F.html (consultation janvier 2016)



Noyau de cellule endothéliale

Lumière du capillaire

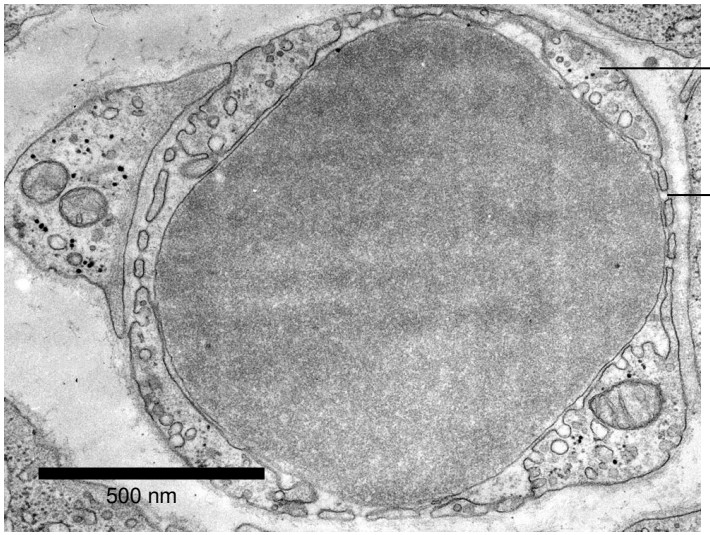
Mitochondrie

Vésicule de transcytose

Fente

FIGURE 24. Capillaire continu de Mammifère (MET).

Cliché A. TESLER, d'après http://fineartamerica.com/featured/electron-micrograph-of-a-continuous-capillary-cultura-sciencealvin-telser-phd.html (consultation janvier 2016).



Cellule endothéliale

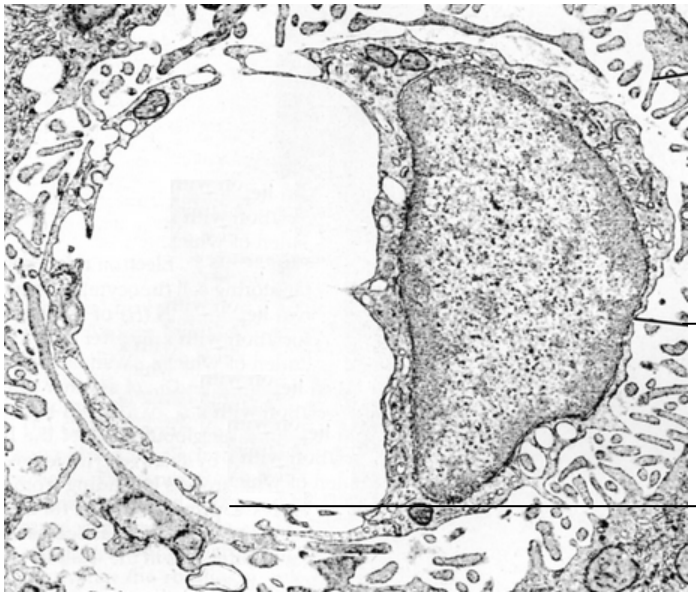
Fenestration (ici avec diaphragme)

*Les pores des capillaires peuvent parfois présenter un **diaphragme** qui **contrôle les échanges** et dont **la nature est débattue** : membrane ? fibres conjonctives ? protéines fibreuses autres ?*

Lame basale

FIGURE 25. Capillaire fenêtré de Mammifère (MET).

D'après http://medcell.med.yale.edu/histology/blood_vessels_lab/fenestrated_capillary_em.php (consultation janvier 2016).



Cellule endothéliale

Pore

FIGURE 26. Capillaire sinusoïde (= discontinu) de Mammifère (MET).

D'après http://www.columbia.edu/itc/hs/medical/sbpm_histology_old/lab/lab07_micrograph.html (consultation janvier 2016).

E. Bilan : caractéristiques structurales et fonctionnelles des grands types de vaisseaux

Structure des artères élastiques (« grosses artères ») et relations structure-fonction

- **Intima** (soutenue par un conjonctif riche en élastine) **peu ou pas festonnée** dans les très grosses artères.
- **Média**

° **pauvre** en **fibres musculaires lisses** → **faible vasomotricité**
° **riche** en **fibres élastiques (élastine)** → **forte compliance** permettant « d'encaisser » les à-coups de la propulsion cardiaque du sang + forte **élasticité**

- **Adventice** contenant encore quelques **fibres élastiques (élastine)** mais surtout des **fibres de collagène** → **limitation** de la **compliance**, assurant une **distensibilité maximale**. On y trouve des *vasa vasorum*.

Structure des artères musculaires et relations structure-fonction

- **Intima fine** et **festonnée**.
- **Média épaisse** [**LEI** et **LEE** très nettes]

° **riche** en **fibres musculaires lisses** → **forte vasomotricité** (= ***modulabilité du diamètre des vaisseaux***) → **modulation du débit sanguin** dans les organes
° **moyennement riche** en **fibres élastiques (élastine)** → **compliance et élasticité** moyennes → **diminution** légère de la **pression**

- **Adventice riche** en **fibres de collagène** → **limitation** de la **déformabilité**, assurant une **distensibilité maximale**. On peut trouver des ***vasa vasorum*** dans les grosses artères musculaires.

Structure des artérioles et relations structure-fonction

- **Intima fine** et assez **festonnée** (attention, *cet aspect disparaît dans les petites artérioles ou si l'artériole est à l'état relâché*) ; les **noyaux** des **cellules endothéliales** font souvent **saillie** dans la **lumière**.
- **Média** proportionnellement **épaisse**

° **riche** en **fibres musculaires lisses** → **forte vasomotricité** (= ***modulabilité du diamètre des vaisseaux***) → **modulation du débit sanguin** dans les organes
° très **pauvre** en **fibres élastiques (élastine)** → **compliance et élasticité** faibles → **diminution nette** de la **pression sanguine**

- **Adventice riche** en **fibres de collagène** → **limitation** de la **déformabilité**. *L'adventice se confond généralement avec le tissu conjonctif alentour.*

Structure des veines et relations structure-fonction

- **Intima fine** et pouvant montrer un aspect **festonné**.
- **Média fine** (*en comparaison avec les artères de même niveau*)

° **peu riche** en **fibres musculaires lisses** → **faible vasomotricité** (mais leur contraction peut augmenter, même modestement, la pression veineuse et favoriser le retour au cœur)
° **riche** en **fibres élastiques (élastine)** → **compliance** très importante (20 fois plus élevée que les artères) → forte **capacité de stockage** par **déformation**

- **Adventice riche** en **fibres de collagène** → **limitation** de la **déformabilité**, assurant une **distensibilité maximale**. *Couche la plus épaisse*. On peut trouver des ***vasa vasorum*** dans les veines.
- NB **Lumière** souvent **collapsée** (**flaccidité**) + existence de **valvules** anti-reflux.

Structure des veinules et relations structure-fonction

- **Structure proche des veines, mais couches plus fines en lien avec le diamètre du conduit. Média** et **adventice** parfois **difficiles** à discerner.

III. Les éléments figurés du sang [*pour information ?*]

⮟ **TABLEAU III. Les éléments figurés du sang.** D'après MARIEB (2005).

TABLEAU — Résumé des éléments figurés du sang

Cellule	Illustration	Description*	Nombre de cellules par litre de sang	Durée du développement (D) et de la vie (V)	Fonction
Érythrocytes (globules rouges)		Disques biconcaves, anucléés ; couleur saumon ; de 7 à 8 µm de diamètre	De 4 à 6 × 10^{12}	D : de 5 à 7 jours V : de 100 à 120 jours	Transport de l'oxygène et du gaz carbonique
Leucocytes (globules blancs)		Cellules sphériques nucléées	De 4,8 à 10,8 × 10^{9}		
Granulocytes					
▪ Granulocytes neutrophiles		Noyau plurilobé ; granulations cytoplasmiques difficilement visibles ; de 10 à 12 µm de diamètre	De 3 à 7 × 10^{9}	D : de 6 à 9 jours V : de 6 h à quelques jours	Phagocytose des bactéries
▪ Granulocytes éosinophiles		Noyau bilobé ; granulations cytoplasmiques rouges difficilement visibles ; de 10 à 14 µm de diamètre	De 0,1 à 0,4 × 10^{9}	D : de 6 à 9 jours V : de 8 à 12 jours	Destruction des vers parasites et des complexes antigène-anticorps ; inactivation de certaines substances chimiques allergènes associées à la réaction inflammatoire
▪ Granulocytes basophiles		Noyau lobé ; grosses granulations cytoplasmiques bleu violet ; de 8 à 10 µm de diamètre	De 0,02 à 0,05 × 10^{9}	D : de 3 à 7 jours V : ? (de quelques heures à quelques jours)	Libération de l'histamine et d'autres médiateurs chimiques associés à la réaction inflammatoire ; contient de l'héparine, un anticoagulant
Agranulocytes					
▪ Lymphocytes		Noyau sphérique ou échancré ; cytoplasme violacé ; de 5 à 17 µm de diamètre	De 1,5 à 3,0 × 10^{9}	D : de quelques jours à quelques semaines V : de quelques heures à quelques années	Défense de l'organisme par l'attaque directe de cellules ou par l'entremise d'anticorps
▪ Monocytes		Noyau en forme de U ou de haricot ; cytoplasme gris bleu ; de 14 à 24 µm de diamètre	De 0,1 à 0,7 × 10^{9}	D : de 2 à 3 jours V : plusieurs mois	Phagocytose ; transformation en macrophagocytes dans les tissus
Plaquettes		Fragments cytoplasmiques discoïdes contenant des granulations violettes ; de 2 à 4 µm de diamètre	De 150 à 400 × 10^{9}	D : de 4 à 5 jours V : de 5 à 10 jours	Réparation des petites déchirures des vaisseaux sanguins ; coagulation

* Apparence à la coloration de Wright

A. Le sang : du plasma et des éléments figurés

- Constituant le **milieu intérieur** des Mammifères, le **sang** comprend ***une fraction liquide riche en solutés variés (le plasma) et une faction cellulaire constituée par les cellules sanguines qu'on appelle aussi éléments figurés*** (tableau III).
- On appelle **hématocrite** la ***proportion d'éléments figurés sur l'ensemble du sang***. Comme **99 % des cellules sanguines** sont des **hématies**, cet indicateur revient presque à estimer la **proportion d'hématies** dans le sang.

B. Coloration fréquente en histologie sanguine

- En Europe, la coloration la plus fréquente est la **coloration de MAY-GRÜNWALD-GIEMSA** (appelée **WRIGHT-GIEMSA** par les Anglo-Saxons). Deux colorants sont cumulés :
  - **colorant de MAY-GRÜNWALD = WRIGHT** : **éosine** qui colore en **rose** les granulations des **globules blancs éosinophiles** + **bleu de méthylène** qui colore en **bleu sombre** les lysosomes des **globules blancs basophiles**.
  - **colorant de GIEMSA** : solution d'**azur de méthylène** : colore les **noyaux** et les **granulations** des **cellules neutrophiles**.
- Il existe aussi la **coloration de WRIGHT** que vous pourrez dans les ouvrages américains qui est **la même chose sans l'azur de méthylène**.

C. Les éléments figurés du sang

- Dans le sang, on trouve comme **éléments figurés** (tableau III) :
  - Les **hématies** = **érythrocytes** = **globules rouges** : composant ***99 % des cellules sanguines***, elles sont caractérisées par une ***forme biconcave*** qui aboutit en général en **microscopie optique** à un **centre plus clair que la périphérie**. Très ***riches en hémoglobine*** – d'où une nette couleur rouge –, les hématies interviennent surtout dans le **transport du dioxygène** et, dans une moindre mesure, dans le **transport du dioxyde de carbone**.
  - Les **plaquettes** = **thrombocytes** : ***très petites cellules sans noyau qui sont en réalité des fragments de cellules (mégacaryocytes) et qui participent à la coagulation***.
  - Les **leucocytes** = **globules blancs** : ***cellules uni- ou plurinucléées qui sont le support de l'immunité innée et adaptative***. Tout développement immunologique est hors programme mais vous devez maîtriser les notions de Terminale S. Cf. tableau III pour leurs caractéristiques structurales.
    - Sachez reconnaître les **mononucléaires sans granule** (**monocytes** et **lymphocytes**) et les **polynucléaires avec granules** (**granulocytes**).
    - Sachez formuler des hypothèses sur le type de **granulocytes** (**neutrophiles**, **éosinophiles**, **basophiles**).

D. TP : étude histologique d'un frottis sanguin (MO)

Comment l'étude microscopique du sang permet-elle l'identification des principaux éléments figurés ?

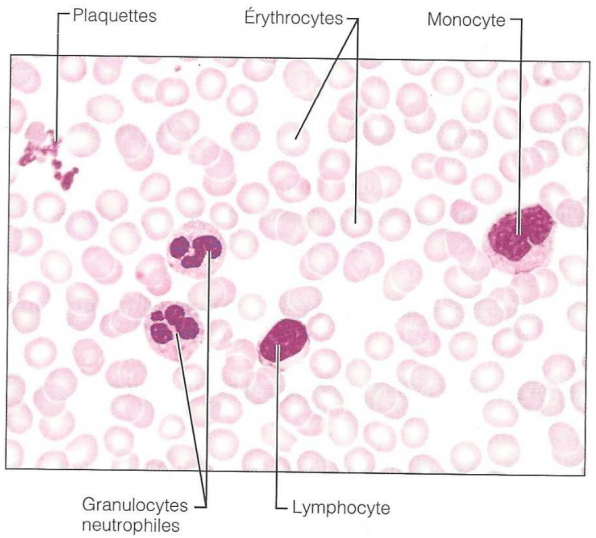
Activité 4. Observation d'un frottis sanguin

Savoirs à construire	Éléments figurés du sang

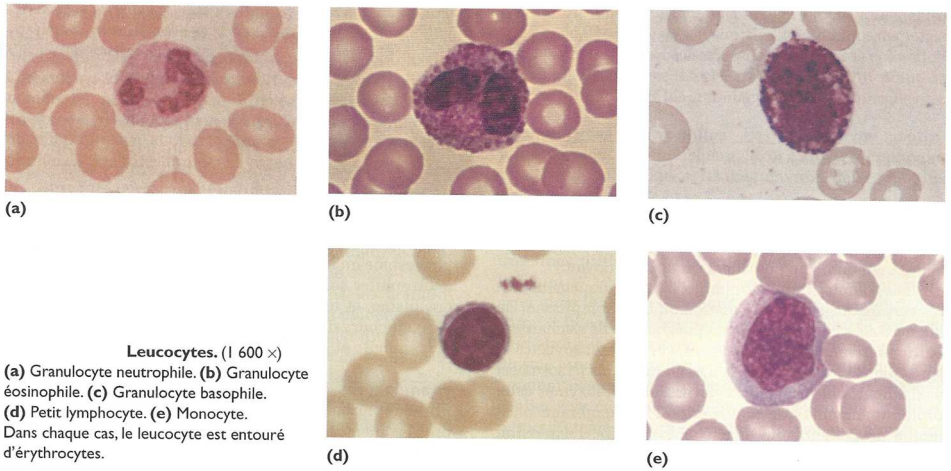
	Capacité ou attitude visée	**Évaluation**
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel… ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

Pistes de réflexion et d'exploitation

- *À partir des informations présentes dans le document et de l'**observation** du frottis, **complétez** les figures 27-28.*



Photomicrographie d'un frottis de sang humain (coloration de Wright).



Leucocytes. (1 600 ×)
(a) Granulocyte neutrophile. **(b)** Granulocyte éosinophile. **(c)** Granulocyte basophile. **(d)** Petit lymphocyte. **(e)** Monocyte. Dans chaque cas, le leucocyte est entouré d'érythrocytes.

FIGURE 27. Frottis sanguin. D'après MARIEB (2005).

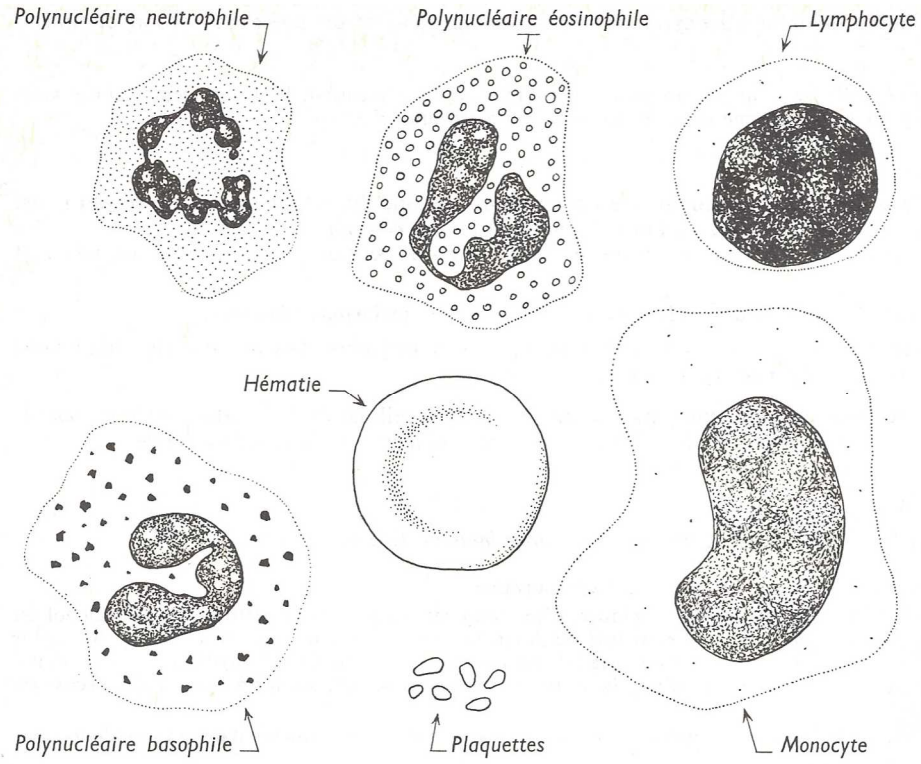
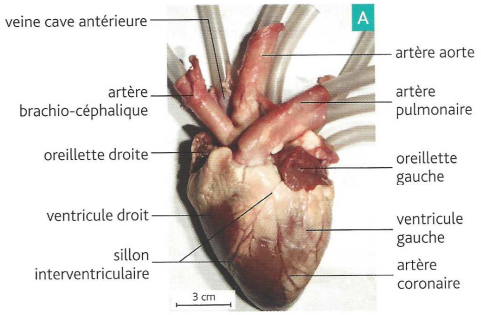
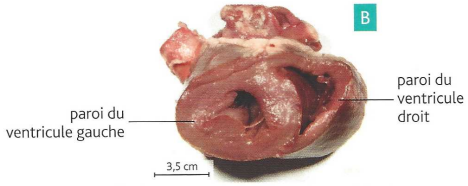


FIGURE 28. Frottis sanguin. D'après VINCENT (1974).

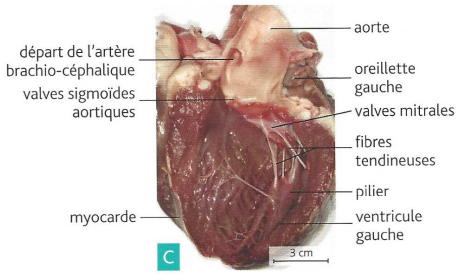
IV. Bilan : planches de BOUTIN *et al.* (2015)



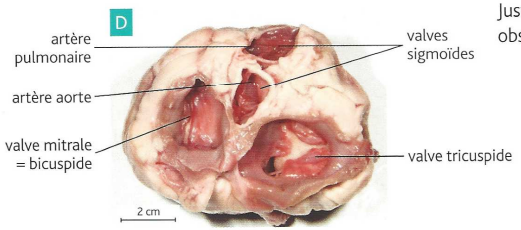
Cœur de Mouton face ventrale.



CT du myocarde au niveau des ventricules.



Ouverture du VG.



CT au niveau des oreillettes montrant les différentes valves cardiaques.

Étude morphologique d'un cœur de Mammifère (cœur d'Agneau)

(Vues externe photo A et interne photo C). Elle montre que le cœur a une forme de cône dont la pointe correspond à la paroi du **ventricule gauche**.

À l'opposé de la pointe, on observe différents vaisseaux :

- les **artères** restant béantes du fait de leur épaisse paroi ;
- les **veines** qui ont tendance à s'affaisser.

Ces vaisseaux peuvent être nommés selon la partie du cœur auxquels ils sont reliés.

Les **oreillettes** sont également visibles. À paroi fine, elles sont souvent recouvertes de graisse.

À la surface du cœur, le **sillon interventriculaire** marque la limite entre les deux ventricules. L'une des principales artères coronaires perfusant le cœur passe à cet endroit.

Une coupe transversale médiane (photo B) montre la paroi épaisse du **myocarde** gauche, tandis que le droit est nettement plus fin. Le myocarde, situé entre l'**endocarde** et le **péricarde**, est la partie musculeuse de la paroi du cœur.

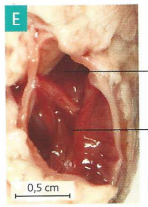
L'**ouverture du cœur** de part et d'autre du sillon interventriculaire nous montre (photos C et D) :

- les valves auriculo-ventriculaires appelées **tricuspides** car composées de trois parties, situées entre l'OD et le VD ;
- les valves **mitrales**, ou bicuspides - en 2 parties, situées entre l'OG et le VG.

Ces valves sont maintenues en place par des **fibres tendineuses** qui prennent appui sur des **piliers** charnus faisant saillie dans la lumière du ventricule.

- à la base de l'artère aorte et de l'artère pulmonaire, les **valves sigmoïdes** (photos D et E).

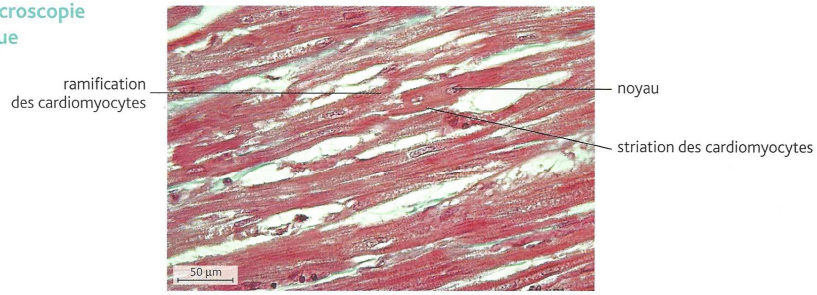
Juste au-dessus des valves sigmoïdes aortiques, on observe le départ des artères coronaires.



Détail d'une valve sigmoïde vue depuis l'aorte.

Étude histologique du cœur de Mammifère

En microscopie optique



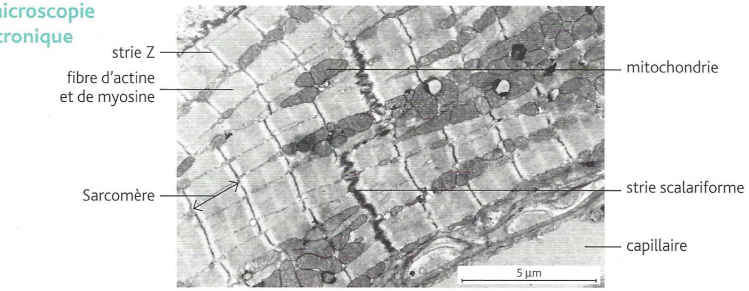
CL de myocarde (MO x 100).

L'observation en microscopie optique montre que le **myocarde** est constitué de cellules musculaires particulières : les cardiocytes ou **cardiomyocytes**. Ce sont des cylindres ramifiés de l'ordre de 100 µm de long et de quelques micromètres de diamètre.

Ces cellules possèdent un **noyau unique** central et sont particulièrement riches en **mitochondries**. On observe, au sein de leur cytoplasme, une organisation des protéines contractiles du cytosquelette (**myofibrilles**) à l'origine de son **aspect strié**.

Les observations réalisées en microscopie électronique (MET) montrent l'arrangement régulier des myofibrilles. Elles sont constituées principalement d'**actine** et de **myosine**, qui s'organisent en un élément répétitif : le **sarcomère**, délimité par deux stries Z.

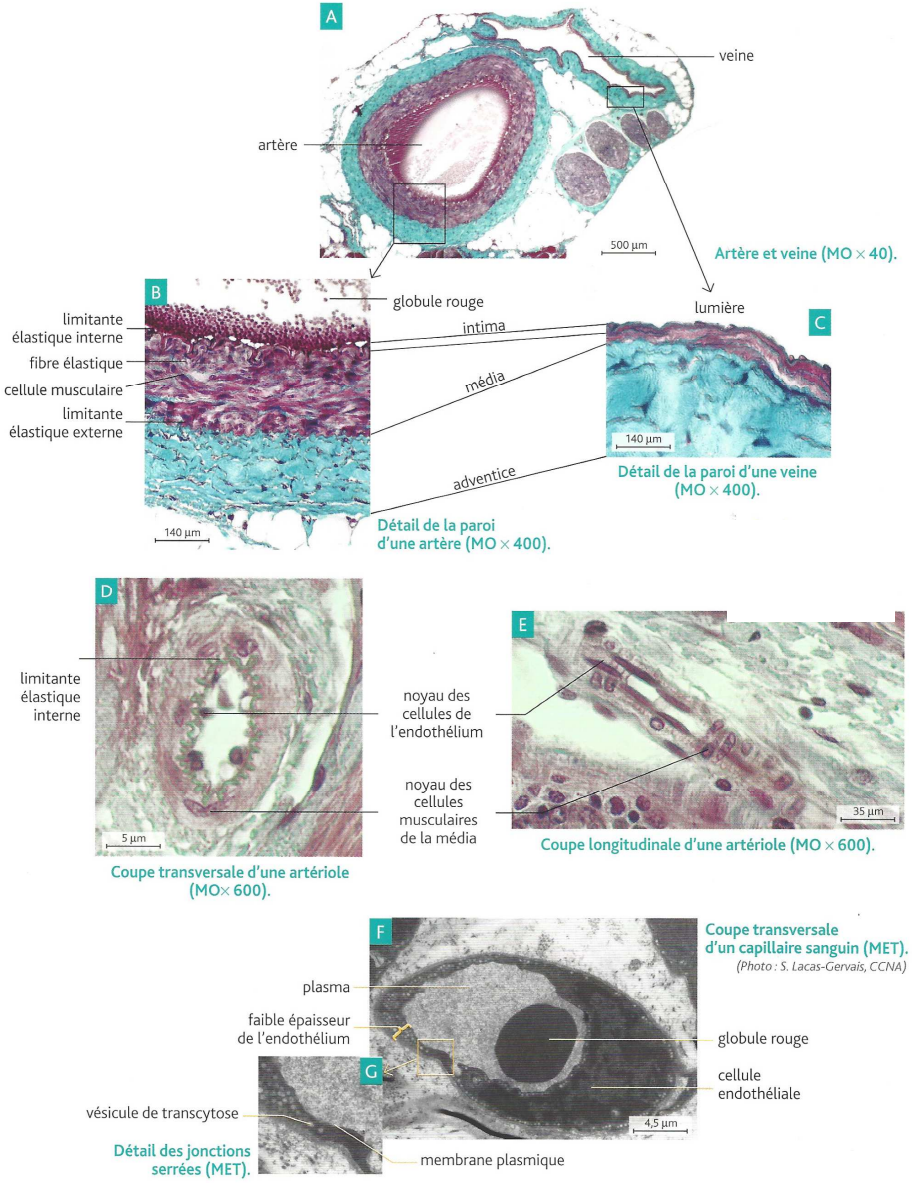
En microscopie électronique



CL de myocarde en MEB. *(Photo : S. Lacas-Gervais, CCNA)*

Les cellules sont reliées entre elles au niveau des **stries scalariformes**. Ce sont des complexes jonctionnels à deux composantes :

- les segments longitudinaux parallèles aux myofibrilles possèdent de nombreuses jonctions communicantes (**jonctions gap**) assurant la **contraction synchrone** du cœur ;
- les segments transverses contiennent des **desmosomes** qui unissent les deux cellules adjacentes, et des **zones d'adhérence** (*fascia adherens*) qui permettent aux myofibrilles de **s'ancrer** mécaniquement.



Étude histologique des vaisseaux

Les vaisseaux sanguins **artères**, **artérioles** et **veines** (photo A), sont constitués de **3 couches** ou **tuniques**, avec de la périphérie vers la lumière du vaisseau (photos B et C) :

- La tunique externe ou **adventice**, principalement constituée de tissu conjonctif riche en **collagène**.
- La **média**, constituée de fibres musculaires lisses entourées d'une matrice riche en collagène et en fibres d'élastine. Entre la média et l'adventice peut exister une **limitante élastique externe**. Les gros vaisseaux sont eux-mêmes perfusés par des petits vaisseaux (**vasa vasorum**) au niveau de l'adventice.
- L'**intima**, composée d'un **endothélium** où, souvent, seuls les noyaux sont visibles. Cette couche est présente quel que soit le vaisseau. Entre l'intima et la média se trouve la **limitante élastique interne**.

Reconnaissance des différents vaisseaux *

On peut utiliser les particularités qualitatives et quantitatives des trois tuniques afin d'identifier les différents vaisseaux (photos B, C, D et E), les + indiquant les proportions relatives des différents constituants :

Vaisseaux	Diamètre moyen	Épaisseur de la paroi	Endothélium	Média		Adventice
				Tissus élastiques	Muscles lisses	Tissus fibreux, collagène
aorte	3 cm	2-3 mm	+	+++	++	++
artère	5-8 mm	1 mm	+	++	++	+
artériole	40 µm	4-6 µm	+	+	+++	+
capillaire	4-8 µm	0,5 µm	+	–	–	–
veinule	30 µm	1-10 µm	+	–	–	+
veine	5 mm	0,5 mm	+	++	+	++
veine cave	3-4 cm	1-2 mm	+	++	++	+++

Les caractéristiques de la média font que les artères sont d'allure arrondie (peu déformables) alors que les veines ont une allure plus aplatie (déformables) en coupe transversale (photo A).

Observation en microscopie électronique des capillaires

Les **capillaires** (photo F), plus petites divisions du système circulatoire, sont très fins et réduits au seul **endothélium**. Leur diamètre n'est donc pas modifiable. Les capillaires sont formés par accolement de segments tubulaires de cellules endothéliales. Chaque cellule forme un tube de moins de 10 µm de diamètre en joignant par des jonctions serrées deux lames cytoplasmiques aplaties (épaisseur de 0,2 à 0,5 µm) (photo G). Le noyau, allongé dans le sens d'écoulement du sang, fait saillie dans la lumière du tube.

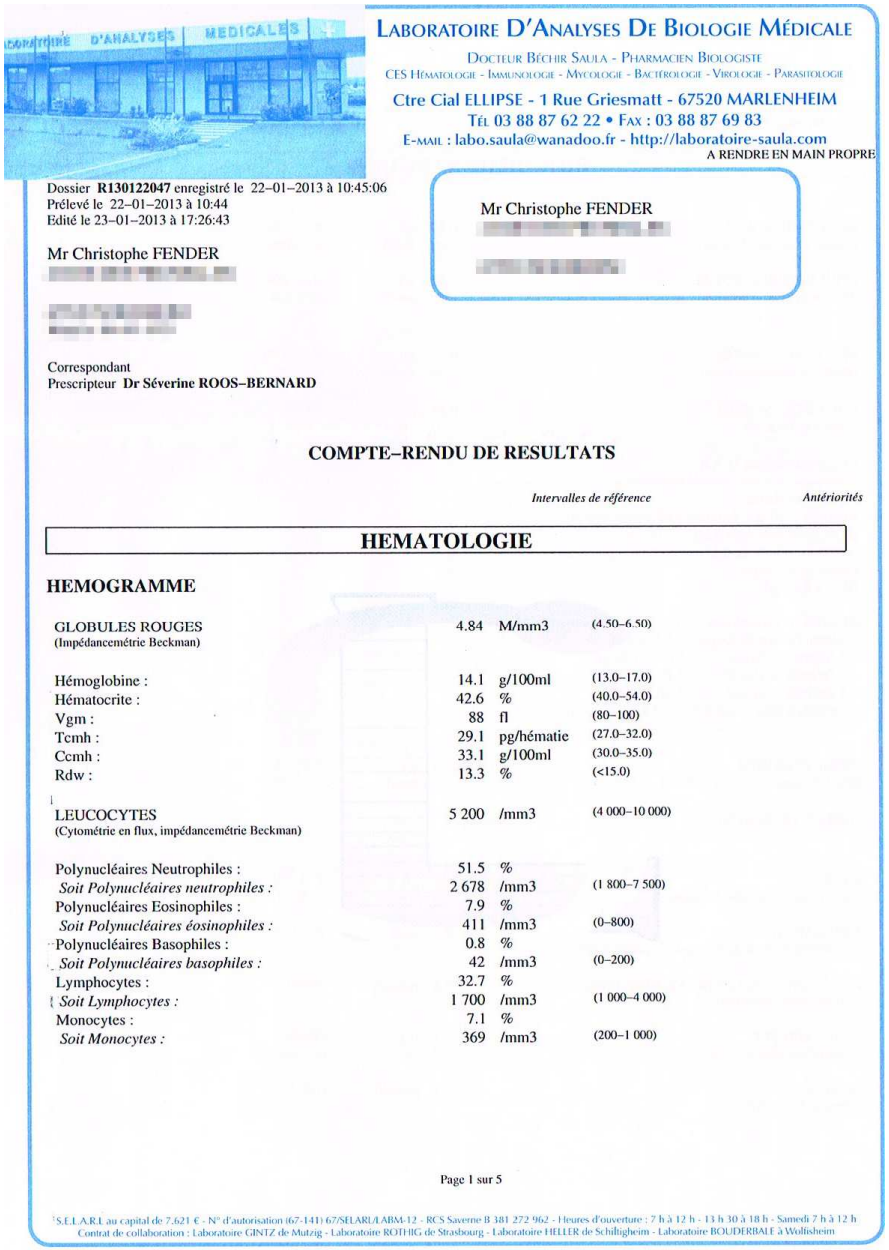
Les capillaires sont des sites d'échange entre le sang et les tissus. Ces échanges se font par **diffusion** mais aussi par **transcytose**.

Les **capillaires continus** sont les plus communs, mais il existe également des capillaires où la cellule endothéliale ne couvre pas tout le tube : ce sont les **capillaires discontinus**. Ils se trouvent essentiellement au niveau des organes caractérisés par des échanges métaboliques très intenses avec le sang, comme le foie et les reins.

** **Bof : attention à ce tableau !!!** Les **valeurs données** sont vraiment **indicatives** car elles **dépendent de l'espèce considérée** !!! Celles-ci sont valables pour un **homme adulte**, or les **préparations microscopiques** qui vous seront proposées proviendront toujours d'autres **Mammifères plus petits**, donc avec **conduits d'épaisseur** et de **diamètre** nettement **inférieurs** !*

Annexe : hémogrammes et analyses sanguines

- Un **hémogramme** (= numération et formule sanguine NFS, examen hématologique complet, formule sanguine complète FSC…), est rigoureusement ***l'analyse qualitative (« formule ») et quantitative (« numération ») des éléments figurés du sang*** (figure 28)**,** auquel on ajoute souvent ***une analyse (qualitative et quantitative) de tout ou partie des constituants du plasma*** (**analyse biochimique plasmatique**) (cholestérol, électrolytes, protéines issues du foie, anticorps, urée…) à la demande du médecin (figure 29). Tous ces documents peuvent être regroupés sous le terme d'**analyses sanguines**. Outre la valeur constatée chez le patient pour chacun des objets d'analyse, on y trouve l'indication d'une **fourchette moyenne** correspondant à un **individu en bonne santé**.



LABORATOIRE D'ANALYSES DE BIOLOGIE MÉDICALE
DOCTEUR BÉCHIR SAULA - PHARMACIEN BIOLOGISTE
CES HÉMATOLOGIE - IMMUNOLOGIE - MYCOLOGIE - BACTÉROLOGIE - VIROLOGIE - PARASITOLOGIE
Ctre Cial ELLIPSE - 1 Rue Griesmatt - 67520 MARLENHEIM
TÉL 03 88 87 62 22 • FAX : 03 88 87 69 83
E-MAIL : labo.saula@wanadoo.fr - http://laboratoire-saula.com
A RENDRE EN MAIN PROPRE

Dossier **R130122047** enregistré le 22-01-2013 à 10:45:06
Prélevé le 22-01-2013 à 10:44
Edité le 23-01-2013 à 17:26:43

Mr Christophe FENDER

Mr Christophe FENDER

Correspondant
Prescripteur **Dr Séverine ROOS-BERNARD**

COMPTE-RENDU DE RESULTATS

			Intervalles de référence	*Antériorités*
HEMATOLOGIE				
HEMOGRAMME				
GLOBULES ROUGES (Impédancemétrie Beckman)	4.84	M/mm3	(4.50-6.50)	
Hémoglobine :	14.1	g/100ml	(13.0-17.0)	
Hématocrite :	42.6	%	(40.0-54.0)	
Vgm :	88	fl	(80-100)	
Tcmh :	29.1	pg/hématie	(27.0-32.0)	
Ccmh :	33.1	g/100ml	(30.0-35.0)	
Rdw :	13.3	%	(<15.0)	
LEUCOCYTES (Cytométrie en flux, impédancemétrie Beckman)	5 200	/mm3	(4 000-10 000)	
Polynucléaires Neutrophiles :	51.5	%		
Soit Polynucléaires neutrophiles :	2 678	/mm3	(1 800-7 500)	
Polynucléaires Eosinophiles :	7.9	%		
Soit Polynucléaires éosinophiles :	411	/mm3	(0-800)	
Polynucléaires Basophiles :	0.8	%		
Soit Polynucléaires basophiles :	42	/mm3	(0-200)	
Lymphocytes :	32.7	%		
Soit Lymphocytes :	1 700	/mm3	(1 000-4 000)	
Monocytes :	7.1	%		
Soit Monocytes :	369	/mm3	(200-1 000)	

Page 1 sur 5

S.E.L.A.R.L au capital de 7.621 € - N° d'autorisation (67-141) 67/SELARL/LABM-12 - RCS Saverne B 381 272 962 - Heures d'ouverture : 7 h à 12 h - 13 h 30 à 18 h - Samedi 7 h à 12 h
Contrat de collaboration : Laboratoire GINTZ de Mutzig - Laboratoire ROTHIG de Strasbourg - Laboratoire HELLER de Schiltigheim - Laboratoire BOUDERBALE à Wolfisheim

FIGURE 29. Un exemple d'hémogramme. http://mangercru100brut.com/tag/sanguin/ (consultation mars 2017).

R130122047 – Mr Christophe FENDER – 04–05–1973

PLAQUETTES (Impédancemétrie Beckman)	187 000	/mm3	(150 000–500 000)

BIOCHIMIE SANGUINE

GLYCEMIE A JEUN (Glucose hexokinase Beckman)	0.89	g/l	(0.74–1.06)
	4.94	mmol/l	(4.11–5.88)
CHOLESTEROL TOTAL (Cholesterol oxydase Beckman)	1.56	g/l	(1.20–2.00)
	4.02	mmol/l	(3.10–5.16)
HDL CHOLESTEROL (Spectrophotométrie Beckman)	0.56	g/l	(0.40–0.60)
	1.44	mmol/l	(1.03–1.55)
LDL CHOLESTEROL (Formule de Friedwald)	0.84	g/l	(<1.60)
	2.17	mmol/l	(<4.13)

Recommandations H.A.S

Facteurs de risque:
Hommes > 50 ans, femmes > 60 ans,tabagisme,
HTA, diabète de type 2,HDL < 0,4 g/l,
ATCD familiaux de maladie coronaire précoce.
Facteur protecteur :
HDL > 0,60 g/l

Objectifs thérapeutiques en fonctions des facteurs de risque :
– Aucun facteur de risque : LDL < 2.20 g/l
– 1 facteur de risque : LDL <1.90 g/l
– 2 facteurs de risque : LDL <1.60 g/l
– 3 facteurs de risque : LDL <1.30 g/l
– Patients à haut risque CV : LDL <1.00 g/l

TRIGLYCERIDES (Glycérol phosphate oxydase Beckman)	0.78	g/l	(0.50–1.50)
	0.89	mmol/l	(0.57–1.71)
ASPECT DU SERUM	Limpide		
UREE (Spectrophotométrie uréase Beckman)	0.27	g/l	(0.17–0.43)
	4.51	mmol/l	(2.84–7.18)
CREATININE (Colorimétrie Beckman Jaffé compensé standardisé IDMS)	8.3	mg/l	(6.7–11.7)
	73.5	µmol/l	(59.3–103.5)
CLAIRANCE DE LA CREATININE MDRD (Formule MDRD simplifiée)	109.8	ml/min	(>60.0)
ACIDE URIQUE (Uricase/Peroxydase Beckman)	51	mg/l	(35–72)
	303	µmol/l	(208–428)
SODIUM (Potentiométrie Beckman)	141	mmol/l	(136–146)

Page 2 sur 5

FIGURE 30. Un exemple d'analyse biochimique du sang (analyse plasmatique) 1/4.
Source : *idem.*

LABORATOIRE D'ANALYSES DE BIOLOGIE MÉDICALE
DOCTEUR BÉCHIR SAULA - PHARMACIEN BIOLOGISTE
CES HÉMATOLOGIE - IMMUNOLOGIE - MYCOLOGIE - BACTÉROLOGIE - VIROLOGIE - PARASITOLOGIE
Ctre Cial ELLIPSE - 1 Rue Griesmatt - 67520 MARLENHEIM
TÉL 03 88 87 62 22 • FAX : 03 88 87 69 83
E-MAIL : labo.saula@wanadoo.fr - http://laboratoire-saula.com

R130122047 – Mr Christophe FENDER – 04–05–1973

POTASSIUM (Potentiométrie Beckman)	4.1	mmol/l	(3.5–5.1)
FER SERIQUE (Spectrophotométrie Beckman)	53	µg/dl	(70–180)
	9.5	µmol/l	(12.5–32.2)
TRANSFERRINE (Néphélémétrie Beckman)	2.2	g/l	(2.0–3.6)
COEFF.DE SATURATION (Calcul)	17	%	(20–40)
FERRITINE (EIA AIA Tosoh)	238	ng/ml	(25–380)
PROTEINES Totales (Colorimétrie Beckman) Nouvelle technique et valeur de référence	69.1	g/l	(66.0–83.0)
TRANSAMINASES GOT (Asat) (Spectrophotométrie Beckman)	21	U/l	(<50)
TRANSAMINASES GPT (Alat) (Spectrophotométrie Beckman)	13	U/l	(<50)
GAMMA G.T (Spectrophotométrie Beckman)	8	U/l	(<55)

HORMONOLOGIE

TSH 3ème génération (EIA AIA Tosoh)	0.338	mUI/l	(0.400–3.600)

Page 3 sur 5

S.E.L.A.R.L au capital de 7.621 € - N° d'autorisation (67-141) 67/SELARL/LABM-12 - RCS Saverne B 381 272 962 - Heures d'ouverture : 7 h à 12 h - 13 h 30 à 18 h - Samedi 7 h à 12 h
Contrat de collaboration : Laboratoire GINTZ de Mutzig - Laboratoire ROTHIG de Strasbourg - Laboratoire HELLER de Schiltigheim - Laboratoire BOUDERBALE à Wolfisheim

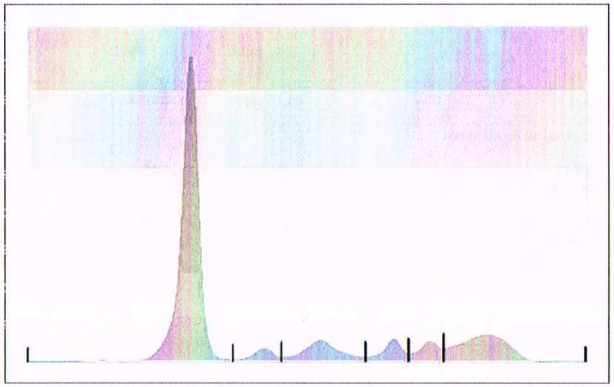
FIGURE 30. Un exemple d'analyse biochimique du sang (analyse plasmatique) 2/4.
Source : *idem.*

R130122047 – Mr Christophe FENDER – 04–05–1973

ELECTROPHORESE DES PROTEINES

ELECTROPHORESES DES PROTEINES SERIQUES
(Electrophorèse capillaire Sébia sur CAPILARYS)

PROTEINES TOTALES (sérum)	69.1	g/l	(63.0–82.0)
– ALBUMINE:	60.6	%	
soit en g/l :	41.9	g/l	(40.2–47.6)
– ALPHA 1 GLOBULINES:	3.7	%	
soit en g/l :	2.6	g/l	(2.1–3.5)
– ALPHA 2 GLOBULINES :	9.5	%	
soit en g/l :	6.6	g/l	(5.1–8.5)
– BETA 1 GLOBULINES:	5.2	%	
soit en g/l :	3.6	g/l	(3.4–5.2)
– BETA 2 GLOBULINES:	5.1	%	
soit en g/l	3.5	g/l	(2.3–4.7)
– GAMMA GLOBULINES :	15.9	%	
soit en g/l :	11.0	g/l	(8.0–13.5)
Rapport albumine/globulines :	1.54		



Page 4 sur 5

FIGURE 30. Un exemple d'analyse biochimique du sang (analyse plasmatique) 3/4.
Source : *idem.*

LABORATOIRE D'ANALYSES DE BIOLOGIE MÉDICALE
DOCTEUR BÉCHIR SAULA - PHARMACIEN BIOLOGISTE
CES HÉMATOLOGIE - IMMUNOLOGIE - MYCOLOGIE - BACTÉROLOGIE - VIROLOGIE - PARASITOLOGIE
Ctre Cial ELLIPSE - 1 Rue Griesmatt - 67520 MARLENHEIM
TÉL 03 88 87 62 22 • FAX : 03 88 87 69 83
E-MAIL : labo.saula@wanadoo.fr - http://laboratoire-saula.com

R130122047 – Mr Christophe FENDER – 04–05–1973

IMMUNO–ENZYMOLOGIE

VITAMINE D – 25 OH (D2/ D3) (EIA IDS)	8.7	ng/ml	(30.0–100.0)
	22	nmol/l	(75–250)

Interprétation en ng/ml

< 10 : état de carence
10 à 29 : statut vitaminique insuffisant
30 à 100 : valeurs souhaitables pour des patients adultes
> 100 : effet toxique potentiel
A confronter aux données cliniques et thérapeutiques

SEROLOGIES

SEROLOGIE DE L'HEPATITE C

ANTICORPS ANTI–VHC (EIA DXI Beckman) — Négatif

Nouvelles valeurs de référence à partir du 20.10.12

SEROLOGIE HIV 1+2
(Recherche des Ac anti–VIH 1 et 2 et Ag P24 du VIH 1)

TITRAGE (EIA DXI Beckman) — Négatif

Dossier validé biologiquement par : SAULA Béchir

Page 5 sur 5

S.E.L.A.R.L au capital de 7.621 € - N° d'autorisation (67-141) 67/SELARL/LABM-12 - RCS Saverne B 381 272 962 - Heures d'ouverture : 7 h à 12 h - 14 h 30 à 18 h - Samedi 7 h à 12 h
Contrat de collaboration : Laboratoire GINTZ de Mutzig - Laboratoire ROTHIG de Strasbourg - Laboratoire HELLER de Schiltigheim - Laboratoire BOUDERBALE à Wolfisheim

FIGURE 30. Un exemple d'analyse biochimique du sang (analyse plasmatique) 4/4.
Source : *idem.*

Références

ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition.* Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Flammarion, Paris. Première édition américaine 1983 (1986 1e édition française).

BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).

BOUJARD, D. (dir). B. ANSELME, C. CULLIN & CÉLINE RAGUÉNÈS-NICOL (2015). *Biologie cellulaire et moléculaire. Tout le cours en fiches. Licence. PACES. CAPES.* 2e édition (1e édition 2012), Dunod, Paris.

BOUTIN, V., L. GERAY, Y. KRAUSS & C. VILBERT (2015). *Atlas de biologie BCPST 1re et 2e années.* Dunod, Paris.

BREUIL, M. (2007). *Biologie 1re année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

BREUIL, M. (2009). *Biologie 2e année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles, 2e édition (1e édition 1995).

[CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERAMN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie.* Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAÎNE. Pearson, Paris (4e edition).

DENŒUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1re année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

HEUSSER, S. & H.-G. DUPUY (2015). *Atlas de biologie animale.* Dunod, Paris.

HIATT, J. & L. P. GARTNER (2012). *Atlas en couleurs d'histologie.* Traduction de la 5e édition américaine par J.-F. Bernarudin, A. Fajac & R. Lacave, Pradel (Wolters Kluwer France), Rueil-Malmaison.

LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse.* Ellipses, Paris.

LATRUFFE, N. (dir.), F. BLEICHER-BARDETTI & J. VAMECQ (2014). *Biochimie. Tout le cours en fiches. Licence. PACES-UE1. CAPES.* Dunod, Paris.

MARIEB, E. N. (2005). *Anatomie et physiologie humaines.* Renouveau pédagogique, Saint-Laurent (Québec, Canada), Diffusion Pearson Education France, Paris, 6e édition américaine (2004) adaptée par R. Lachaîne.

MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et colloborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie.* Frison-Roche, Paris.

PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGÈRE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010*a*). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 2e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1e édition 2006).

PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIOU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010*b*). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2007).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG, & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2006).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIOU, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUÉINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2007).

RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007). *Biologie.* De Boeck, Bruxelles.

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2010).

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2015). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2010).

SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1re année.* Ellipses, Paris.

SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ & C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2e année.* Ellipses, Paris.

VINCENT, P. (1974). *Sciences naturelles. Classe de Terminale D.* Vuibert, Paris.

Plan du TP

Objectifs : extraits du programme **1**
Introduction **1**

I. Étude pratique du cœur, une double pompe musculaire et automatique **2**
A. Le cœur, organe essentiellement constitué d'un muscle cavitaire en deux parties (myocarde) **2**
B. Étude pratique du cœur à l'échelle macroscopique **4**
C. Étude histologique du cœur **5**
1. Notions théoriques d'histologie cardiaque : tissus spécifiques du cœur 5
a. Le tissu musculaire cardiaque, acteur de la contraction cardiaque 5
b. Le tissu nodal (= tissu cardionecteur), support tissulaire de l'automatisme cardiaque 7
2. Étude pratique des tissus cardiaques 7

II. Étude pratique des vaisseaux, conduits de distribution du sang **9**
A. Organisation générale des vaisseaux sanguins **9**
B. Clef d'identification des vaisseaux sanguins **9**
C. Typologie des vaisseaux **11**
1. Le réseau artériel, réservoir de pression 11
2. Le réseau capillaire, lieu d'échanges avec les tissus 12
3. Le réseau veineux, réservoir de volume assurant le retour du sang au cœur 12
D. Réalisation des observations **12**
E. Bilan : caractéristiques structurales et fonctionnelles des grands types de vaisseaux **16**

III. Les éléments figurés du sang [pour information ?] **17**
A. Le sang : du plasma et des éléments figurés **17**
B. Coloration fréquente en histologie sanguine **17**
C. Les éléments figurés du sang **17**
D. TP : étude histologique d'un frottis sanguin (MO) **17**

IV. Bilan : planches de Boutin et al. (2015) **19**

Annexe : hémogrammes et analyses sanguines **21**
Références **24**
Plan du TP **24**

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.

J'adresse mes remerciements à mon collègue et ami Joseph SEGARRA pour ses documents.
Document produit en septembre 2017 • Dernière actualisation : janvier 2021.
Adapté d'un document produit en ATS Bio en janvier 2016 (revu en mars 2017).

Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com

Adresse de téléchargement : https://www.svt-tanguy-jean.com/

Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.