

# CHAPITRE 11

## L'APPAREIL CARDIOVASCULAIRE ET LA CIRCULATION SANGUINE :

C'est un système clef qui permet la distribution du sang aux tissus de l'organisme de façon rapide et orientée. Elle permet d'apporter aux tissus les métabolites nécessaires mais aussi d'éliminer les déchets ou encore de distribuer des messagers chimiques.

### I. DESCRIPTION GENERALE :

Le système cardiovasculaire est constitué du cœur et des vaisseaux sanguins (artères, veines et capillaires).

Etats du sang	Circulations	
→ <b>Sang riche en dioxygène</b> : issus des poumons → <b>Sang pauvre en dioxygène</b> : chargé en dioxyde de carbone, issus des différents tissus de l'organisme.	<b>Pulmonaire ou petite circulation</b>	<b>Systémique ou grande circulation</b>
	Entre poumons et cœur	Entre organes et cœur
	Echange des gaz respiratoires entre sang et air des alvéoles pulmonaires	Echange des gaz respiratoires et des métabolites entre sang et tissus de l'organisme

Tous les organes vascularisés par un vaisseau afférent (artère) et un vaisseau efférent (veine) sauf le foie.

### II. LE CŒUR : MOTEUR DE LA CIRCULATION SANGUINE :

#### 1) SITUATION ANATOMIQUE :

Cœur : muscle creux situé à l'intérieur du thorax, dans une cavité centrale appelée le médiastin.

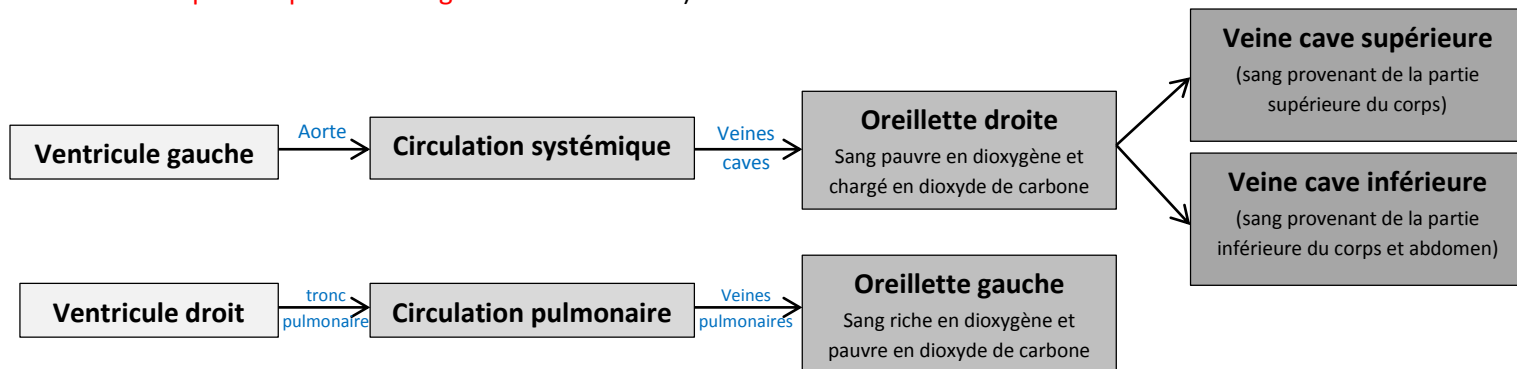
#### 2) ANATOMIE DU CŒUR :

Différents tissus	Fibreux	enveloppe de TC dense qui protège le cœur et permet sa fixation dans la cage thoracique					
	Séreux	Composé de deux feuillets : - pariétale : tapisse la face interne du péricarde fibreux - viscéral (épicarde) : fait partie de la paroi du cœur Ces deux feuillets glissent l'un par rapport à l'autre grâce au liquide séreux, ce qui évite l'échauffement dû aux frictions lors des battements cardiaques.					
		Myocarde	Le tissu musculaire du cœur. Il lui permet de se contracter et donc d'assurer sa fonction de pompe. Plus le myocarde est épais, plus sa force de contraction est grande (gauche plus épais).				
Endocarde	Couche la plus interne du cœur : endothélium qui tapisse les cavités du cœur, lisse qui diminue les frictions du sang contre les parois cardiaques. Il est en continuité avec l'endothélium des vaisseaux qui arrivent au cœur ou qui en émergent.						
Cavités cardiaques	Le cœur est un organe creux, formé de 2 parties (hémicœur droit, et hémicœur gauche. Chacun est formé de deux cavités (oreillette et ventricule). Les hémicœurs sont séparés par une cloison (septum interauriculaire puis septum interventriculaire).						
	<b>VALVE</b> : dispositif que présentent les cavités cardiaques qui s'ouvre et se ferme en fonction des pressions sanguines appliquées sur leur face, clapet anti-retour permettant une circulation sanguine à sens unique.						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Valve <b>auriculo-ventriculaire (VAV)</b></th> <th>Valve de <b>l'aorte (VA)</b> et valve <b>du tronc pulmonaire (VTP)</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Entre hémicœur et ventricule/oreillette Valve <b>tricuspide</b> (droite) et <b>bicuspide</b> (gauche)</td> <td>Entre chaque ventricule et le gros vaisseau qui en émerge</td> </tr> <tr> <td> <p>Le sang s'écoule  <math>P_{\text{oreillette}} &gt; P_{\text{ventricule}}</math>  <math>P_{\text{ventricule}} &gt; P_{\text{oreillette}}</math></p> </td> <td> <p>Le sang des ventricules  <math>\uparrow P_{\text{ventricules}}</math>                      léger reflux de sang                      la fermeture de la valve</p> </td> </tr> </tbody> </table>	Valve <b>auriculo-ventriculaire (VAV)</b>	Valve de <b>l'aorte (VA)</b> et valve <b>du tronc pulmonaire (VTP)</b>	Entre hémicœur et ventricule/oreillette Valve <b>tricuspide</b> (droite) et <b>bicuspide</b> (gauche)	Entre chaque ventricule et le gros vaisseau qui en émerge	<p>Le sang s'écoule  <math>P_{\text{oreillette}} &gt; P_{\text{ventricule}}</math>  <math>P_{\text{ventricule}} &gt; P_{\text{oreillette}}</math></p>	<p>Le sang des ventricules  <math>\uparrow P_{\text{ventricules}}</math>                      léger reflux de sang                      la fermeture de la valve</p>
Valve <b>auriculo-ventriculaire (VAV)</b>	Valve de <b>l'aorte (VA)</b> et valve <b>du tronc pulmonaire (VTP)</b>						
Entre hémicœur et ventricule/oreillette Valve <b>tricuspide</b> (droite) et <b>bicuspide</b> (gauche)	Entre chaque ventricule et le gros vaisseau qui en émerge						
<p>Le sang s'écoule  <math>P_{\text{oreillette}} &gt; P_{\text{ventricule}}</math>  <math>P_{\text{ventricule}} &gt; P_{\text{oreillette}}</math></p>	<p>Le sang des ventricules  <math>\uparrow P_{\text{ventricules}}</math>                      léger reflux de sang                      la fermeture de la valve</p>						

### 3) TRAJET DU SANG DANS LE CŒUR :

Le cœur est constitué de deux pompes (hémicœur) qui envoient le sang dans l'organisme à partir des ventricules grâce à des **artères** (= vaisseau qui transporte le sang en provenance du cœur).

Après avoir traversé les différents organes, il revient au cœur au niveau des oreillettes grâce aux **veines** (= vaisseau qui transporte du sang au niveau du cœur).



### 4) IRRIGATION DU CŒUR :

L'irrigation propre du cœur se fait par l'irrigation coronarienne. Les artères coronaires émergent de la base de l'aorte pour irriguer le myocarde, et revient par les veines du cœur qui s'unissent en un gros vaisseau : le **sinus coronaire**. Ce sinus débouche dans l'oreillette droite.

### 5) PROPRIETES DU MYOCARDE :

## RAPPEL

#### 1) ANATOMIE MACROSCOPIQUE :

Caractéristiques propres à son rôle de pompe. Les myocytes sont séparés par une trame de tissu conjonctif lâche, l'**endomysium** qui renferme de nombreux capillaires. Il est rattaché au squelette fibreux du cœur.

#### 2) ANATOMIE MICROSCOPIQUE :

Les fibres musculaires sont courtes, ramifiées, et épaisses. Chacune contient 1 à 2 gros noyaux. Il y a des disques intercalaires (jonctions) qui contiennent : **des jonctions ouvertes** (permettant le passage d'ions et de petites molécules) et **des desmosomes** (liant les cellules lors de la contraction, cohésion). De **grosses mitochondries** s'y trouvent, l'espace restant est comblé par **des gouttelettes lipidiques** et **des myofibrilles**.

<b>Myofibrilles</b>	Diamètre variable et tendance à se ramifier. Elles présentent une striation, mais les stries sont moins bien définies que dans le myocyte squelettique. On distingue sur les sarcomères <b>des stries Z</b> , <b>des bandes A et I</b> formés de <b>filaments épais de myosine</b> et de <b>filaments fins d'actine</b> .
<b>Tubules T</b>	Le sarcolemme forme des tubules T plus larges et moins nombreuses, pénétrant dans les sarcoplasmes au niveau des stries Z.
<b>Réticulum sarcoplasmique</b>	Moins développé, dépourvu de grandes citernes terminales, pas de triades.

#### 3) MECANISME DE LA CONTRACTION :

##### ■ Génération d'un PA au niveau du sarcolemme :

La contraction est déclenchée par un PA qui se propage sur le sarcolemme du myocyte cardiaque.

Le PA généré au niveau des myocytes cardiaques est obtenu par un changement de la perméabilité membranaire aux ions  $Na^+$ ,  $K^+$  et  $Ca^{2+}$ .

- **Dépolarisation** : la modification du Er du sarcolemme entraîne l'ouverture des canaux rapides  $Na^+$  et l'entrée des  $Na^+$  → inversion du potentiel de membrane.

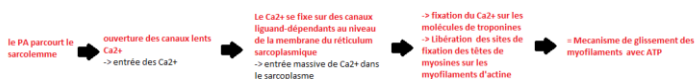
- **Début de repolarisation** : les canaux se referment presque instantanément

- **Suite de la dépolarisation** : Ouverture des canaux lents  $Ca^{2+}$  (entrée d'ions). Cette entrée provoque un plateau dans le tracé du PA.

- **Repolarisation** : les canaux  $Ca^{2+}$  se referment tandis que les canaux  $K^+$  s'ouvrent.

##### ■ Couplage excitation-contraction :

L'onde de dépolarisation se propage le long du sarcolemme et arrive dans les tubules T.



La relaxation des myocytes est due à l'activité des pompes  $Ca^{2+}$  qui expulsent les calcium à l'extérieur de la cellule.

#### 4) MECANISME DE LA CONTRACTION

##### ■ Le myocarde se comporte comme un syncytium fonctionnel :

Origine des PA observés dans les myocytes	La grande majorité du myocarde est constitué de myocytes. 1% des myocytes sont des cellules cardionectrices qui constituent le système de conduction du cœur. <b>Les cellules cardionectrices du nœud sinusal et du nœud auriculoventriculaire</b> sont appelées <b>cellules nodales</b> . Elles ont la capacité de se dépolariser spontanément, et elles produisent des PA et les propage à travers le myocarde grâce au système cardionecteur. <b>Automatisme cardiaque</b> : Il y a des synapses électriques entre les cellules cardionectrices et les myocytes cardiaques : ainsi les myocytes dépolarisés se contractent. Le myocarde se contracte alors d'un bloc de façon indépendante sans intervention du système nerveux.
Propagation des PA dans les cellules cardionectrices	Ces cellules nodales ont un potentiel de repos de -60 mV mais il est instable, on l'appelle <b>potentiel pacemaker</b> . Il devient de - en - électronégatif et tend vers le seuil de déclenchement d'un PA. Ce potentiel est une dépolarisation lente de la membrane. Cette dépolarisation es due à une diminution de la perméabilité de la membrane au ions $K^+$ et une entrée de $Na^+$ . Quand le seuil d'excitation (-40mV) est atteint des canaux rapides $Na^+$ et $Ca^{2+}$ s'ouvrent : dépolarisation.
Déroulement de l'excitation du myocarde	<b>Les influx (PA) parcourent le système cardionecteur</b> du cœur dans l'ordre suivant : nœud sinusal, nœud auriculo-ventriculaire, faisceaux de His, réseau de Purkinje. Le myocarde se contracte de la façon suivante : - à partir du nœud sinusal, elle atteint le <b>nœud auriculo-ventriculaire</b> où elle est retardée. - L'onde se propage ensuite dans le <b>faisceau de His</b> . - Elle arrive ensuite à l' <b>apex</b> et remonte dans les <b>parois des ventricules</b> grâce au réseau de Purkinje. Les myocytes ventriculaires sont alors excités et se contractent <b>donc ensemble grâce aux jonctions ouvertes</b> .
Electrocardiogramme	Technique d'exploration qui permet d'enregistrer l'activité électrique du cœur à l'aide d'un électrocardiogramme. L'ECG est typiquement composé de 5 ondes : P, Q, R, S et T qui correspondent aux étapes de propagation de l'onde de dépolarisation dans le cœur.
Contrôle nerveux de l'automatisme cardiaque	Fréquence des dépolarisations lentes observées dans les cellules du nœud sinusal qui est à l'origine de la fréquence des contractions du myocarde et donc de la fréquence des battements cardiaques. Il est soumis à un contrôle permanent par le système nerveux autonome qui établit un rythme sinusal de 60 à 80 battements/minutes.

#### 5) PROPRIETES DE LA CONTRACTION

##### ■ Loi du tout ou rien :

La loi s'applique au myocarde entier car les myocytes sont reliés par des synapses électriques.

##### ■ Période réfractaire absolue :

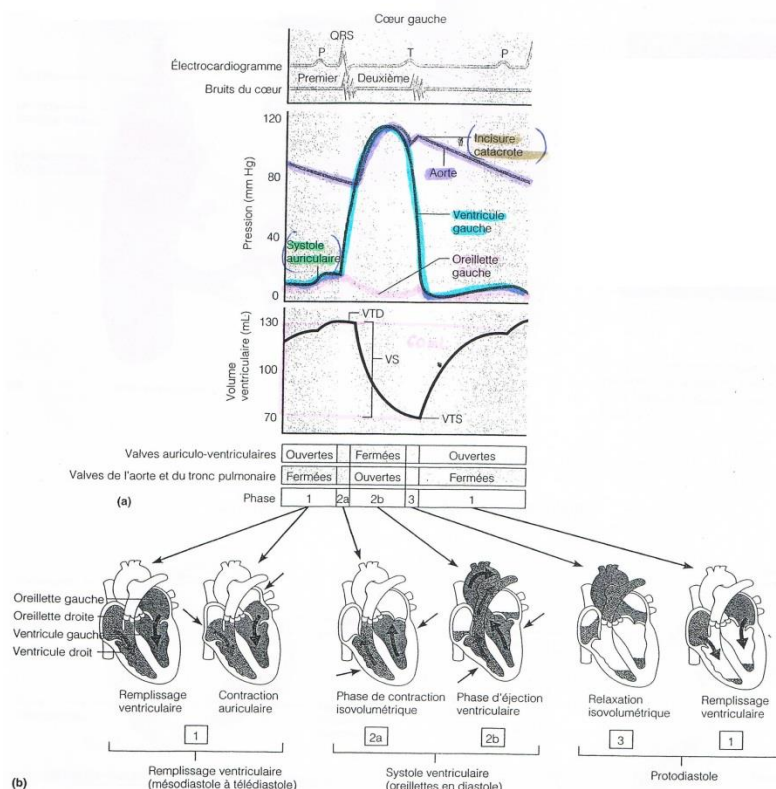
Elle dure presque aussi longtemps que la contraction. Dans le cadre du myocarde, les contractions téaniques sont impossibles. Cette longue période empêche les longues contractions téaniques qui seraient néfastes au fonctionnement du cœur en mettant fin à l'action rythmique du pompage.

## 6) LA REVOLUTION CARDIAQUE :

<b>Définition</b>	→ activité contractile rythmique, qui permet d'évacuer le sang vers les territoires artériels des circulations pulmonaires systémiques.
	→ <b>suite alternative de contraction (systole) et de relâchement (diastole)</b> du myocarde
	→ Succession systole/diastole = <b>cycle cardiaque</b> ou révolution cardiaque
	→ Fréquence cardiaque = <b>75 / min</b> Durée cycle cardiaque = <b>0,8s</b>
	→ Variations successives de la <b>pression et du volume sanguin</b> à l'intérieur du cœur.

<b>Différentes phases du cycle cardiaque</b>	Début du remplissage ventriculaire	<b>Du la médiastole à la télédiastole ventriculaire</b>	La pression dans la cavité cardiaque est faible, les valves auriculoventriculaires sont ouvertes et le sang s'écoule passivement dans les oreillettes puis dans les ventricules. Les valves de l'aorte et du tronc pulmonaire sont fermés. Les ventricules se remplissent ainsi à environ 70% de leur capacité.
	Fin du remplissage ventriculaire	<b>Systole auriculaire</b>	<b>A la suite de l'onde P</b> Les oreillettes se contractent et compriment le sang : la pression augmente d'un coup et le sang résiduel (30%) est éjecté dans les ventricules. Les oreillettes se relâchent : c'est la <b>diastole auriculaire</b> (maintenue).
	Ejection ventriculaire	<b>Systole ventriculaire</b>	<b>Complexe QRS intervient durant la diastole auriculaire</b> Les ventricules commencent à se contracter, le sang est comprimé, la pression ventriculaire augmente. Les valves auriculoventriculaires se ferment : <b>phase de contraction isovolumétrique</b> . La pression ventriculaire dépasse la pression des grosses artères émergeant des ventricules et les valves de l'aorte et du tronc pulmonaire s'ouvrent et expulsent le sang : <b>phase d'éjection ventriculaire</b> .
	Relaxation isovolumétrique des ventricules	<b>Protodiastole ventriculaire</b>	<b>A la suite de l'onde T</b> Les ventricules se relâchent, la pression ventriculaire chute et le sang contenu dans l'aorte et le tronc pulmonaire reflue vers les ventricules, les valves se ferment. Les ventricules sont de nouveau clos : c'est la <b>relaxation isovolumétrique</b> .
	Remplissage auriculaire	<b>Diastole auriculaire</b>	Les oreillettes sont en diastole, le sang s'y écoule passivement, de sorte que la pression y augmente. Quand cette pression dépasse celle des ventricules, les valves s'ouvrent et le remplissage des ventricules débute à nouveau.

document 8 : La révolution cardiaque



<b>Mécanismes assurant la circulation du sang</b>	La circulation du sang dans le cœur est entièrement régit par des variations de pression. Le sang suit un gradient de pression. Il s'écoule toujours des régions de haute pression vers des régions de basse pression. Ces variations de pression sont dues à l'alternance systole-diastole et provoque l'ouverture des valves cardiaques ce qui oriente la circulation du sang. Au cours du cycle cardiaque, le sang passe d'une cavité à l'autre selon un trajet à sens unique.
---	---

<b>Divers enregistrements</b>	<b>Cardiogramme</b>	Enregistrement des pressions au cours du cycle cardiaque
	<b>Phonocardiogramme</b>	On peut écouter les <b>bruits du cœur (fermeture des valves cardiaques)</b> avec un <b>stéthoscope</b> ou les enregistrer pour obtenir un <b>phonogramme</b> cardiaque. On distingue 2 bruits : - <b>premier TOUM</b> : fermeture des valves auriculoventriculaires - <b>deuxième TA</b> : fermeture des valves de l'aorte et du tronc pulmonaire
	<b>Electrocardiogramme</b>	La révolution cardiaque est accompagnée de <b>phénomènes électriques</b> qu'il est possible d'enregistrer en disposant sur les corps des électrodes.

### 7) LE DEBIT CARDIAQUE :

<b>Calcul du débit cardiaque</b>	<p>VS (volume d'éjection systolique) = 60mL  FC (fréquence cardiaque) = 75 battements / min (au repos)</p> <p>DC (mL/min) = FC (batt/min) x VS (mL) = 75 x 60 = 5250 mL/min = 5,25 L/min ≈ 5 L (VS d'un adulte)</p> <p style="text-align: center;"><b>Ainsi, la totalité du sang passe dans le cœur en une minute.</b></p> <p>Le débit cardiaque est très variable et peut augmenter jusqu'à 25L/min (exercice physique)  <b>RESERVE CARDIAQUE</b> = différence entre DC au repos et DC à l'effort.</p>
----------------------------------	---

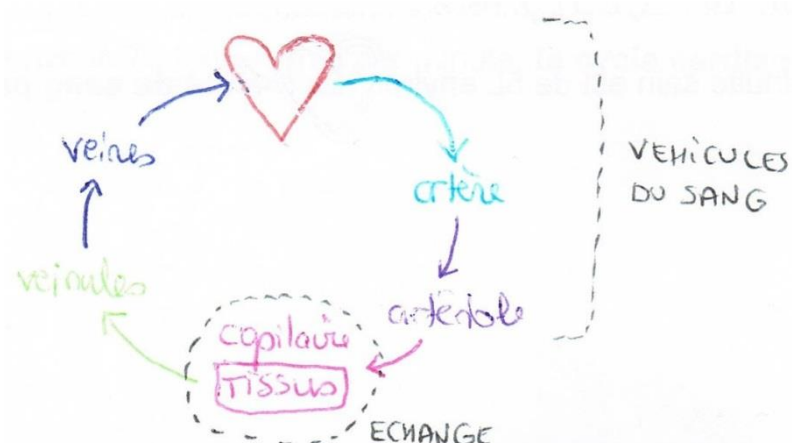
<b>Régulation intrinsèque du DC</b>	Le DC admet une <b>autorégulation basée sur la régulation du volume d'éjection systolique (VS)</b> . En effet, si VS varie, le DC varie en proportion.	
	<b>Définition du VS</b>	<p>VS correspond à la différence entre le volume télédiastolique (<math>V_{TD}</math>) et le volume télésystolique (<math>V_{TS}</math>) :</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 20px;">Déterminée par la durée de la diastole ventriculaire et par la pression veineuse (130mL)</div> <div style="text-align: center; margin-right: 20px;">← <math>VS = V_{TD} - V_{TS}</math> →</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;">Déterminée par la force de contraction ventriculaire (70mL)</div> </div>
	<b>Modalités de l'autorégulation du DC</b>	<p>→ <b>Effet de précharge ventriculaire</b> :  Le <math>V_{TD}</math> peut être augmenté par l'accroissement du retour veineux lors d'un effort physique ou par la diminution de la FC.</p> <p>→ <b>L'effet de postcharge</b> :  Dans le cas d'hypertension artérielle, la postcharge réduit la capacité des ventricules à éjecter du sang. Ainsi le <math>V_{TS}</math> augmente et le volume systolique diminue.</p>

### III. LES VAISSEAUX SANGUINS ET LA CIRCULATION SANGUINE :

On distingue 3 types de vaisseaux sanguins : artères, veines et capillaires.

Les artères et les veines servent simplement à véhiculer le sang, seuls les capillaires sont en contact avec les cellules de l'organisme.

Ces trois types de tissus diffèrent par leur longueur, diamètre, épaisseur et la composition de leur paroi.



	Structure de la paroi	Réseau
<b>ARTERES</b>	<p>3 tuniques délimitant un espace central (la lumière) :</p> <p>→ <b>L'intima</b> : constitué d'endothélium reposant sur une couche sous-endothéliale de TC lâche, la membrane basale.</p> <p>→ <b>La média</b> (tunique moyenne) : faite de fibres musculaires lisses disposées en anneaux et de feuillettes d'élastine continus</p> <p>→ <b>Adventice</b> (tunique externe) : composé de fibres de collagène qui protègent les artères et les veines et les rattachent aux structures environnantes</p>	<p>C'est l'ensemble des artères et artérioles qui transportent le sang (pas toujours hématosé) vers les tissus.</p> <p>→ <b>Les artères élastiques ou conductrices</b> : Ce sont les plus grosses artères, et les plus élastiques. Leur élasticité leur permet de supporter de grosses variations de pression sanguine à chaque systole ventriculaire. Les artères se dilatent lors du passage du sang éjecté. Cette pression continue permet au sang de continuer à s'écouler de manière continue = <b>DC discontinue</b> → <b>DC continu</b></p> <p>→ <b>Les artères musculaires ou distributrices</b> : Moyennes et petites artères qui transportent le sang vers les diverses régions de l'organisme. La média de ces artères est faite de plus de tissu musculaire lisse que de tissu élastique.</p> <p>→ <b>Les artérioles</b> : Les plus petites artères qui apportent le sang aux capillaires. Leur diamètre chute brusquement sans que le nombre de ces artères ne soit augmenté.</p>

<b>CAPILLAIRES</b>	<p>Paroi très mince, formée uniquement par des cellules endothéliales.</p> <p>La <b>minceur de la paroi</b> permet l'échange de substances entre le sang et le liquide interstitiel des tissus.</p> <p>Leur formation en vastes réseaux de ramifications augmente la surface disponible pour l'échange rapide de nutriments</p>	<p>■ <b>DIFFERENTS TYPES DE CAPILLAIRES :</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Capillaires continus</th> <th>Capillaires fenestrés</th> <th>Capillaires discontinus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fentes intercellulaires assez larges pour laisser passer une <b>petite quantité de liquide et de petites molécules de solutés.</b></td> <td>L'endothélium repose sur une membrane basale continue. Les pores (ou fenestrations) permettent le passage d'<b>une quantité importante de liquide et de solutés</b></td> <td>Grandes fenestrations et l'endothélium repose sur une membrane basale incomplète ou absente, ce qui permet le passage de <b>protéines et de cellules sanguines.</b></td> </tr> <tr> <td>Dans les muscles squelettiques et la peau</td> <td>Organes où ont lieu une absorption capillaire ou la formation de filtrat (rein, intestin grêle, ...)</td> <td>Foie, rate, MO, et certaines glandes endocrines</td> </tr> </tbody> </table> <p>■ <b>MODALITES D'ECHANGE A TRAVERS LA PAROI CAPILLAIRE :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A travers les fentes intercellulaires</li> <li>- Par les fenestrations</li> <li>- Par pirocitose : intermédiaire de vésicules pirocitoses</li> <li>- A travers la MMP des capillaires par DS ou DF.</li> </ul> <p>■ <b>LES RESEAUX OU LITS CAPILLAIRES :</b></p> <p>→ Les lits capillaires relient les artérioles et les veinules et l'écoulement du sang y est appelé <b>microcirculation</b>. Ils sont présents dans pratiquement tous les tissus de l'organisme. Leur distribution varie en fonction de l'importance de l'activité métabolique des tissus desservis.</p> <p>→ <b>LIT CAPILLAIRE</b> : ensemble de 10 à 100 capillaires alimentés en sang par une <b>métartériole</b> issue d'une artériole terminale :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A l'extrémité proximale de la métartériole : <b>sphincters précapillaires</b></li> <li>- A l'extrémité distale de la métartériole : <b>canal de passage</b> (sang rejoint la veinule post-capillaire).</li> </ul> <p>→ La totalité du réseau capillaire n'est fonctionnel que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>lorsque les besoins métabolique des tissus sont faibles</b> : le sang empreinte la métartériole et le canal de passage, il va s'écouler en évitant la lit capillaire car les sphincters précapillaires sont fermés.</li> <li>- <b>lorsque les besoins métaboliques du tissu augmentent</b> : les sphincters s'ouvrent et le sang empreinte la totalité du lit capillaire pour irriguer tout le tissu.</li> </ul>	Capillaires continus	Capillaires fenestrés	Capillaires discontinus				Fentes intercellulaires assez larges pour laisser passer une <b>petite quantité de liquide et de petites molécules de solutés.</b>	L'endothélium repose sur une membrane basale continue. Les pores (ou fenestrations) permettent le passage d' <b>une quantité importante de liquide et de solutés</b>	Grandes fenestrations et l'endothélium repose sur une membrane basale incomplète ou absente, ce qui permet le passage de <b>protéines et de cellules sanguines.</b>	Dans les muscles squelettiques et la peau	Organes où ont lieu une absorption capillaire ou la formation de filtrat (rein, intestin grêle, ...)	Foie, rate, MO, et certaines glandes endocrines
Capillaires continus	Capillaires fenestrés	Capillaires discontinus												
Fentes intercellulaires assez larges pour laisser passer une <b>petite quantité de liquide et de petites molécules de solutés.</b>	L'endothélium repose sur une membrane basale continue. Les pores (ou fenestrations) permettent le passage d' <b>une quantité importante de liquide et de solutés</b>	Grandes fenestrations et l'endothélium repose sur une membrane basale incomplète ou absente, ce qui permet le passage de <b>protéines et de cellules sanguines.</b>												
Dans les muscles squelettiques et la peau	Organes où ont lieu une absorption capillaire ou la formation de filtrat (rein, intestin grêle, ...)	Foie, rate, MO, et certaines glandes endocrines												

<b>VEINES</b>	<p>→ <b>Les veinules post-capillaires</b> : Elles sont composées d'endothélium et sont extrêmement poreuses : le plasma et les GB traversent facilement leur paroi</p> <p>→ <b>Les veines</b> : La paroi des veines est aussi constituée de 3 tuniques (intima, média, adventice) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la paroi de la veine est plus mince</li> <li>- la lumière de la veine est plus grande</li> <li>- la média est une tunique mince (contenant peu d'élastine et de muscle lisse)</li> <li>- tunique externe plus épaisse et robuste (contenant des bandes longitudinales de muscle lisse)</li> </ul> <p>La paroi de certaines veines présentent des valvules qui sont des replis de l'intima. On la trouve dans les membres ou la force gravitationnelle s'oppose à la remontée du sang : <b>elles empêchent le reflux sanguin.</b></p>	<p>Les veines peuvent contenir un volume de sang important (65%) grâce à leur grande lumière. Elles constituent un réservoir de sang et le réseau veineux et dit capacitif.</p>
---------------	---	---

#### IV. LES FACTEURS INFLUANT SUR LA CIRCULATION SANGUINE :

La circulation du sang dans les vaisseaux correspond au débit sanguin.

DEBIT SANGUIN : volume de sang qui s'écoule dans un vaisseau, un organe ou dans le système cardio-vasculaire entier, en une période donnée. Il s'exprime en mL/min. Il varie selon les besoins immédiats pour un organe donné.

$$DS = \frac{\Delta P}{R}$$

$\Delta P$  : gradient de pression sanguine  
R : résistance périphérique

##### 1) LA PRESSION SANGUINE :

L'écoulement du sang dans les vaisseaux s'effectue selon un gradient de pression : le sang se déplace toujours des zones de haute pression vers des zones de basse pression.

PS = c'est la force par unité de surface exercée par le sang sur la paroi d'un vaisseau (mmHg). Elle est due à la systole ventriculaire qui tente de comprimer le sang alors qu'il est incompressible, il est alors éjecté avec force dans l'aorte.

La pression systolique est la plus élevée dans l'aorte et diminue peu à peu pour atteindre 0 mmHg dans l'oreillette droite où débouchent dans les veines caves. Ce fort gradient de pression explique le sens de circulation du sang.

La pression sanguine diminue abruptement dans les artérioles. La résistance à l'écoulement est maximale dans les artérioles car leur diamètre diminue alors que le nombre n'augmente pas de façon proportionnelle. Donc le sang s'écoule plus lentement dans les artérioles, la PS chute (de 95 à 40), on parle de résistance périphérique à l'écoulement du sang.

Pression artérielle	<p>Dans les artères élastiques, la pression artérielle varie entre 2 valeurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la pression systolique (Psyst = 120 mmHg) : due à la systole ventriculaire, la pression par l'aorte est alors maximale.</li> <li>- la pression diastolique (PD = 70-80 mmHg) : due à la diastole ventriculaire lorsque la paroi de l'aorte reprend sa position initiale en maintenant une pression sur le sang qui permet son écoulement vers des vaisseaux plus petits : le sang est chassé de l'aorte et la pression chute.</li> </ul> <p>La pression artérielle monte et descend à chaque battement cardiaque, la pression moyenne (PAM) est donc la pression qui propulse le sang dans les tissus au cours du cycle cardiaque :</p>	} 12/8
Pression capillaire	<p>La PS à l'entrée des capillaires est de 40 mmHg et 20 mmHg à la sortie.</p> <p>Cette faible pression permet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eviter de fragiliser la paroi de ces minces vaisseaux</li> <li>- La filtration d'un volume de liquide adaptée au renouvellement du liquide interstitiel dans les tissus</li> </ul>	
Pression veineuse	<p>La très faible pression dans le réseau veineux est due à la résistance périphérique qui dissipe la majeure partie de la pression artérielle,</p> <p>La pression est facilitée grâce à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la grande lumière veineuse qui n'oppose pas de résistance à l'écoulement</li> <li>- aux valves qui permettent le retour veineux en empêchant le retour de sang dû à la force gravitationnelle</li> <li>- les contractions musculaires squelettiques adjacentes</li> </ul>	

##### 2) LA RESISTANCE PERIPHERIQUE :

La résistance : force qui s'oppose à l'écoulement du sang. Elle résulte de la friction du sang sur la paroi vasculaire. Le principal facteur : le diamètre (régulée par des mécanismes nerveux et chimiques)

## V. LA REGULATION DE LA PRESSION ARTERIELLE :

### 1) MODALITES DE LA REGULATION :

La pression artérielle varie en fonction de certains paramètres comme l'âge, le sexe, le poids, le régime alimentaire... Elle est caractéristique pour chaque personne. Elle ne doit varier que dans d'étroites limites pour éviter les hyper ou hypotension. C'est donc une **constante homéostasique**. Elle est donc régulée par un ensemble de complexes de boucles de régulation.

Il existe :

- **des mécanismes de régulation rapides** : qui ajustent rapidement la pression artérielle en fonction de changements soudains, mécanisme à **court terme** régit par des **mécanismes nerveux**.

- **des mécanismes de régulation lents** : régulation à **long terme** régit par des **mécanismes hormonaux**.

La pression artérielle est fonction du DC et de la résistance périphérique :

$$DC = \frac{PA}{R} \quad \text{et} \quad PA = DC \times R \quad \text{donc} \quad PA = FC \times VS \times R$$
$$DC = FC \times VS$$

Tout changement de l'un de ces variables peut affecter la pression artérielle, ainsi tout changement d'une variable est rapidement compensé par des ajustements des autres variables pour essayer de conserver une pression artérielle constante.

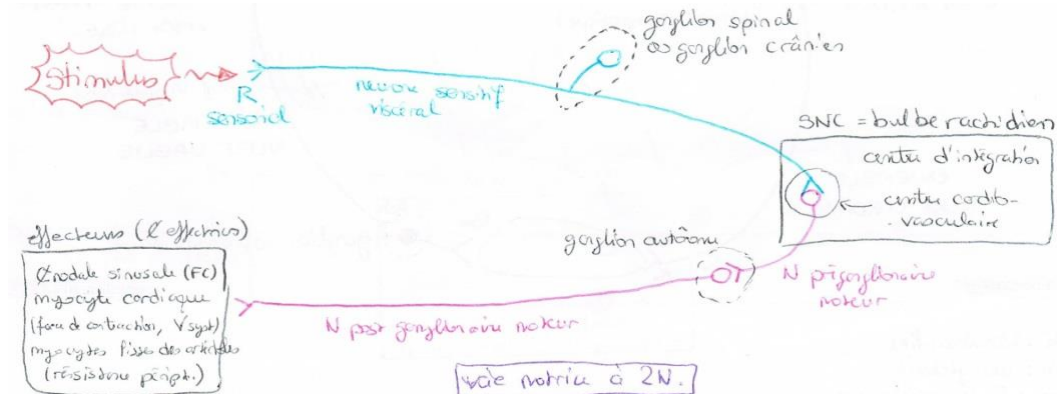
### 2) LA REGULATION NERVEUSE : UNE REGULATION A COURT TERME :

Les facteurs qui vont être régulés pour permettre le maintien de la pression artérielle sont :

- la fréquence cardiaque
- la force de contraction du myocarde
- la résistance périphérique par vasodilatation et vasoconstriction des artérioles.

Les mécanismes de contrôle nerveux requièrent des **arcs réflexes autonomes**.

Ils peuvent être soumis à l'influence de centres nerveux supérieurs.



#### ■ LES ELEMENTS DE L'ARC REFLEX AUTONOME :

L'arc réflex autonome est composé de plusieurs éléments :

- le centre cardiovasculaire
- Les effecteurs et les voies motrices efférentes,
- Les récepteurs sensoriels et les voies sensibles afférentes

#### → Le centre cardiovasculaire : siège de la régulation :

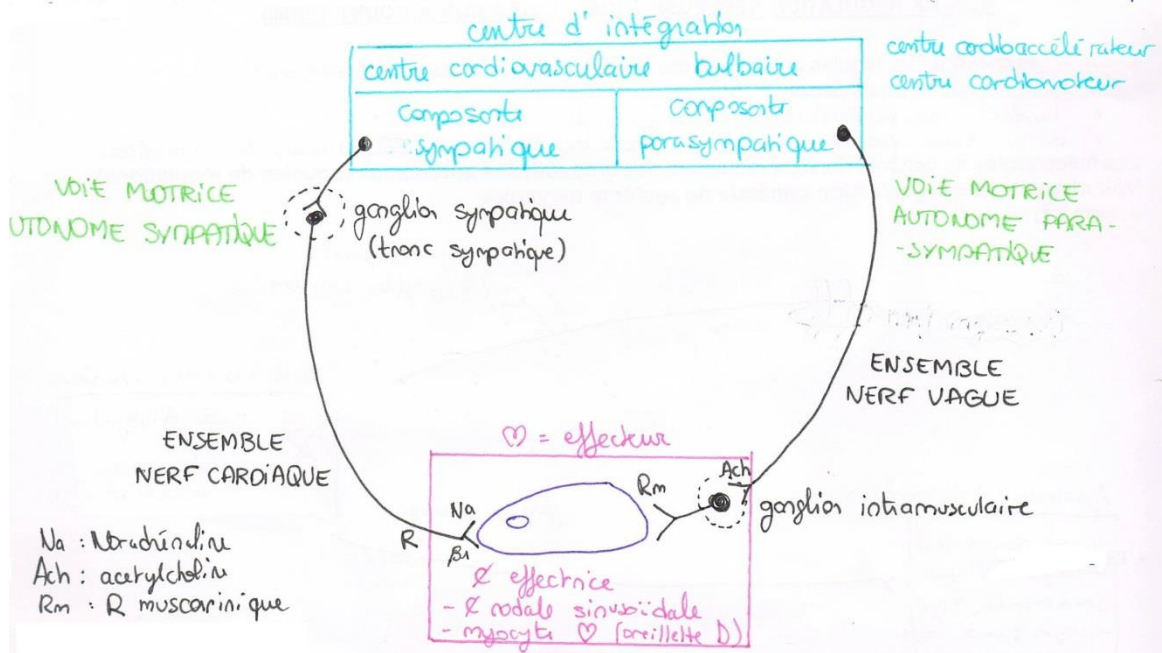
Le centre cardiovasculaire situé dans le bulbe rachidien est composé de différents groupes de neurones ayant une fonction particulière :

- **Le centre cardioaccélérateur** : il stimule l'activité du myocarde (↗ FC, ↗ force de contraction)
- **Le centre cardiomodérateur** : il inhibe l'activité (↘ FC, ↘ force de contraction)
- **Le centre vasomoteur** : il agit sur le myocarde lisse des artérioles et entraîne soit une vasoconstriction (↗ résistance périphérique) soit une vasodilatation des artérioles (↘ résistance périphérique).

→ Les effecteurs et les voies motrices efférentes :

**INNVERVATION DU CŒUR**

Le cœur reçoit une double innervation (par le système parasympathique et sympathique)

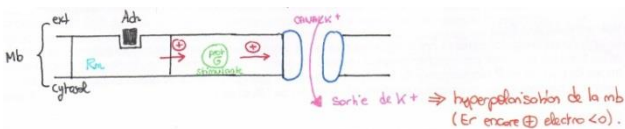


**Par les neurofibres parasympathiques cheminant dans les nerfs vagues**

Dans des conditions normales, les neurofibres parasympathiques exercent un effet permanent de maintien de la FC (à  $\approx 80$  bpm). Cet effet s'appelle le **tonus vagalcardiomodérateur**. Il freine la FC imposée par les cellules nodales sinuales.

**EFFET DE L'ACH**

L'ACH agit sur les T muscariniques couplés à une protéine G (métabotrope). La liaison ACH/R active la protéine G, ouvrant les canaux  $K^+$  → **hyperpolarisation**

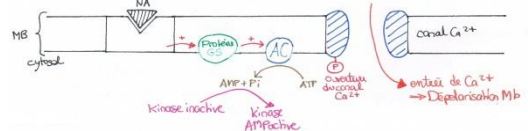


**Par les neurofibres sympathiques cheminant dans les nerfs cardiaques**

↑ Voir schémas ↑

**EFFET DE LA NA**

La NA agit sur les  $R\beta_1$  ce qui active la protéine G (qui est couplé aux  $R\beta_1$ ). La protéine G active l'adénylate cyclase qui produit un 2<sup>nd</sup> message, l'AMPc, qui se fixe et active une kinase qui phosphoryle un canal  $Ca^{2+}$ . Il s'ouvre et permet l'entrée des ions → **dépolarisation**

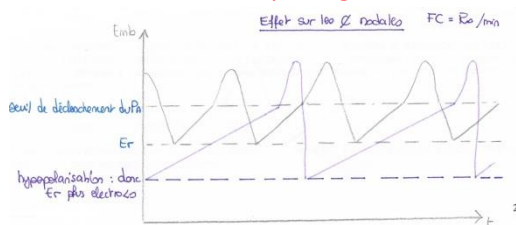


**Conséquences sur les cellules nodales sinuales**

Le potentiel pacemaker est plus **électronégatif**, et la dépolarisation lente est **plus longue** pour atteindre le potentiel de mb du déclenchement du PA.

→ La fréquence de contraction ↓

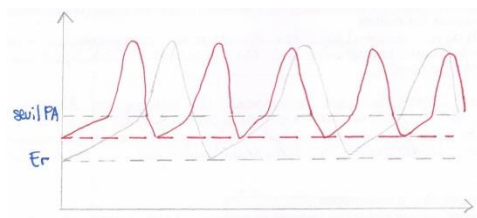
L'ACH a un effet **chronotrope négatif**.



Le potentiel pacemaker est plus **électropositif**, et la dépolarisation lente est **plus rapide** pour atteindre le potentiel de mb du déclenchement du PA.

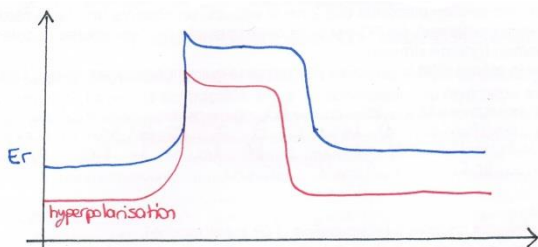
→ La force de contraction du myocarde ↑

La NA a un effet **chronotrope positif**.

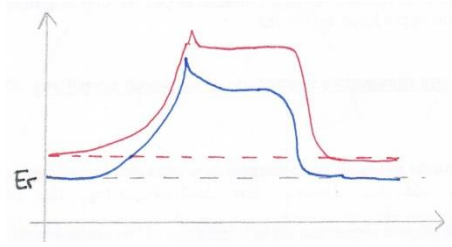


**Conséquences sur les myocytes cardiaques**

La force de contraction des oreillettes est **moins importante**. Le volume d'éjection systolique **diminue**. L'ACH a donc un effet **inotrope négatif**.



La force de contraction des oreillettes est **plus importante**. Le volume d'éjection systolique **augmente**. La NA a donc un effet **inotrope positif**.





## INNervation DES VAISSEaux

L'innervation du muscle lisse de la paroi des vaisseaux se fait par les neurofibres sympathiques qui cheminent dans les nerfs vasomoteurs.

Dans les conditions normales, les neurofibres sympathiques exercent un effet vasoconstricteur permanent sur les artérioles. Cet effet est appelé **tonus vasoconstricteur**.

Le centre nerveux émet donc en permanence des influx en direction de toutes les artérioles de l'organisme (notamment de la peau et des viscères abdominaux). Ces artérioles sont toujours en état de vasoconstriction ce qui établit **la résistance périphérique au repos**.

Effets de la NA

La NA agit sur 2 types de R métabotropes :

- **R $\alpha$ 1** : la fixation de la NA sur ces R permet d'établir le **tonus vasomoteur permanent**.
- **R $\beta$ 2** : la fixation de la NA sur ces R a pour conséquence la vasodilatation des vaisseaux.

Il y a toujours plus de R $\alpha$ 1 que de R $\beta$ 2 sur les myocytes lisses de la paroi des vaisseaux, sauf au niveau des vaisseaux des muscles squelettiques.

### → Les récepteurs sensoriels et les voies sensibles afférentes :

Les chimiorécepteurs	<p><b>LOCALISATION</b> : dans <b>la crosse de l'aorte</b> et les <b>glomus carotidiens</b> près des barorécepteurs.</p> <p><b>FONCTION</b> : détecte des variations de la teneur en <math>O_2</math> et <math>CO_2</math> du sang, et du PH sanguin.</p>		
Les barorécepteurs	<p><b>LOCALISATION</b> : dans le <b>sinus carotidien</b> (le nerf de Héring) et dans <b>la crosse de l'aorte</b> (le nerf de Cyon et Ludwig)</p> <p><b>FONCTION</b> : détecte le degré d'étirement de la paroi de ces vaisseaux élastiques = mécano-récepteurs.</p>		
	<b>Expérience 1</b>	<b>Expérience 2</b>	<b>Récapitulatif</b>
	<p>Les barorécepteurs ont une activité permanente dépendant des variations de la pression artérielle.</p>	<p>La fréquence des PA (fréquence de décharge) déclenchée par les barorécepteurs augmente quand le PA augmente et inversement.</p>	<p>Les barorécepteurs envoient vers le centre cardiovasculaire bulbaire, des influx nerveux sensitifs, dont <b>la fréquence varie en fonction de la PA</b>.</p> <p>L'intégration de ces influx dans <b>les centres vasomoteurs, cardioaccélérateurs et cardiomodérateurs</b> va permettre de <b>rétablir la PA</b> à son niveau de base.</p> <p>Les influx moteurs viscéraux passent par des voies motrices appartenant au système sympathique et parasympathique : <b>les nerfs vagues, cardiaques et vasomoteurs</b>.</p>

### ■ MISE EN JEU DE L'ARC REFLEXE AUTONOME DE REGULATION DE LA PRESSION ARTERIELLE :

	SI AUGMENTATION DE LA PRESSION ARTERIELLE	SI DIMINUTION DE LA PRESSION ARTERIELLE
<b>RECEPTEURS</b>	Barorécepteurs <b>stimulés</b> : <b>augmentation</b> de la fréquence des PA	Barorécepteurs <b>inhibés</b> : <b>diminution</b> de la fréquence des PA
<b>VOIES SENSITIVES</b>	Fréquence des influx <b>augmente</b> dans le nerf de cyon et ludwig et le nerf de Héring.	Fréquence des influx <b>diminue</b> dans le nerf de cyon et ludwig et le nerf de Héring.
<b>CENTRE NERVEUX</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Stimulation</b> du centre cardiomodérateur</li> <li>- <b>Inhibition</b> du centre cardioaccélérateur</li> <li>- <b>Inhibition</b> du centre vasomoteur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Inhibition</b> du centre cardiomodérateur</li> <li>- <b>Stimulation</b> du centre cardioaccélérateur</li> <li>- <b>Stimulation</b> du centre vasomoteur</li> </ul>
<b>VOIES MOTRICES</b>	<p>La fréquence des influx :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>augmente</b> dans le nerf vague parasympathique</li> <li>- <b>diminue</b> dans le nerf cardiaque sympathique</li> <li>- <b>diminue</b> dans les nerfs vasomoteurs sympathiques</li> </ul> <p>Donc <b>augmentation</b> de l'activité parasympathique et <b>diminution</b> de l'activité sympathique.</p>	<p>La fréquence des influx :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>diminue</b> dans le nerf vague parasympathique</li> <li>- <b>augmente</b> dans le nerf cardiaque sympathique</li> <li>- <b>augmente</b> dans les nerfs vasomoteurs sympathiques</li> </ul> <p>Donc <b>diminution</b> de l'activité parasympathique et <b>augmentation</b> de l'activité sympathique.</p>
<b>REPONSE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Diminution</b> de la fréquence cardiaque et de la force de contraction du myocarde.</li> <li>Donc <b>diminution</b> du débit cardiaque</li> <li>- <b>Vasodilatation</b> des artérioles</li> <li>Donc <b>diminution</b> de la résistance périphérique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Augmentation</b> de la fréquence cardiaque et de la force de contraction du myocarde.</li> <li>Donc <b>augmentation</b> du débit cardiaque</li> <li>- <b>Vasoconstriction</b> des artérioles</li> <li>Donc <b>augmentation</b> de la résistance périphérique</li> </ul>
<b>CORRECTION</b>	<b>DIMINUTION DE LA PRESSION ARTERIELLE</b>	<b>AUGMENTATION DE LA PRESSION ARTERIELLE</b>

■ **INFLUENCE DES CENTRES CEREBRAUX SUPERIEURS :**

Les réflexes qui régissent la pression artérielle sont intégrés dans le bulbe rachidien et les centres supérieurs n'interviennent par de façon courante dans le régulation.

Mais ils peuvent tout de même avoir une influence :

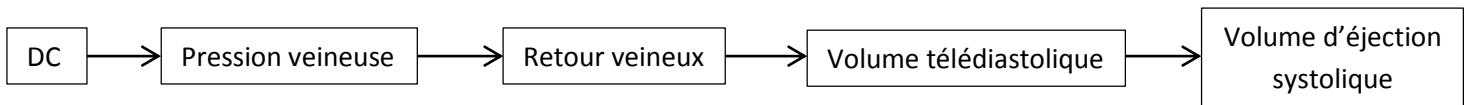
- **Le système limbique** : agit sur le centre cardiovasculaire au tout début d'un effort physique pour augmenter la fréquence cardiaque
- **L'hypothalamus** : détecte durant l'effort une augmentation de t° corporelle et agit sur le centre cardiovasculaire pour entrainer la vasodilatation des vaisseaux cutanés.

**3) LA REGULATION HORMONALE : UNE REGULATION A PLUS LONG TERME :**

■ **LES PARAMETRES REGULES :**

On parle de régulation à long terme car ce système de régulation est **plus long à agir** et ses effets sont **plus durables**.

Les paramètres pouvant être régulés afin de maintenir la PA sont : **le DC et la résistance périphérique**.

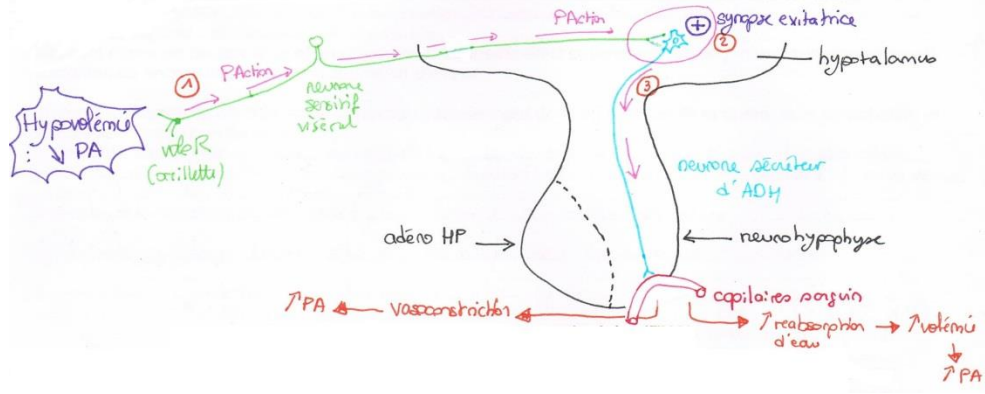


<b>Cas d'hypervolémie</b>	La grande quantité de liquide dans les vaisseaux provoque une augmentation de la PA. Les reins sont alors mis en jeu pour éliminer plus de liquide sous forme d'urine afin de diminuer la volémie et donc le PA.
<b>Cas d'hypovolémie</b>	<p>Ce sont aussi des mécanismes rénaux qui vont augmenter la volémie en augmentant la réabsorption d'eau et de sel et ainsi on aura une augmentation du PA.</p>

Lors de cette régulation à long terme, ce sont principalement des hormones qui agissent pour rétablir la PA.

■ **LES HORMONES MIS EN JEU :**

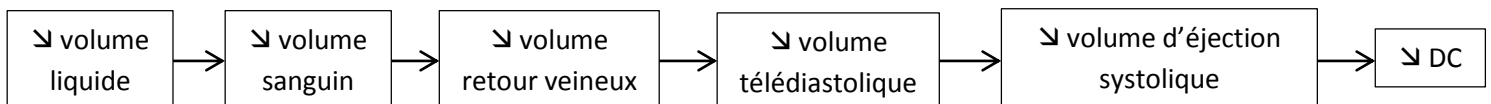
<b>Les hormones de la médullosurrénale</b>	<p>En période de stress ou d'effort physique, sous l'influence du SN sympathique, la médullosurrénale sécrète dans le sang, de <b>la NA et de l'adrénaline</b>. Ces hormones intensifient la réaction de fuite ou de lutte :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>augmentation du DC</b> par effet chromotrope et inotrope positif.</li> <li>- <b>vasoconstriction</b> généralisée (sauf là où il y a vasodilatation)</li> <li>- <b>vasodilatation</b> (artérioles des muscles squelettiques, du myocarde et de l'appareil respiratoire)</li> </ul>
<b>Le système rénine-angiotensine-aldostérone</b>	<p><b>Les substances mises en jeu et leurs effets</b></p>
	<p><b>La boucle de régulation</b></p>

<p><b>L'hormone antidiurétique ou vasopressine (ADH)</b></p>	<p>L'ADH est sécrétée par les neurones de la neurohypophyse suite à l'activation de mécanorécepteurs (voloR), situés dans la paroi des oreillettes. L'ADH favorise la réabsorption rénale d'eau.</p> <p><u>En cas d'hypovolémie</u> : les voloR détectent cette modification et sont le point de départ d'une boucle de régulation qui va conduire à l'activation de la sécrétion d'ADH par la neurohypophyse.</p> 
<p><b>Le facteur natriurétique auriculaire (FNA)</b></p>	<p>C'est une hormone peptidique sécrétée par des cellules de l'oreillette droite sous l'influence d'une distension de l'oreillette à cause d'une augmentation de la pression artérielle.</p> <p>Le FNA agit de deux façons :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il stimule l'excrétion rénale du sodium et de l'eau, il provoque donc la diminution de la volémie.</li> <li>- il produit une vasodilatation généralisée donc une diminution de la résistance périphérique.</li> </ul> <p>➔ Ainsi : diminution de la pression artérielle.</p>

**REGULATION HORMONALE DE LA PRESSION ARTERIELLE LORS D'UN CHOC HYPOVOLEMIQUE :**

**CHOC HYPOVOLEMIQUE** = défaillance du système cardiovasculaire qui ne fournit pas suffisamment de dioxygène et de nutriments aux cellules en rapport avec leurs besoins métaboliques.

CAUSES POSSIBLES : hémorragie interne ou externe, perte de liquide résultant d'une sudation excessive (diarrhées, vomissements, diabète non traité, ou apport insuffisant de liquide).



Afin de rétablir le DC et la PA, les mécanismes compensateurs sont mis en jeu : d'abord les mécanismes de régulation nerveuse, puis les mécanismes de régulation hormonale : **CF CHAPITRE 20**