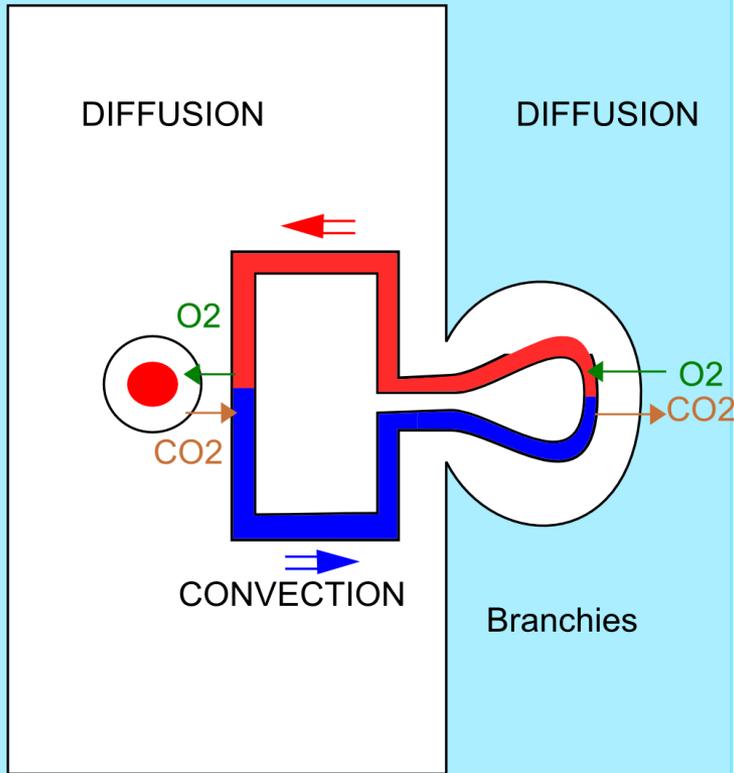


B2

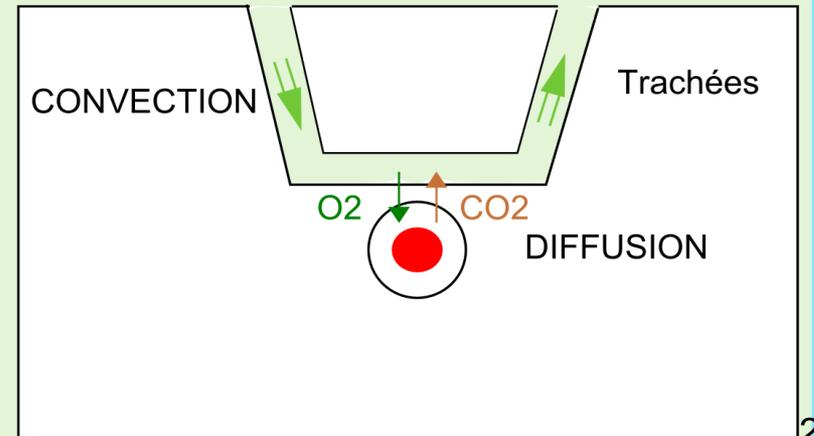
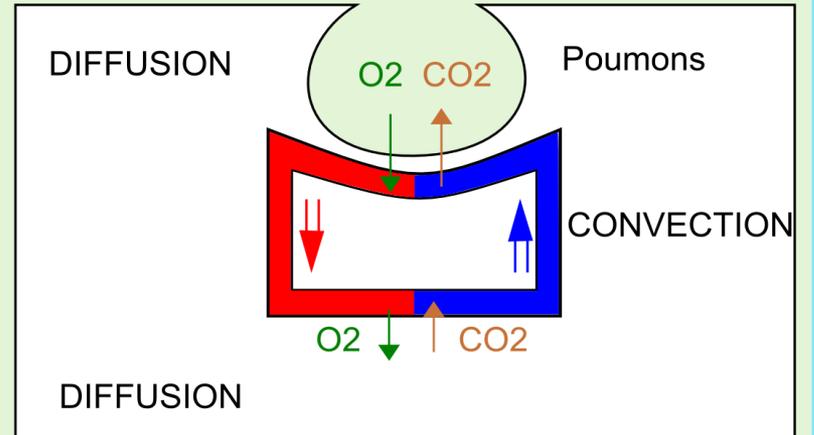
Le système de distribution du sang dans l'organisme

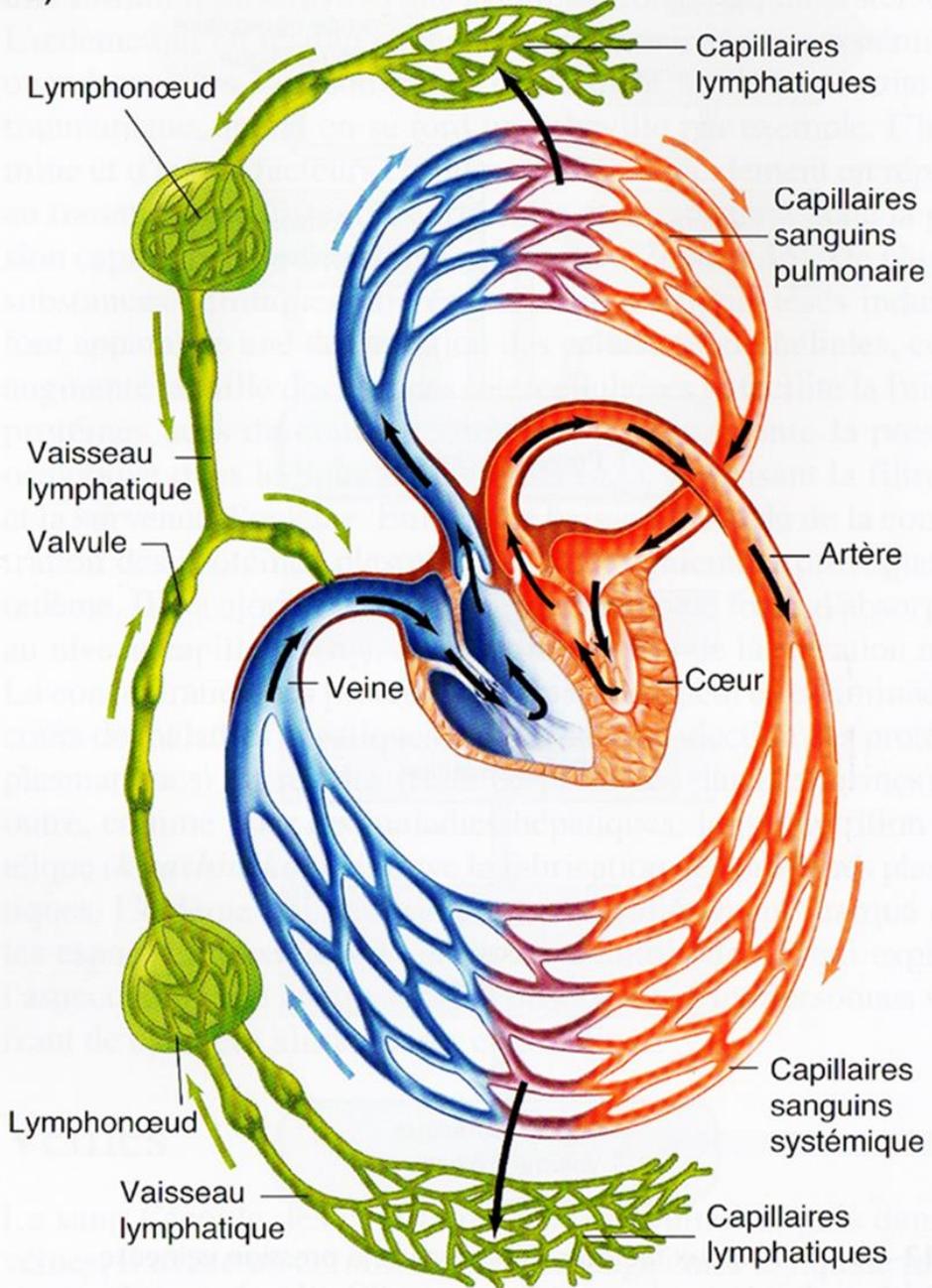
Eumétazoaires à corps épais

MILIEU AQUATIQUE



MILIEU AERIEN





appareil circulatoire	Appareil lymphatique
clos	ouvert
Double: circulation pulmonaire circulation systémique	Simple
Montés en série	

COMPARTIMENTS LIQUIDIENS

COMPARTIMENT
INTRACELLULAIRE

28 L

COMPARTIMENTS
EXTRACELLULAIRES

3L

PLASMA
SANGUIN

2L

LYMPHE
CIRCULANTE

LYMPHE
INTERSTITIELLE

COMPARTIMENTS
PROPRES A TEL
OU TEL ORGANE

milieu intérieur
circulant

5L

milieu intérieur
interstitiel

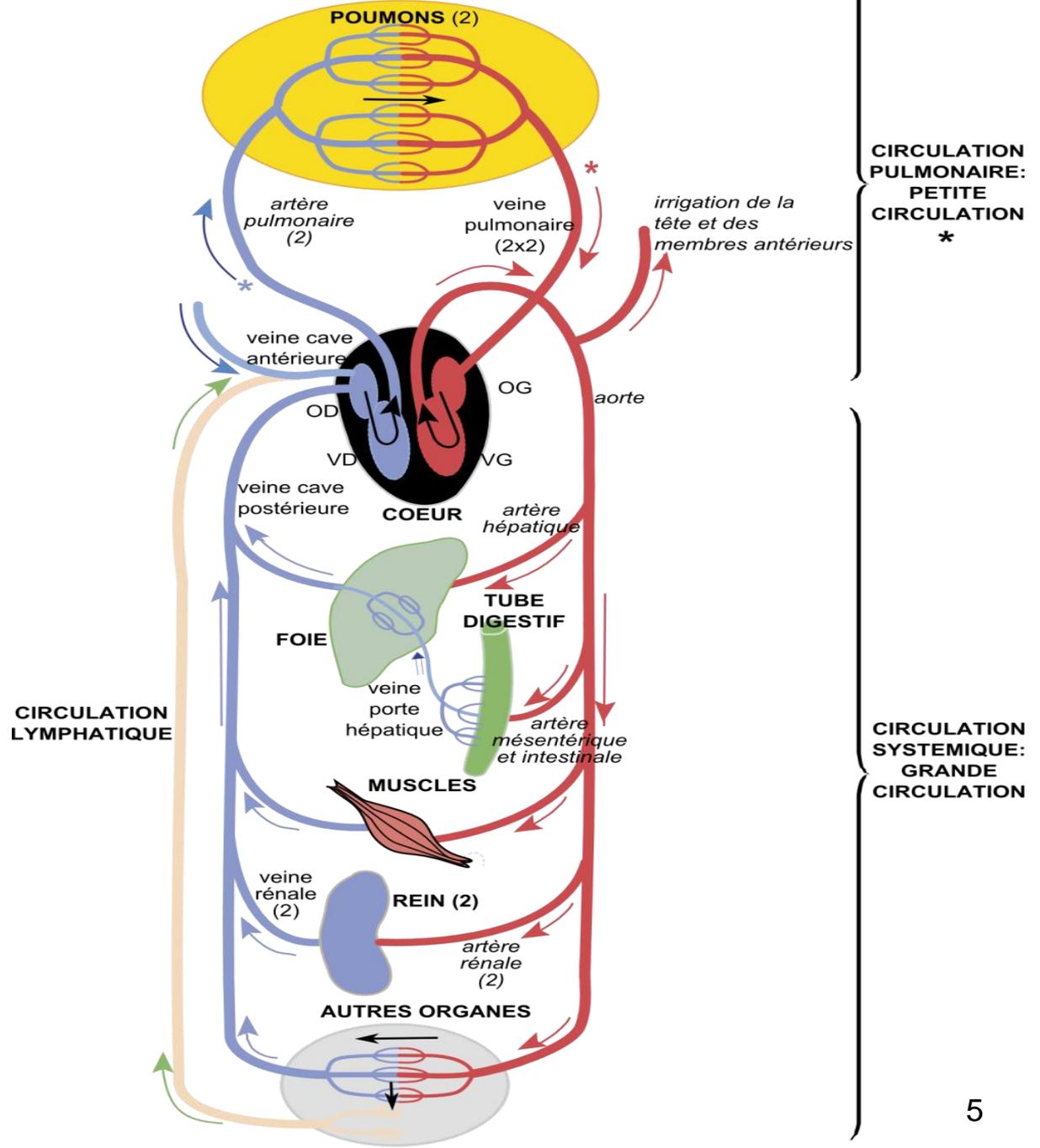
9L

milieu intérieur
transcellulaire

milieu intérieur

14 L

Circulation sanguine et circulation lymphatique



Frottis sanguin (MO x 600)

Hématie

Polynucléaire

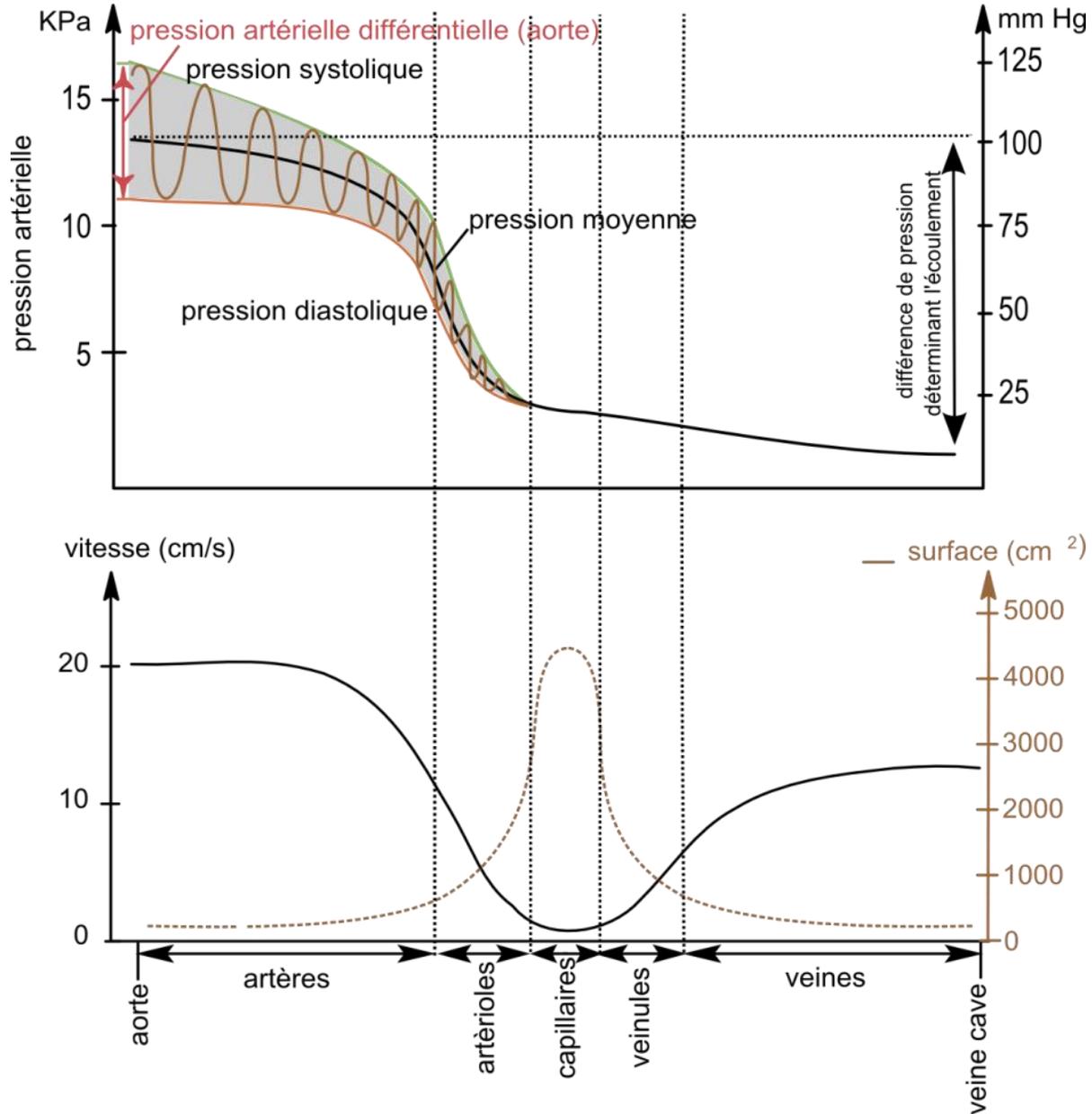


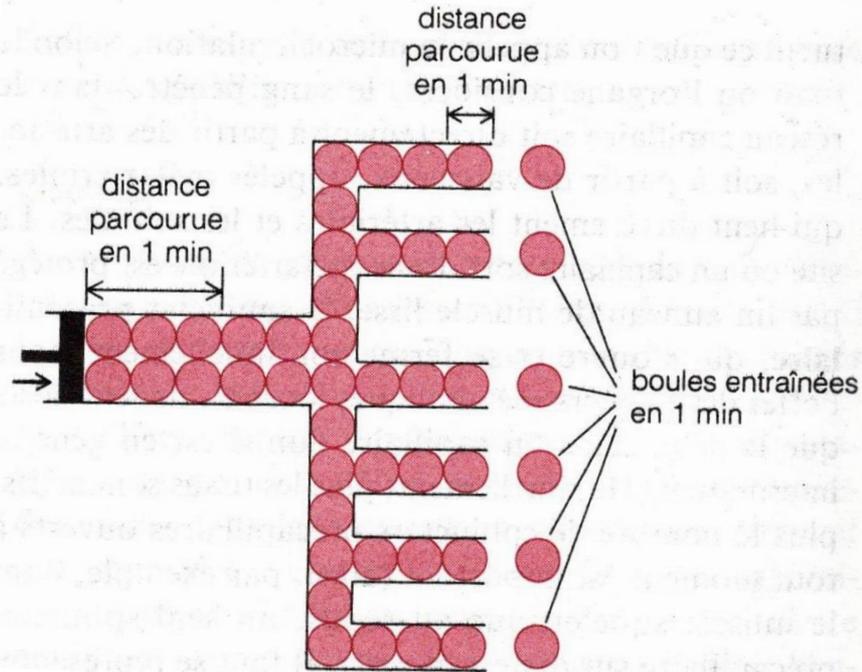
<p style="text-align: center;">Eau</p> <p><u>Nutriments</u></p> <p><u>- glucose</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - acides aminés - lipides totaux - cholestérol - vitamines - oligo-éléments <p><u>Gaz</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - O₂ - CO₂ - N₂ <p><u>Produits de déchets</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - urée - créatinine - acide urique - bilirubine 	<p style="text-align: center;">915 g / L</p> <p style="text-align: center;"><u>1 g / L (5,6 mM)</u></p> <p style="text-align: center;">0,4 g / L</p> <p style="text-align: center;">5g / L</p> <p style="text-align: center;">1,5 à 2,5 g / L</p> <p style="text-align: center;">1 µg/L à 25 mg/L</p> <p style="text-align: center;">10 µg/L à 3 mg / L</p> <p style="text-align: center;">2 mL / L</p> <p style="text-align: center;">20 mL / L</p> <p style="text-align: center;">9 mL / L</p> <p style="text-align: center;">0,34 g / L</p> <p style="text-align: center;">10 mg / L</p> <p style="text-align: center;">50 mg / L</p> <p style="text-align: center;">2 à 12 mg / L</p>	<p style="text-align: center;"><u>Ions</u></p> <p>Cations</p> <ul style="list-style-type: none"> - Na⁺ - K⁺ - Ca²⁺ - Mg²⁺ <p>Anions</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cl⁻ - HCO₃⁻ - Phosphates - SO₄²⁻ <p><u>Protéines</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - albumine - globulines - fibrinogène <p><u>Hormones</u></p>	<p style="text-align: center;">145 mM</p> <p style="text-align: center;">4 mM</p> <p style="text-align: center;">2,5 mM</p> <p style="text-align: center;">1,5 mM</p> <p style="text-align: center;">103 mM</p> <p style="text-align: center;">24 mM</p> <p style="text-align: center;">1 mM</p> <p style="text-align: center;">0,5 mM</p> <p style="text-align: center;"><u>73 g / L</u></p> <p style="text-align: center;">45 g / L</p> <p style="text-align: center;">25 g / L</p> <p style="text-align: center;">3 g / L</p> <p style="text-align: center;">10 ng à 500 µg/L (1 pM à 1 nM)</p>
--	--	--	---

Caractéristiques des différents segments vasculaires de la circulation systémique chez l'homme

	grosses artères	artérioles	capillaires	veinules et grosses veines
diamètre moyen (mm)	5-25	0,02	0,005 - 0,01	0,03 - 25
volume du sang (en % du volume total)	10	1	5	53
vitesse moyenne de circulation (cm / s)	≈ 20	0,2	0,02	≈ 5
pression moyenne (mm Hg)	95	35	7	≈ 5

Doc 3- Évolution des paramètres circulatoires dans la circulation systémique

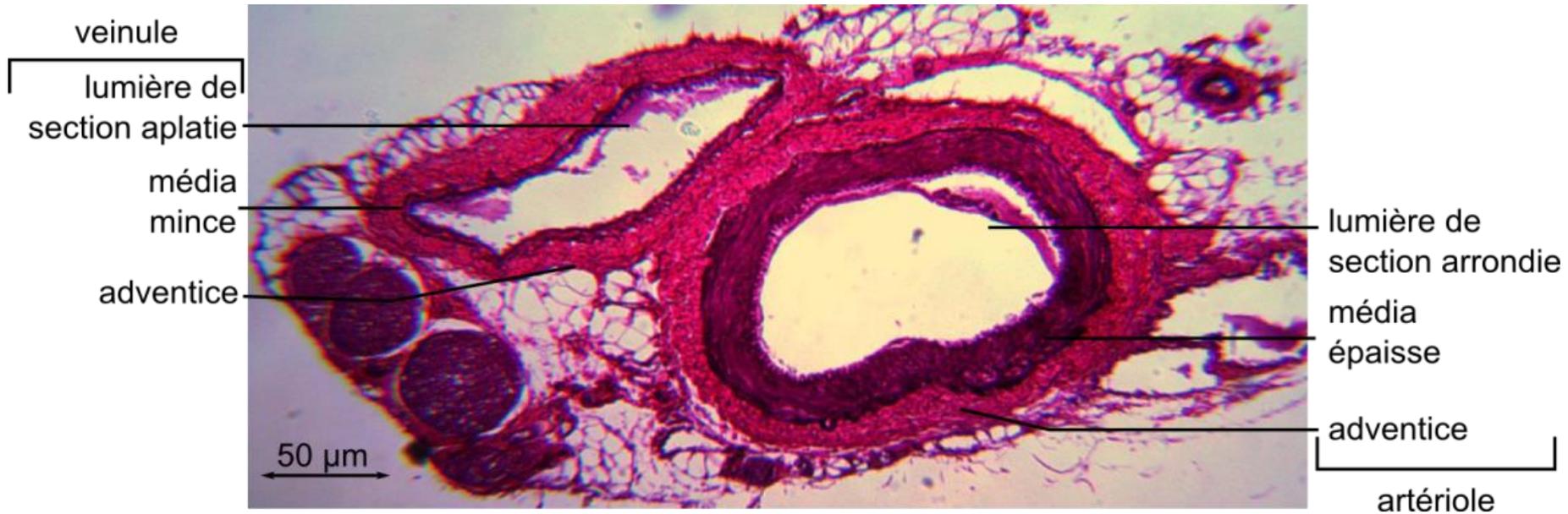




Relations entre la surface de section transversale et la vitesse de l'écoulement. La surface de section transversale totale des petits tubes est trois fois plus grande que celle du gros tube. Par conséquent la vitesse de l'écoulement dans les petits tubes est égale au tiers de celle dans le gros tube

TP B2

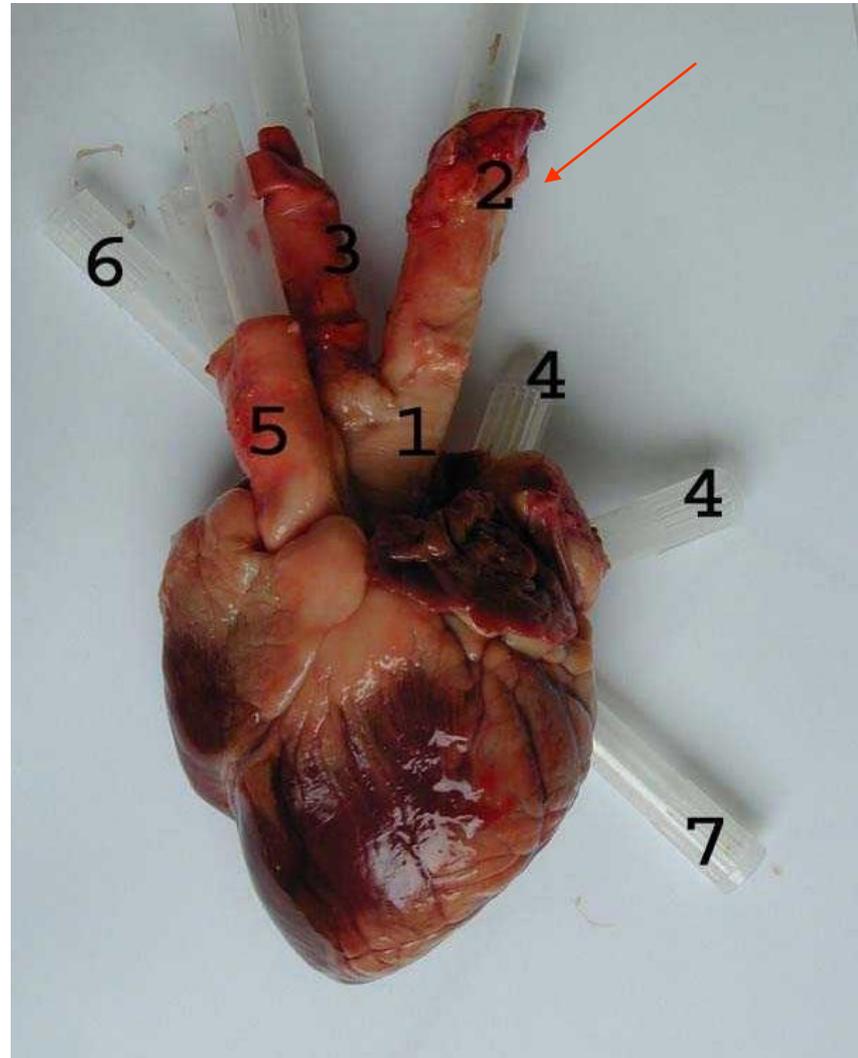
Figure 2.1. Paquet vasculo-nerveux (CT) M.O. x 125



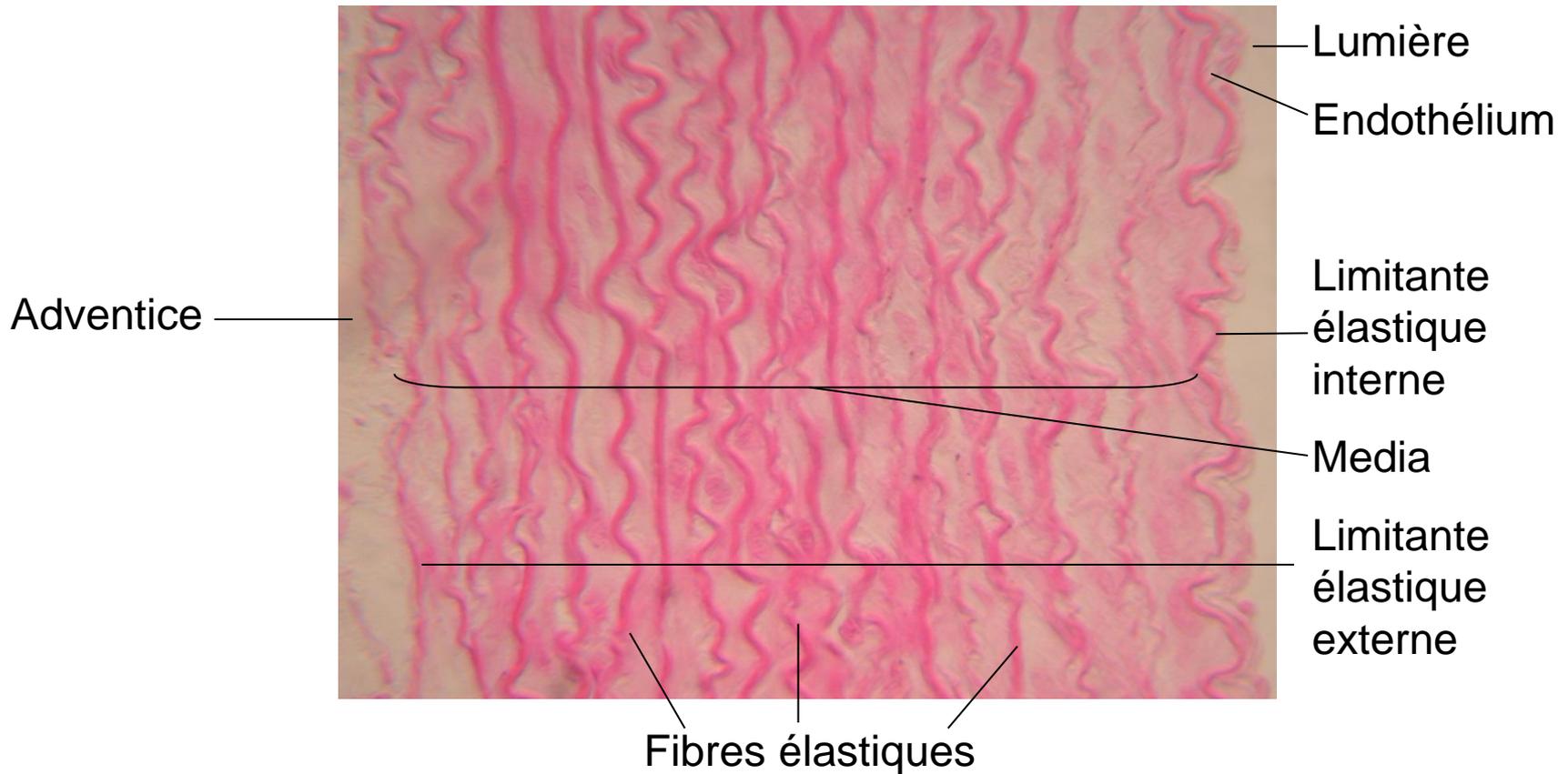
Cœur de mouton (Face antérieure)

<http://www.snv.jussieu.fr>

- 1 : départ du tronc aortique ;
- 2 : aorte ;
- 3 : tronc brachio-céphalique
dr.
- 4 : veine pulmonaire ;
- 5 : artère pulmonaire ;
- 6 : veine cave supérieure ;
- 7 : veine cave inférieure.



Détail de la paroi de l'aorte (MO x 400)



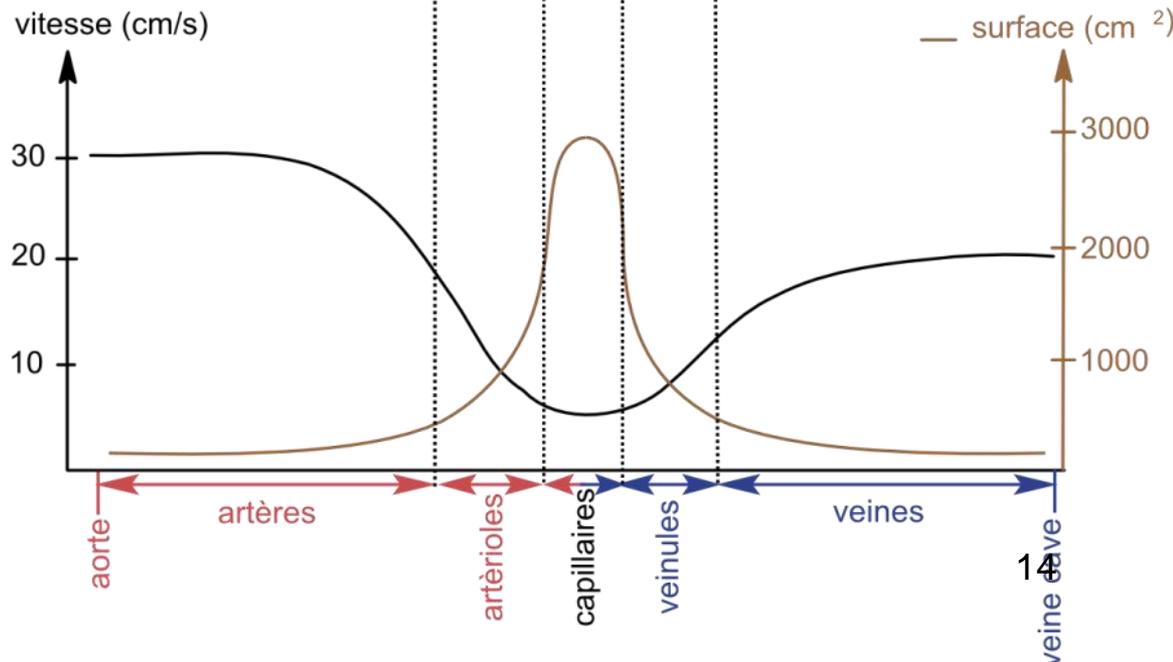
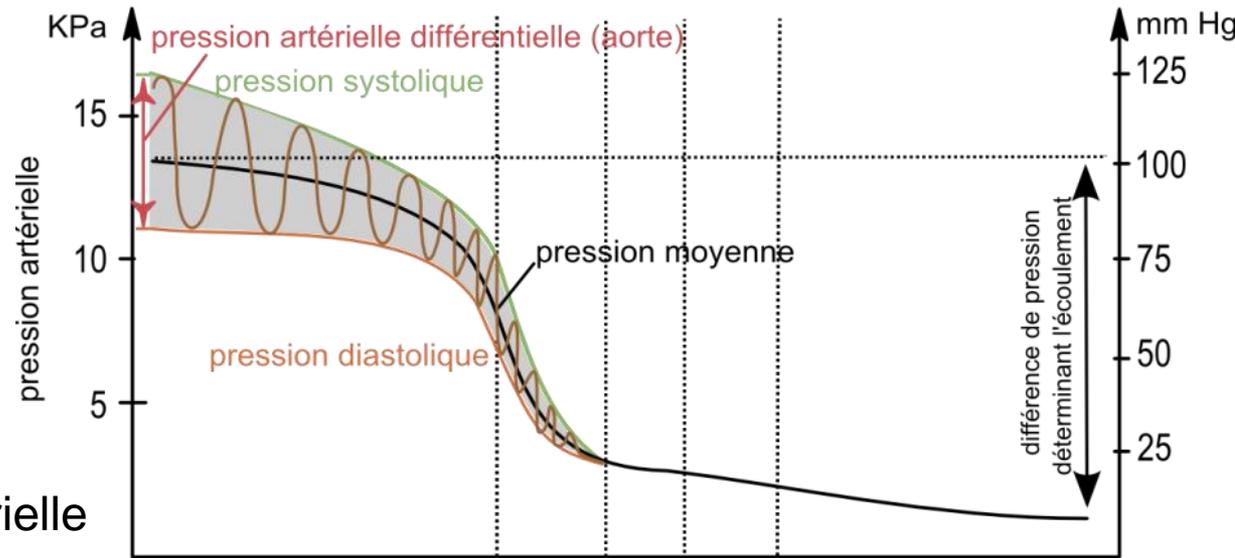
Doc 3 - Évolution des paramètres circulatoires dans la circulation systémique

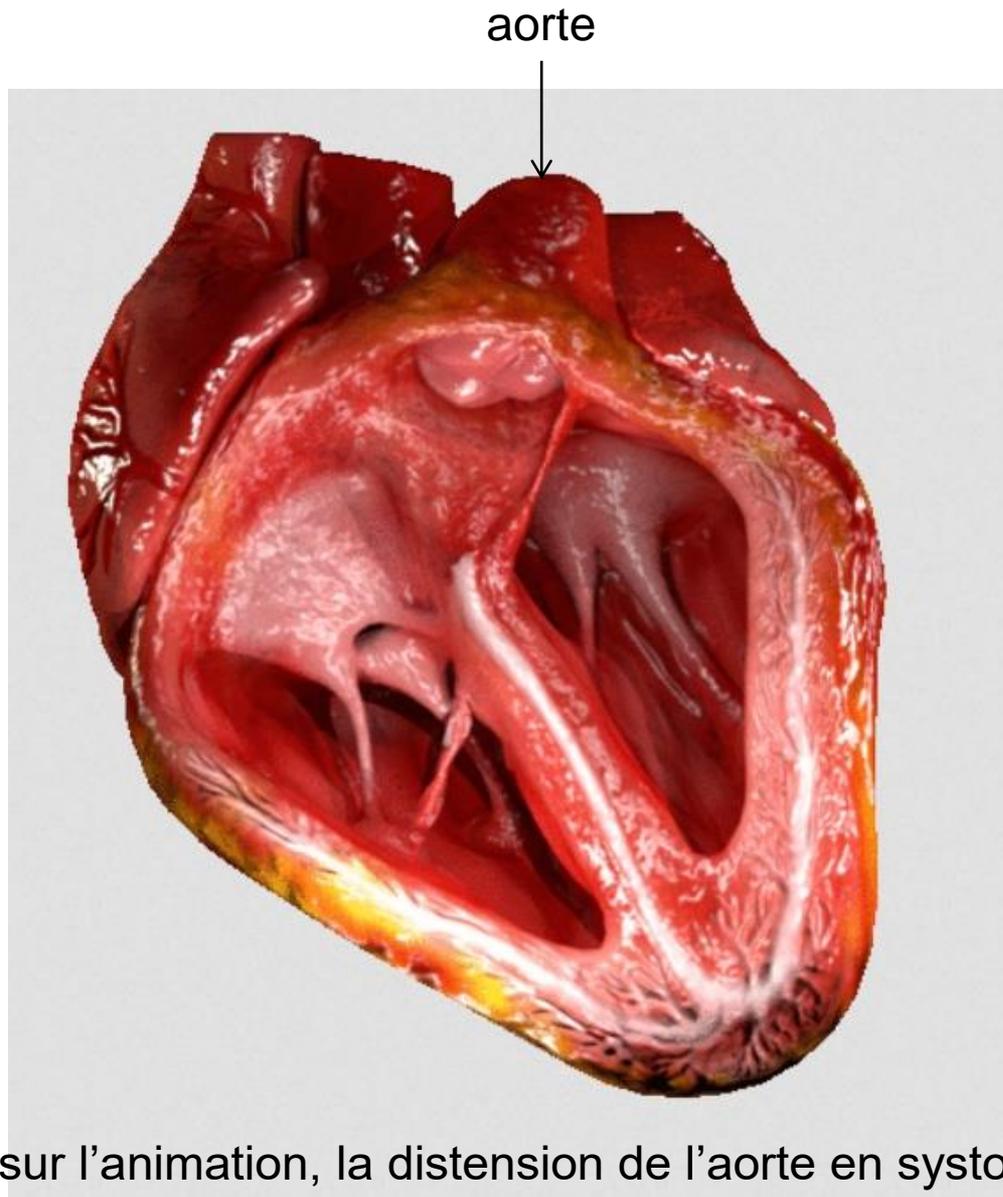
$$PAM = \frac{2}{3} PD + \frac{1}{3} PS$$

$$= PD + \frac{1}{3} (PS - PD)$$

$$= PD + \frac{1}{3} PAD$$

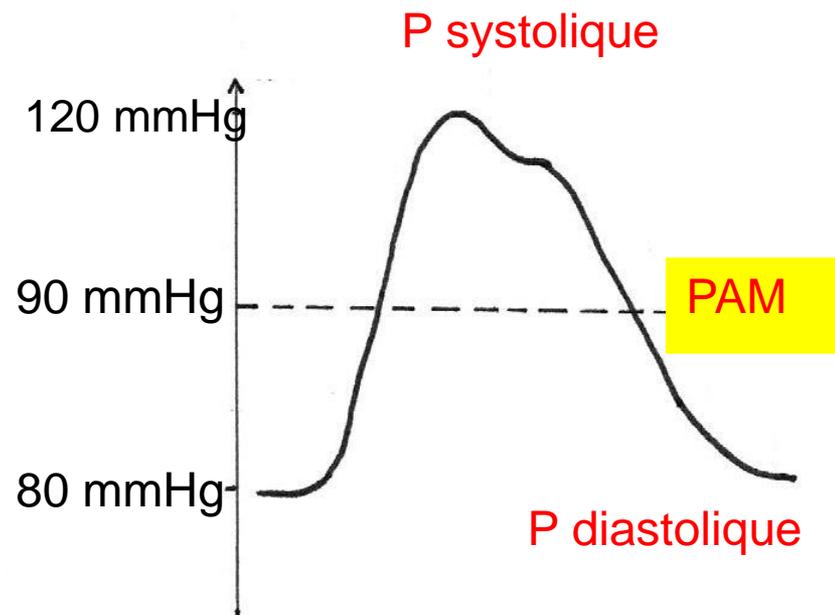
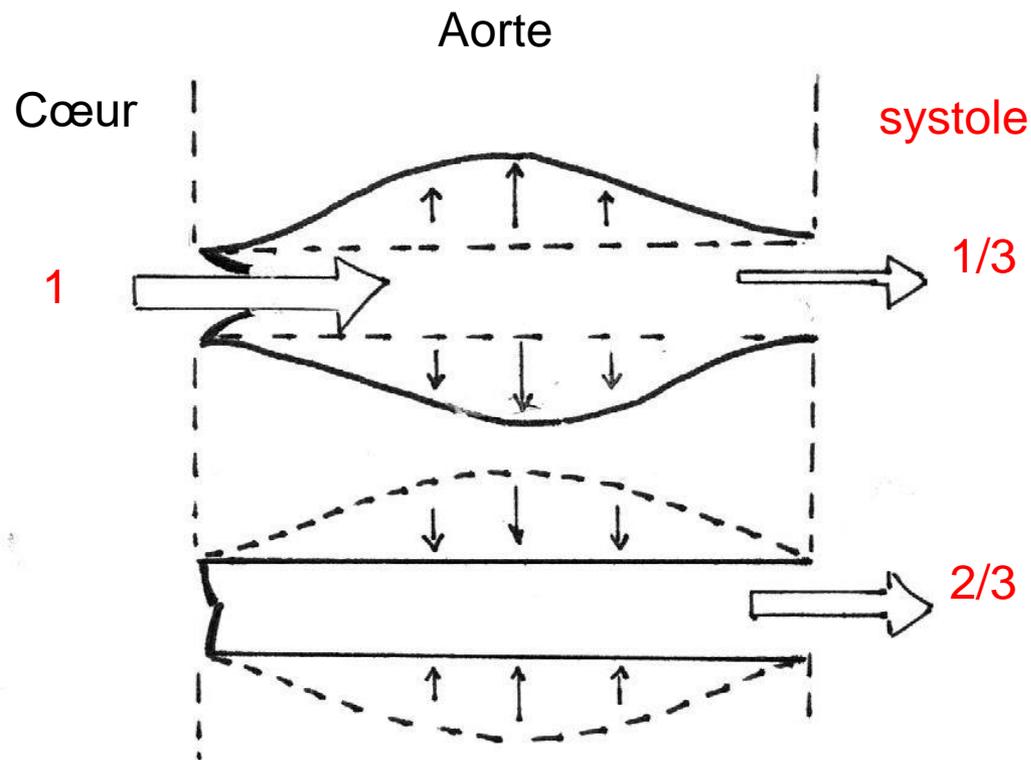
Avec PAD = pression artérielle différentielle





Observer sur l'animation, la distension de l'aorte en systole

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/CG_Heart.gif

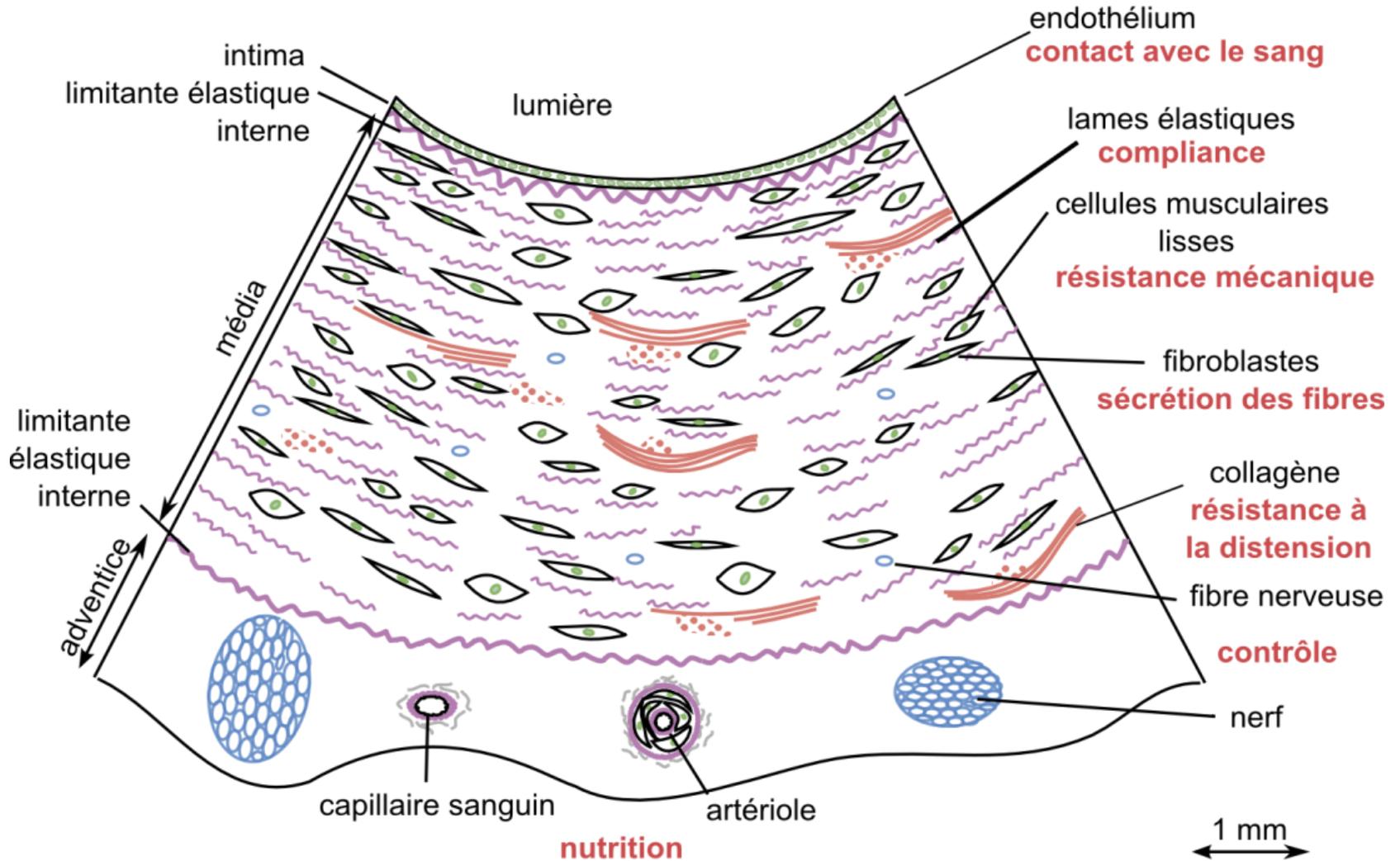


Notion de **COMPLIANCE** = $\frac{\Delta V}{\Delta P}$ Capacité des artères à être étirées sous l'effet de l'apport sanguin

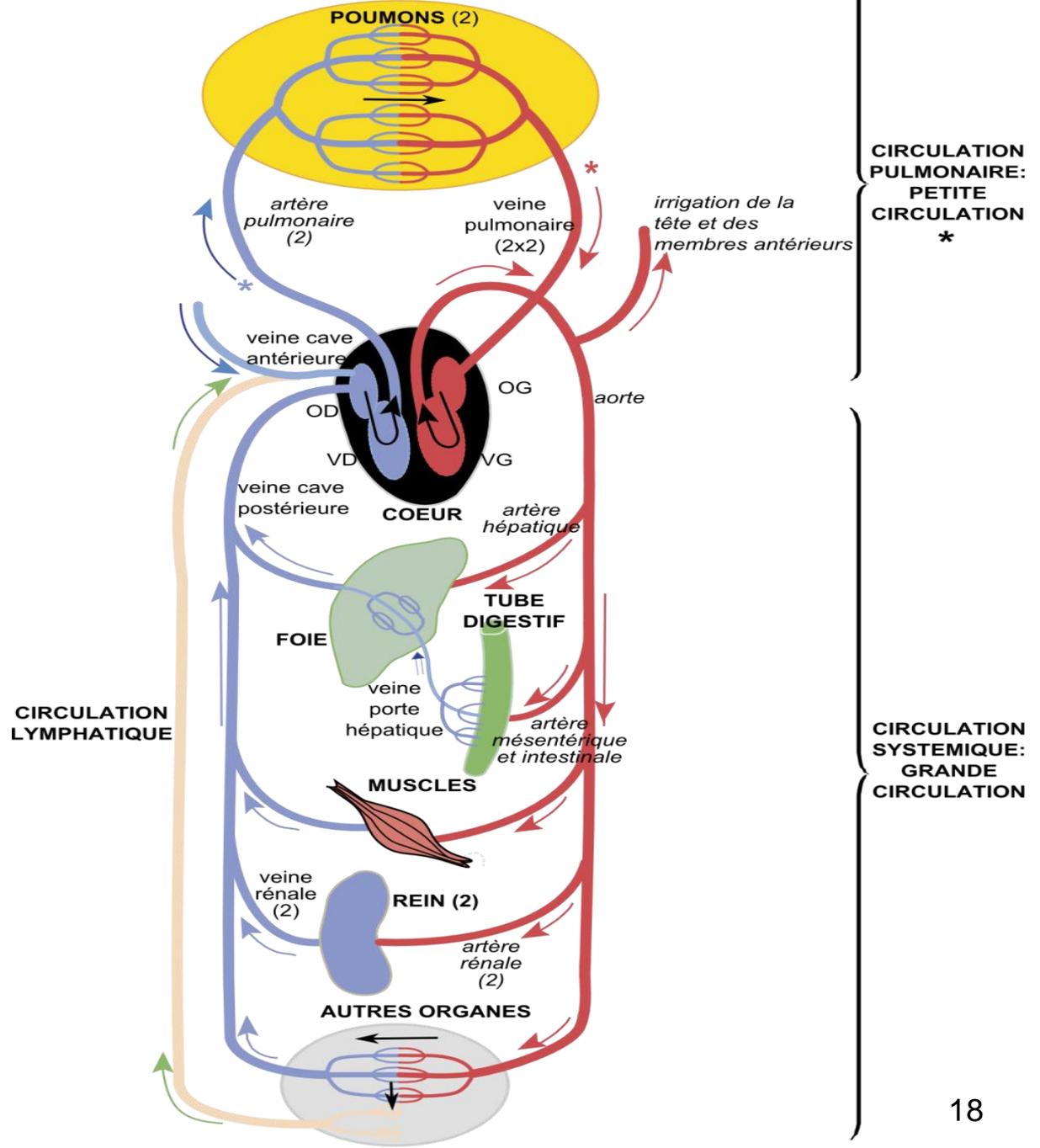
(ΔV = variation du volume du vaisseau sous l'effet d'une variation de pression transpariétale ΔP).

Plus la compliance est élevée, et plus la paroi du vaisseau tend à se déformer pour une pression donnée.

Doc 5- Relation entre la structure de la paroi d'une artère élastique et ses fonctions circulatoires (schéma d'une coupe transversale).



- Circulation sanguine et circulation lymphatique



Les artères musculaires

CT d'une artériole (MO x 400)

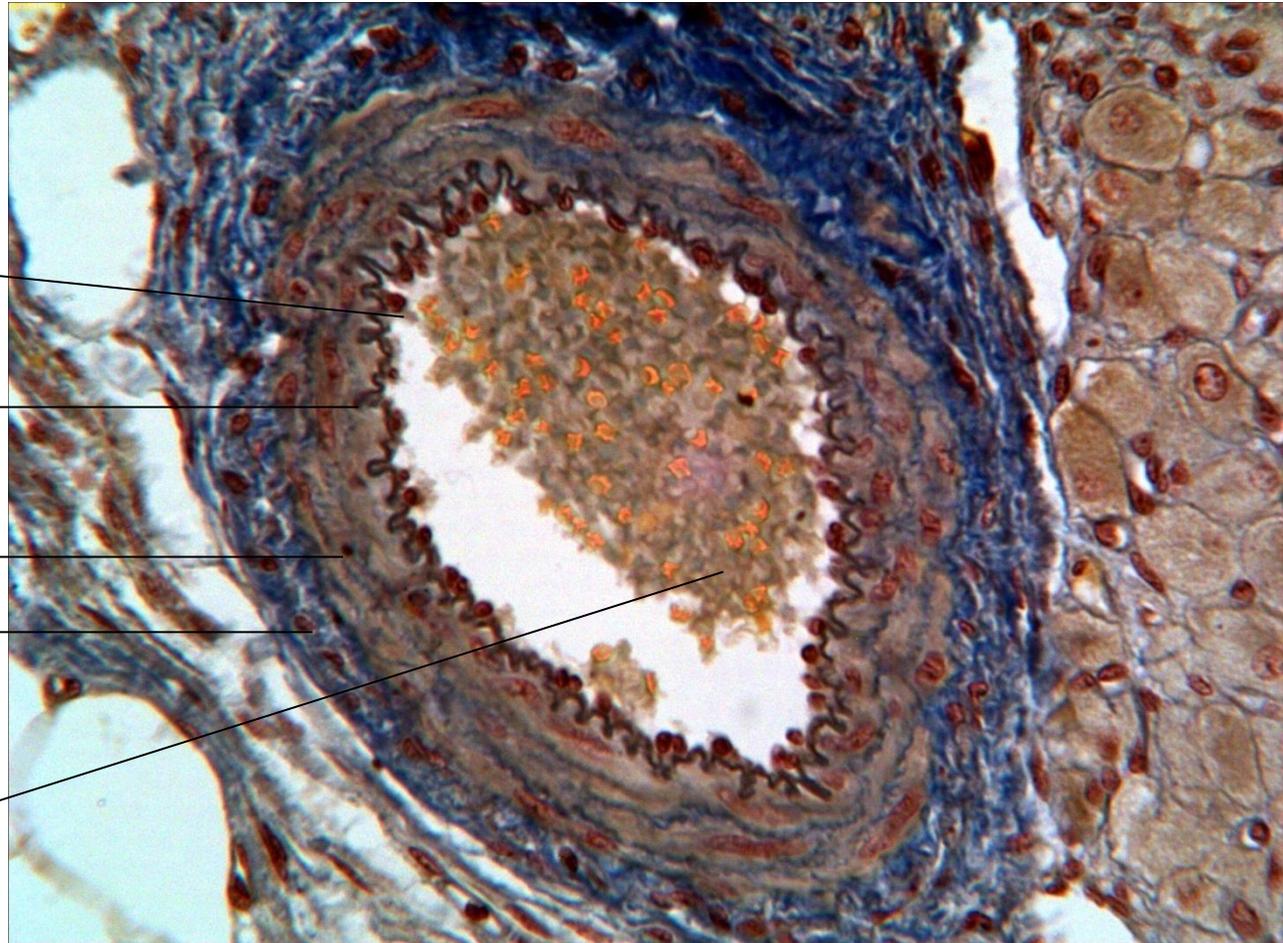
Endothélium

Limitante
élastique
interne

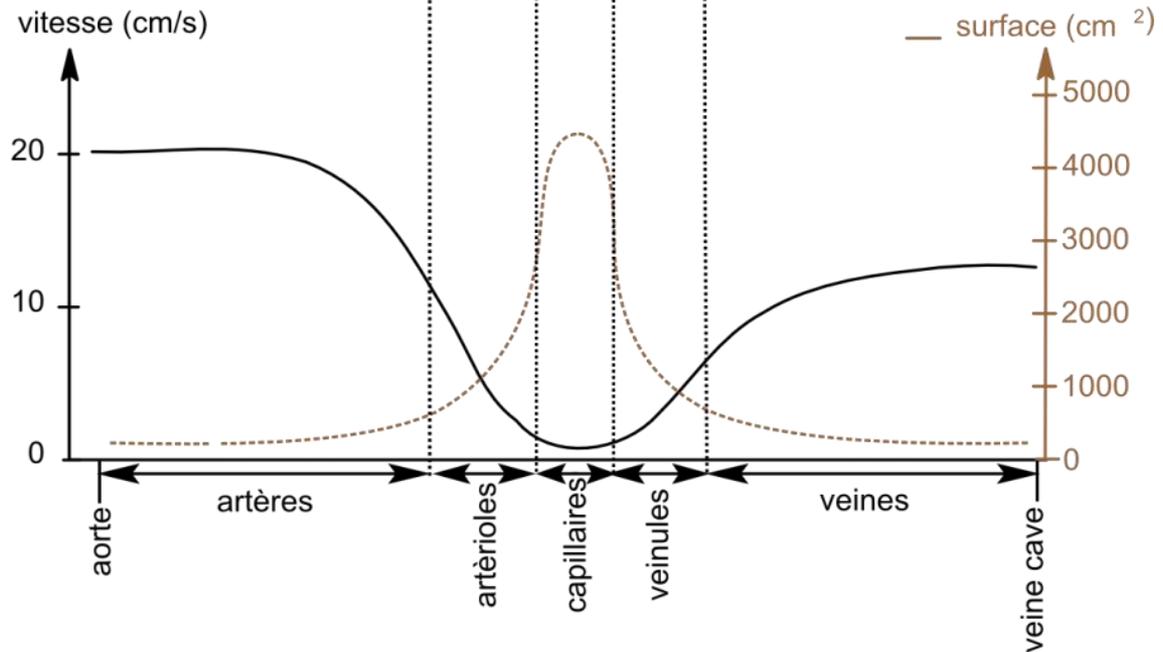
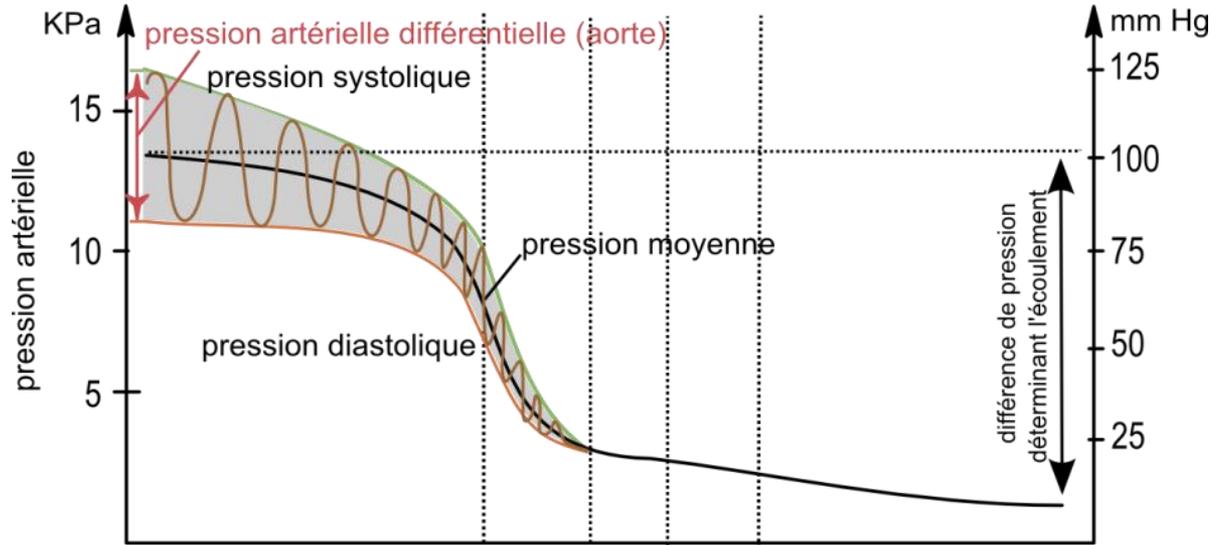
Media

Adventice

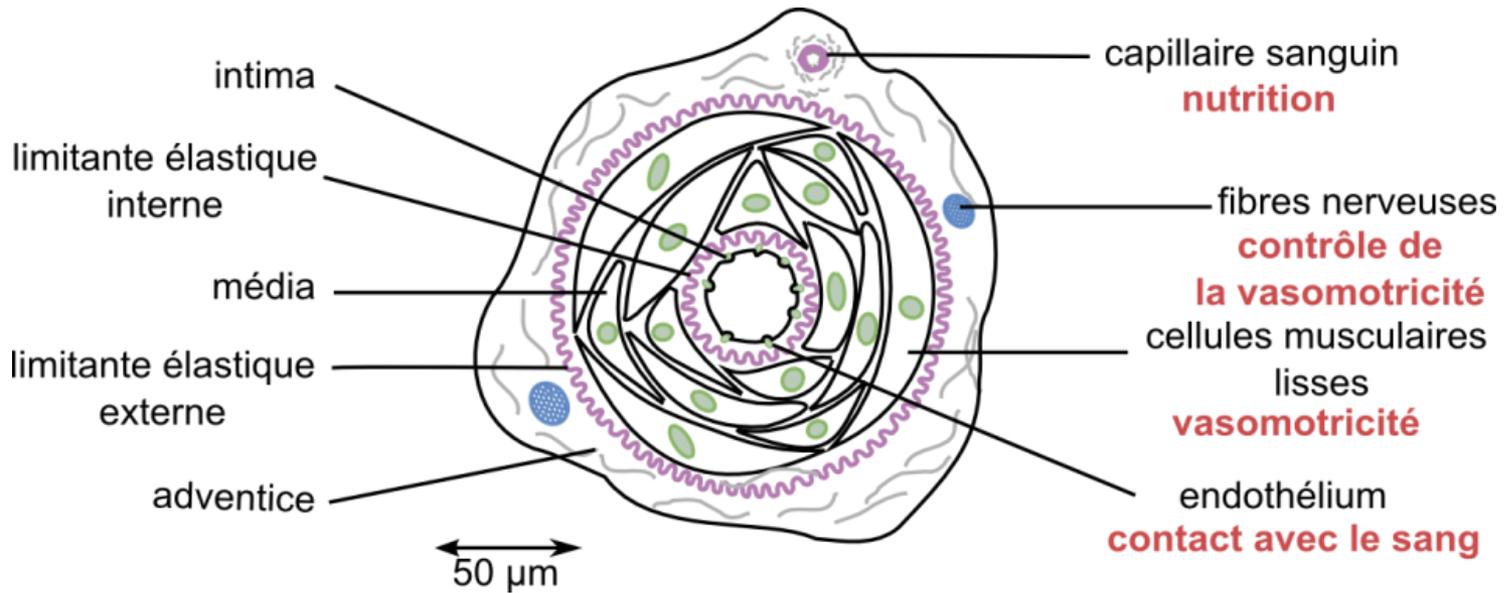
Lumière
avec
hématies



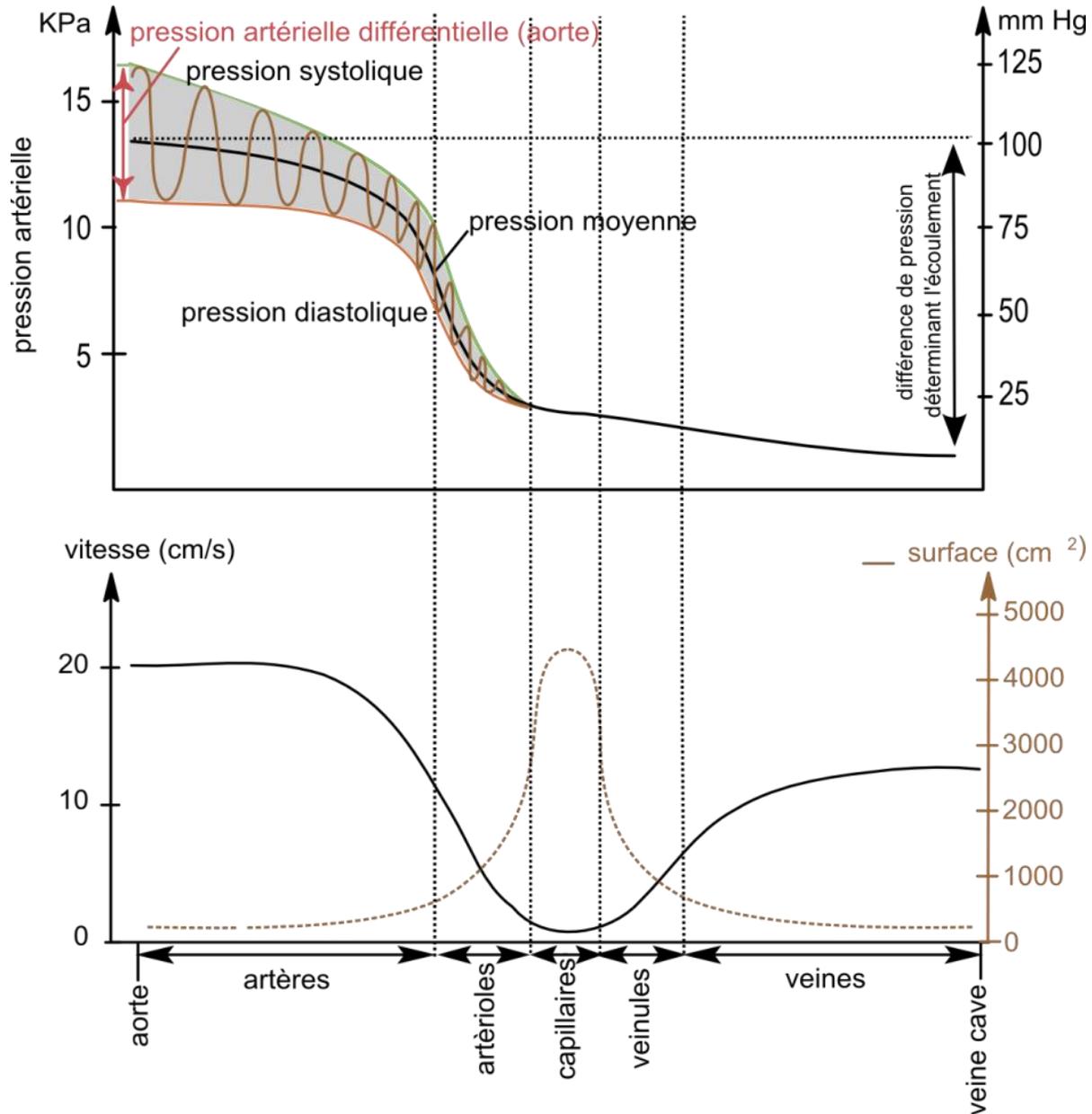
- Évolution des paramètres circulatoires dans la circulation systémique



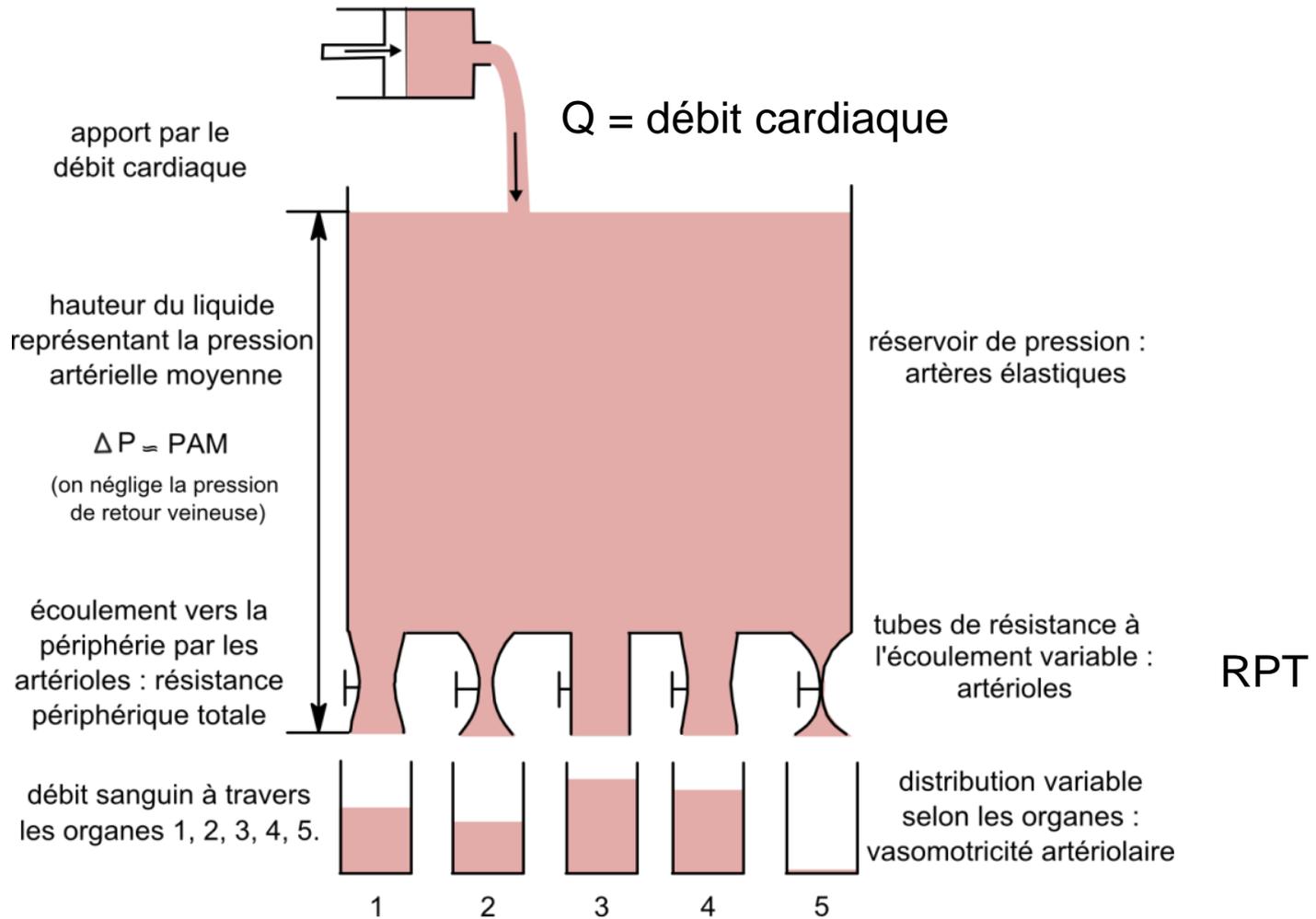
- Relation entre la structure de la paroi d'une artériole et ses fonctions circulatoires (schéma d'une coupe transversale).



- Évolution des paramètres circulatoires dans la circulation systémique



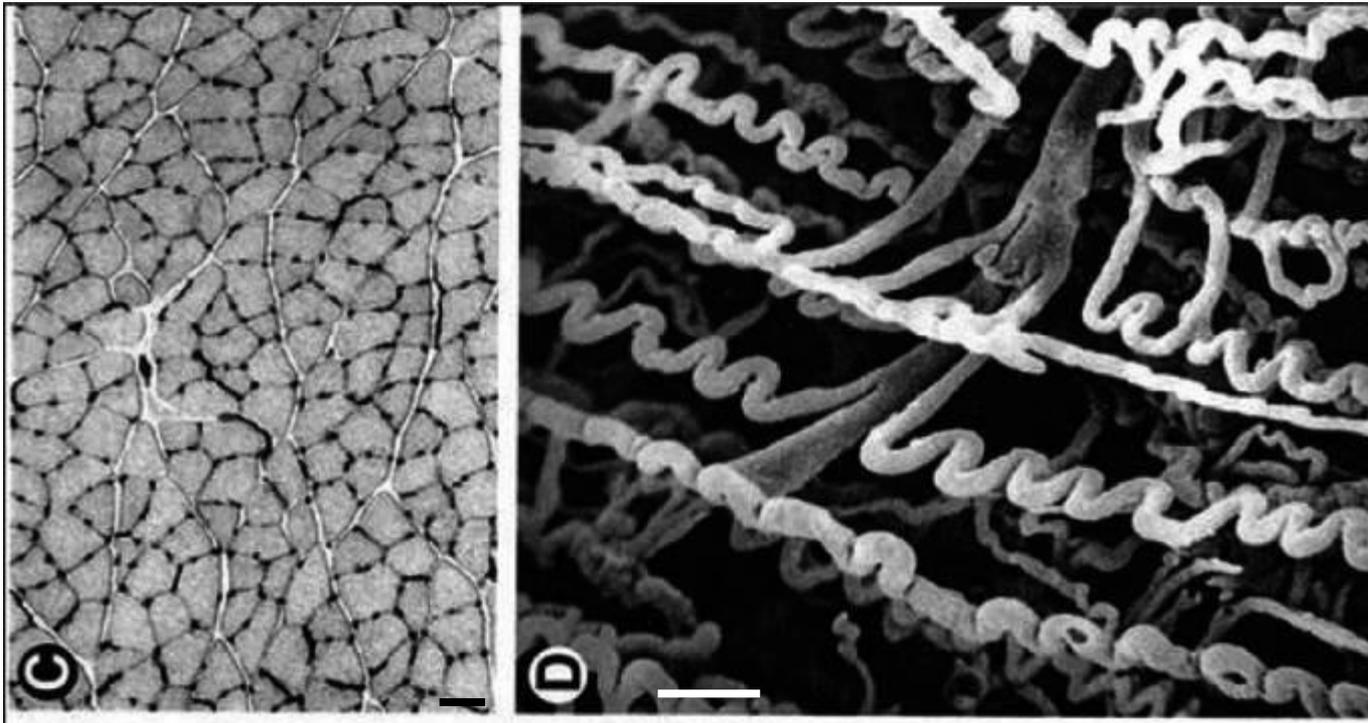
Modèle analogique de circulation artérielle



$$\text{PAM} = Q \cdot \text{RPT}$$

Microcirculation dans un muscle

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3666465/>



Coupe transversale

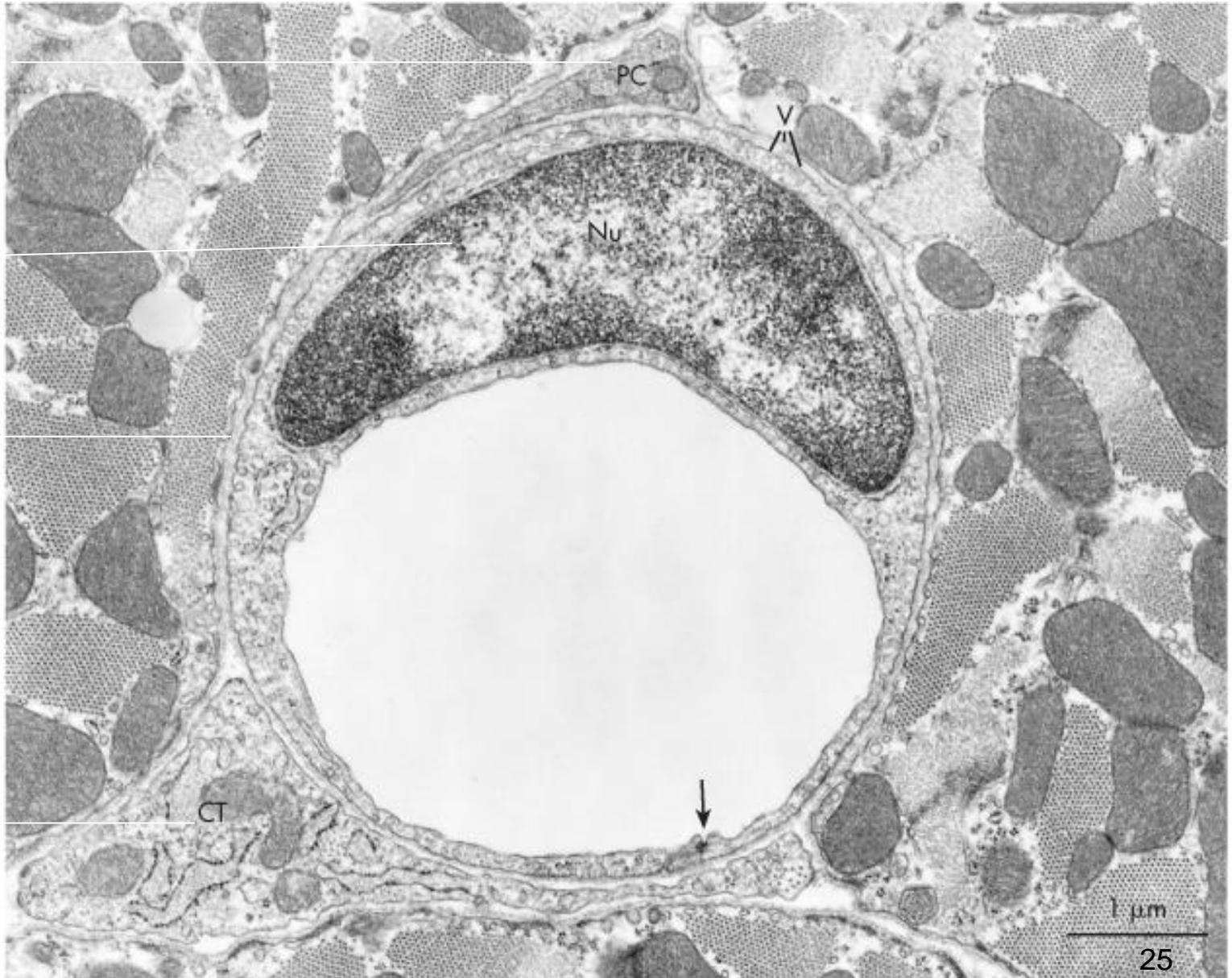
Vue au MEB

Barre d'échelle : 20 μ m

CT d'un capillaire continu (MET)

Berne & al. Physiology p. 374

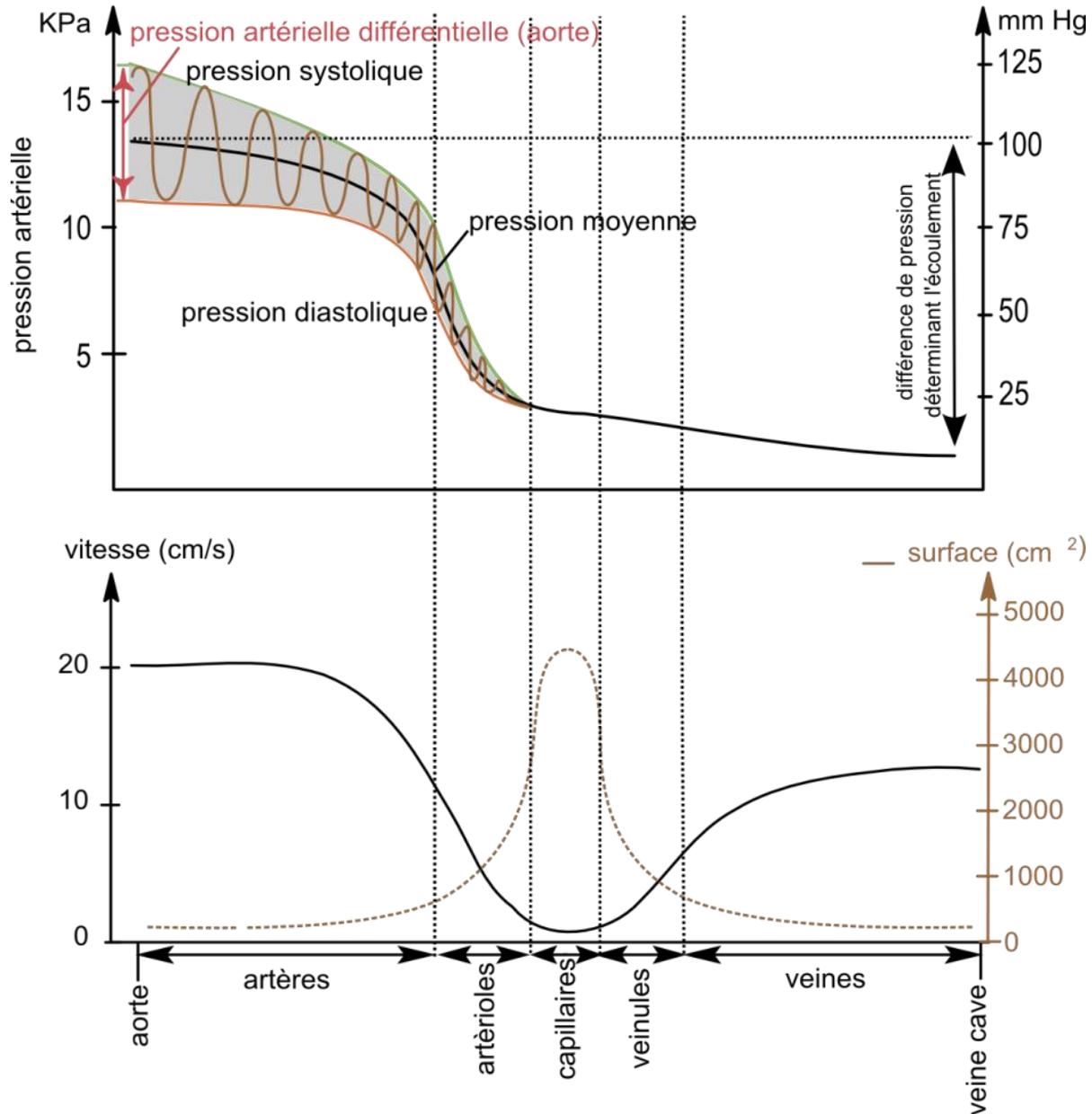
Péricyte
Noyau d'une
cellule
endothéliale
Lame basale
Fibroblaste

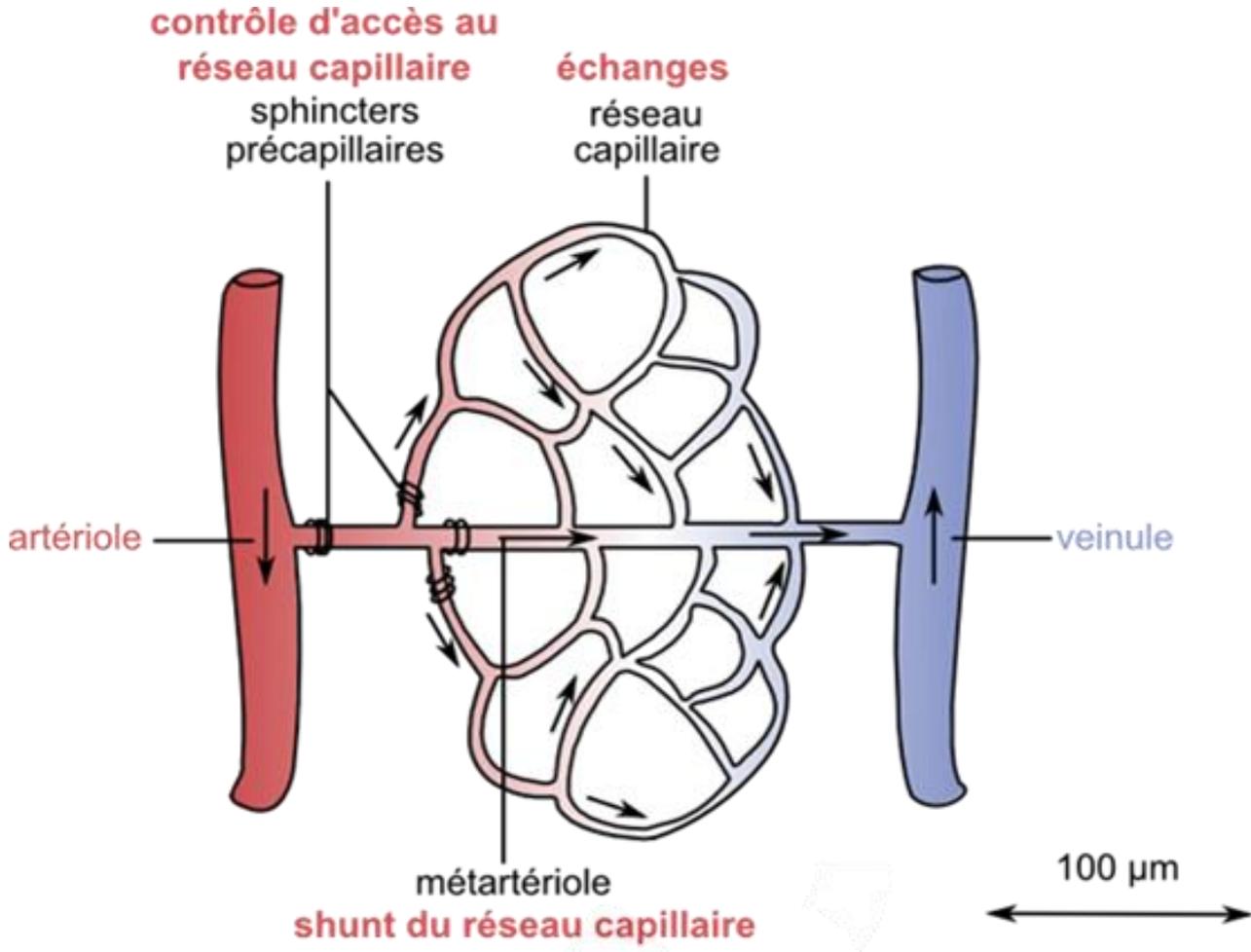


A

25

- Évolution des paramètres circulatoires dans la circulation systémique

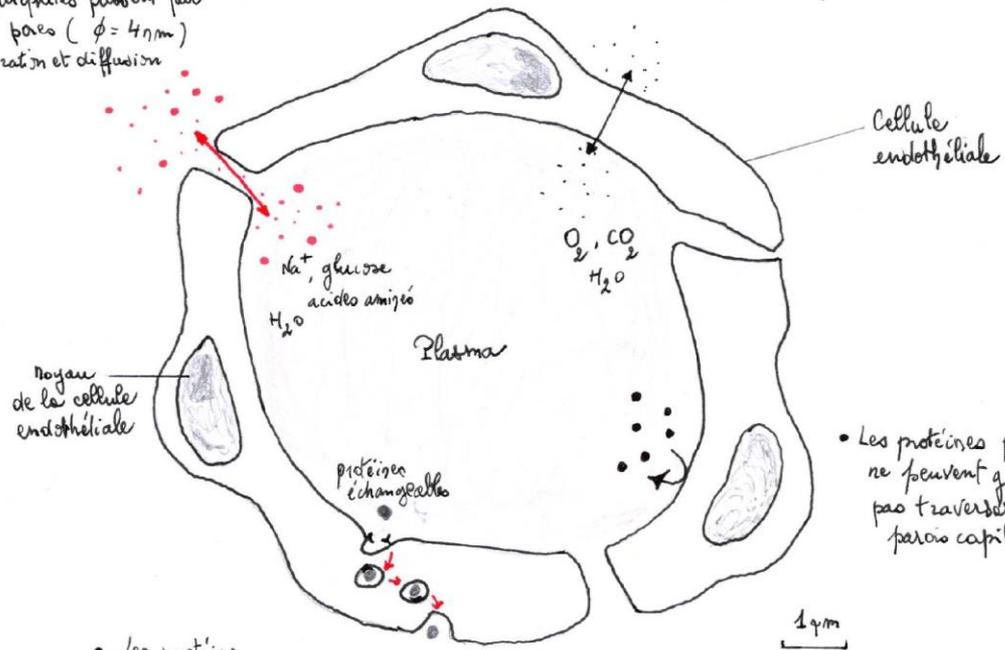




Organisation de la métacirculation

- Les petites molécules hydrophiles passent par les pores ($\phi = 4nm$)
Filtration et diffusion

- Les substances lipophiles, les très petites molécules traversent cellules et membranes.
- Diffusion simple -



- Les protéines plasmatiques ne peuvent généralement pas traverser les parois capillaires.

- Les protéines échangeables traversent la paroi capillaire par transcytose (transport actif)

liquide ou lymphé interstitielle -

Le capillaire, zone d'échanges
(ex: capillaires continus)

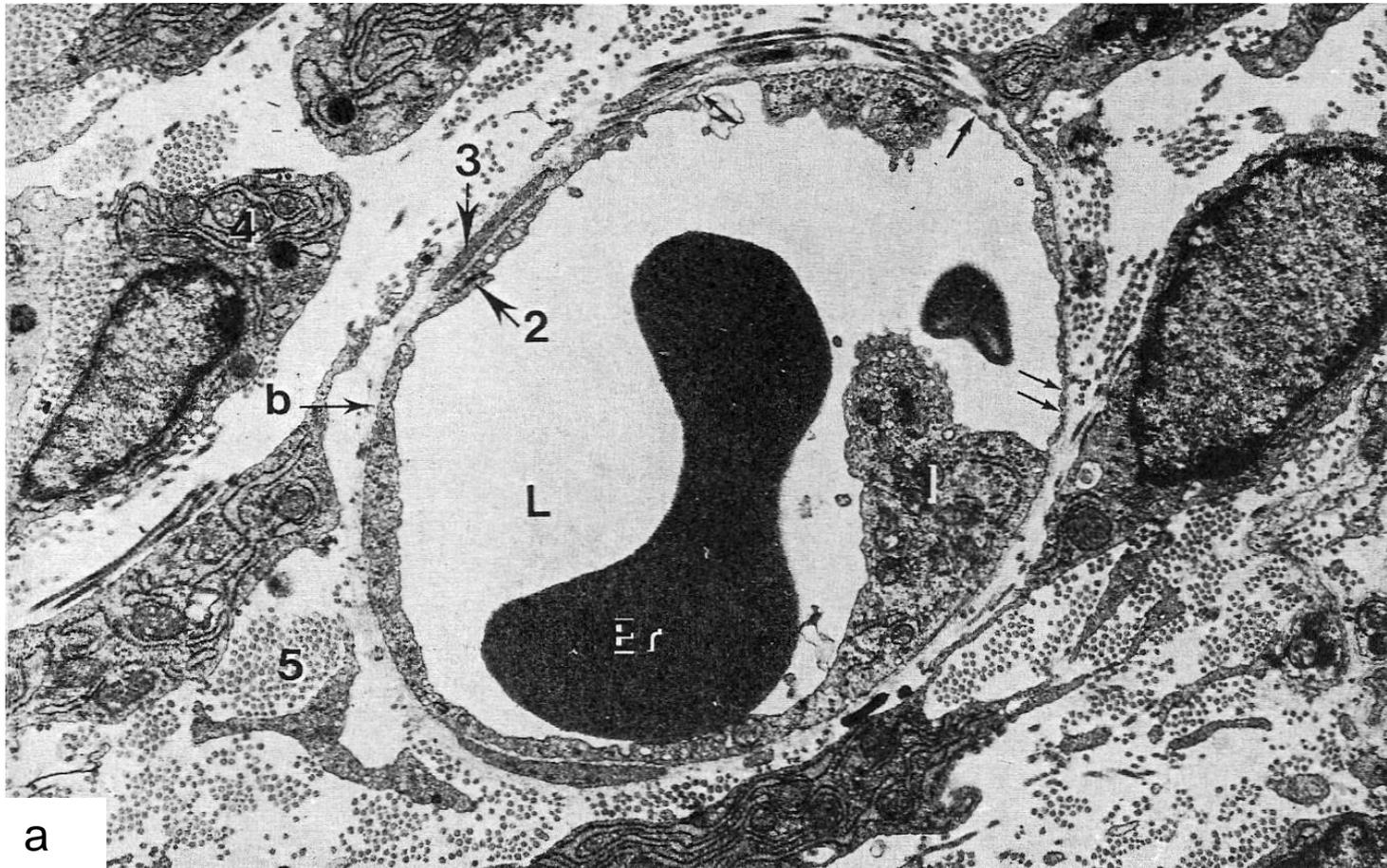
TP B2. Figure 2.7. Capillaires. a) Capillaire de type fenestré (M.E.T. x 12 500)

L. Lumière du capillaire avec une hématie (ER)

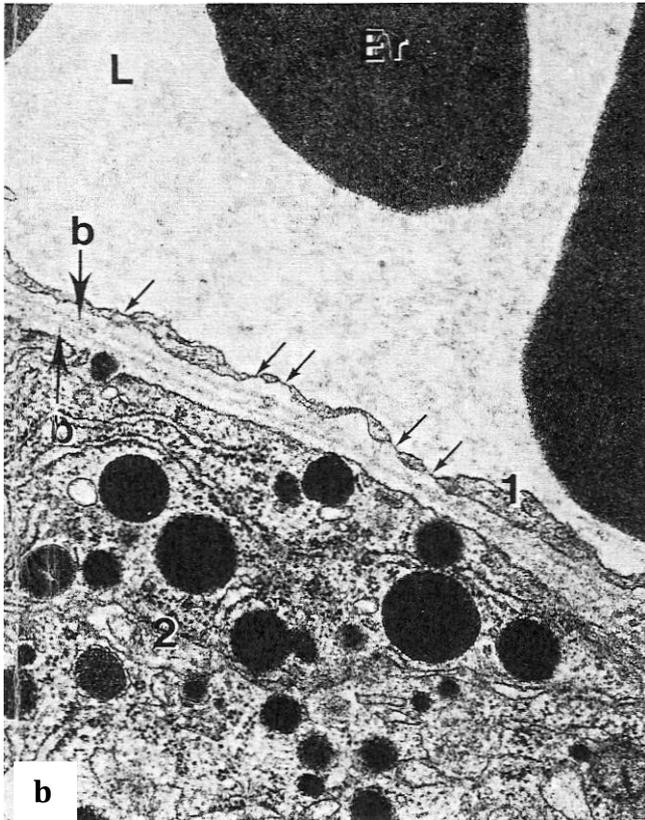
1. Cytoplasme d'une cellule endothéliale

2. Jonction intercellulaire. – 3. Expansion d'un péricyte. – 4, Fibroblaste. –

5. Fibrilles de collagène



TP B2. Figure 2.7. Capillaires. b) Détail de la paroi de ce capillaire (M.E.T. x 43 000) ; c) capillaire sinusoïde (M.E.B. x 700)



1. Endothélium
2. Hématies
3. Hépatocytes

b. Lamé basale
2. Cellule sécrétrice
↑ Pores entre les cellules endothéliales

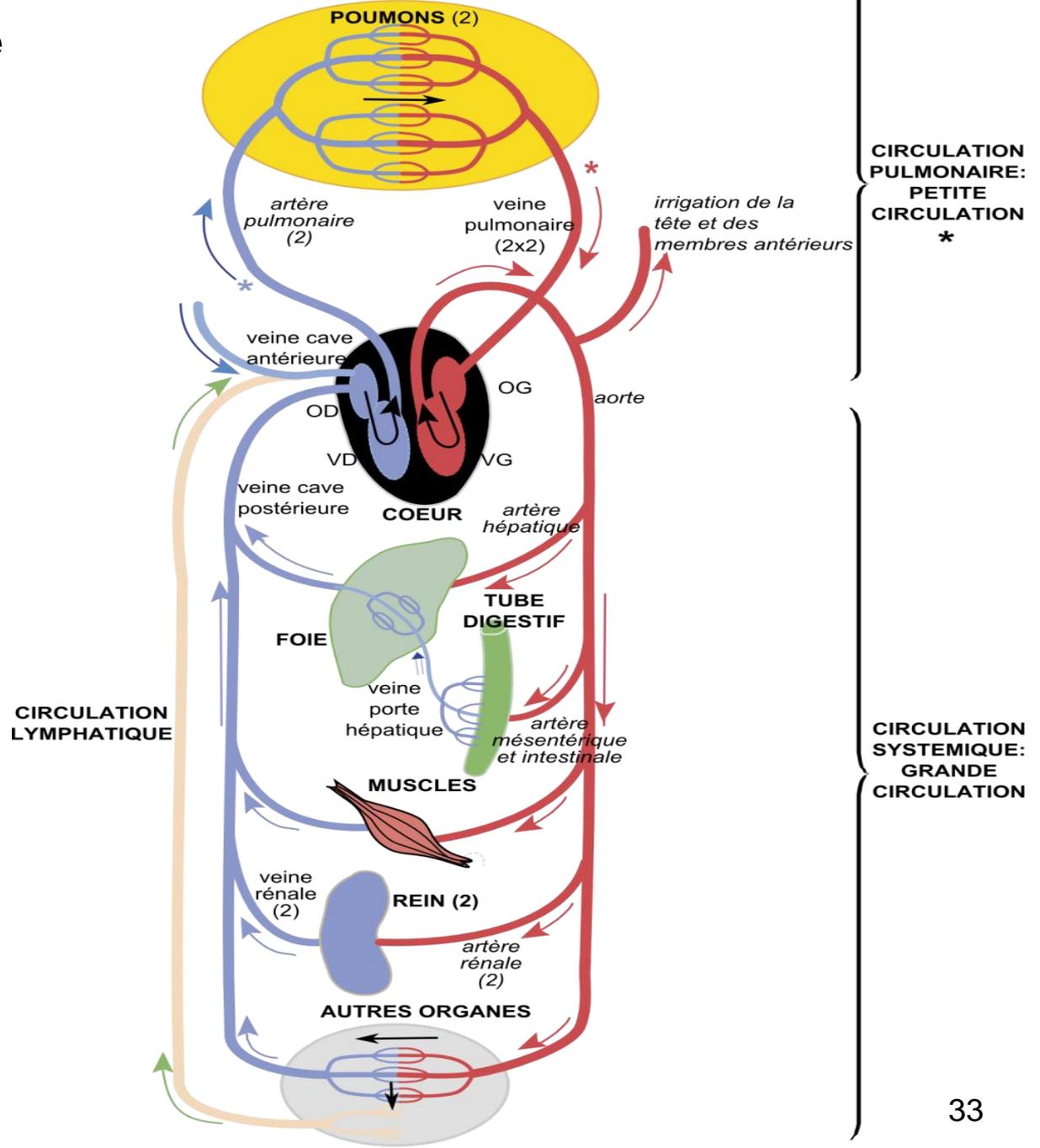
- Pressions hydrostatiques et oncotiques aux extrémités d'un capillaire

Valeurs en mm Hg

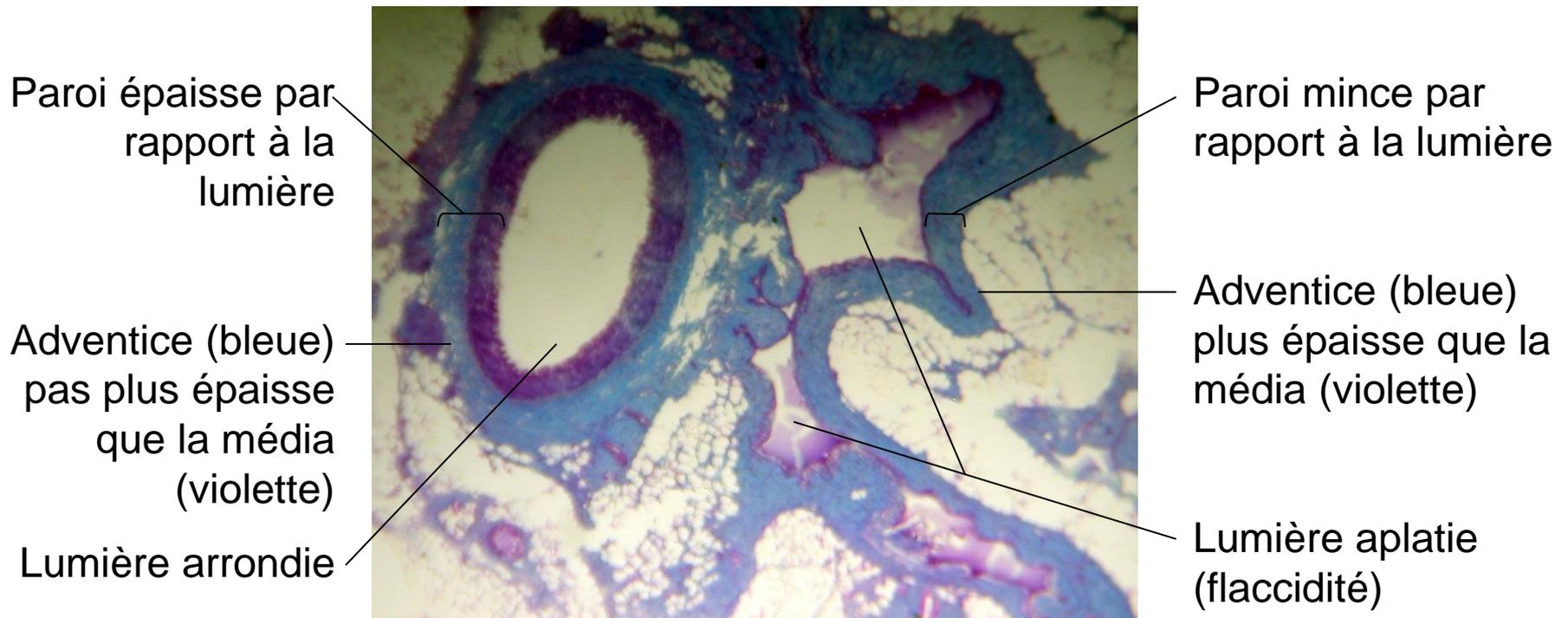
	pressions hydrostatiques		pressions oncotiques	
	plasma	liquide interstitiel	plasma	liquide interstitiel
extrémité artériolaire	35	-2	25	0
extrémité veineuse	15	-2	25	3

[echanges capillaires animation](#)

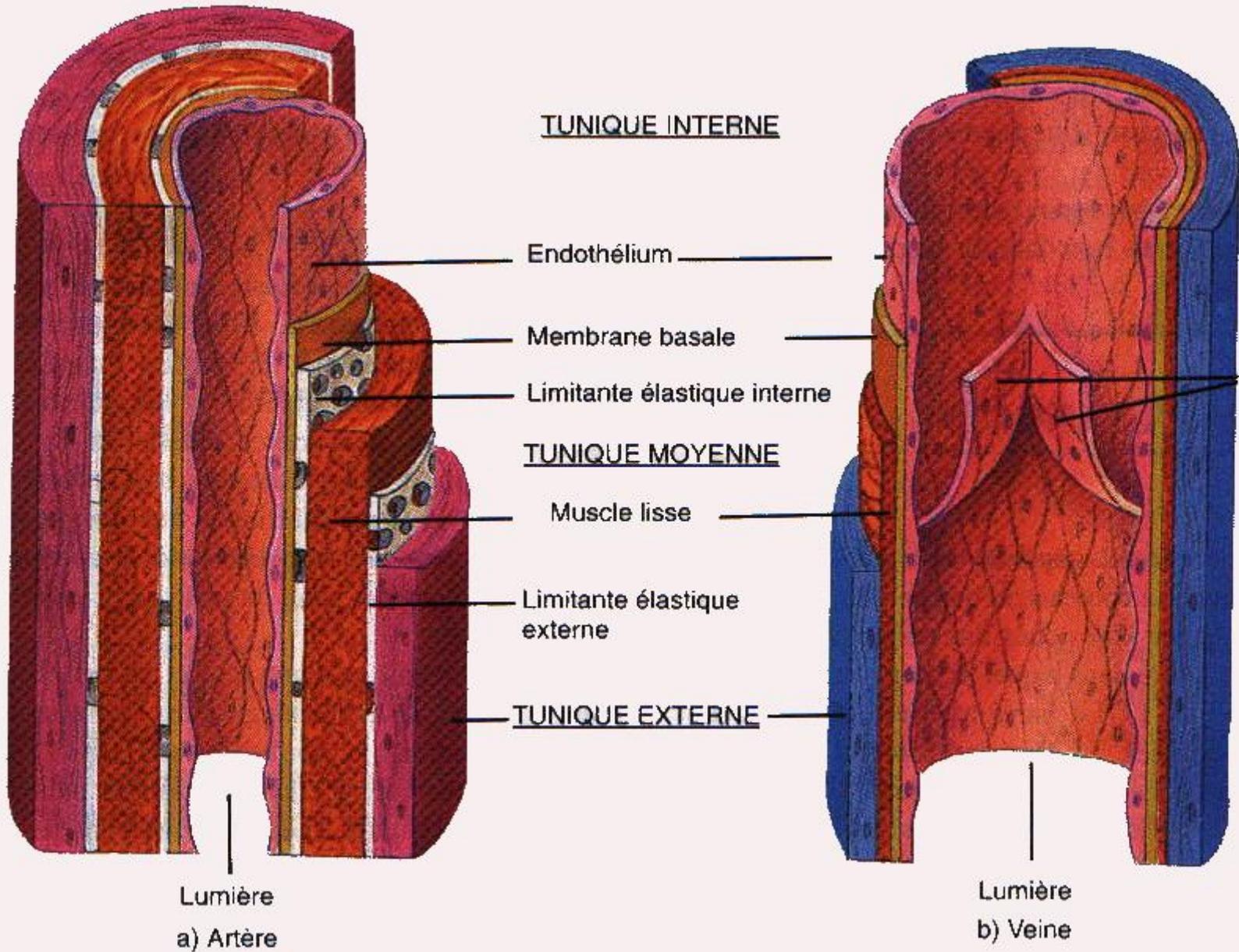
B2.1 - Circulation sanguine et circulation lymphatique



Comparaison d'une artériole et d'une veinule (CT)

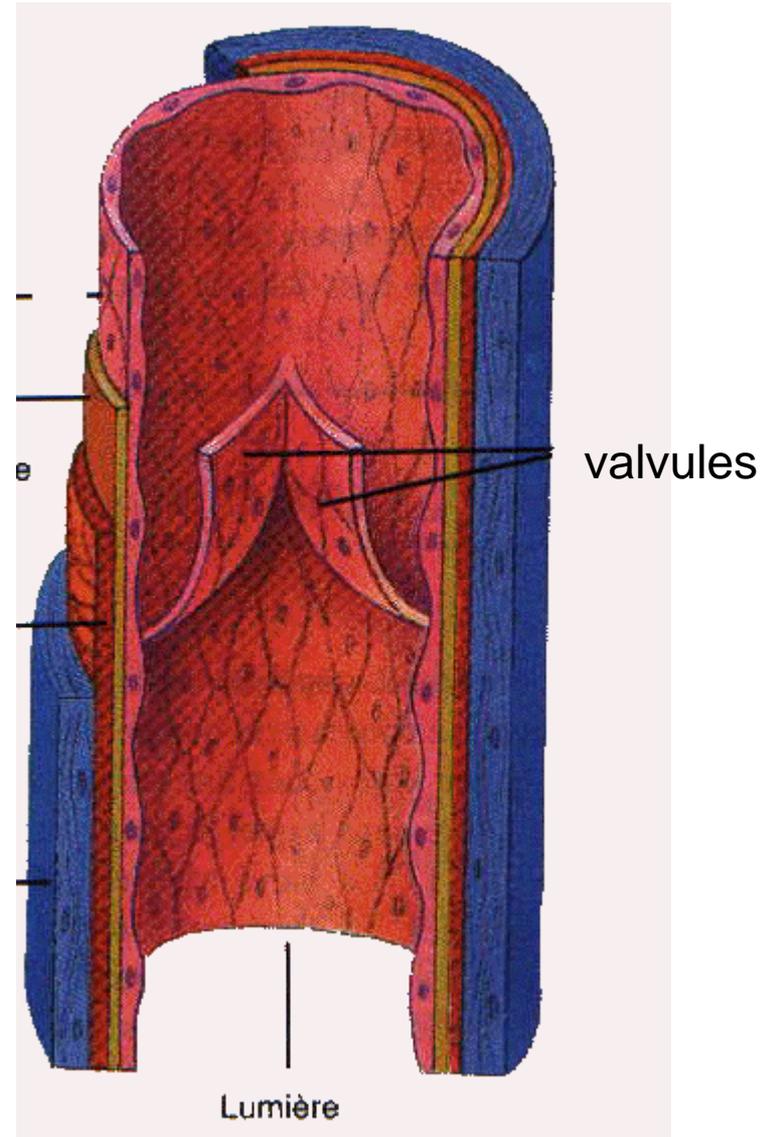
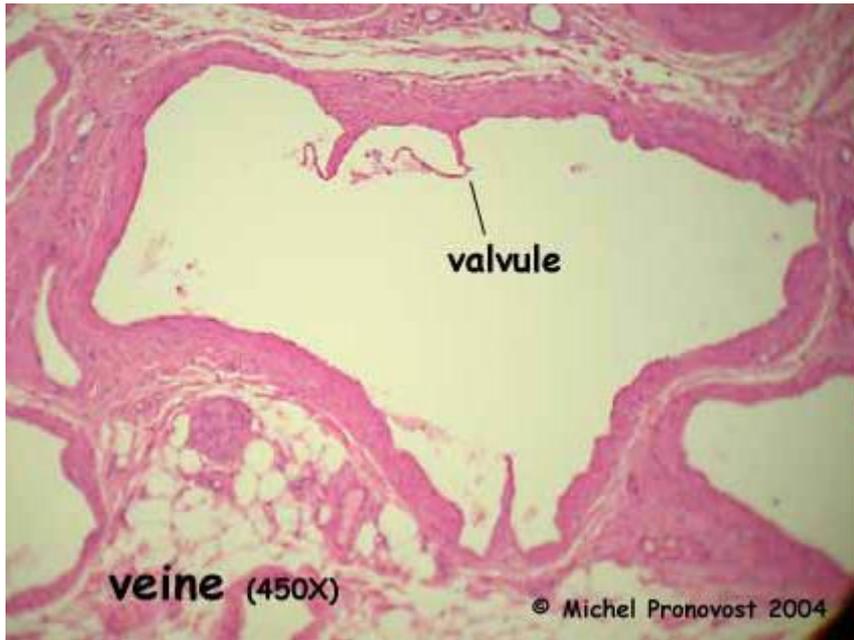


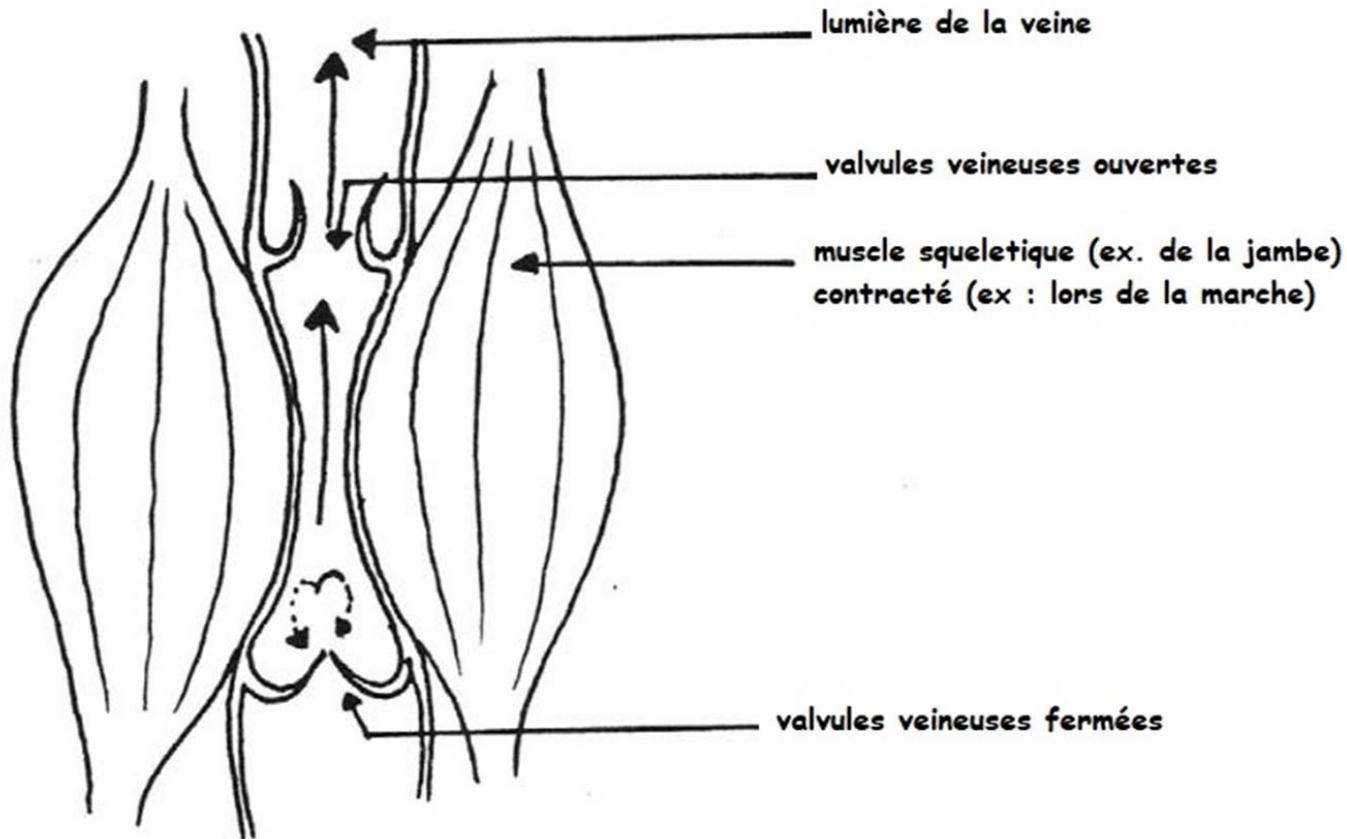
Comparaison d'une artère musculaire et d'une veine



Valvules et retour veineux

CT d'une veine





Le moteur du retour du sang au cœur : différence de pression entre les veines et l'oreillette droite + pression exercée par les muscles squelettiques sur le sang contenu dans les veines

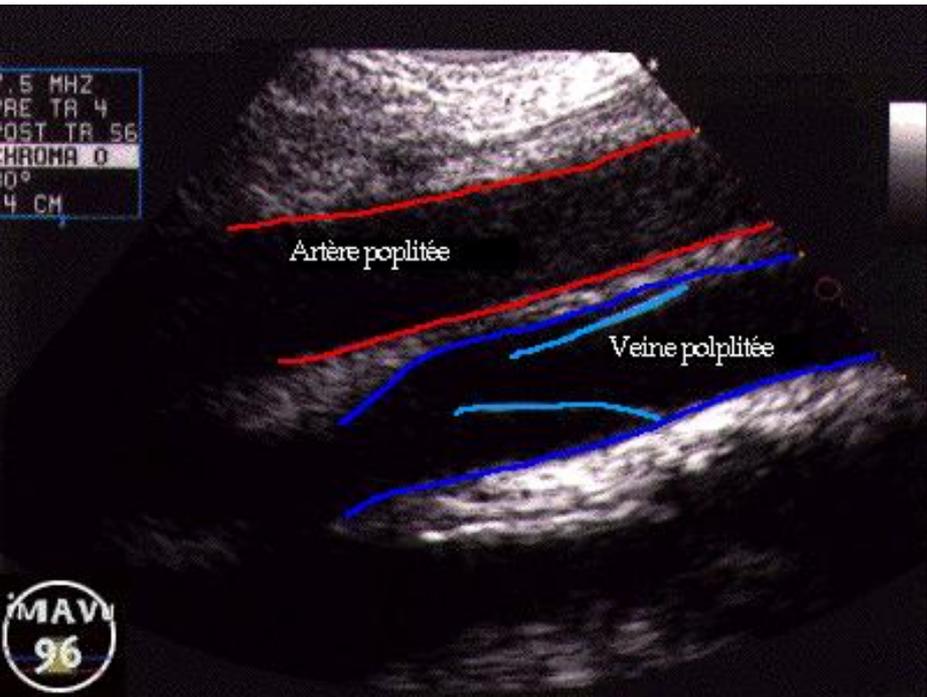
Orientation de l'écoulement du sang vers le cœur par des valvules.

Relations structure/fonction des segments vasculaires

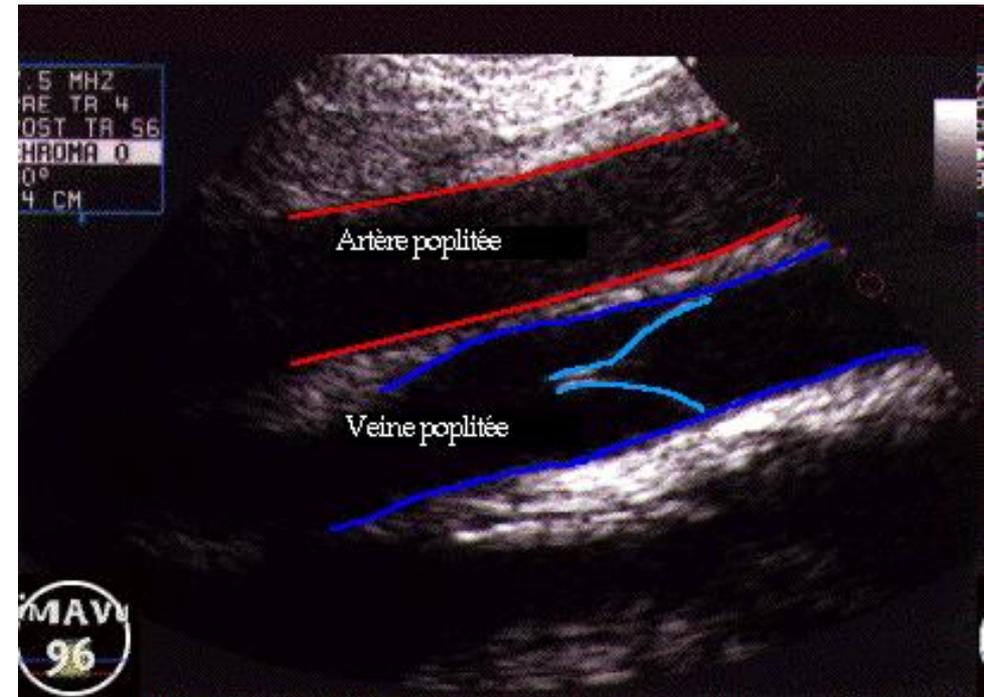
Segment	Fonction	Propriétés structurales
Grosses artères	Réservoir de pression Aide à la propulsion du sang + régularisation du débit	Grand diamètre Elasticité
Petites artères ; artérioles	Contrôle de la PAM + débits locaux par leur vasomotricité	Média musculaire
Capillaires	Echanges plasma / liquide interstitiel	Paroi de faible épaisseur
Veines	Réservoirs de volume Retour veineux	Flaccidité Paroi mince ; valvules

Images échographiques

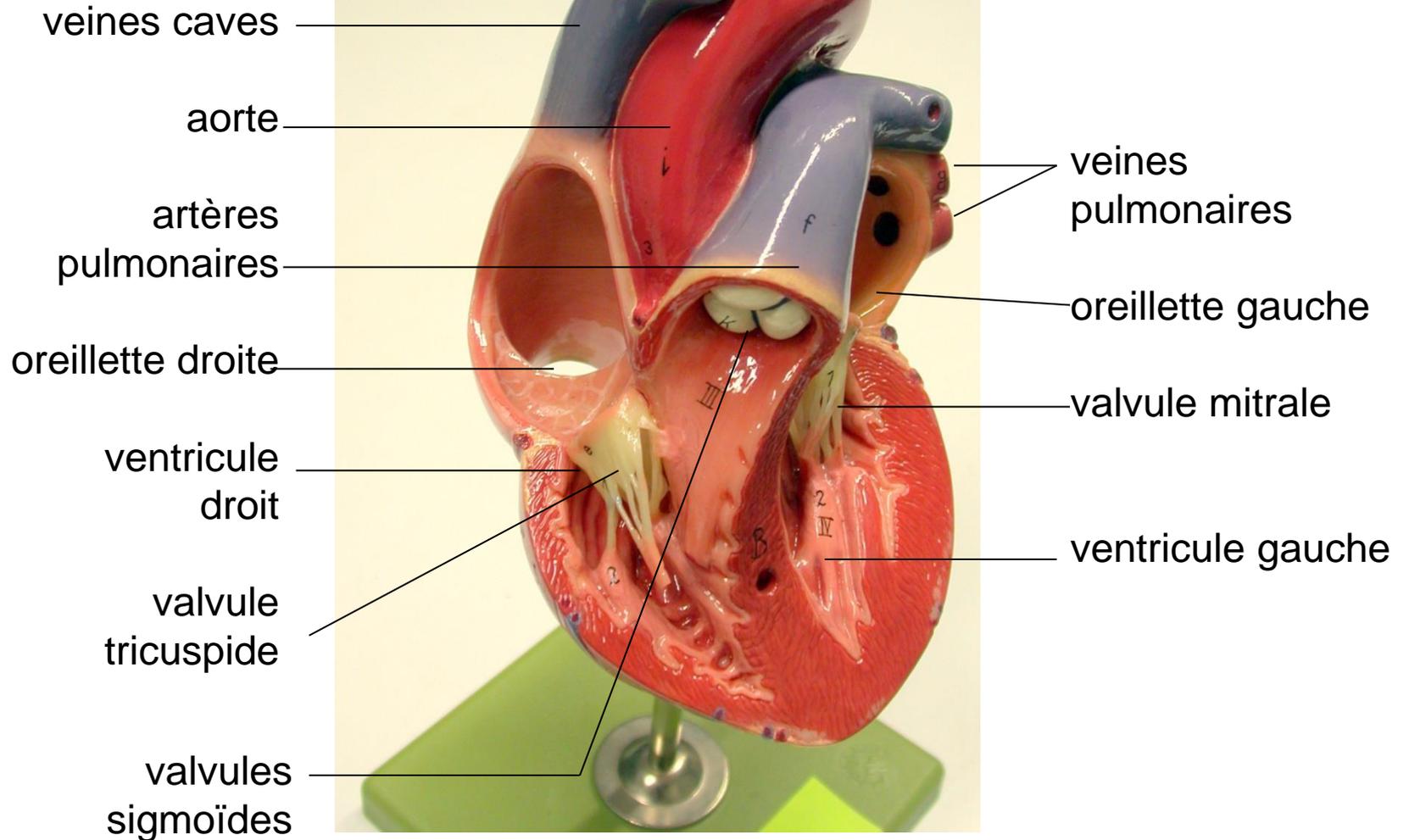
ouverture des valvules lors d'une contraction du mollet



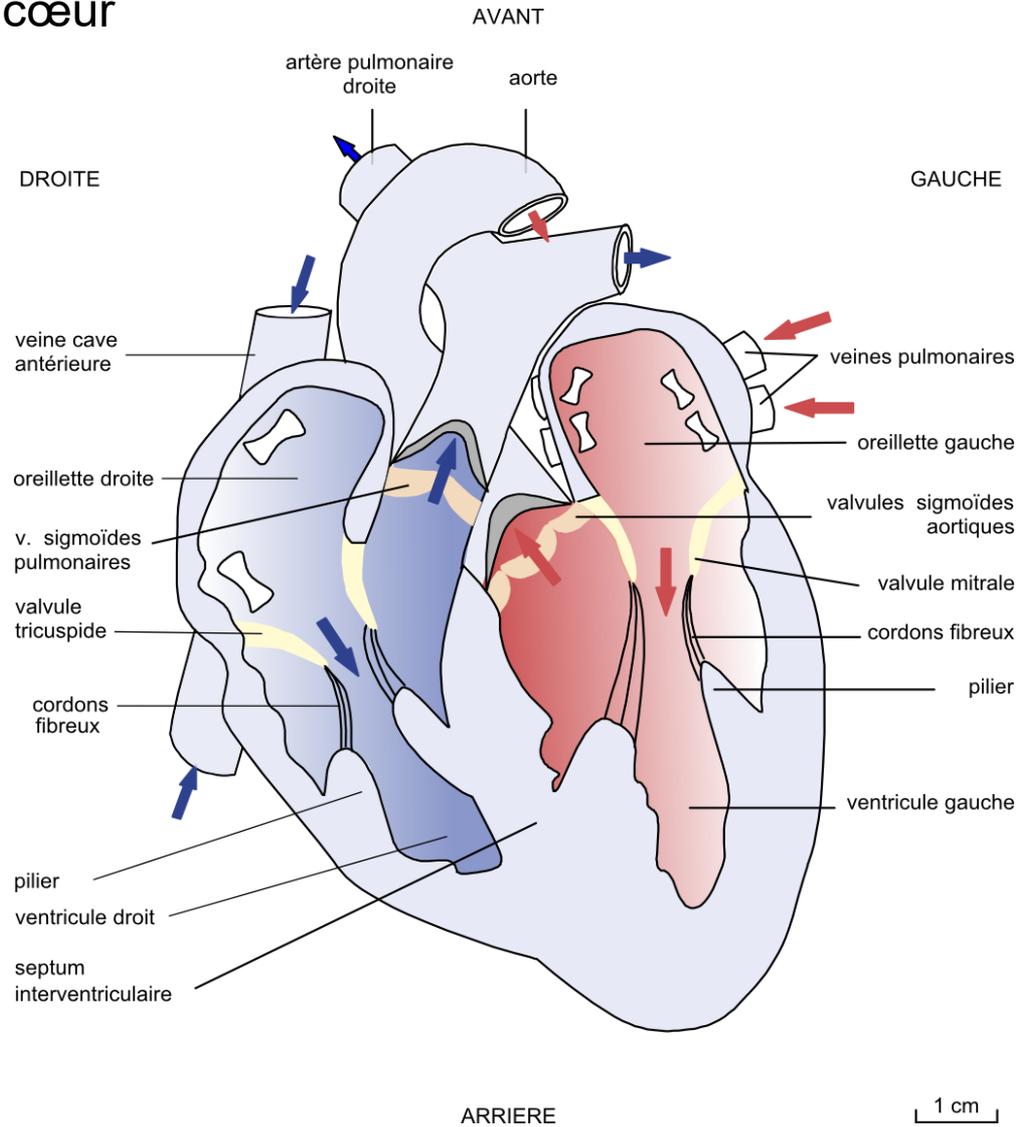
fermeture des valvules empêchant le reflux du sang



TP B2 - Modèle anatomique de cœur



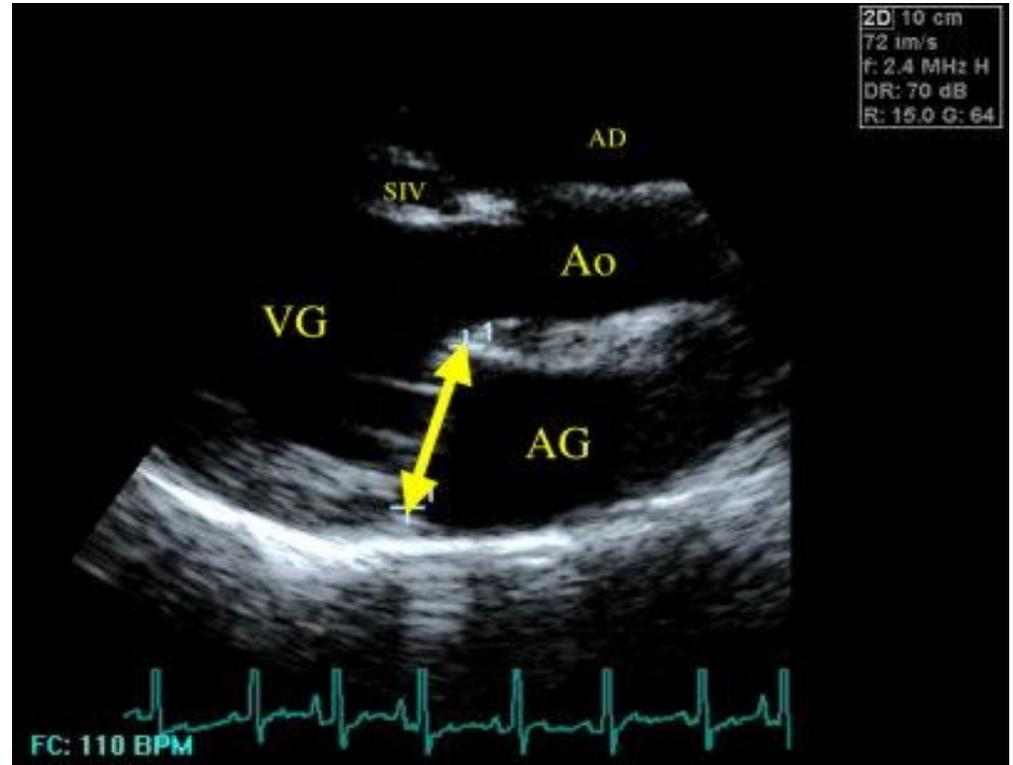
TP B2 - Schéma fonctionnel de la circulation intracardiaque sur une coupe longitudinale du cœur



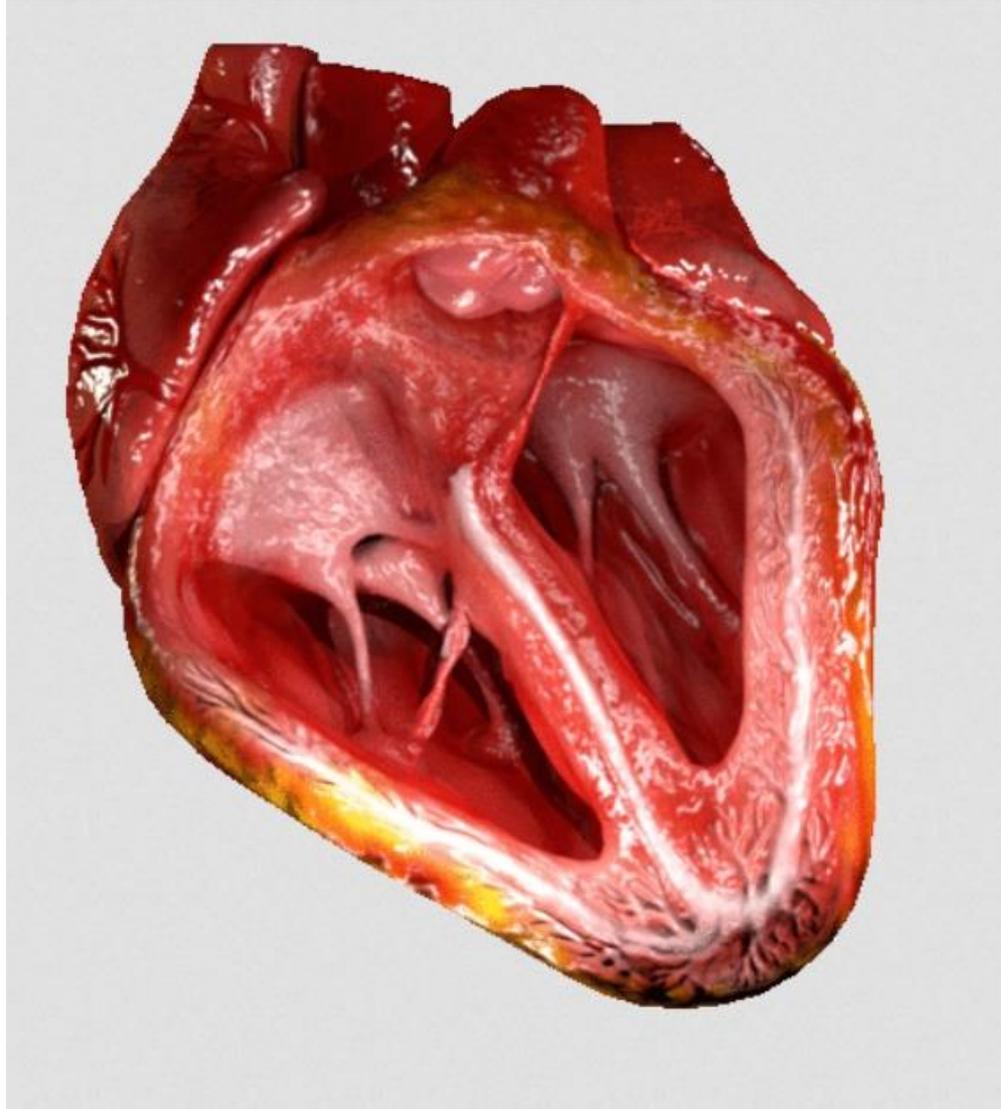
Echocardiographie réalisée chez un chien atteint de maladie valvulaire dégénérative mitrale

http://www.fckc.com/cavalier-king-charles-sante-maladies_ignorees-mvd_echographie.htm

- AD : atrium droit.
- AG : atrium gauche.
- Ao : aorte.
- SIV : septum interventriculaire.
- VG : cavité du ventricule gauche.

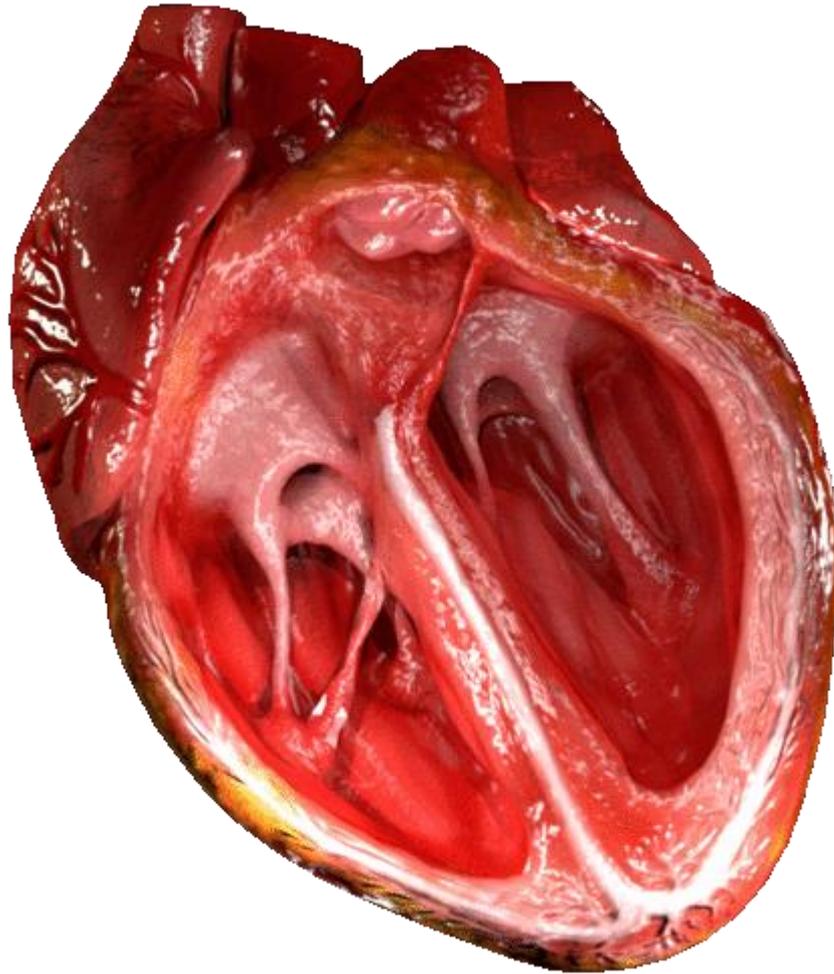


Début de la systole ventriculaire



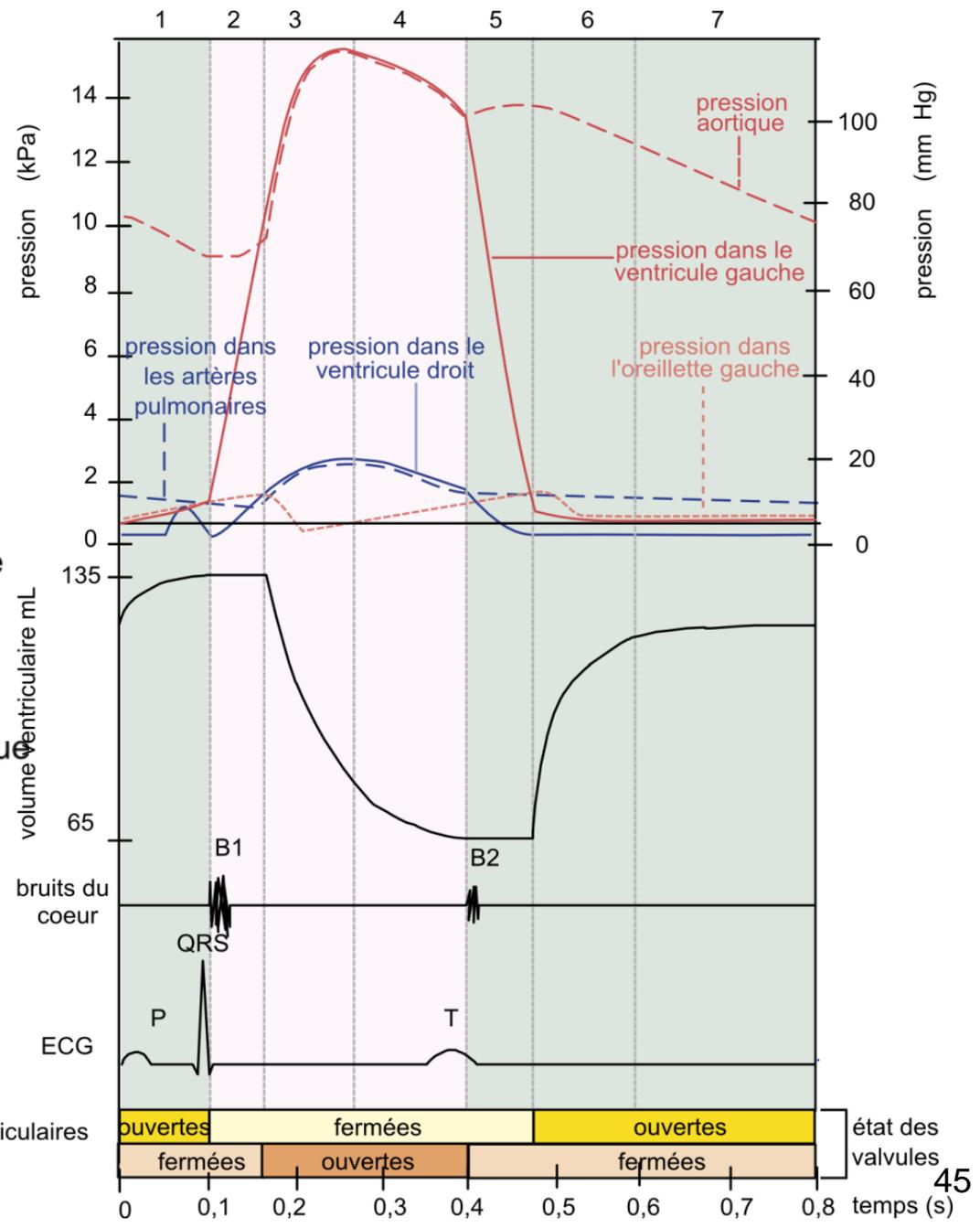
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/CG_Heart.gif

Diastole ventriculaire



- Évolution des pressions et volumes dans les cavités du cœur et les artères au cours d'un cycle cardiaque

- 1 - Systole auriculaire
- 2 - Contraction ventriculaire isovolumétrique
- 3 - Ejection systolique rapide
- 4 - Ejection systolique ralentie
- 5 - Relâchement ventriculaire isovolumétrique
- 6 - Remplissage ventriculaire rapide
- 7 - Remplissage ventriculaire lent



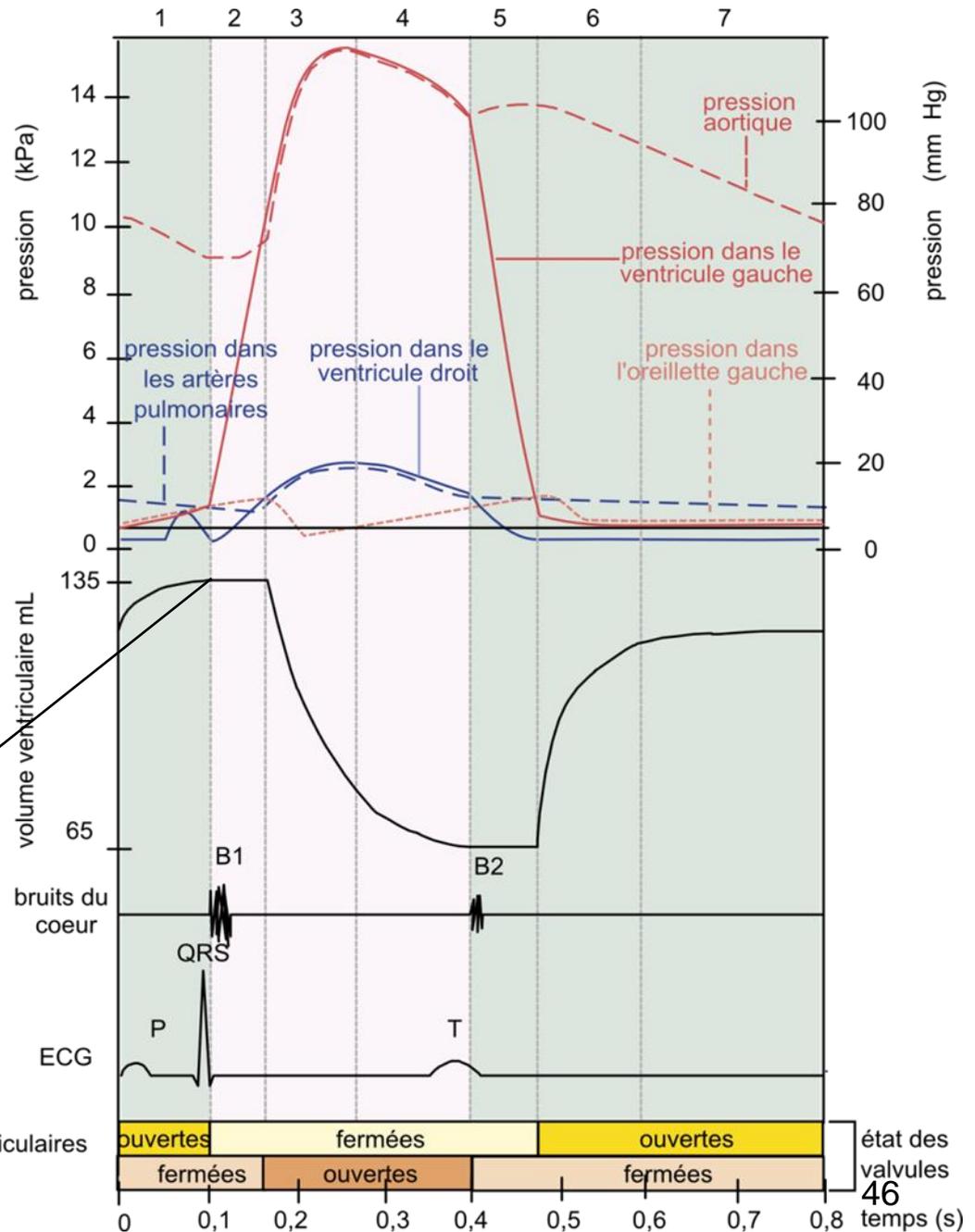
Etape 1:

- Remplissage ventriculaire et systole auriculaire

$P_{\text{aortique}} > P_{\text{ventriculaire gauche}}$
: valves sigmoïdes (artérielles) fermées

$P_{\text{og}} = P_{\text{vg}}$ valvules mitrales (auriculo-ventriculaires) ouvertes

Volume télédiastolique (volume en toute fin de diastole ou au tout début de la systole)



Etape 2: début de la systole ventriculaire

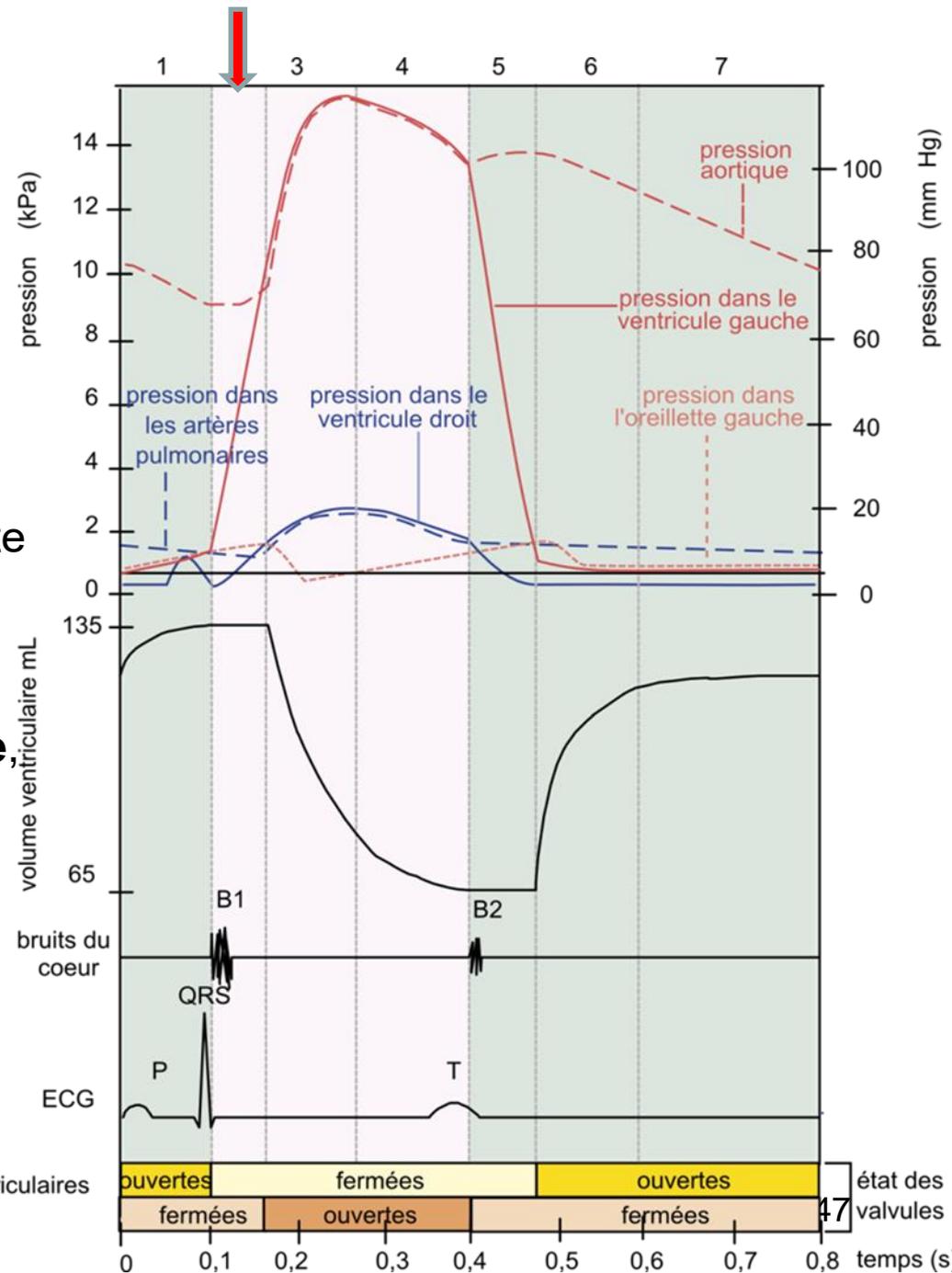
Pvg devient supérieure à Pog

Fermeture des valvules auriculoventriculaires



Pvg augmente jusqu' à atteindre Paorte

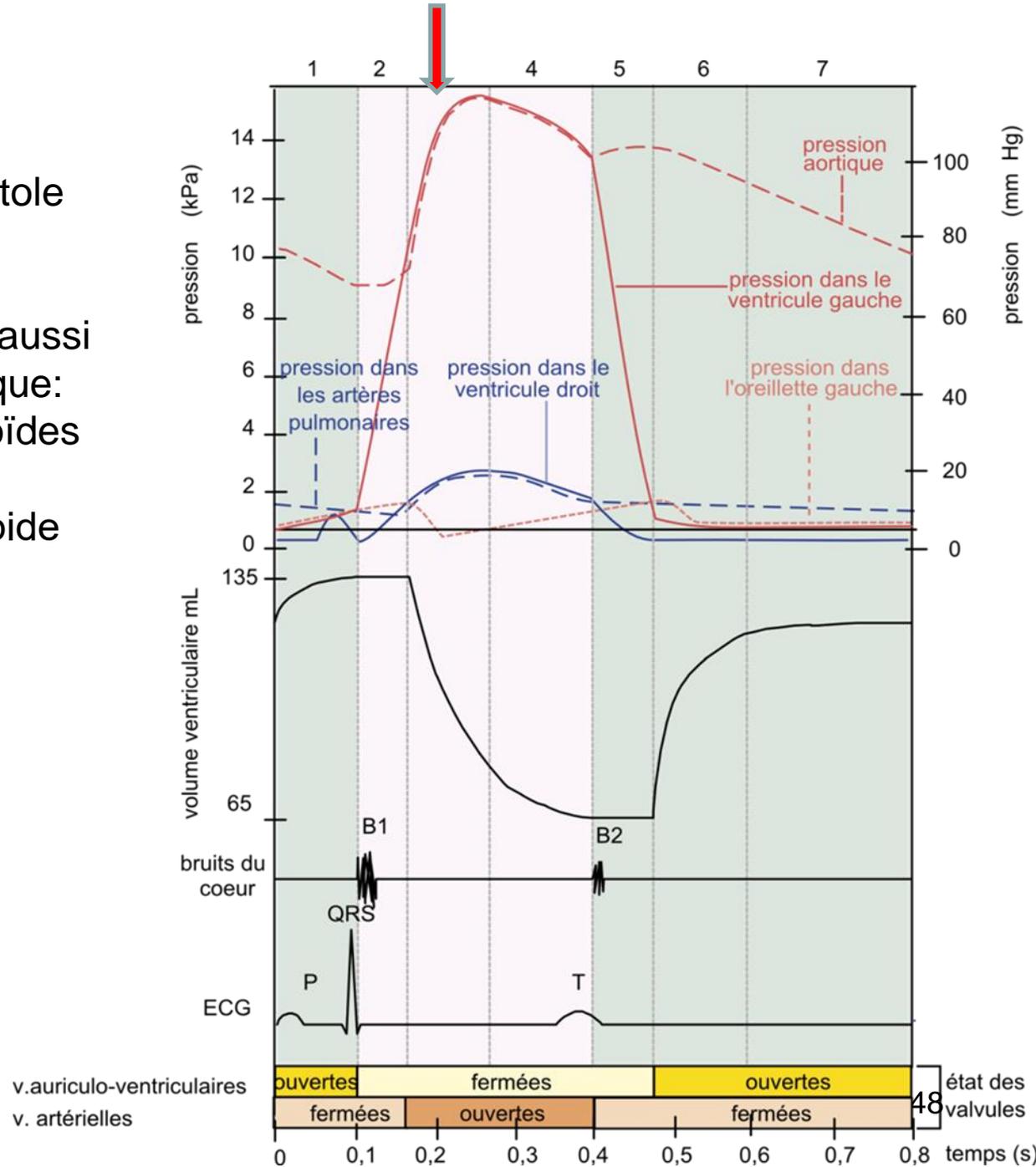
La contraction du ventricule s'effectue à volume constant : c'est la **contraction isovolumétrique**, seule la pression intraventriculaire augmente



Etape 3 : poursuite de la systole ventriculaire

P_{Vg} augmente et P_{aortique} aussi mais P_{Vg} devient > à P_{aortique}:
ouverture des valves sigmoïdes

C'est l'éjection systolique rapide



Etape 4: Fin de systole

Ejection plus lente, le volume éjecté et la pression ventriculaire diminuent.

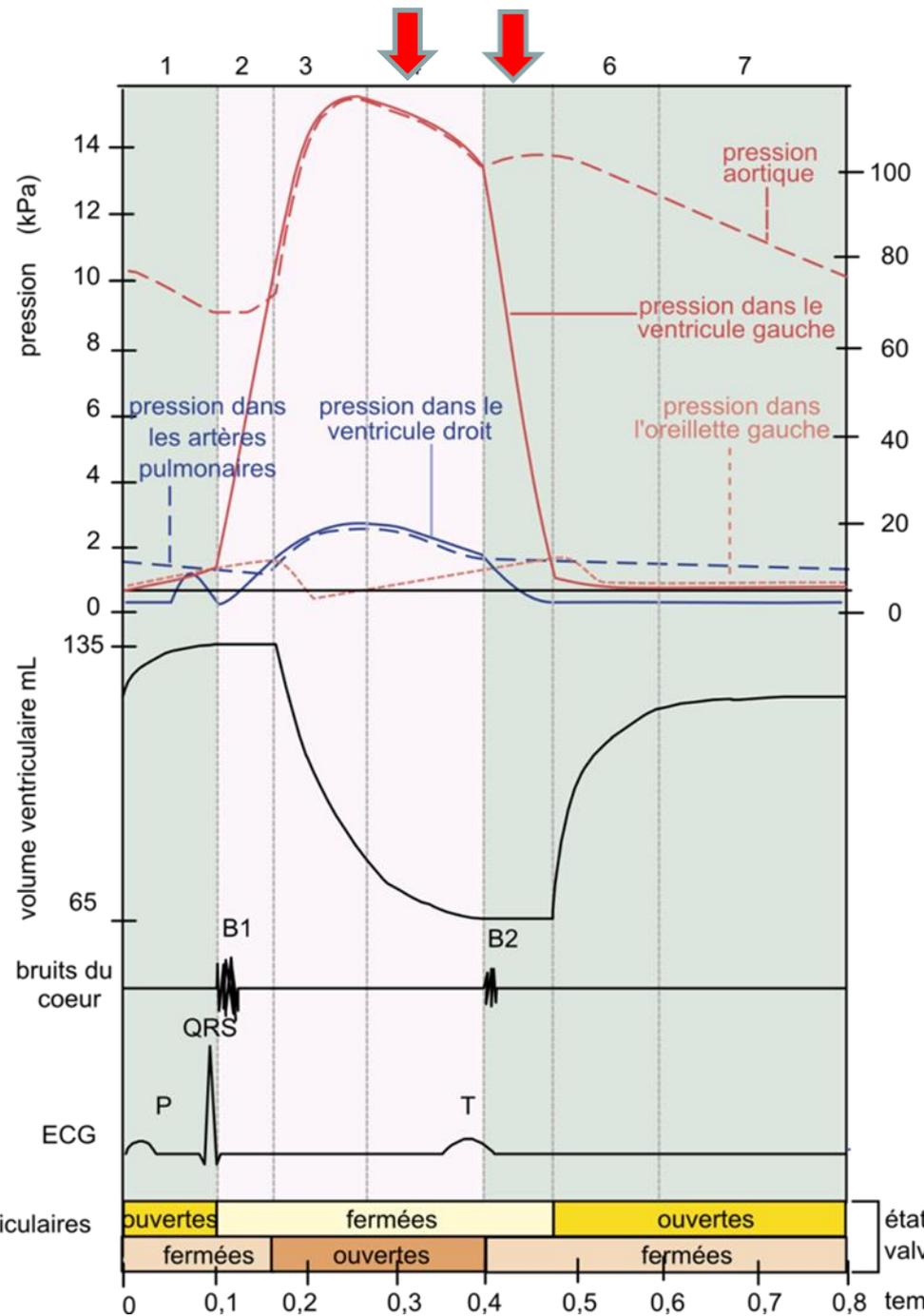
Lorsque P_v devient $<$ à P_{aorte} ,
Les valvules sigmoïdes se ferment



Etape 5 : Relâchement ventriculaire isovolumétrique

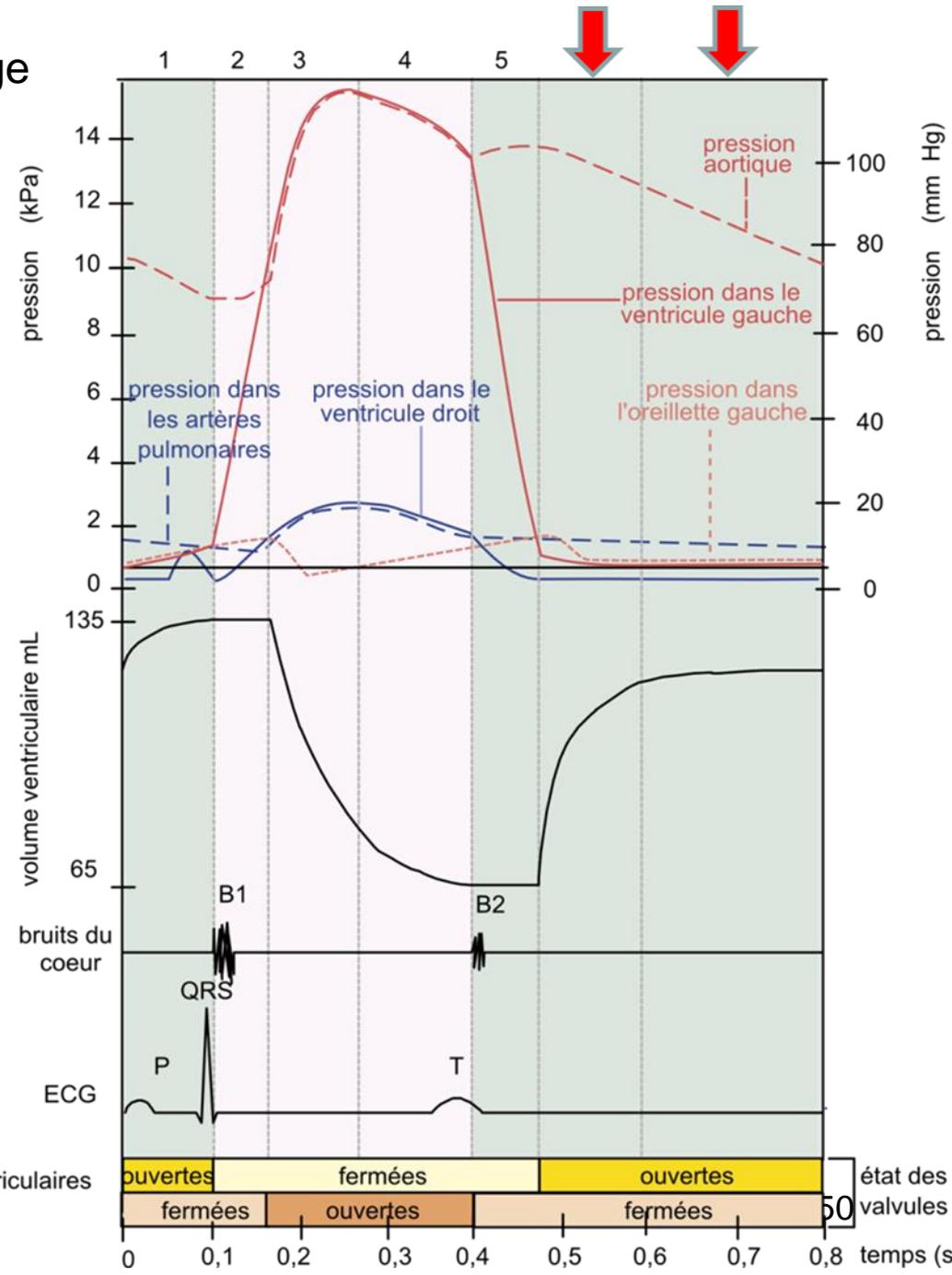
Le cœur entre en diastole, toutes les valvules sont fermées.
 P_v chute mais P_{aorte} reste élevée
(propriétés élastiques de l'aorte)

v.auriculo-ventriculaires
v. artérielles



Etape 6: Diastole générale et remplissage ventriculaire

Po devient > à Pv : les VAV s'ouvrent et le sang transite des veines aux oreillettes jusqu'aux ventricules d'abord rapidement puis plus lentement (**étape 7**)

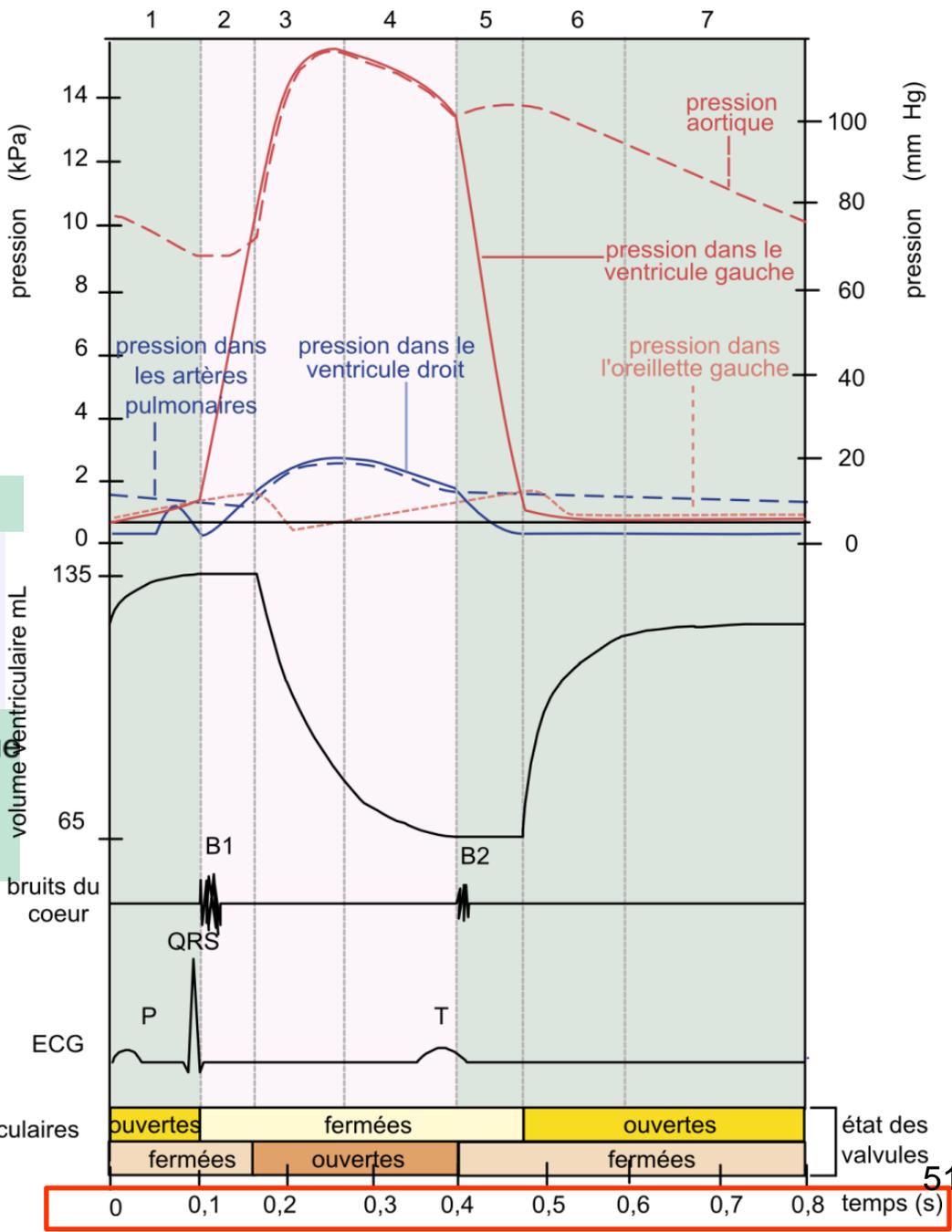


- 1 - Systole auriculaire
- 2 - Contraction ventriculaire isovolumétrique
- 3 - Ejection systolique rapide
- 4 - Ejection systolique ralentie
- 5 - Relâchement ventriculaire isovolumétrique
- 6 - Remplissage ventriculaire rapide
- 7 - Remplissage ventriculaire lent

Systole ventriculaire

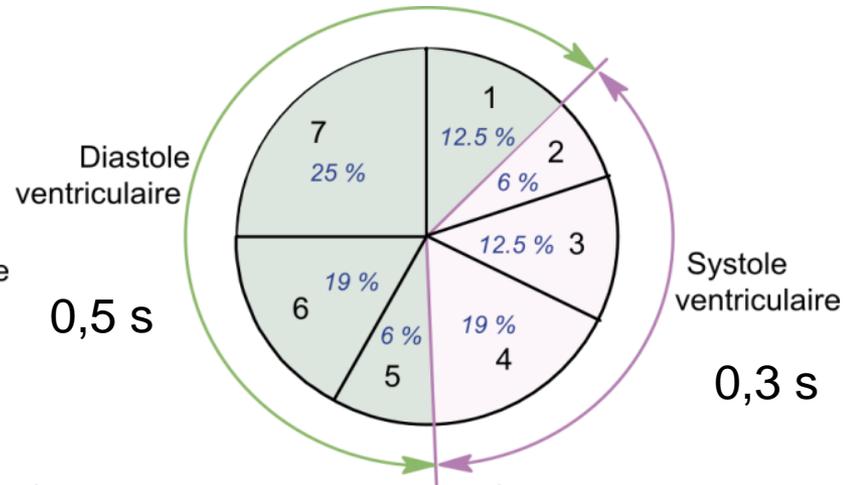
Diastole ventriculaire

v.auriculo-ventriculaires
v. artérielles

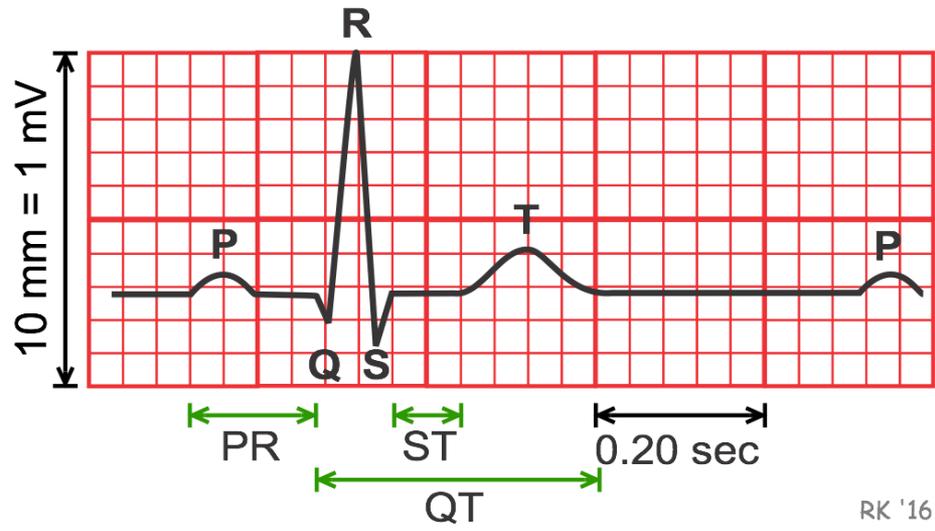


B2.7 – Étapes d'un cycle cardiaque

- 1 - Systole auriculaire
- 2 - Contraction ventriculaire isovolumétrique
- 3 - Ejection systolique rapide
- 4 - Ejection systolique ralentie
- 5 - Relâchement ventriculaire isovolumétrique
- 6 - Remplissage ventriculaire rapide
- 7 - Remplissage ventriculaire lent



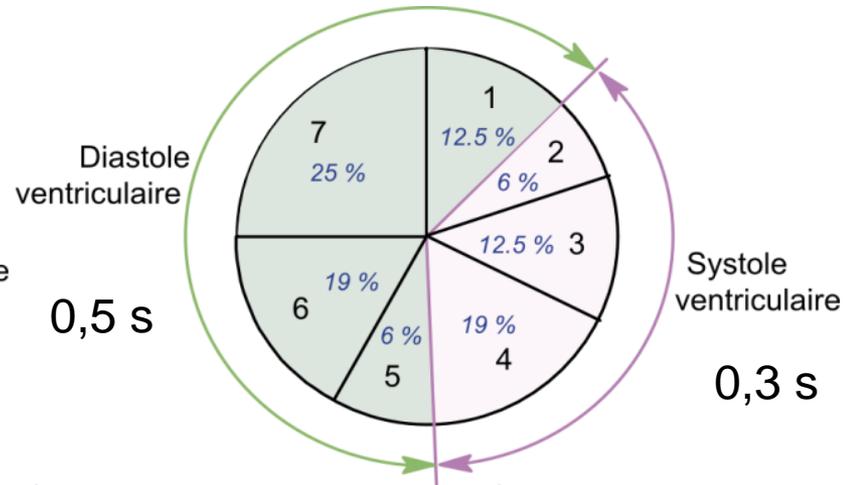
Durée des différentes étapes (en % de la durée d'un cycle cardiaque)



RK '16

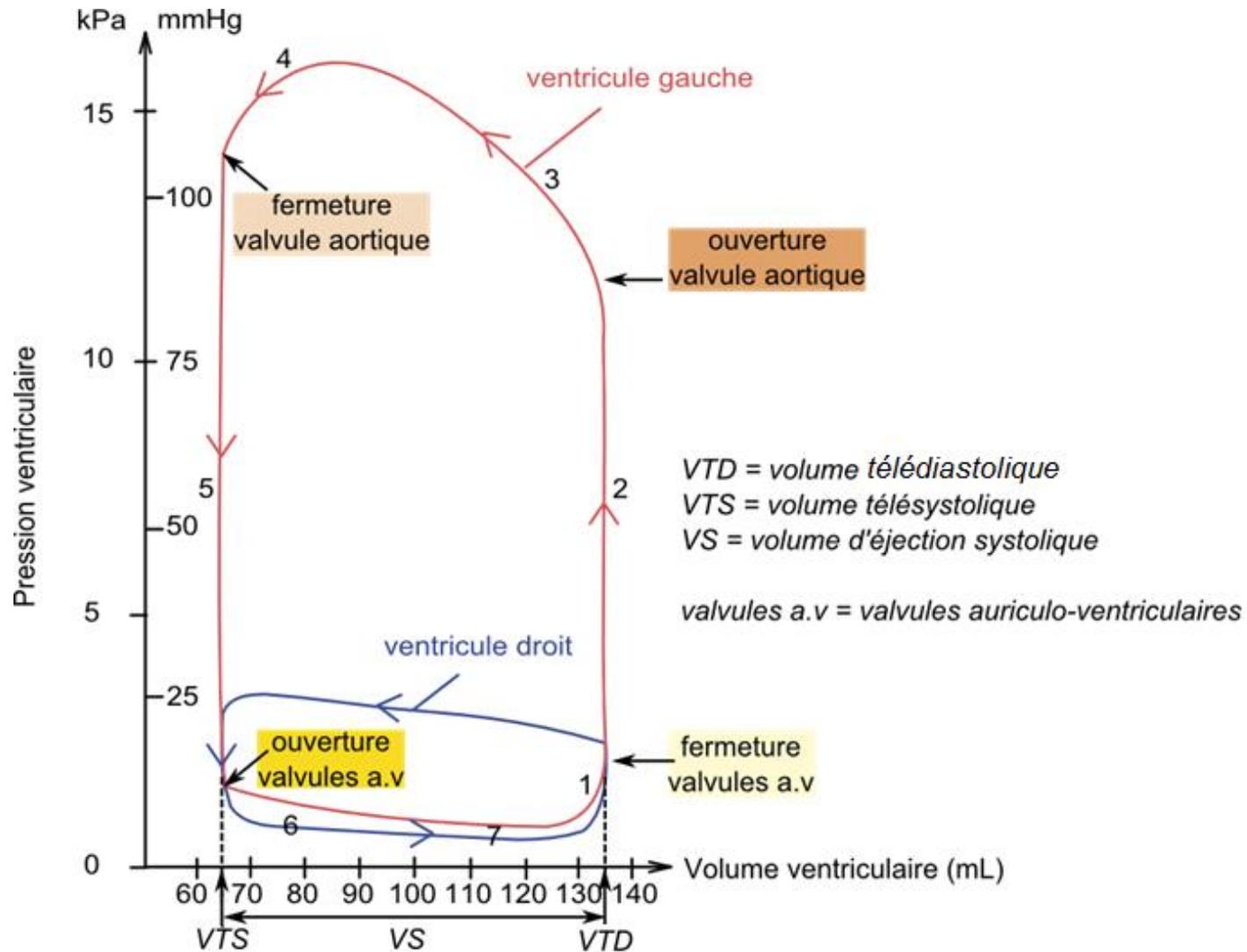
B2.7 – Étapes d'un cycle cardiaque

- 1 - Systole auriculaire
- 2 - Contraction ventriculaire isovolumétrique
- 3 - Ejection systolique rapide
- 4 - Ejection systolique ralentie
- 5 - Relâchement ventriculaire isovolumétrique
- 6 - Remplissage ventriculaire rapide
- 7 - Remplissage ventriculaire lent

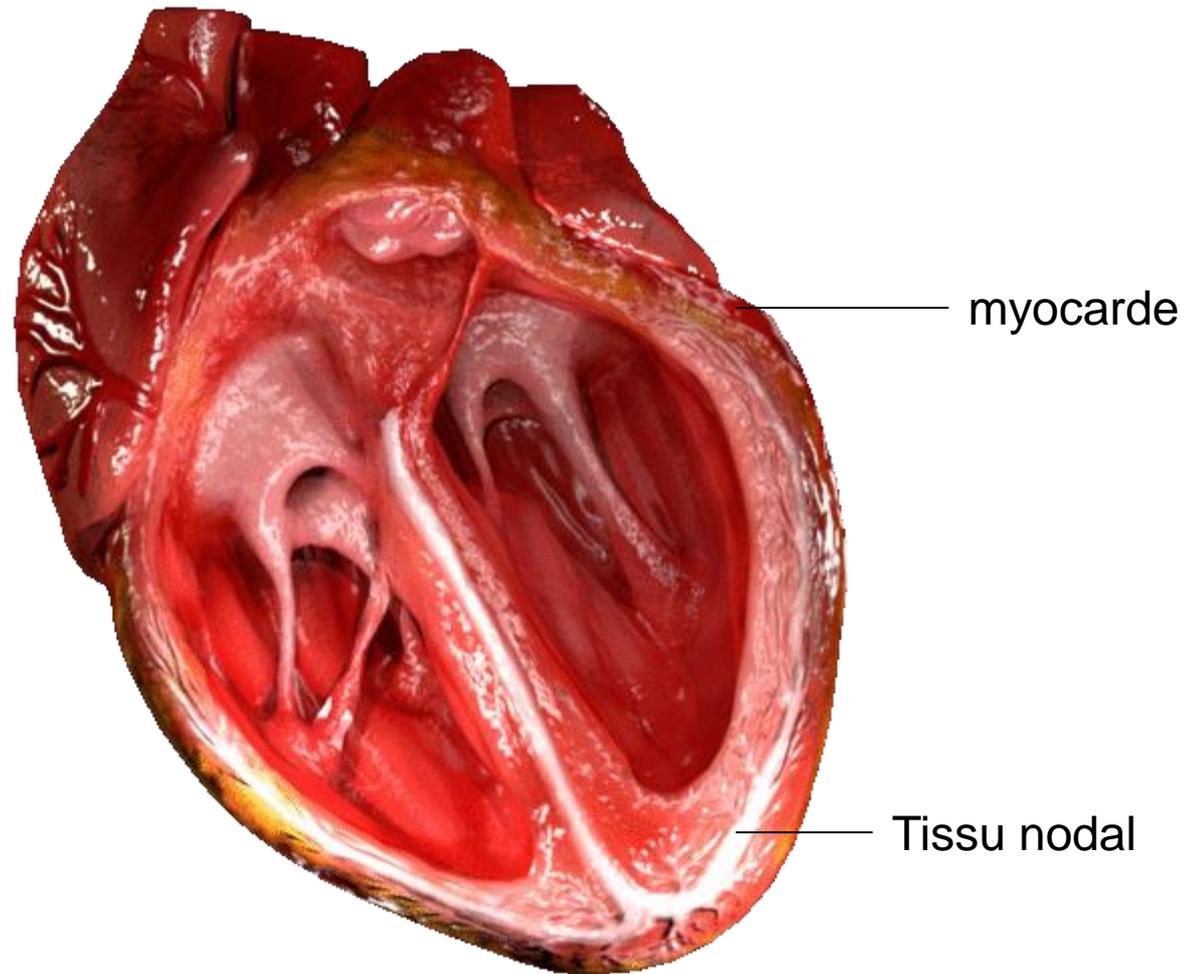


Durée des différentes étapes (en % de la durée d'un cycle cardiaque)

Doc 12- Évolution de la pression et du volume de chaque ventricule au cours du cycle cardiaque.

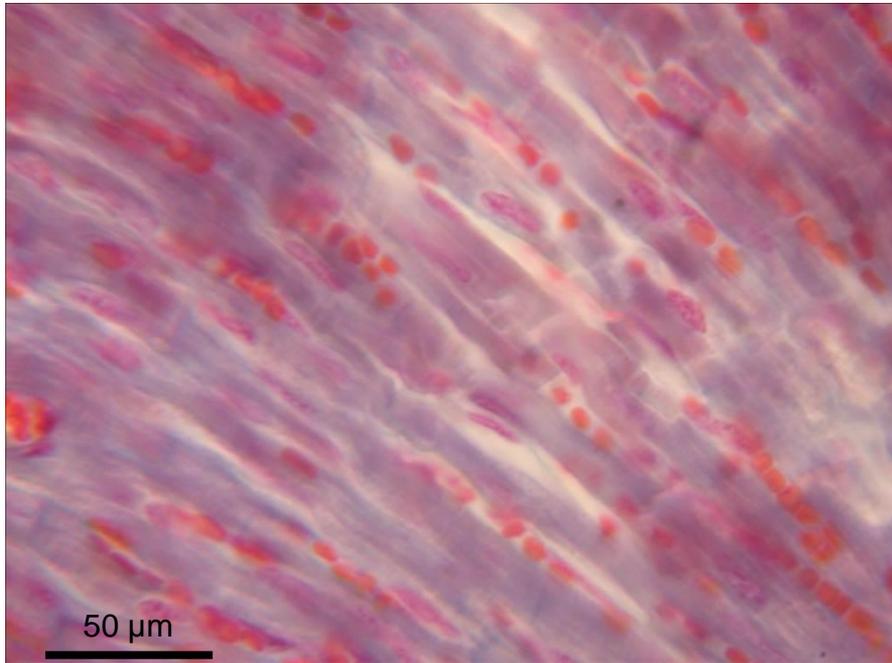


Représentation 3D d'une coupe de cœur

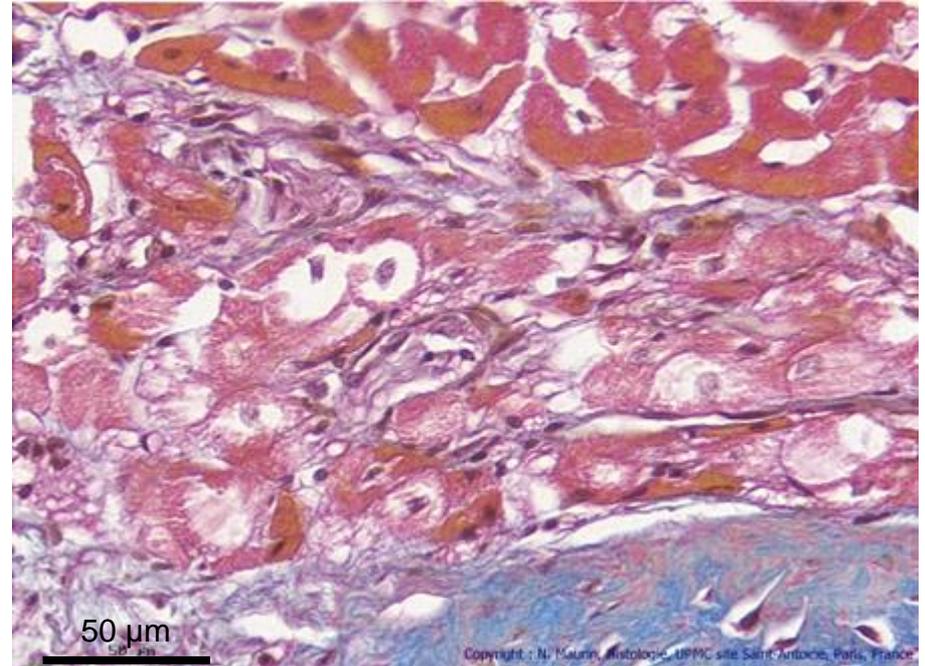


https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/CG_Heart.gif

Cellules cardiaques (MO)



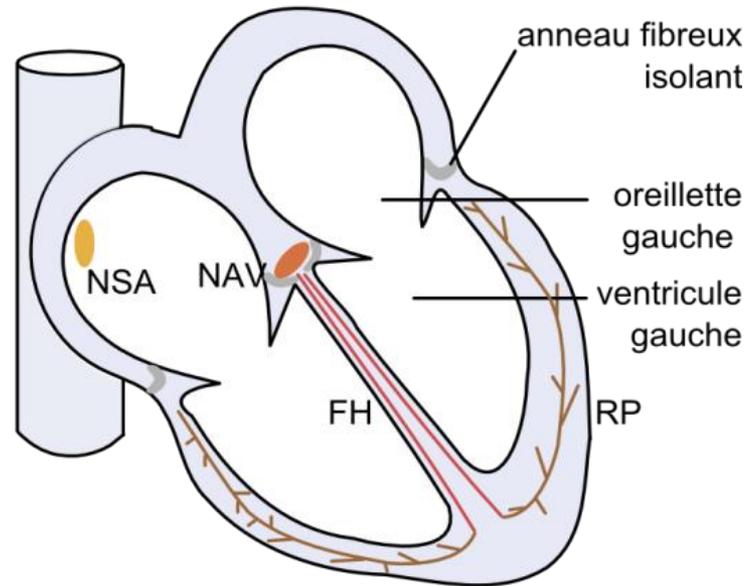
Cardiomyocytes



Cellules nodales

<http://www.edu.upmc.fr/histologie/C/coeur/images/coeur08.jpg>

Doc 13 Localisation du tissu nodal dans le cœur (coupe longitudinale schématique)

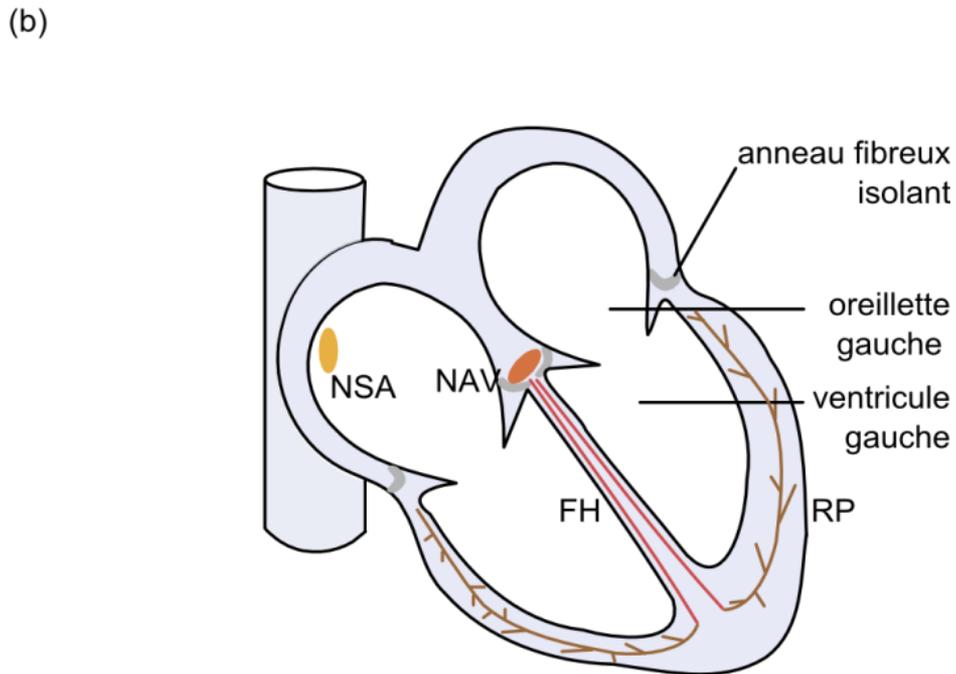
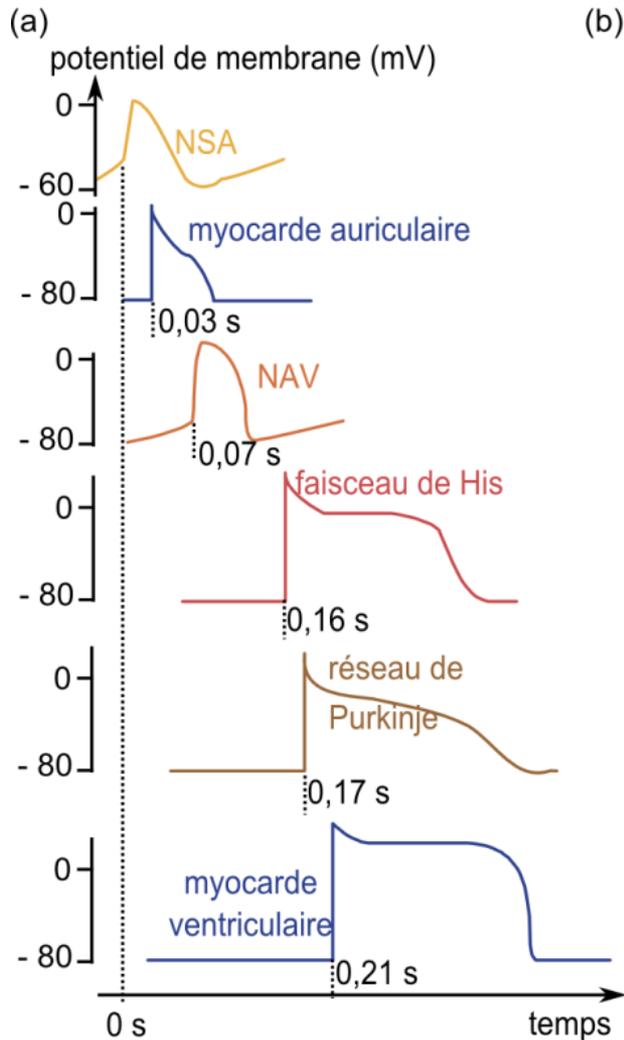


Tissu nodal [NSA : noeud sino-auriculaire
NAV : noeud auriculo-ventriculaire
FH : faisceau de His
RP : réseau de Purkinje

Doc 14 Chronologie de l'activation du myocarde à partir de la dépolarisation du NSA

Potentiels d'action dans les différentes régions du tissu nodal et du myocarde

Succession des événements de l'activation du myocarde



Tissu nodal

- NSA : noeud sino-auriculaire
- NAV : noeud auriculo-ventriculaire
- FH : faisceau de His
- RP : réseau de Purkinje

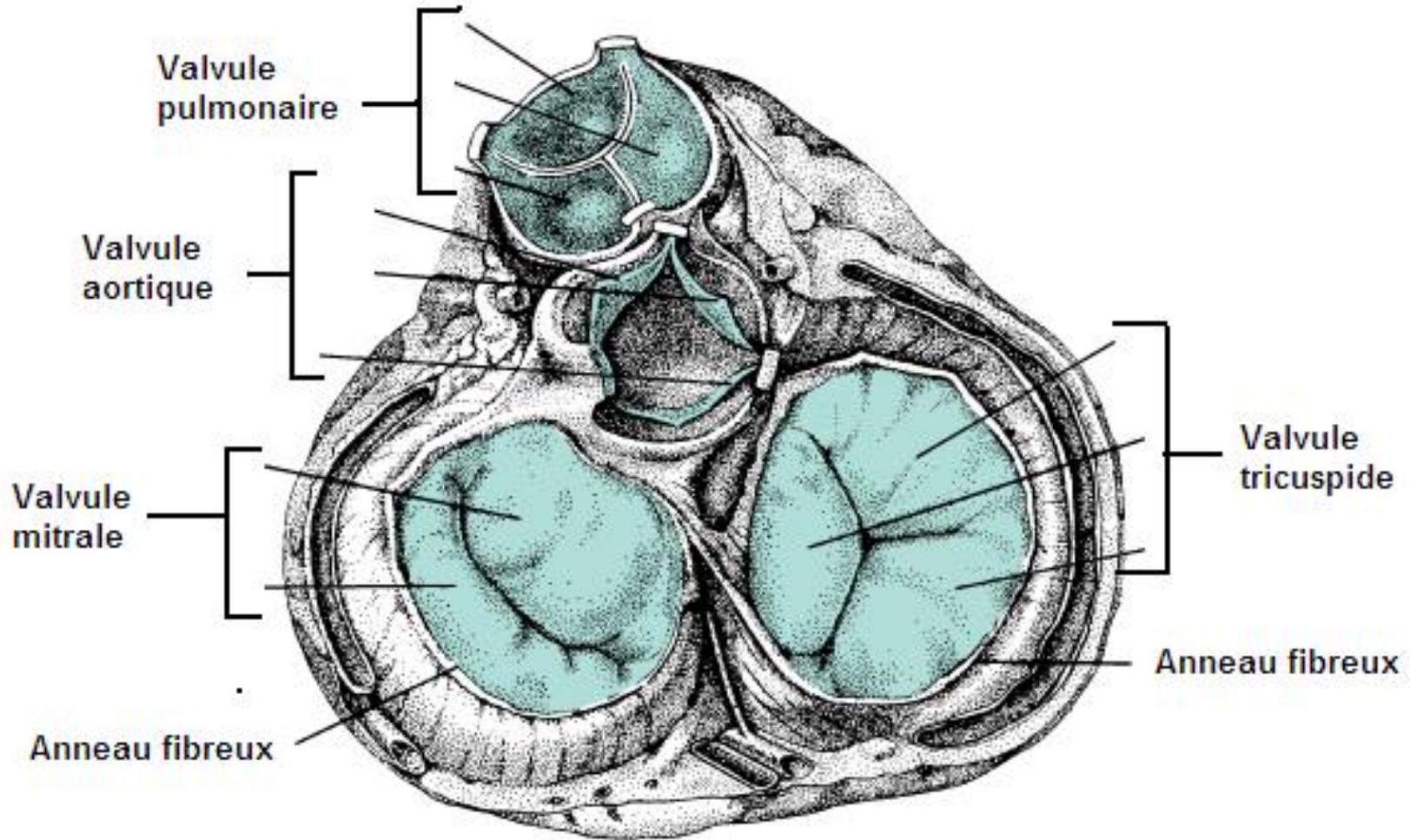
Jonctions entre myocytes cardiaques (MET)



Segment transverse

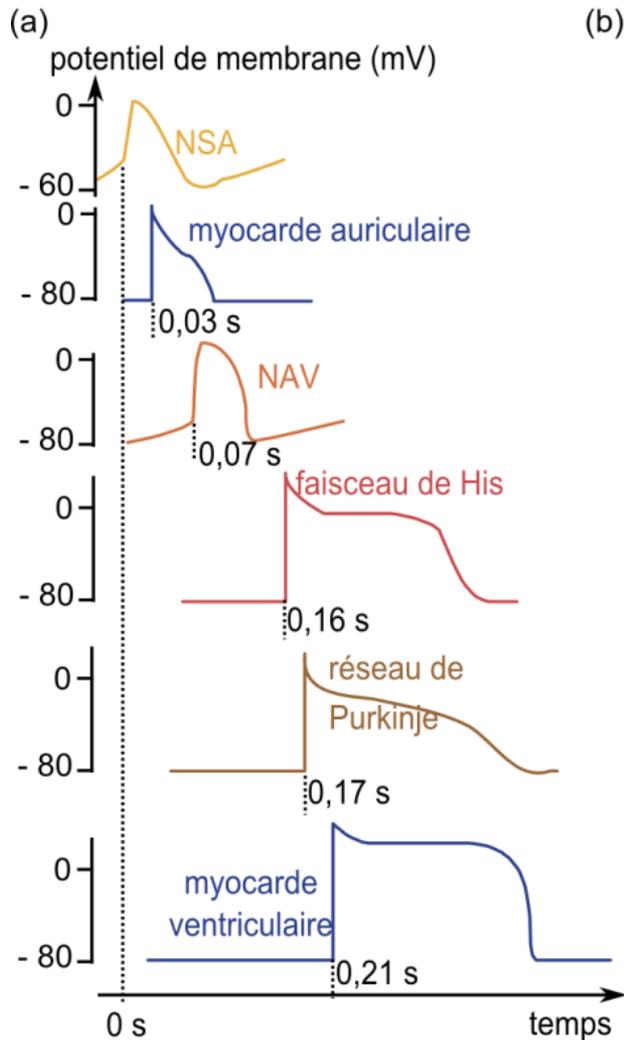
Segment longitudinal
riche en jonctions gap

Coupe transversale du cœur à la base des oreillettes montrant l'anneau fibreux isolant

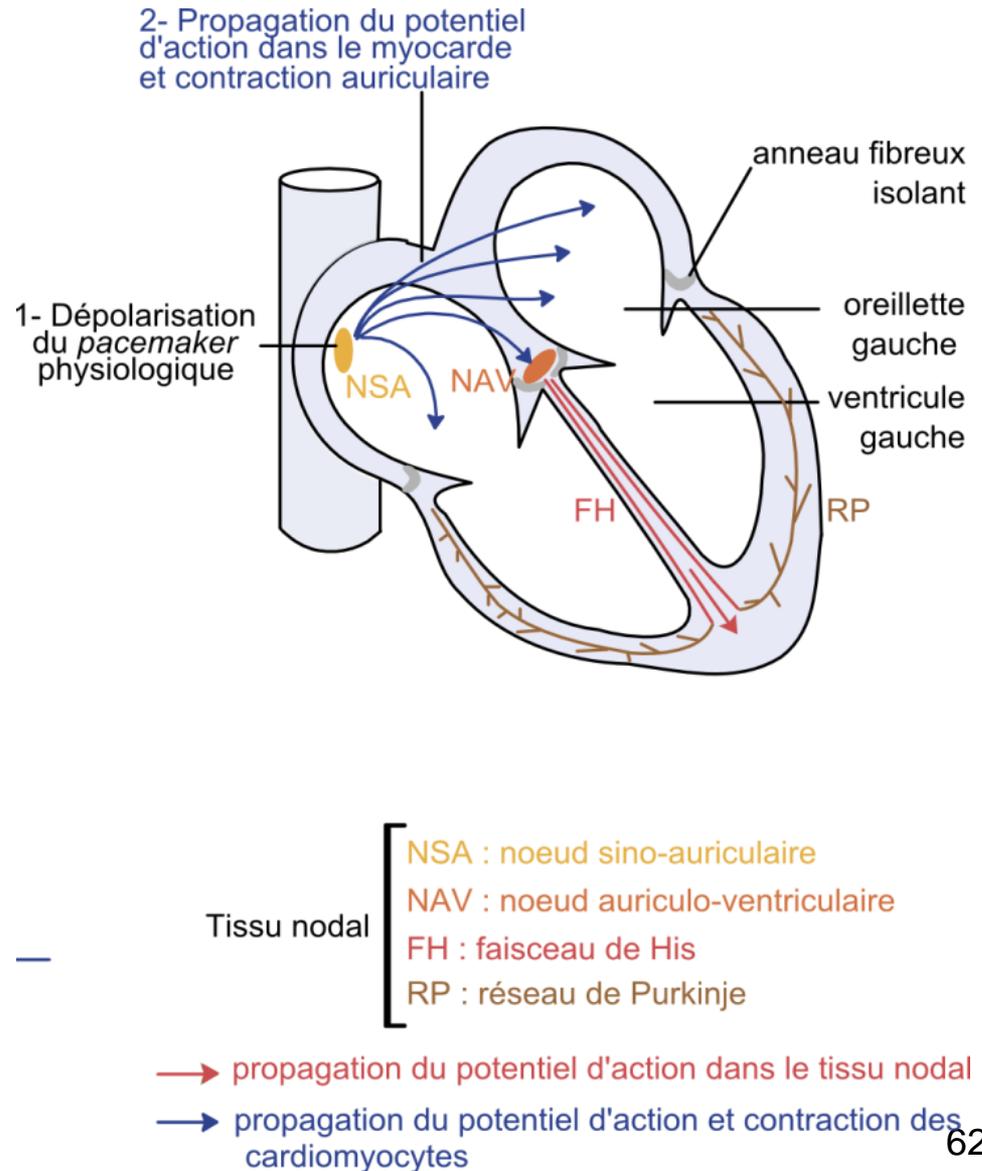


© Elsevier Ltd. Berne et al: Physiology 5E www.studentconsult.com

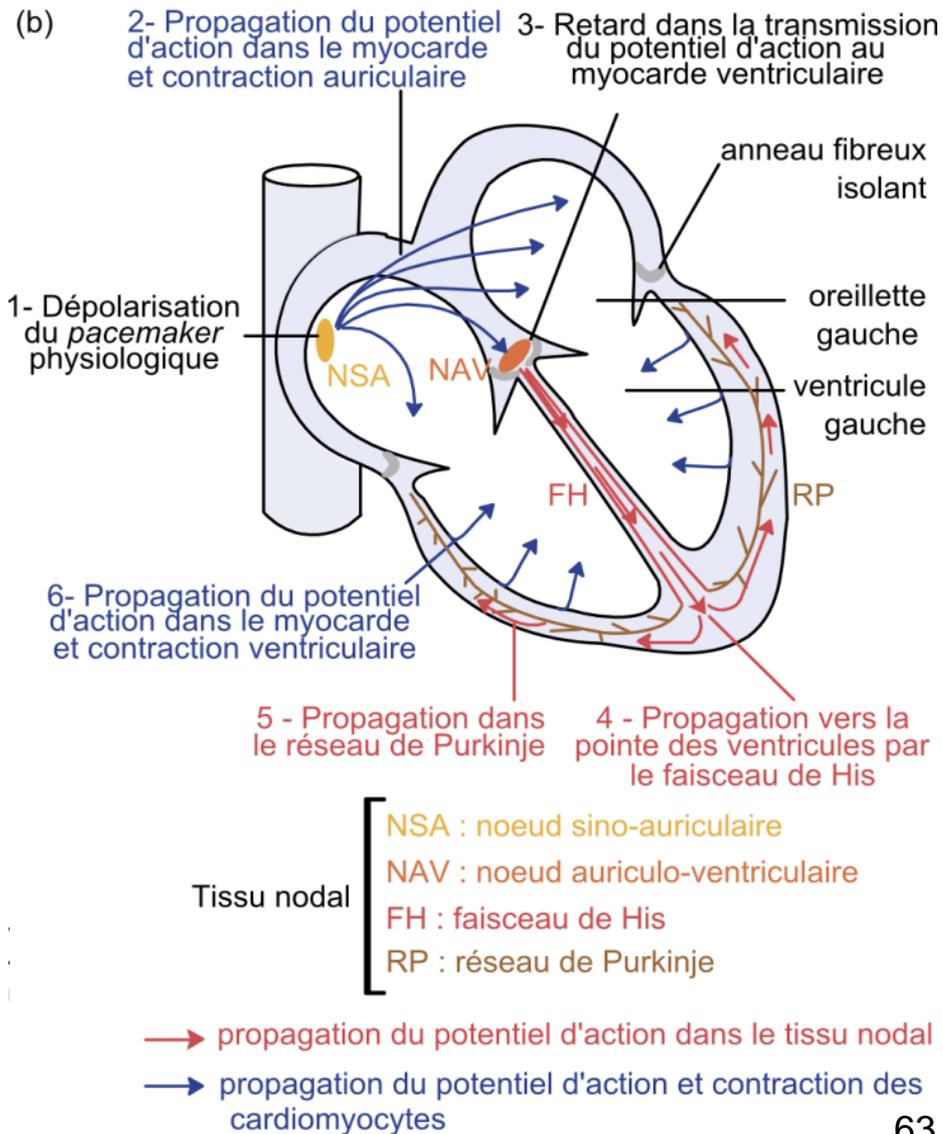
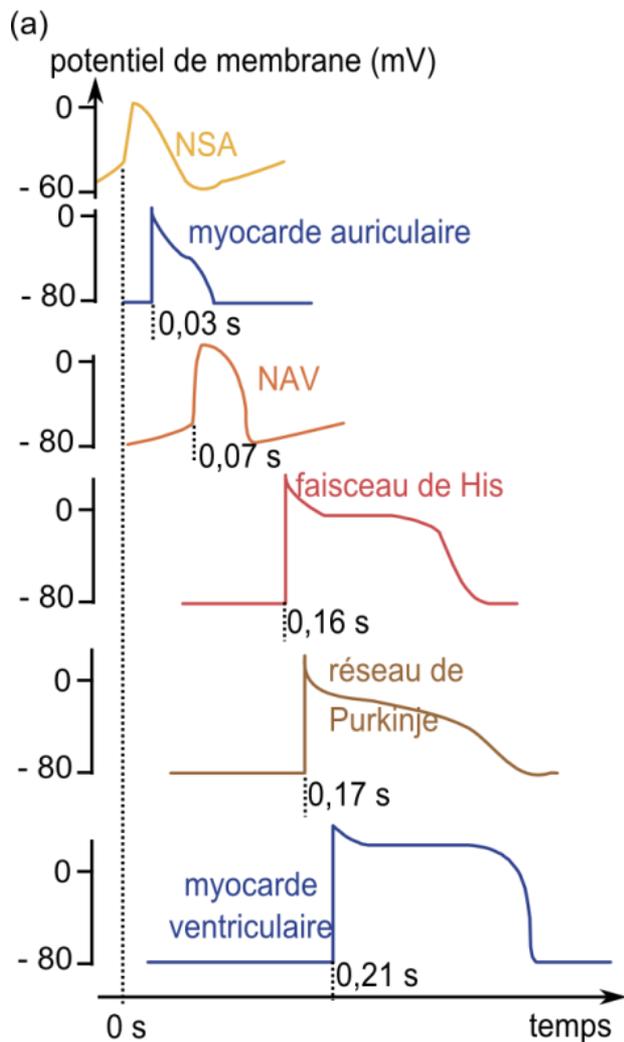
Chronologie de l'activation du myocarde à partir de la dépolarisation du NSA



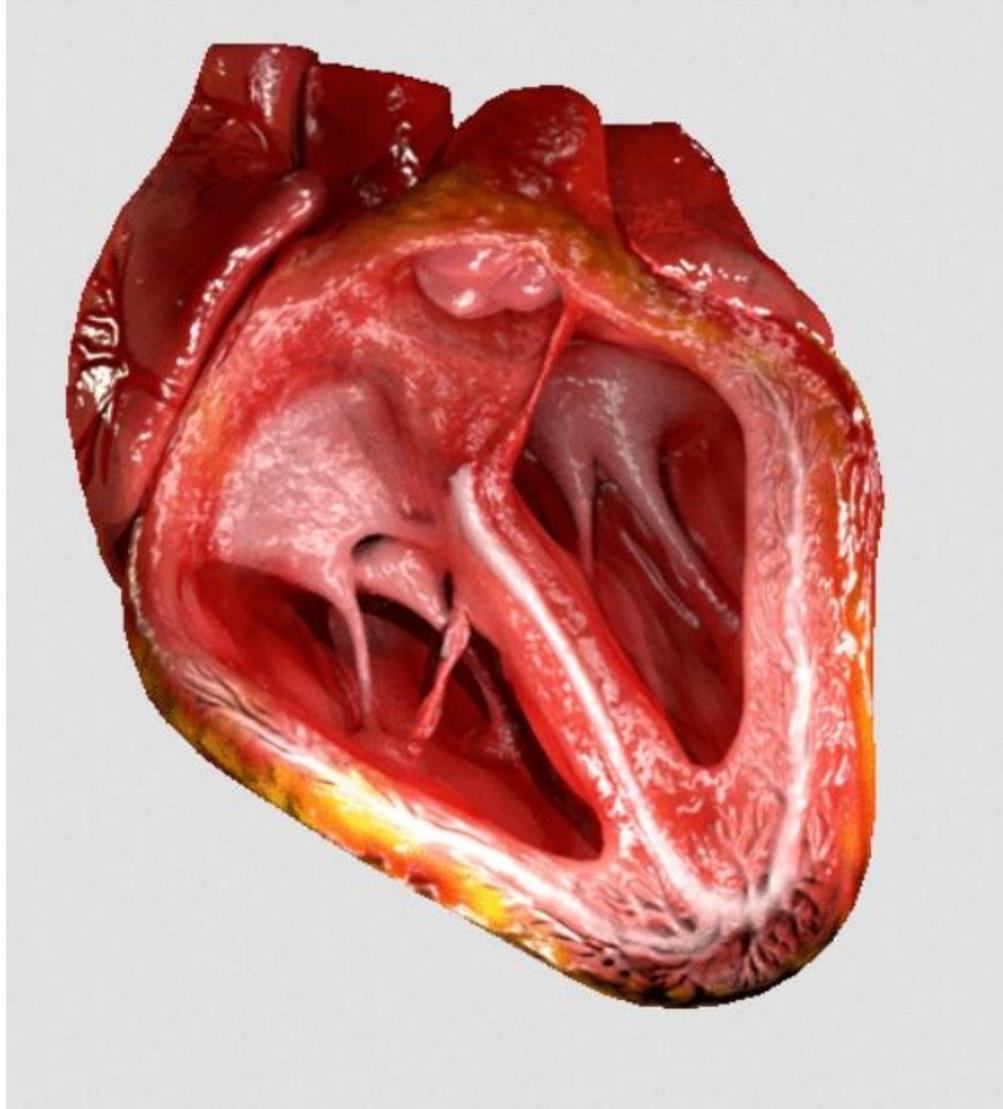
(b)



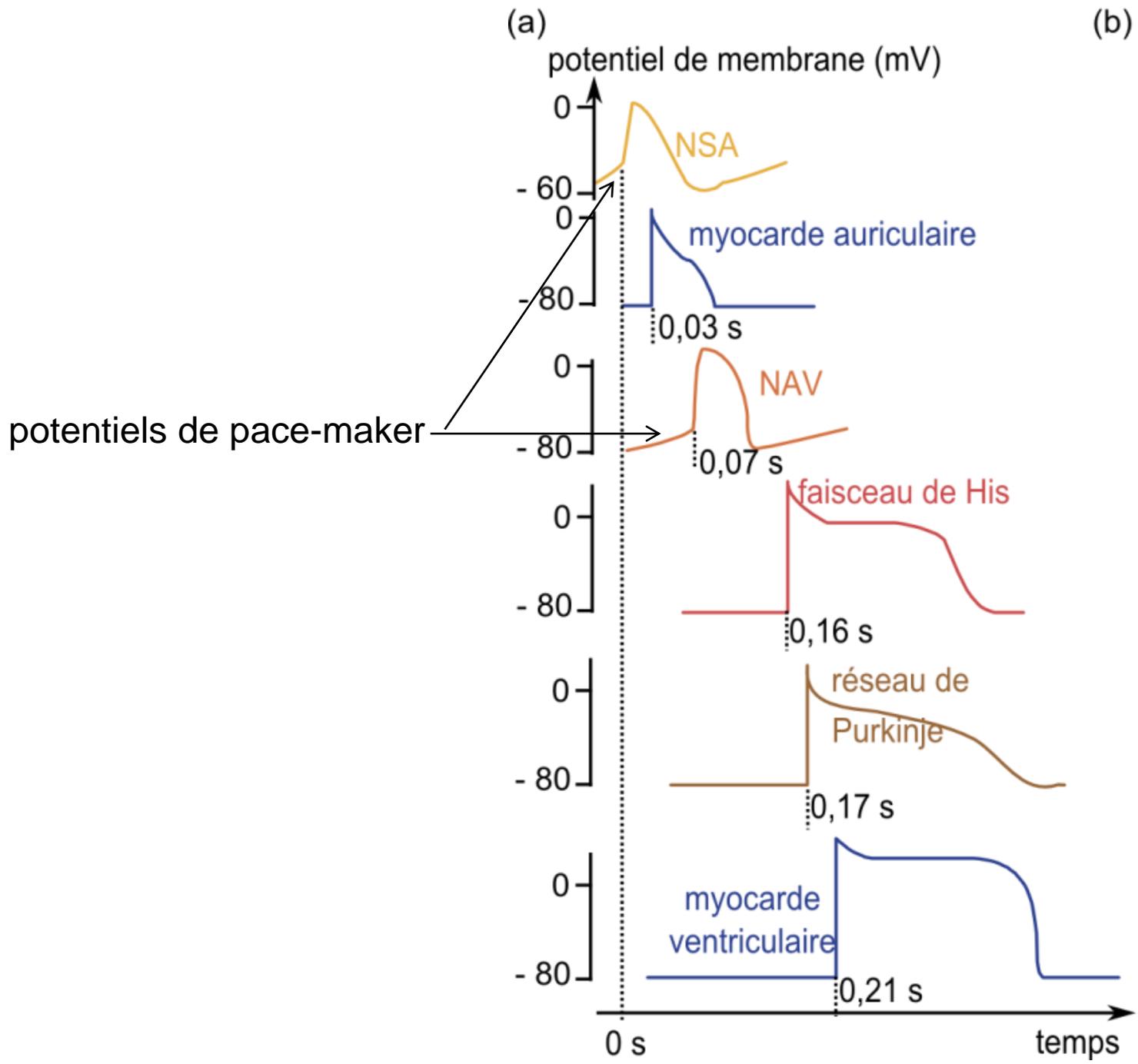
Chronologie de l'activation du myocarde à partir de la dépolarisation du NSA



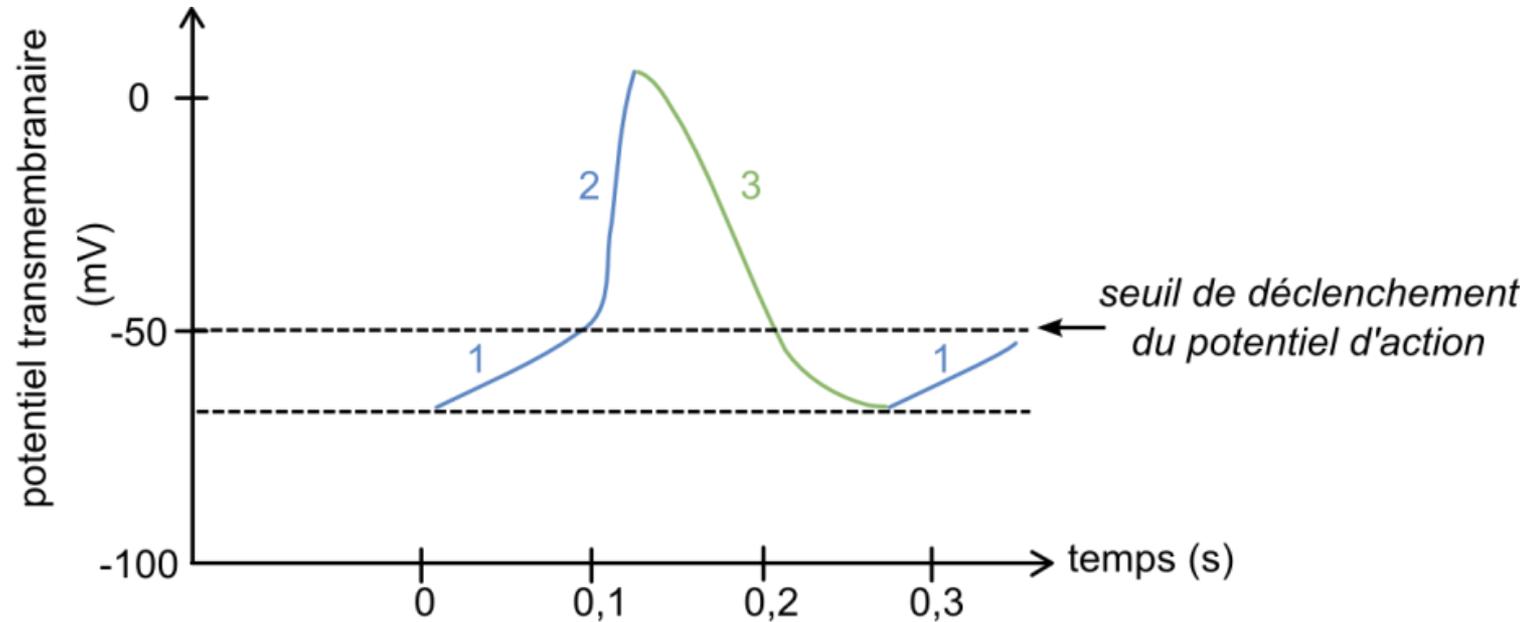
Contraction des ventricules de la pointe vers la base



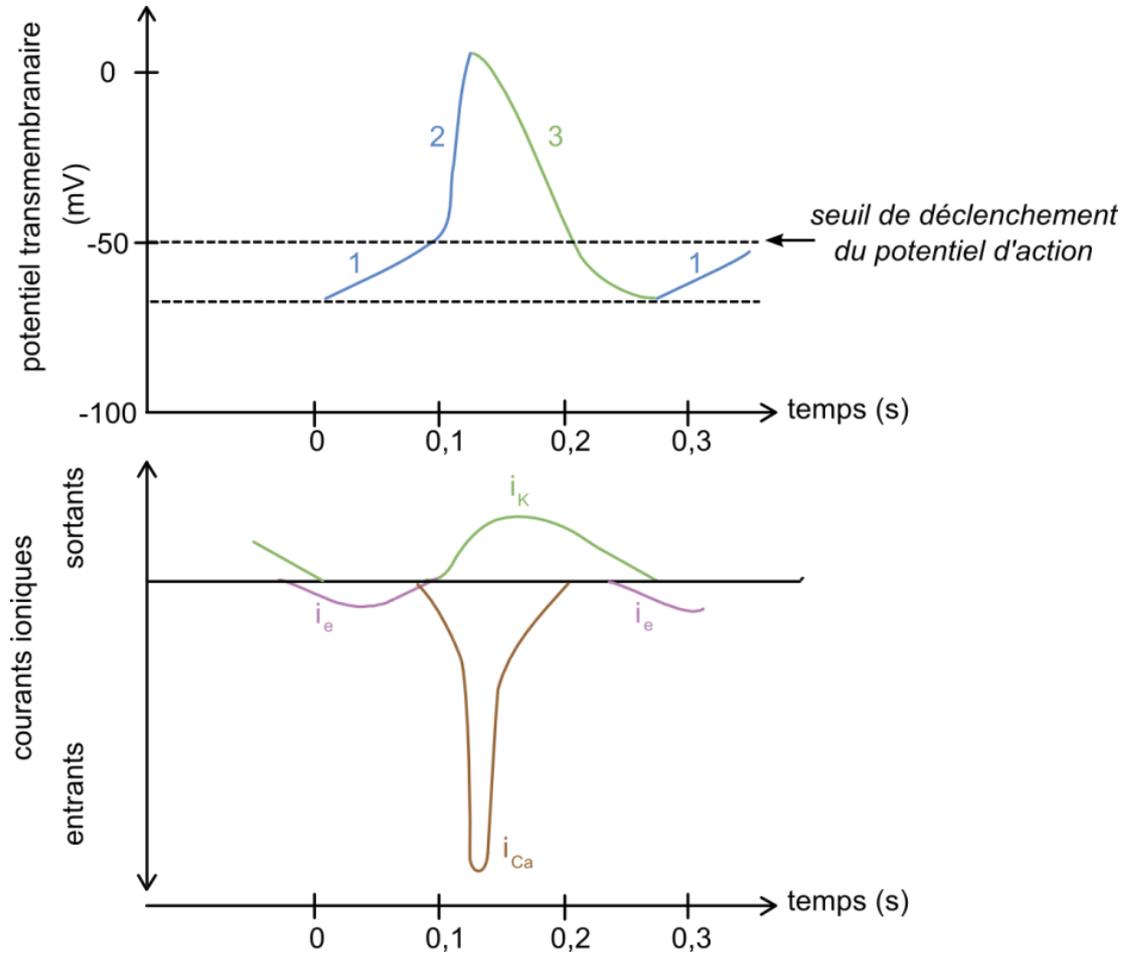
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/CG_Heart.gif



Particularités électrophysiologiques des cellules nodales



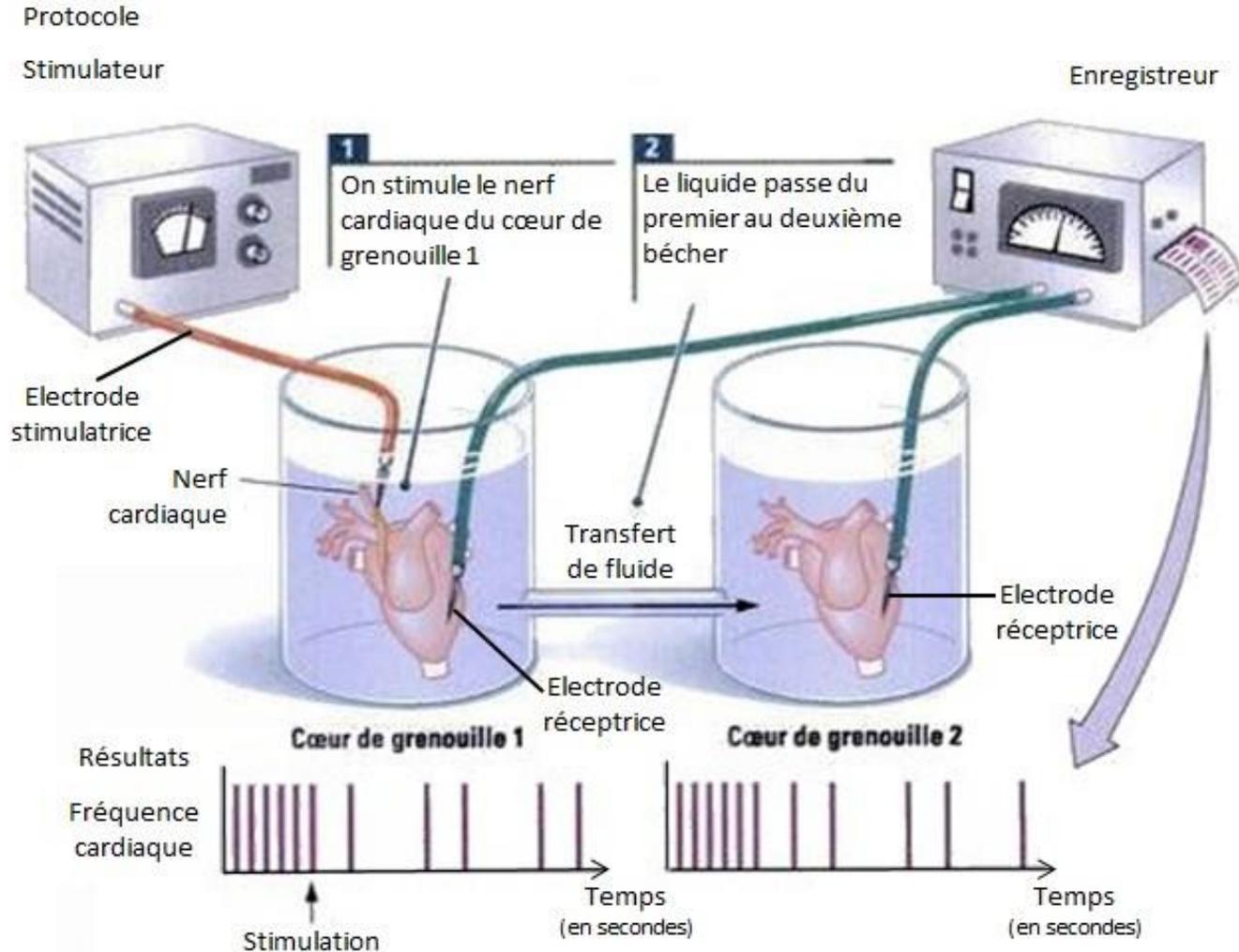
Doc 17 Particularités électrophysiologiques des cellules nodales



Les expériences de Loewi

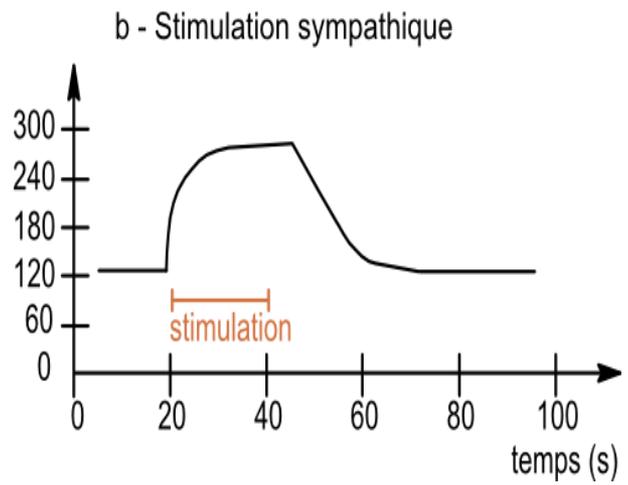
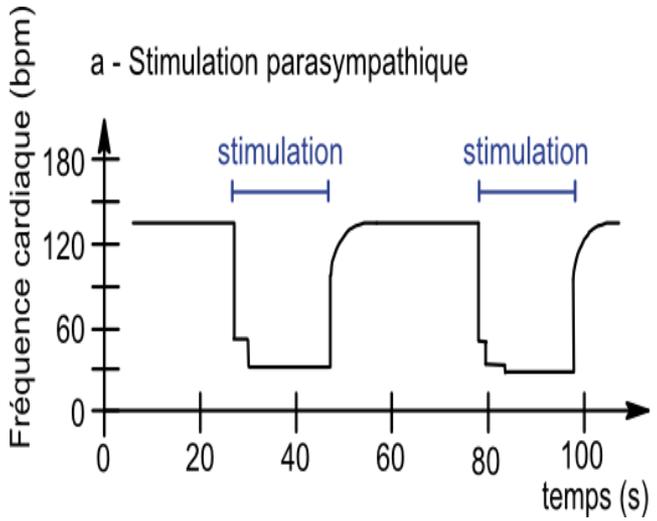
1. Un cœur de Grenouille toujours innervé est placé dans une solution de Ringer. Le cœur continue à battre.

2. La stimulation électrique des fibres nerveuses du nerf vague est suivie de diminution de la fréquence cardiaque.

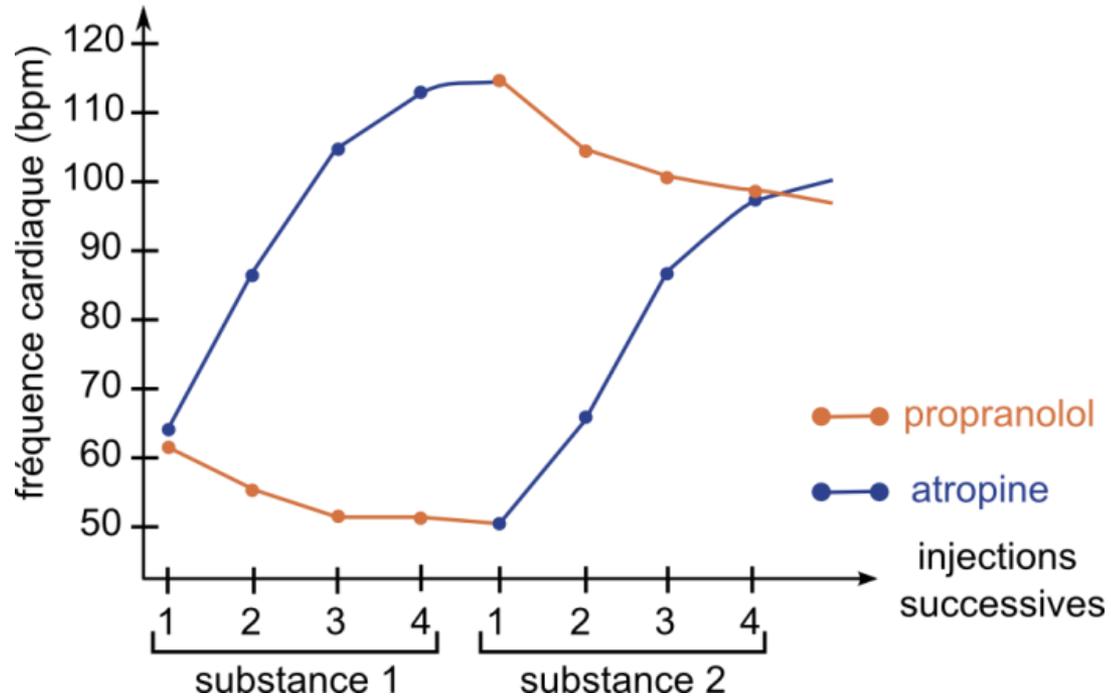


3. Le liquide de Ringer ayant baigné le premier cœur est transféré dans une enceinte contenant un second cœur dénervé : sa fréquence de battement diminue, comme celle du premier cœur.

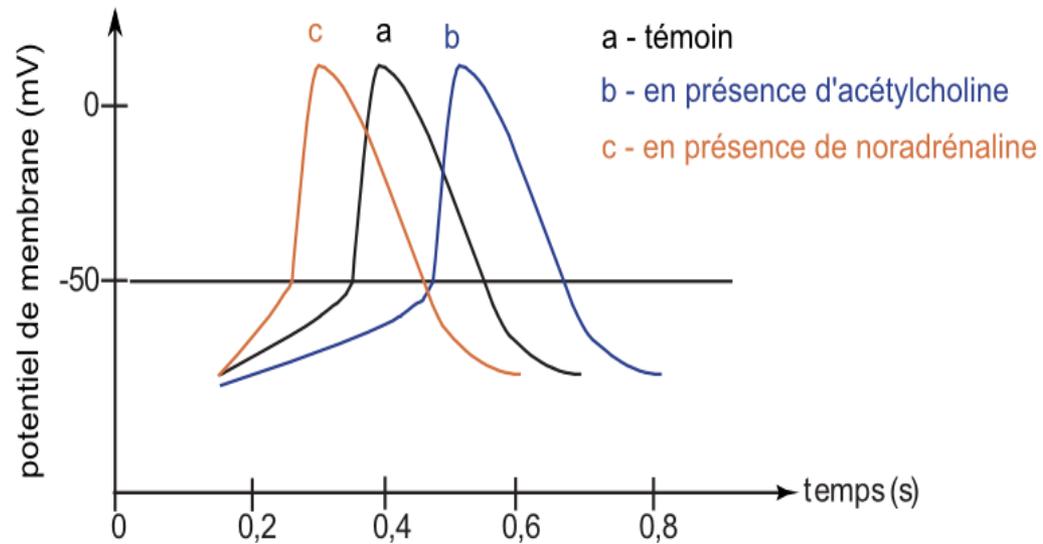
Doc19 - Effets de stimulations de l'innervation cardiaque chez le chien

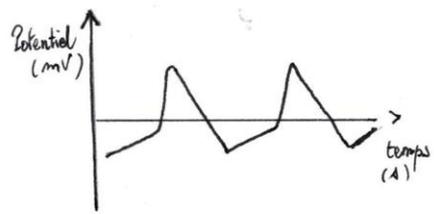
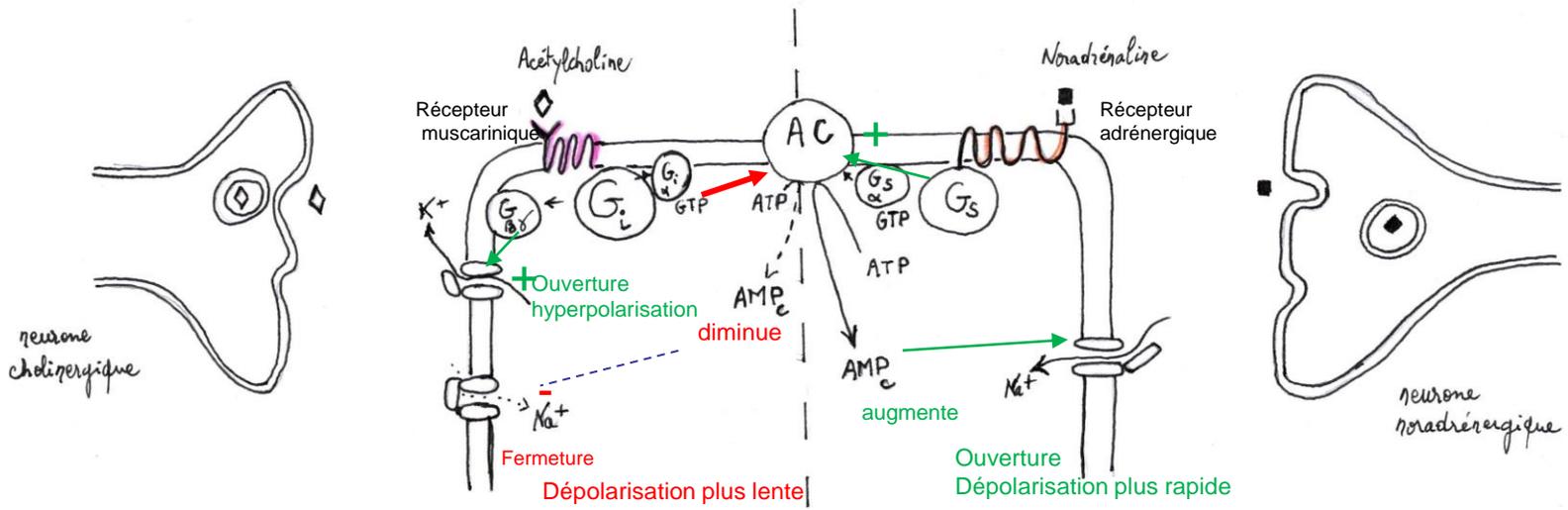


Doc 20- Effets d'injection de drogues sur la fréquence cardiaque chez l'humain

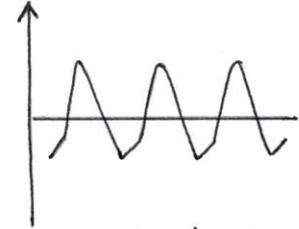


Doc 21- Effets des neuromédiateurs du système nerveux végétatif sur le potentiel de membrane d'une cellule du nœud sinoauriculaire



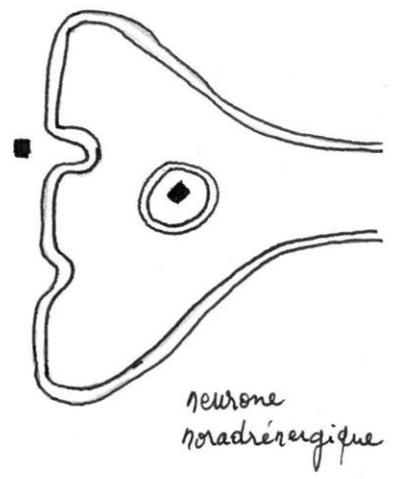
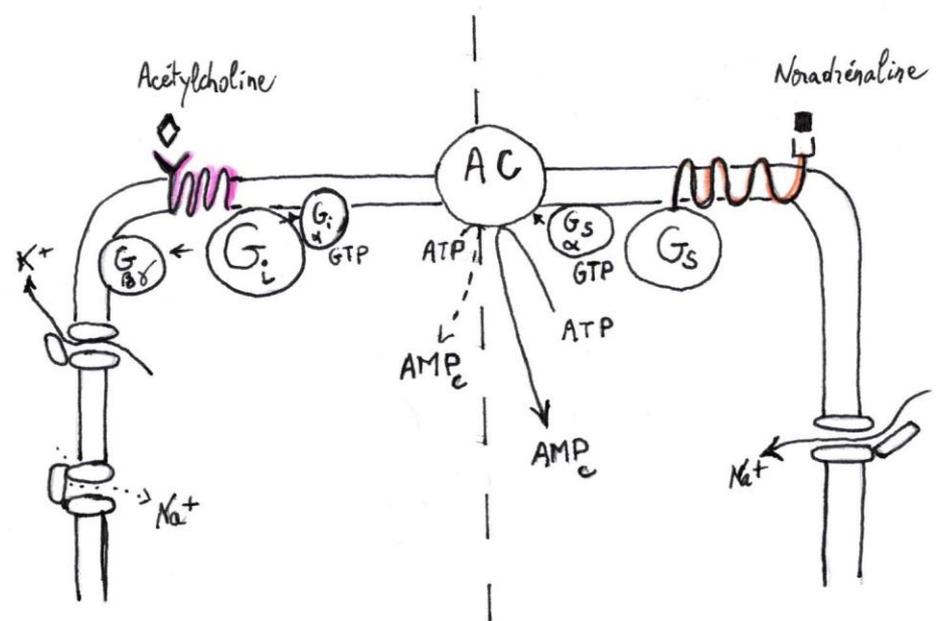


Effet chronotrope négatif.
 1 contraction toutes les 0,8 s
 (70 battements/min)



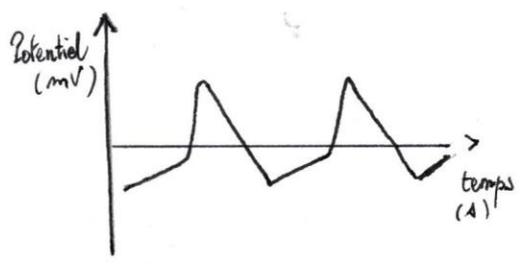
Effet chronotrope positif.
 1 contraction toutes les 0,4 s
 (150 battements/min)

Mode d'action des neurotransmetteurs du système neurovégétatif sur les cellules nodales.

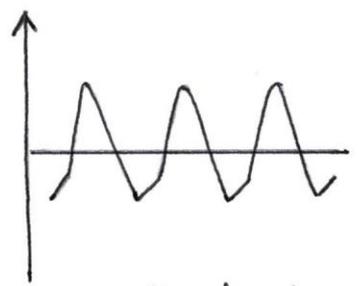


Activation de l'adénylate cyclase par la sous unité α
 Augmentation intracytosolique de l'AMPc
 Stimulation de l'ouverture des canaux HCN

1. Inhibition des canaux HCN par α
 2. Stimulation de l'ouverture des canaux K par β et γ
- Dépolarisation plus lente



Effet chronotrope négatif
 1 contraction toutes les 0,8 s
 (70 battements/min)



Effet chronotrope positif
 1 contraction toutes les 0,4 s
 (150 battements/min)

Mode d'action des neurotransmetteurs du système neurovégétatif sur les cellules nodales.

	Ach	Norad
Récepteur membranaire à 7 hélices transmembranaires	muscarinique	(nor)adrénergique
Sous-unité α de la protéine G	α i	α s
Protéines membranaires interagissant avec sous-unités de la protéine G	Canaux HCN (α i); canaux K^+ (β)	Adénylyl cyclase (α s) Canaux HCN (α s)
Second messenger	non	AMP c
Effet sur la perméabilité membranaire	\uparrow conductance K^+ \downarrow conductance Na^+	\downarrow conductance K^+ \uparrow conductance Na^+
Effet sur le potentiel de pace-maker	\downarrow pente	\uparrow pente
Effet sur le rythme cardiaque	Chronotrope négatif	Chronotrope positif