

Biologie fondamentale des grandes fonctions

3^{ème} LMD Biochimie

Chapitre 4

**Le système circulatoire
(cardiovasculaire)**

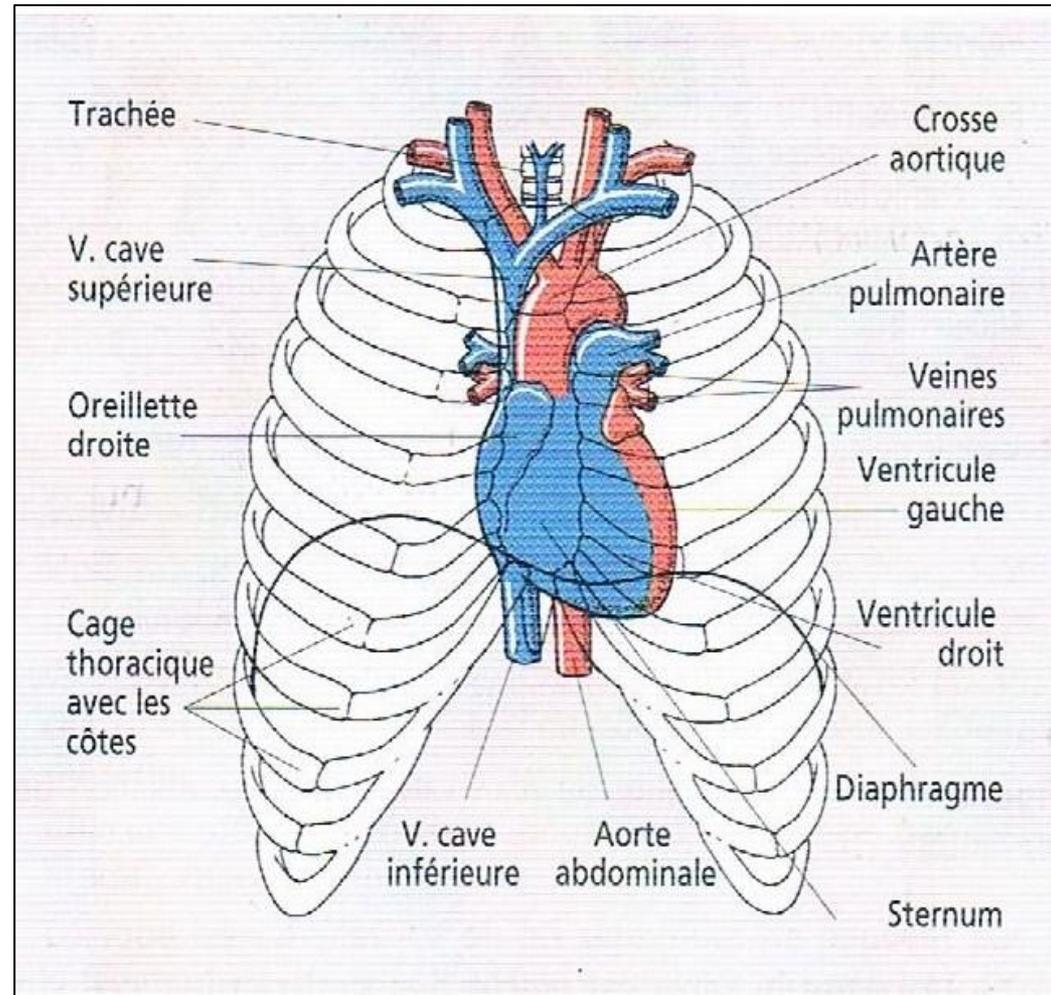
Systeme cardiovasculaire

Le cœur

Systeme cardiovasculaire

Cœur + vaisseaux sanguins

- ✓ Muscle creux qui commande le mécanisme de transport du sang dans les vaisseaux.
- ✓ Pèse environ 300g, positionné de manière oblique au milieu de la cage thoracique dans le médiastin (entre les poumons).



Systeme cardiovasculaire

Le cœur

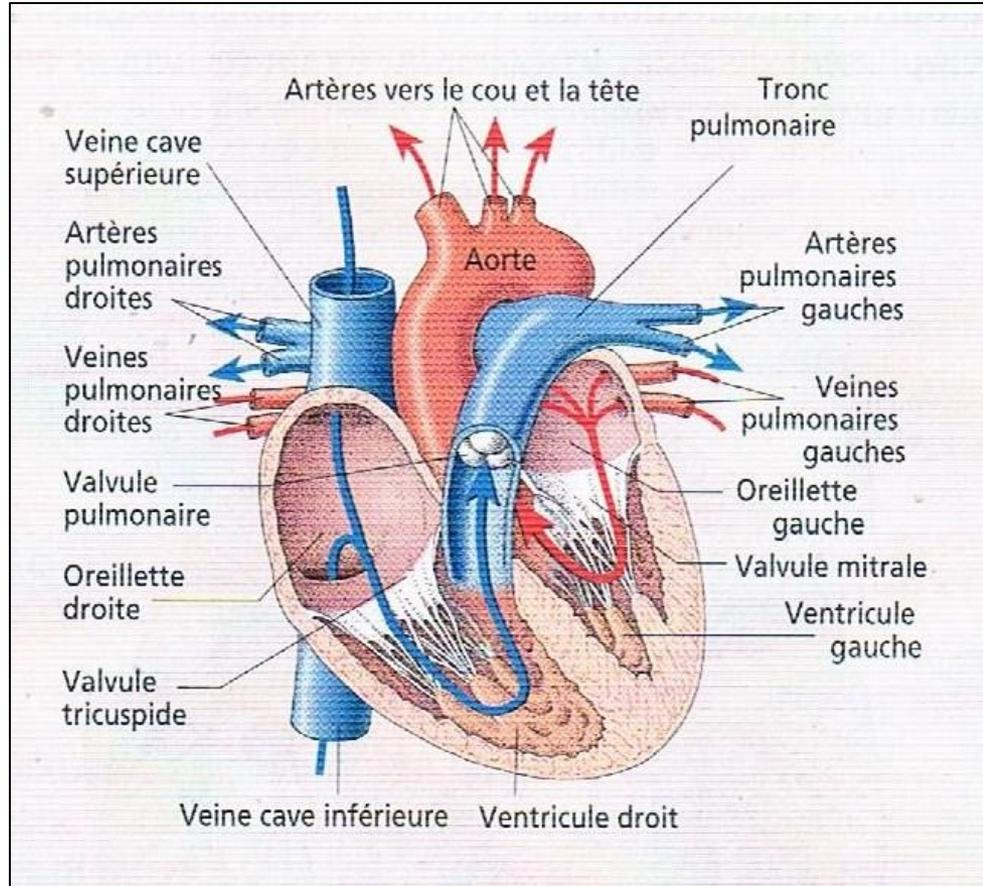
Le cœur droit

Aspire le sang veineux et l'envoie dans les poumons pour être enrichi en oxygène.



Cœur ↔ poumons

Petite circulation



Le cœur gauche

Aspire le sang revenant des poumons puis l'éjecte dans l'aorte et l'envoie ainsi dans la circulation générale.



Cœur ↔ Organisme

Grande circulation

Systeme cardiovasculaire

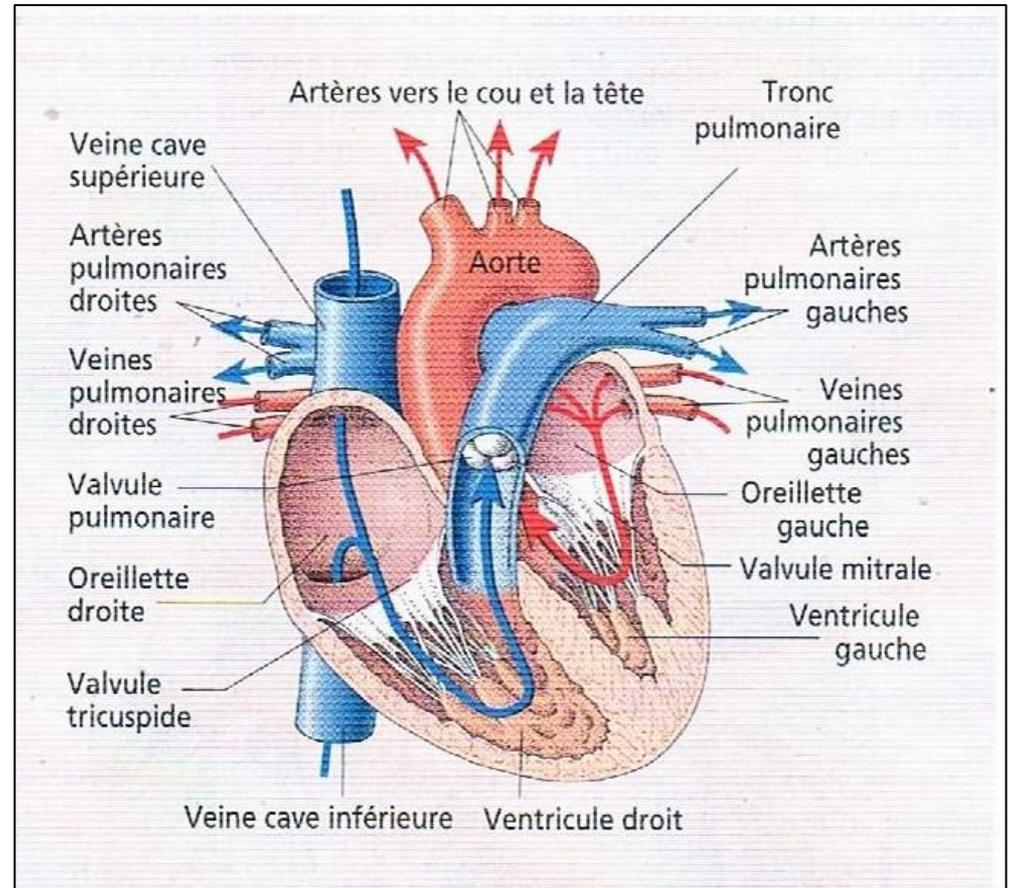
Le cœur

Les chambres du cœur

Chacune des deux moitiés du cœur est divisée en deux cavités:

✓ **L'oreillette:** petite chambre qui recueille en premier temps le sang en provenance du corps ou des poumons.

✓ **Le ventricule:** qui aspire le sang de l'oreillette et l'éjecte dans la circulation pulmonaire ou générale.



Systeme cardiovasculaire

Les valves

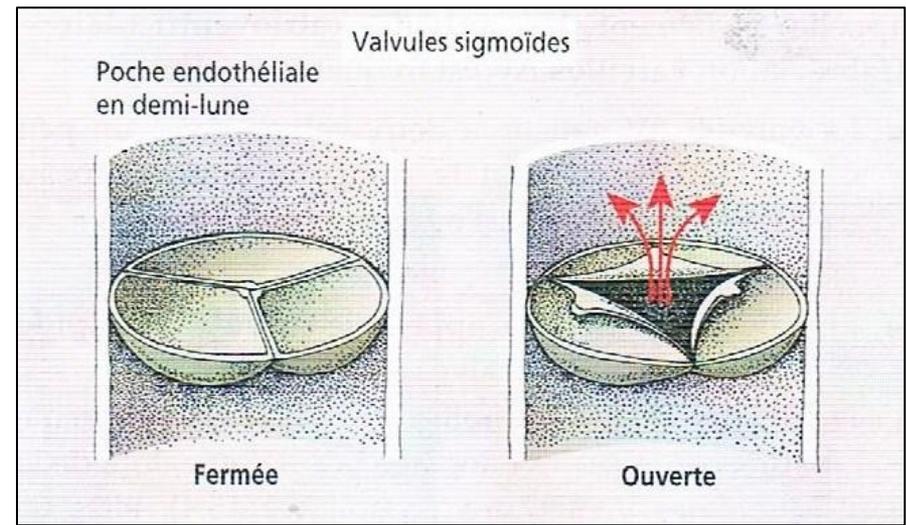
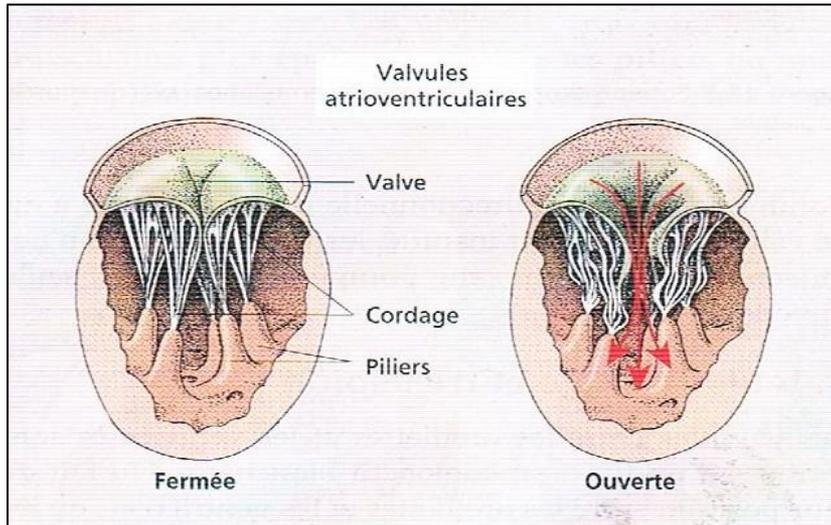
Formées d'un fin tissu conjonctif blanchâtre, **les valves se laissent ouvrir par pression dans un seul sens**. Si une pression est appliqué du côté opposé, elle se claquent en fermant le passage **évitant ainsi le retour du sang**.

Atrioventriculaires (AV)/Auriculoventriculaires

- Mènent le sang des oreillettes aux ventricules.
- Reliées au ventricules par de fins cordages qui permettent de maintenir des valves fermées lors de la contraction du ventricule.

Sigmoïdes

Mènent le sang des ventricules vers les deux grosses artères de l'organisme: l'aorte et le tronc pulmonaire



Systeme cardiovasculaire

Les valves atrioventriculaires

➤ **Tricuspide** → ventricule droit, 3 valves (tri cuspis)

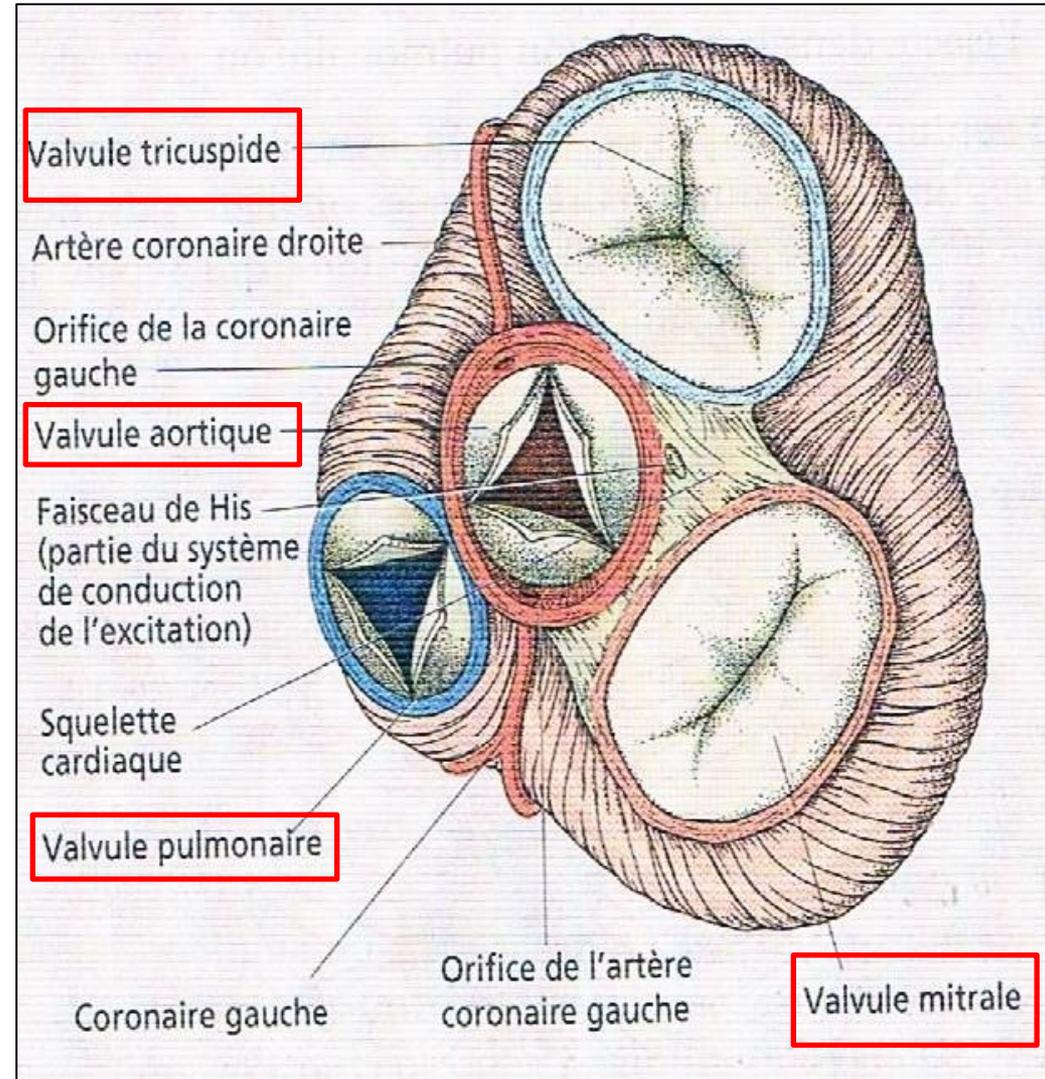
➤ **Mitral** → ventricule gauche, ressemblance avec un chapeau d'évêque (a mitre)

Les valves sigmoïdes

➤ **Pulmonaire** → entre ventricule droit et le tronc pulmonaire

➤ **Aortique** → entre ventricule gauche et l'aorte

Vue supérieur du plan valvulaire



Systeme cardiovasculaire

Les cavités cardiaques

Oreillette droite

Veines cave supérieure:

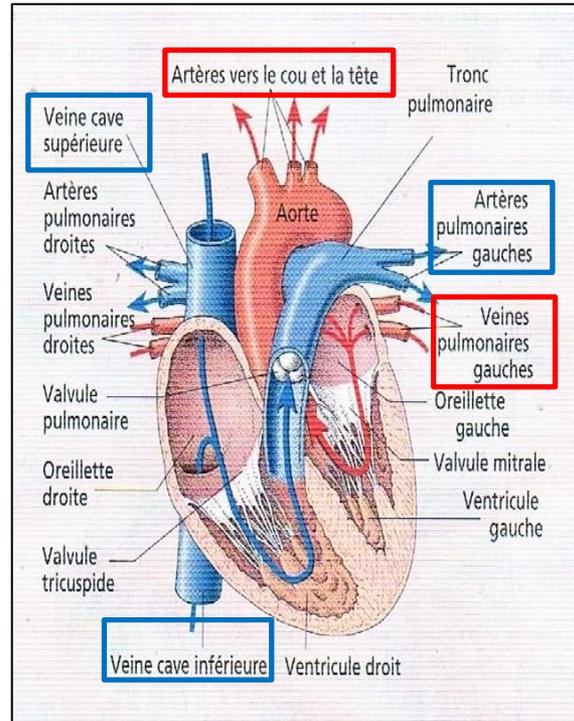
Collecte le sang de la moitié supérieure du corps: tête, bras, cou, thorax.

Veine cave inférieure:

Collecte le sang des membres inférieurs.

Ventricule droit

- La **valvule tricuspide** y est suspendue par des cordages
- Éjecte le sang dans le tronc pulmonaire par ouverture de la **valvule pulmonaire** qui se trouve au niveau de l'ouverture du ventricule sur **l'artère pulmonaire**



Oreillette gauche

Quatre veines pulmonaires ramènent le sang **oxygéné** dans l'oreillette en provenance des poumons.

Ventricule gauche

- La **valvule mitral** y est suspendue par des cordages.
- Sa musculature est la plus épaisse et la plus puissante de tout le cœur.
- Ejecte le sang dans **l'aorte** par ouverture de la **valvule aortique**.

Systeme cardiovasculaire

La paroi cardiaques

Constituée de trois couches

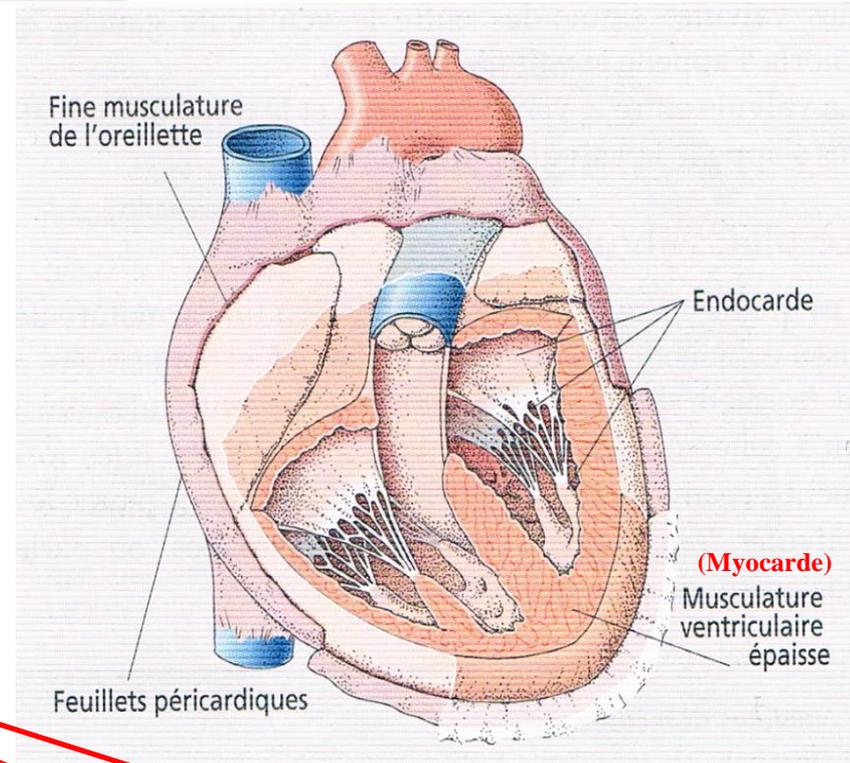
L'endocarde: couche interne, recouvre la totalité de la cavité cardiaque (moins de 1mm d'épaisseur).

Le myocarde: c'est la couche musculaire du cœur. Le sang est éjecté grâce à la contraction de cette couche.

8-11mm ventricule gauche
2-4mm ventricule droit.

L'épicarde: couche externe (moins de 1mm).

Le cœur est entouré par **le péricarde:** enveloppe composé de deux feuillets (comme les plèvres du poumon).



Le sang qui est envoyé dans la circulation générale nécessite un effort de pompe plus important, c'est pourquoi la musculature du ventricule gauche est la plus importante.

Systeme cardiovasculaire

Le cycle cardiaque et pressions

Fréquence cardiaque = 70 battement/min

1 cycle = Contraction / Relâchement

Contraction



Réduction des cavités ventriculaires
Contraction



Ejection du sang



Cistole (0,25 s)

Relâchement



Elargissement des cavités ventriculaires
Relaxation



remplissage



Diastole (0,55 s)

Système cardiovasculaire

Le cycle cardiaque et pressions

Phases de la systole

Phases de la diastole

Contraction

Ejection

Relaxation

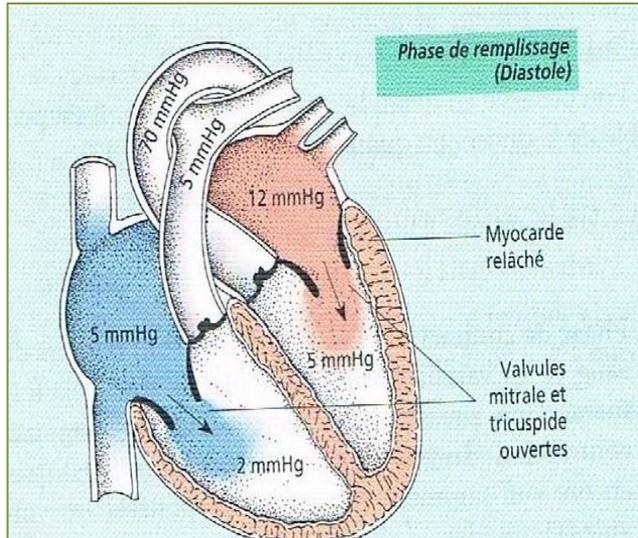
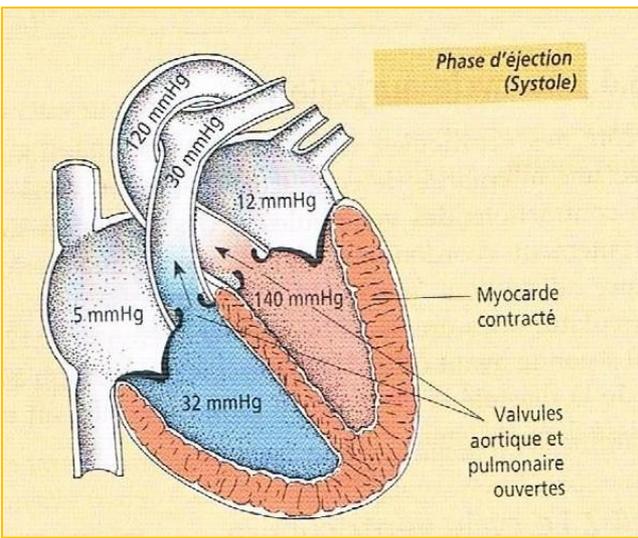
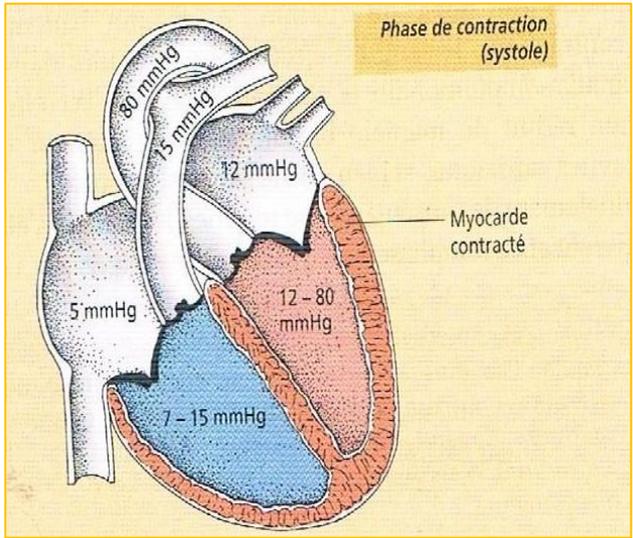
Remplissage

- Les ventricules sont remplis
- Valves AV fermées
- La contraction exerce une pression sur le sang.
- P pas assez élevée pour repousser les valves sigmoïdes.

- $P_{\text{ventricule}} > P_{\text{aorte}}$ et $P_{\text{trac pulmonaire}}$.
- ouverture des valves sigmoïdes → éjection du sang.
- fermeture des valves sigmoïdes car $P_{\text{vaisseau}} > P_{\text{ventricule}}$.

- Relâchement du myocarde.
- diminution de la P ventriculaire.
- toutes les valves sont encore fermées.

- $P_{\text{ventricules}} < P_{\text{oreillettes}}$
- Valves AV s'ouvrent et le sang passe des oreillettes vers les ventricules.



Systeme cardiovasculaire

Le travail cardiaque -Volume d'éjection-

- ✓ Au repos, la fréquence cardiaque d'un adulte est ≈ 70 battements/min.
- ✓ A chaque battement, les ventricules éjecte chacun ≈ 70 mL de sang, appelé **volume d'éjection**.

Débit cardiaque = Volume d'éjection . Fréquence cardiaque

Débit cardiaque = 70 mL . 70 battement/min

Débit cardiaque = 4900 mL/min

Au repos, le cœur envoie environ 5L de sang dans la circulation générale et dans la circulation pulmonaire

Systeme cardiovasculaire

Importance des électrolytes

$\text{Ca}^{+2} / \text{K}^{+}$

✓ Rôle dans la contraction des fibres musculaires.

✓ Tient un rôle important dans la transformation de l'impulsion électrique en contraction musculaire

✓ Effet sur l'excitation de la fibre musculaire.

✓ Hypokaliémie → trouble du rythme cardiaque.

✓ Hyperkaliémie → paralysie du cœur pouvant aboutir dans des cas extrême à un arrêt cardiaque.

Systeme cardiovasculaire

Innervation cardiaque

Essentielle à l'adaptation à des efforts de courte durée car **régulent** trois composante importante de la fonction cardiaque

La fréquence cardiaque

La contractilité

La vitesse de conduction

Systeme nerveux végétatif

Sympathique

Parasympathique

Augmente la performance cardiaque

→ Accélération du cœur

→ Augmentation de la force de contraction du cœur

→ Augmentation de la vitesse de conduction

Nerf vague relié à l'oreillette droite
Diminue la performance cardiaque

→ Ralentissement du cœur

→ Diminution de la force de contraction du cœur

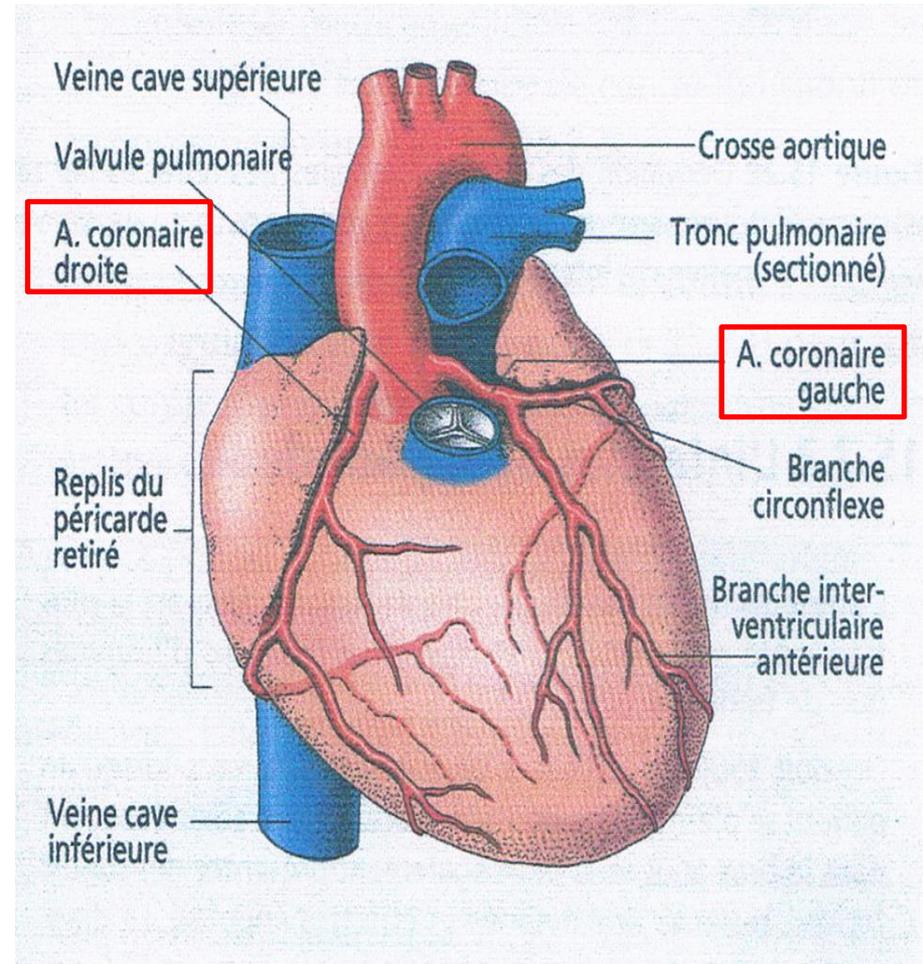
→ Ralentissement de la vitesse de conduction

Systeme cardiovasculaire

La vascularisation du cœur

Les coronaires

- ✓ Deux petites artères qui naissent de l'aorte.
- ✓ L'une alimente de cœur droit et l'autre le cœur gauche.
- ✓ Les veines du cœur longent parallèlement les artères coronaires. Elles se réunissent et s'abouchent directement dans l'oreillette droite.
- ✓ Le cœur utilise pour son propre fonctionnement 1/20 de la totalité du sang pompé



Systeme cardiovasculaire

Les vaisseaux

Les vaisseaux

✓ **Alimentent** l'ensemble des cellules en O_2 et nutriments et **évacuent** les produits de dégradation (CO_2 , substances à élimination urinaires).

Les vaisseaux sanguins

✓ Artères

Quittent le cœur et évacuent le sang **rouge vif** richement oxygéné vers la circulation générale.

✓ Veines

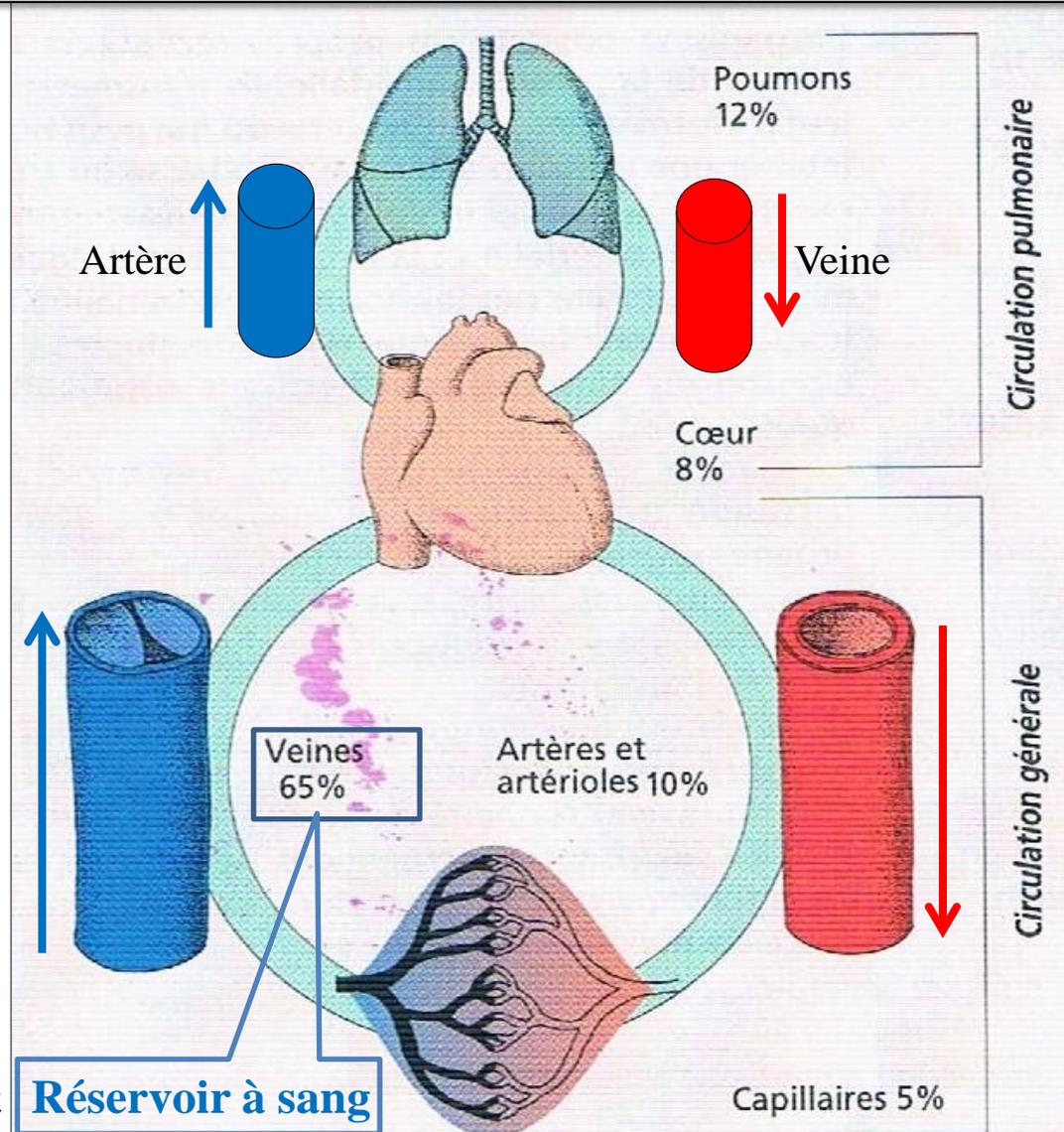
Ramènent le sang vers le cœur, il y coule du sang **rouge sombre** pauvre en oxygène provenant de la circulation générale.

Attention: dans la circulation pulmonaire, les artères véhiculent le sang pauvre en oxygène et les veines le sang oxygéné.

✓ Capillaires

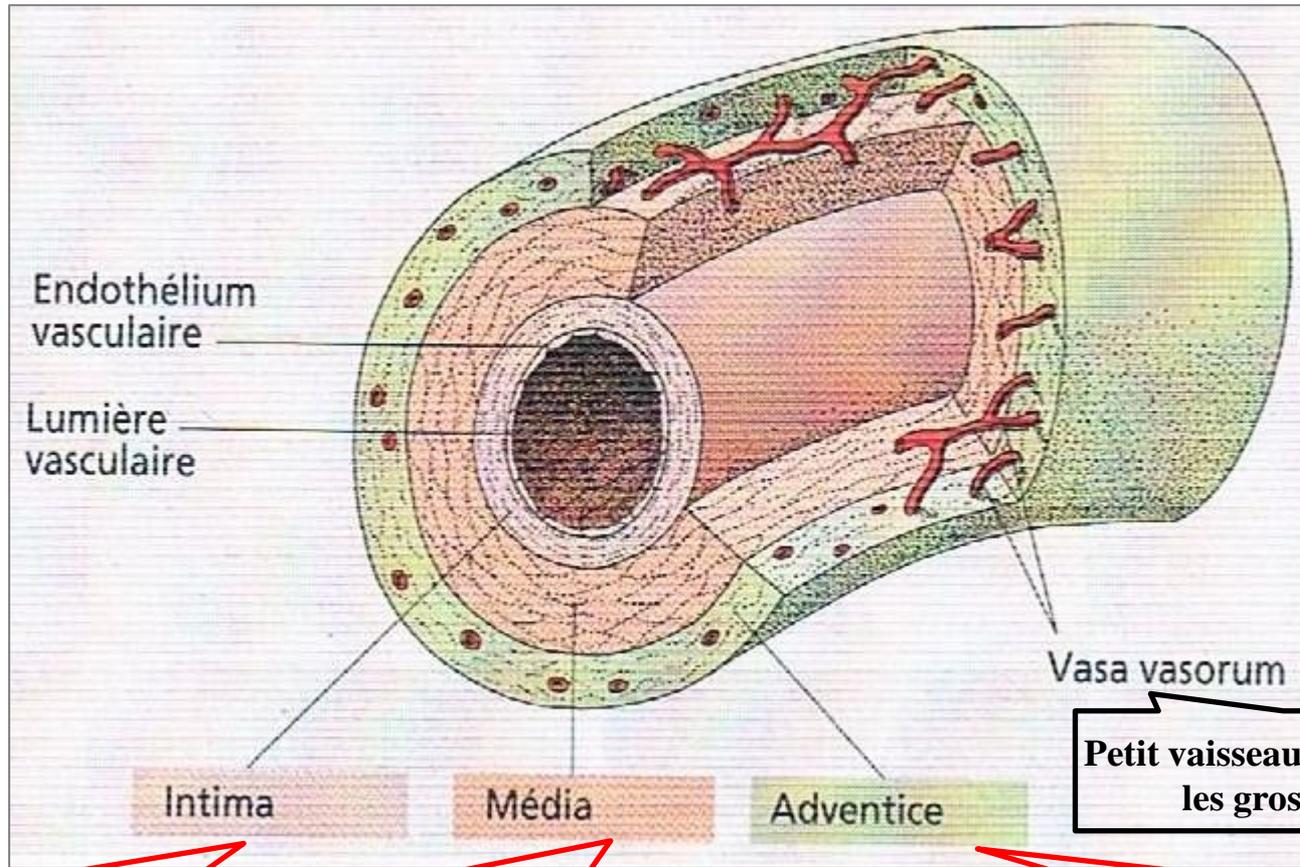
Constituent la liaison entre artères et veines. Siège des échanges.

Répartition des volumes sanguins dans l'organisme



Les vaisseaux

Veines et artères → trois couches



Monocouche de **cellules endothéliales** + membrane élastique (fibres de tissu conjonctif)

Plusieurs couches de **cellules musculaires lisses** + fibres élastiques

Tissu conjonctif et fibres élastiques + vasa vasorum + nerfs

Petit vaisseaux qui alimentent les gros vaisseaux

Les vaisseaux

Vaisseaux de stockage

Artères proche du cœur

Vaisseaux résistifs

Artères périphériques

Vaisseaux capacitifs

Veines et veinules

Les vaisseaux

Vaisseaux capacitif Veines et veinules

- ✓ **65% du sang total coulent dans les veines → fonction de réservoir.**
- ✓ **En cas de besoin de grandes quantités de sang peuvent être envoyées, à partir de ce réservoir, vers d'autres parties du corps.**

Les vaisseaux

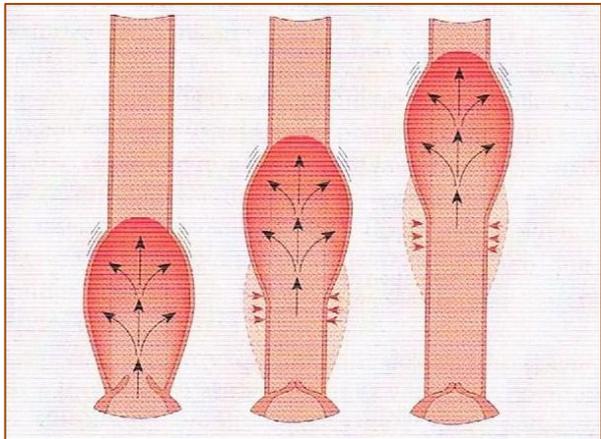
Vaisseaux de stockage Artères proche du cœur

Artère de type élastique (prédominance des fibres élastiques)

Systole: l'éjection brutale du sang distend légèrement la paroi de l'aorte et des artères proches du cœur.

Diastole: la contraction de l'aorte pousse plus loin le sang qui y est contenu.

→ Ceci assure un flux sanguin régulier



Vaisseaux résistifs Artères périphériques

Prédominance des cellules musculaires lisses (média)

La distension ou la rétraction de ces vaisseaux dépend de la contraction ou la relaxation des cellules musculaires lisses. On appelle cela:

→ Vasodilatation } Vasomotricité
→ Vasoconstriction }

Les vaisseaux

Flux sanguin et résistance vasculaire

=

Régulation de la tension artérielle

Flux sanguin

Le sang s'écoule des régions centrale à haute pression vers les réseaux vasculaires périphériques à plus faible pression

$V_{\text{grosses artères}} = 20 \text{ cm/s}$

$V_{\text{veines}} = 12 \text{ cm/s}$

$V_{\text{capillaires}} = 0,05 \text{ cm/s}$ → Critère important pour la durée/efficacité des échanges

La résistance vasculaire

La résistance d'un vaisseau augmente si la pression qu'exerce le sang dessus augmente

Déterminé par:

- Le diamètre (modulable) et la longueur (non modulable) du vaisseau
- La viscosité (modulable)

Les vaisseaux

La résistance vasculaire

Rapport viscosité / volume sanguin

La viscosité dépend du rapport entre les parties solides (cellules sanguines) et les parties liquides du sang

Deux cas de figure

Déshydratation



Diminution du volume sanguin
(*Régulation par le système rénal/
réabsorption de l'eau*)



Augmentation de la viscosité
(prédominance des parties solides)



**Augmentation de la résistance
vasculaires**

Hémorragie



Perte de cellules sanguines



Diminution de la viscosité



**Diminution de la résistance
vasculaire**

Les vaisseaux

Flux sanguin et résistance vasculaire

=

Régulation de la tension artérielle

Régulation de la tension artérielle (TA) / pression artérielle / pression sanguine

- ✓ La TA représente **la force que le sang exerce sur les parois** des vaisseaux.
- ✓ Sa régulation a pour but de maintenir une pression **la plus constante possible** à l'intérieur des vaisseaux, elle dépend :

- Du **débit cardiaque**

Ex: Si le débit chute → la TA chute

- Du **volume** sanguin (régulation par la volémie)

Ex: Hémorragie → chute de la TA

- De la **résistance périphérique** qui dépend elle-même du diamètre (**régulation par la vasomotricité**)

✓ La somme des résistances de toutes les zones périphériques avec le volume sanguin déterminent la **pression sanguine**.

Les vaisseaux

Régulation de la tension artérielle (TA)

Régulation par la vasomotricité

Les cellules musculaires lisses (Média vasculaire)

- ✓ Principaux éléments contractiles des parois des vaisseaux sanguins.
- ✓ Elles ont la propriété de sécréter diverses protéines comme le collagène et l'élastine qui vont s'insérer dans leur membrane basale ou être excrétées dans la matrice extracellulaire (élasticité du vaisseau).
- ✓ Leur fonction contractile assure la vasomotricité et le tonus artériel.



Capacité d'un vaisseau à modifier son **calibre (diamètre)** et donc la **résistance vasculaire** dans le but de régler le débit sanguin.



Elle est régulée par des **messagers agissant sur les cellules endothéliales (intima vasculaire)** qui transmettent l'ordre aux **cellules musculaires lisses** par l'intermédiaire d'un **second messenger**.

Les vaisseaux

Régulation par la vasomotricité

Contraction et relaxation des cellules musculaires lisses

- ✓ Dépendent des modifications de la concentration du Ca^{+2} libre dans la cellule.
- Dans l'espace extracellulaire → $[\text{Ca}^{+2}]$ est élevée,
- Dans les citernes du RE → $[\text{Ca}^{+2}]$ est élevée,
- Dans le cytoplasme, au contraire → $[\text{Ca}^{+2}]$ est faible (10^{-7} à 10^{-8} M).
- Si $[\text{Ca}^{+2}]$ dépasse 10^{-7} M → contraction de la fibre vasculaire.

Tous les phénomènes qui provoquent la contraction agissent en augmentant la concentration de Ca^{+2} libre, alors que ceux qui aboutissent à la relaxation la diminuent.

Régulation par la vasomotricité

Contraction et relaxation des cellules musculaires lisses

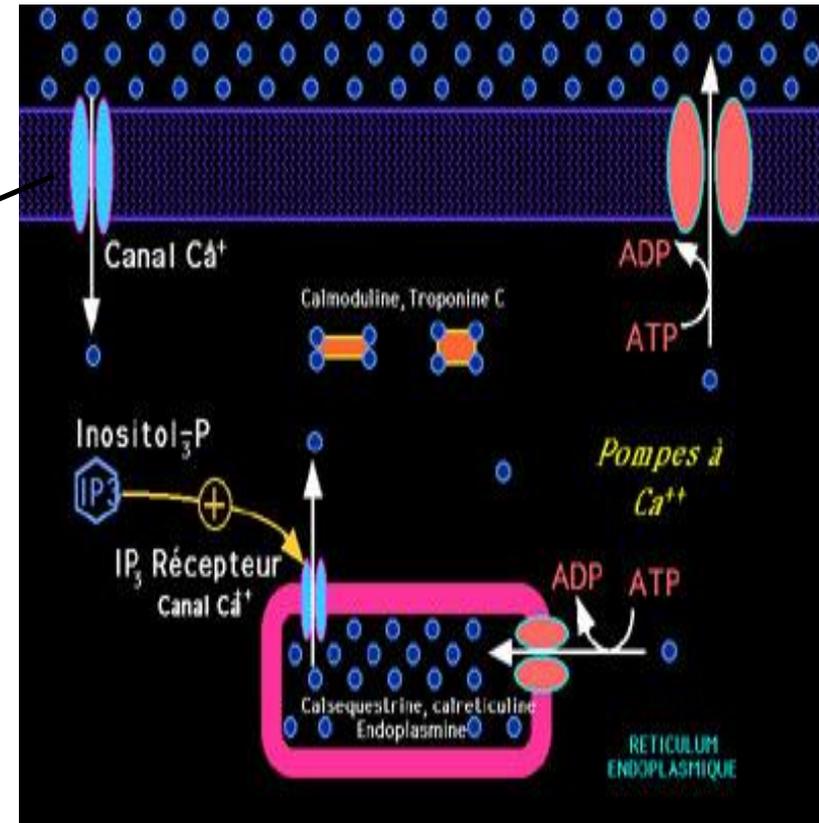
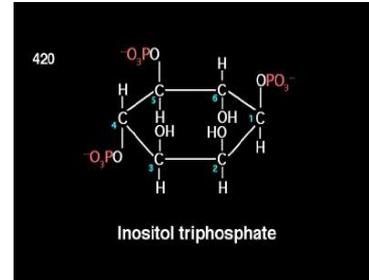
Régulation du Ca^{+2} intracellulaire

✓ L'IP3 interagit avec les récepteurs de la membrane plasmique et la membrane du RE qui font fonction de canaux calciques.

✓ les canaux s'ouvrent pour laisser entrer le Ca^{+2} dans le cytoplasme

L'ouverture de ces canaux est également contrôlée par divers stimuli dynamiques (cisaillement, étirement,...), biochimiques ou pharmacologiques (médicaments dirigés contre l'hypertension artérielle).

Second messenger, qui résulte de l'hydrolyse d'un phospholipide membranaire, par la phospholipase C]



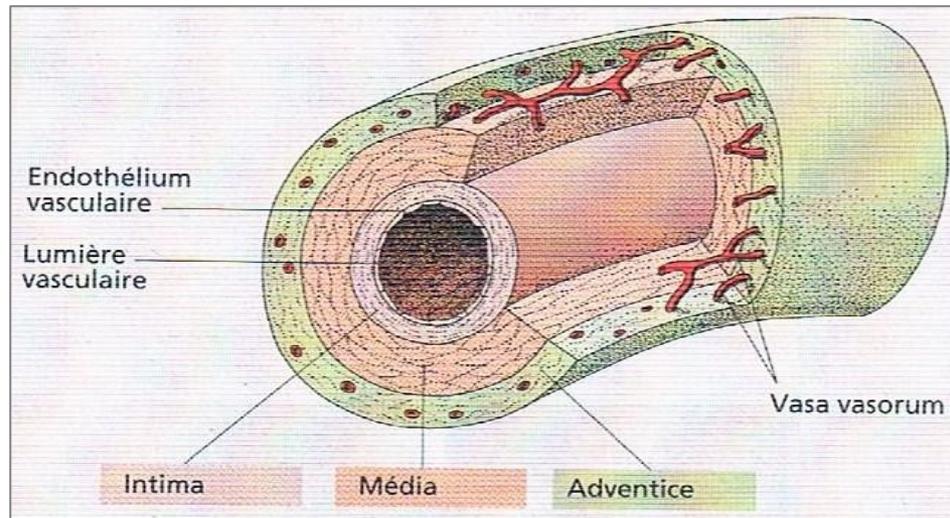
Les vaisseaux

Régulation par la vasomotricité

Contraction et relaxation des cellules musculaires lisses

Mécanisme dépendant
de l'endothélium

Mécanisme indépendant
de l'endothélium



Régulation par la vasomotricité

Contraction et relaxation des cellules musculaires lisses

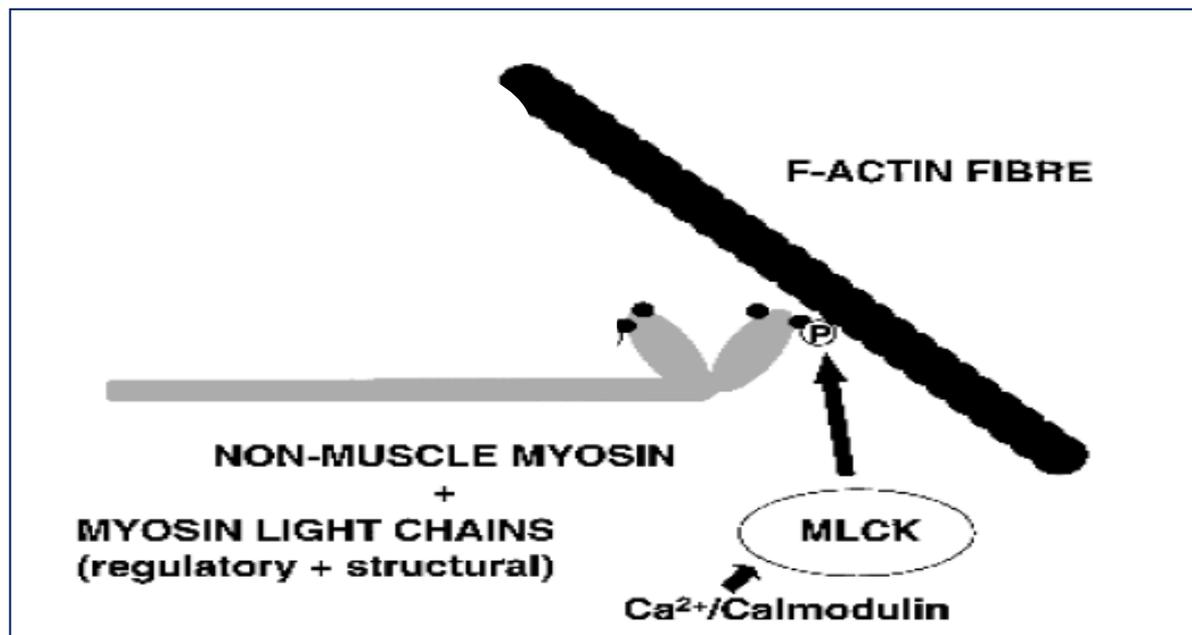
Vasomotricité indépendante de l'endothélium

✓ Lorsque la concentration de Ca^{+2} intracellulaire augmente, il se fixe sur une calciprotéine (la calmoduline).

✓ Le complexe **Ca^{+2} /calmoduline** qui correspond à la forme active de la calmoduline, active à son tour la **myosine kinase**.

✓ La forme ainsi activée de la **myosine kinase** permet la **phosphorylation des chaînes légères de myosine**.

✓ La myosine ainsi phosphorylée **interagit avec les fibres d'actine** et provoquer la **contraction de la fibre lisse vasculaire**.

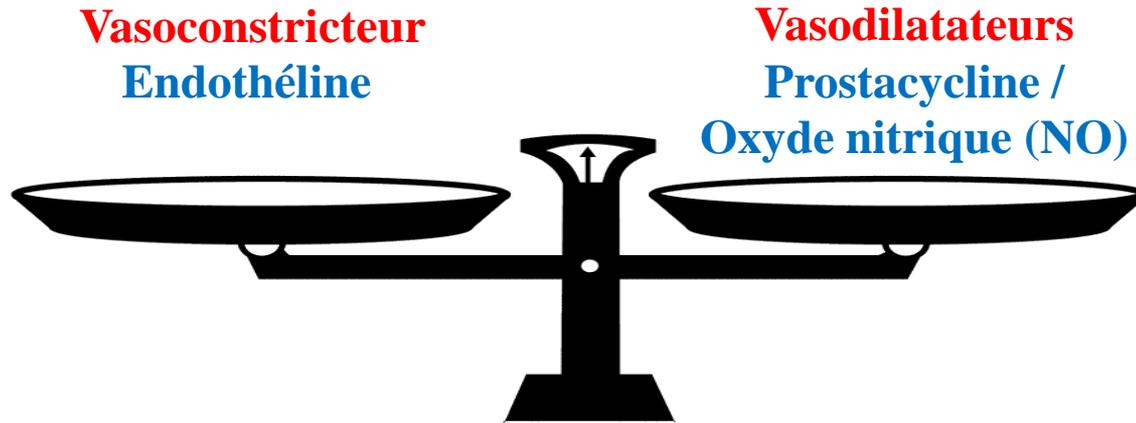


Régulation par la vasomotricité

Contraction et relaxation des cellules musculaires lisses

Vasomotricité dépendante de l'endothélium

Les cellules endothéliales synthétisent des molécules vasoactives qui permettent le maintien de l'équilibre vasomoteur :



Ces molécules maintiennent l'équilibre entre vasoconstriction et vasodilatation.

Régulation par la vasomotricité

Contraction et relaxation des cellules musculaires lisses

Vasomotricité dépendante de l'endothélium

✓ NO est le produit d'une réaction enzymatique catalysée par une enzyme appelée la NO synthase (NOS). La NOS utilise comme substrat l'acide aminé L-arginine, et produit la L-citrulline et NO.

✓ NO diffuse dans la cellule musculaire lisse et se fixe sur la guanylate cyclase soluble (GC) qu'il active en augmentant la production intracellulaire de GMPc.

✓ La GMPc active à son tour une protéine-kinase GMPc-dépendante (PKG).

✓ La PKG entraîne un blocage de l'entrée du Ca^{2+} dans la cellule donc une diminution du Ca^{2+} cytosolique, avec en final une relaxation du muscle lisse vasculaire.

