

## Mécanismes de Régulation de la pression artérielle

### I-Introduction :

Le rôle principal de la circulation artérielle est de distribuer à chaque organe un débit sanguin adapté à ses besoins métaboliques.

La pression artérielle est une réserve énergétique entretenue dans le système artériel par la contraction cardiaque.

La PA varie normalement au cours du nyctémère et varie de façon ponctuelle selon l'activité physique, les émotions, le stress

=> Intérêt de la Régulation de la pression artérielle+++ :

pour maintenir une pression artérielle dans les limites de la normale et donc d'éviter les risques liée à l'augmentation ou la diminution de celle-ci.

### II-Rappel sur le système cardiovasculaire :

Les vaisseaux sanguins sont constitués de trois tuniques morphologiquement distinctes, de l'intérieur vers l'extérieur du vaisseau : l'intima, la média et l'adventice

la couche int de tous les vaisseaux est endothélium (qui secrète plusieurs médiateurs paracrine et endocrine et jouent un rôle importants dans la régulation de la PA)

Artères : fonction de conductance et de distensibilité :

La paroi de l'aorte et des grosses artères est à la fois résistante et élastique , elle comporte une couche épaisse de muscle lisse et un abondant tissu conjonctif fibreux et élastique

Arterioles : fonction de Résistance :

Elles sont le siège d'une forte résistance à l'écoulement du sang

Au fur et à mesure de la ramification des artères en branches de plus en plus petites, la structure de la paroi change devenant moins élastique et plus riche en muscle lisse

Elles se contracte ou se relâche sous diverses influences ( métabolique et myogène).

Capillaires: fonction d'échange :

Les capillaires: Les plus petits vaisseaux de l'organisme, parois très fines et perméables.

Permettant les échanges gazeux et nutritif de tous les organes du corps.

Réseau extrêmement complexe et dense, (environ 150 000 Km de surface d'échange plus ou moins utilisé par l'organisme en fonction de son activité),

Veines: fonction de capacitance :

Il ya plus de veines que d'artères et leur diamètre et plus important de sorte quelles contiennent environ 50% du sang présent dans la circulation au repos

La paroi des veines est plus fine que celle des artères et contient moins de fibres élastique c'est pour cela qu'elles se laissent distendre quand elle se remplissent du sang

elles possèdent des valves anti-reflux qui permettent au sang de ne circuler que dans un seul sens : des organes vers le cœur.

### III-Généralités

#### **Définition de la pression artérielle :**

La pression artérielle (PA) est une force exercée sur les parois artérielles par le sang éjecté du cœur. Ceci développe une tension qui s'exerce sur les parois de ces artères.

Cette pression n'est pas constante au cours du cycle cardiaque

**Elle dépend du :** rythme cardiaque, de la force de contraction cardiaque, ainsi que des résistances qui s'opposent à l'écoulement du sang.

La PA est souvent mesurée en centimètre de mercure (cmHg) voire en millimètre de mercure (mmHg).

La PA: grandeur hémodynamique a 2 valeurs:

Maximale : systolique =PAS : La pression qui règne dans l'aorte durant la phase d'éjection jusqu'à une valeur maximale

Minimale : diastolique =PAD : Correspond à la pression qui règne dans les vaisseaux durant la diastole et la phase de mise en tension (valve aortique fermée) jusqu'à une valeur minimale. La Pression s'exprime donc par deux chiffres.

Valeur moyenne = 120 / 80 mm Hg = pression dans l'artère du bras

La Pression diminue en s'éloignant du cœur

#### **IV-Les différentes types de pressions :**

**La pression différentielle** ou la pression pulsée qui reflète l'importance de l'onde de pression  
**PD = PAS – PAD**

Elle est en fonction du VES et de la compliance des artères, c'est-à-dire de la capacité d'une artère d'être étiré.

L'interprétation de la pression pulsée est un moyen de reconnaître **le vieillissement artériel**, facteur reconnu de maladies cardio-vasculaire.

Chez les sujets âgés, la pression pulsée est un facteur prédictif de **Syndrome Coronaire Aigue , Insuffisance Cardiaque et Accident Vasculaire Cerebrale**

**La Pression moyenne :** La PA moyenne efficace ou pression motrice représente la pression moyenne assurée par chaque pulsation cardiaque, elle est la seule pression **constamment autorégulée**.

Sa valeur chez le jeune adulte sain :

**PAM = (PS + 2 PD) / 3 = 96 à 100 mm Hg**

Elle représente la valeur de la pression constante nécessaire pour assurer un débit sanguin normal dans le système circulatoire de ce fait tous le mécanisme de régulation ont pour but de maintenir une valeur constante de la PA moyenne qui permet d'avoir un débit sanguin tissulaire constant.

#### **V-Mesure de la PA**

**Technique :** Directe : cathétérisme

Indirecte : Brassard (auto mesure, MAPA)

**Directe : cathétérisme** C'est une **méthode invasive** avec un cathéter qui est placé dans la lumière artérielle. Un capteur de pression permet d'enregistrer la pression en continu.

**Méthode indirect :** **Mesure de la pression artérielle manuelle :** C'est une méthode **non invasive** par sphygmomanométrie.

Elle permet de mesure la PAS et la PAD au niveau d'une artère périphérique (ex : artère humérale).

On mesure la pression artérielle au niveau de l'artère humérale à l'aide d'un tensiomètre = sphygmomanomètre et d'un stéthoscope.

Un brassard est placé autour du bras, au-dessus du coude.

Il est relié à une pompe qui permet de régler la pression en gonflant ou en dégonflant le brassard et d'un manomètre qui indique la pression.

Pour commencer le brassard est gonflé à une pression supérieure à la pression artérielle maximale.

L'artère est comprimée et le sang ne passe plus.

On décomprime ensuite l'artère progressivement, en dégonflant le brassard.

Lorsque le sang commence à passer, l'écoulement est **turbulent** et donc bruyant.

**Le premier bruit perçu (=bruit de Korotkoff) correspond à la pression maximale ou pression systolique.**

On continue à décompresser l'artère jusqu'à un écoulement **laminaire** et silencieux du sang.

**La disparition du dernier bruit correspond à la pression minimale ou diastolique.**

#### **Conditions de mesure :**

Le brassard doit être adapté à la taille du bras (la poche gonflable doit couvrir au moins 2/3 de la circonférence du bras).

Le patient doit être installé confortablement, assis ou couché, les jambes non croisées.

Le bras doit être relâché, l'avant-bras soutenu.

Repos au moins 10 minutes.

**La MAPA,** mesure ambulatoire de la pression artérielle, permet d'obtenir un profil de la tension au cours de 24 heures.

Le dispositif est simple et est installé dans le cabinet du médecin. Un brassard relié à un petit appareil enregistreur attaché à la ceinture est installé le matin. Le patient retire l'appareil le lendemain. L'appareil prend la pression artérielle toutes les 15 minutes en moyenne dans la journée et toutes les 30 minutes pendant la nuit

Valeur selon OMS

**Pression artérielle systolique** < 140 mm Hg

**Pression artérielle diastolique** ≤ 85 mm Hg

**Pression artérielle moyenne** = 100 mm Hg

Selon l'Age et le sexe:

- ❖ La pression artérielle s'élève avec l'âge:
  - Sujets âgés les artères sont plus rigides: augmentation de la pression artérielle différentielle .
- ❖ Chez la femme, les valeurs sont discrètement inférieures par rapport à l'homme.

## VI-Les déterminants de la PA

Le débit cardiaque (Qc) et les résistances périphériques (RP) sont les principaux déterminants de la PA.

$$PA \text{ (moyenne)} = Qc \times RP$$

$$Qc = Fc \times VES$$

### ***BASES PHYSIQUES :***

La différence de pression  $\Delta P$  entre 2 points espacés d'une distance L dans un cylindre rectiligne de rayon r est proportionnelle au débit :  $\Delta P = R \cdot Q$

La loi de POISEUILLE

- Si le diamètre divise de moitié : R augmentée de 16 fois

## V-Mécanismes de régulation de la PA

La pression artérielle au repos est l'une des grandeurs hémodynamiques les plus stables, elle est constamment régulée par les mécanismes efficaces qui interfèrent entre eux et en déterminent sa valeurs définitive

### **1)Autoregulation de base**

Dépend des conditions locales indépendamment du système nerveux autonome.

- L'élément régulé est le flux sanguin d'un organe ou d'un tissu,
- Cela se fait lorsque certains tissus ont la faculté de conserver un flux constant malgré de large variation de perfusion : elle est expliquée par deux théorie :

A) Myogénique : variation du calibre des artérioles en fonction de la PA de façon à maintenir un débit constant

↗ de la PA étire les fibres ML artériolaires induisant leur contraction et inversement.

Efficace pour une PAS entre 80 et 160 mmHg.

B) Métabolique : contrôle local par des substances chimiques

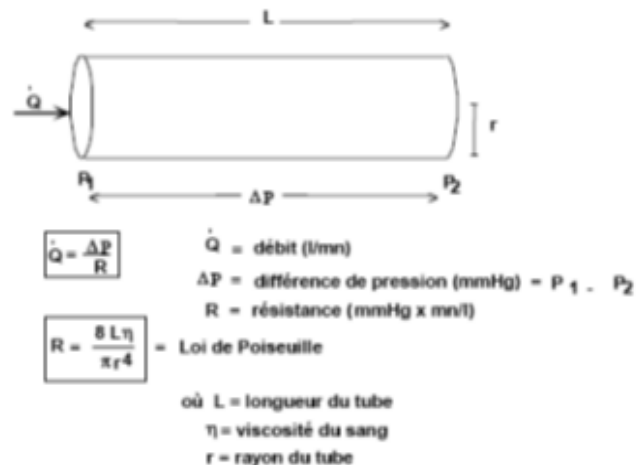
un apport métabolique insuffisant (anoxie , hypercapnie, de↘ pH ) → Vasodilatation locale afin d'améliorer l'apport nutritif.

Un débit sanguin excessif → Vasoconstriction locale

Cette régulation présente des défauts et des limites :

- Absence de coordination
- Aveugle et dangereuse

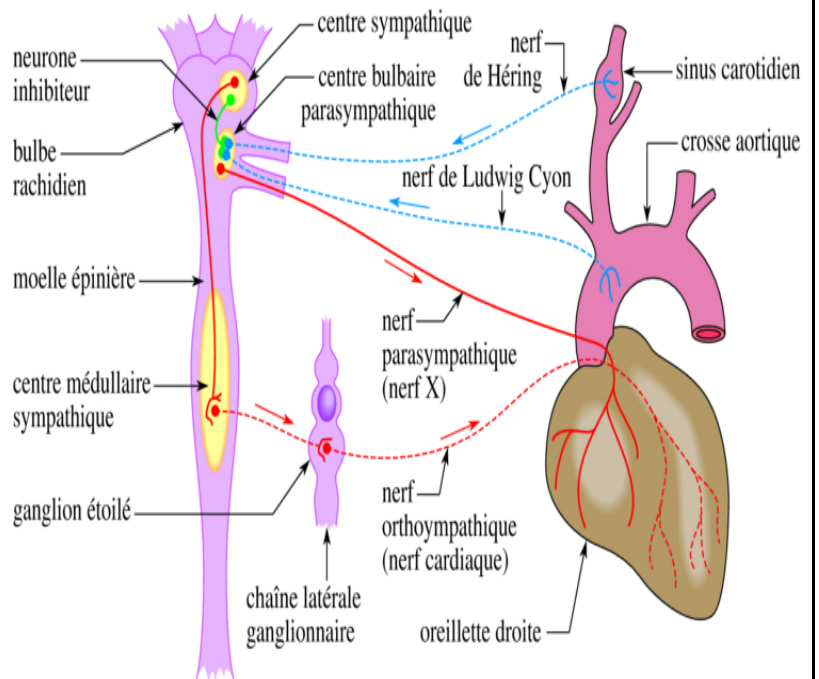
Exemple : Hémorragie + vasodilatation ⇒ ↘ PA



## 1) Régulation à court terme

### A) Les barorécepteurs ou Mécanorécepteurs :

- Terminaisons nerveuses localisées au niveau de la crosse de l'aorte et du sinus carotidien.
- Ce sont des tensorécepteurs ou mécanorécepteurs stimulés par une distension de la paroi vasculaire et par la pulsatilité du flux au niveau du récepteur.
- Activité permanente, adressant des influx nerveux modérateurs ou dépresseurs vers les centres de commandes .
- Les Barorécepteurs sont **saturables** et **adaptables**.
- Agissent pour des valeurs de PA entre **50 et 180 mm Hg** :



Entre ces deux limites ces récepteurs

sont sensibles à toute variation même minime de la PA, en revanche le réflexe n'agit pas à long terme en cas d'HTA permanente, les récepteurs s'adaptent en quelques jours au niveau des PA auxquels ils sont soumis et d'autres mécanismes interviennent .

Principal acteur : le système nerveux autonome (sympathique et parasympathique).

Son action s'exerce préférentiellement par le biais du baroréflexe dont les deux composantes, artérielle et cardiaque, agissent pour tamponner les fluctuations de la pression artérielle avec une cinétique extrêmement courte (**quelques secondes**).

#### Description du baroréflexe cardiaque-boucle de régulation à trois niveaux :

Récepteurs : barorécepteurs

les nerfs afférents sont les nerfs cyon(vague) et les nerfs de Hering,

Centre cardiovasculaire bulbaire,

Les efférences sont de deux types : sympathique et parasympathique.

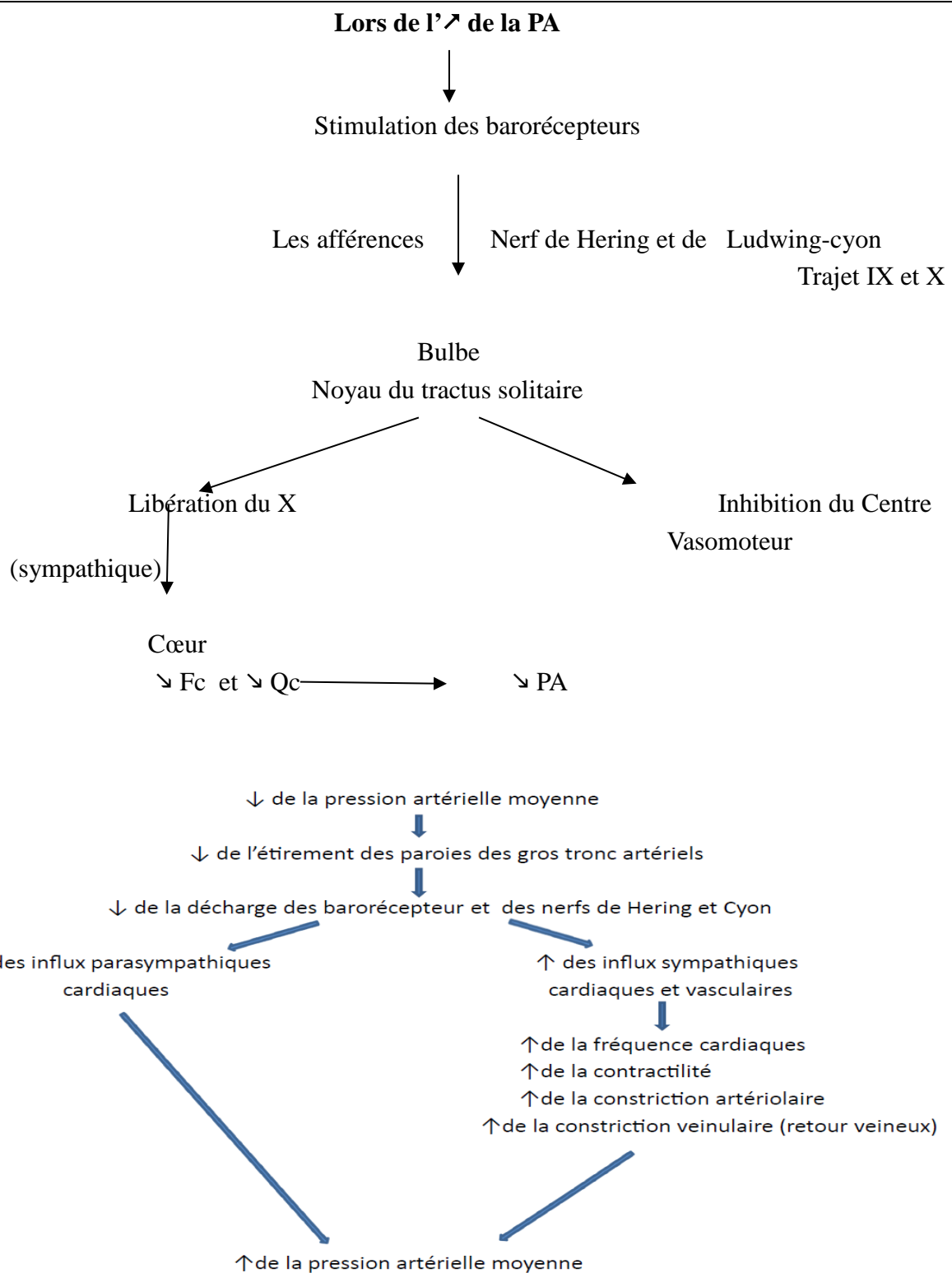
Elles ont également deux destinations distinctes : le cœur, c'est le baroréflexe cardiaque et les vaisseaux, c'est le baroréflexe artériel.

Les fibres à destinée cardiaque sont de type mixte sympathique et parasympathique, alors que les fibres à destinée vasculaire sont exclusivement sympathiques.

Effets du baroréflexe cardiaque

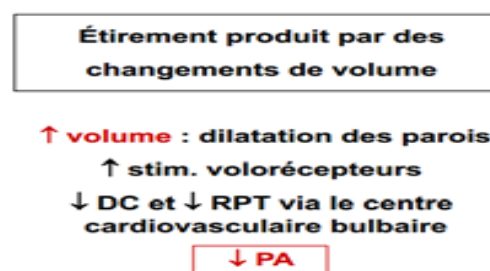
Au niveau du tissu cardiaque, modulation de la fréquence cardiaque et de la contractilité.

Au niveau vasculaire, ce système sera responsable de la modulation des résistances périphériques : diminution du tonus sympathique et vasodilatation en cas d'élévation de la PA et inversement élévation du tonus sympathique et vasoconstriction en cas de baisse tensionnelle. Lorsque la pression augmente, les barorécepteurs sont stimulés et envoient des influx au centre cardio-vasculaire. Si la pression diminue, l'activité des barorécepteurs diminue.



### B) Les volorécepteurs :

Récepteurs sensibles à une variation de volume sanguin situés dans les parois du système à basse pression (oreillettes et circulation pul). Ces récepteurs sont sensibles à la déformation de la paroi dans lesquels ils se trouvent. Leur emplacement dans des parois très compliantes les rendent extrêmement sensibles à toute variation de volume. Stimulés par une distension de la paroi (augmentation de volume sang), ils informent le



SNC par des afférences empruntant le nerf vague et initient un réflexe dans lequel l'activité sympathique est réduite.  
 En conséquence, la pression artérielle diminue par diminution des effets inotrope et chronotrope positifs du sympathique sur le cœur et par réduction du niveau de contraction des muscles lisses vasculaires  
 Ces volorécepteurs interviennent dans la régulation de la PA à moyen terme et à long terme en stimulant la sécrétion de l'hormone Antidiurétique ADH et du peptide auriculaire natriurétique ANP.

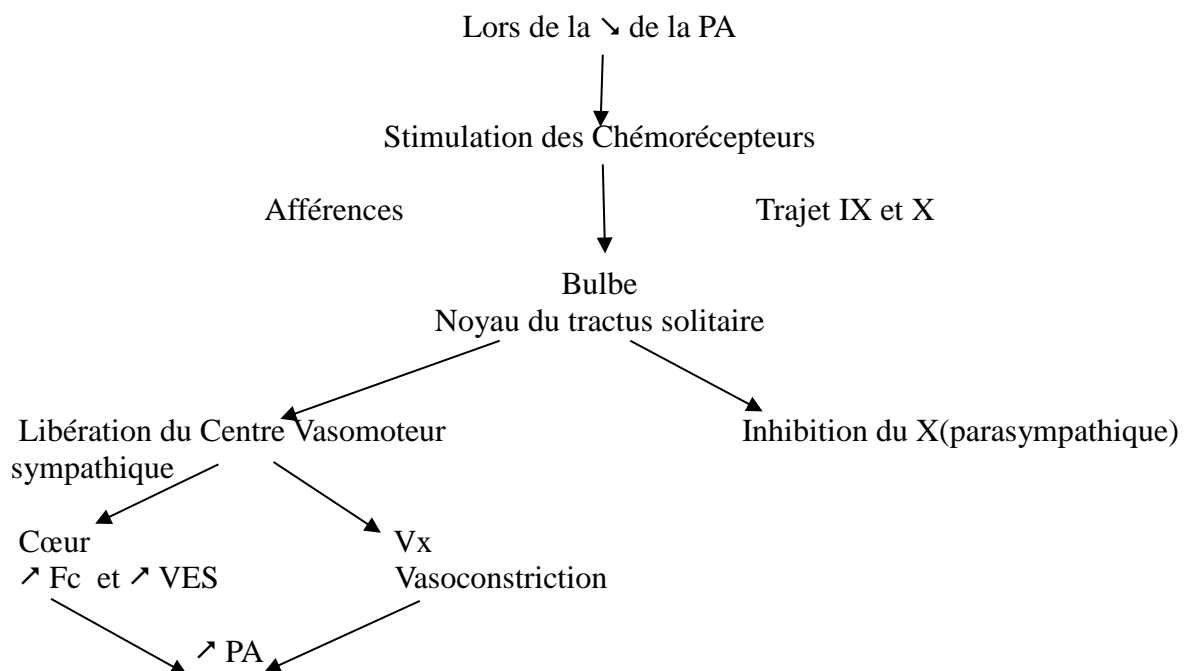
### C) Régulation nerveuse par chémorécepteurs périphériques :

Corpuscule carotidien, Crosse de l'aorte.

C'est un amas de cellule situé au niveau de la crosse de l'aorte et du sinus carotidien sensibles aux variations de la concentration en O<sub>2</sub>, en CO<sub>2</sub> et au pH (hypercapnie, hypoxie, acidose)

=> Role principal :régulation de la ventilation.

-s'activent indirectement: PA entre 40 et 80 mmHg=> Augmente la PA par vasoconstriction



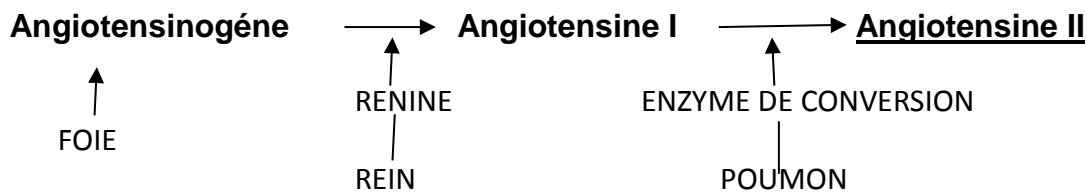
### 3) Les mécanismes d'action à moyen terme :

#### A) système Rénine Angiotensine(SRA) :

On désigne sous le terme de SRA l'ensemble des enzymes et substrats qui par des réactions de dégradation enzymatique en cascade contribuent à la formation d'une hormone peptidique physiologiquement active ; c'est l'angiotensine II ; ceci à partir d'un précurseur l'angiotensinogène

L'appareil juxta-glomérulaire (des cellules endocrines situées dans les reins) sécrète la rénine sous l'influence des variations de pression régnant dans l'artériole afférente.

L'hypovolémie provoque la sécrétion de rénine qui transforme l'angiotensinogène ( $\alpha 2$  globuline fabriqué par le foie) en angiotensine I, transformée en angiotensine II sous l'effet d'une enzyme de conversion. L'angiotensine II est un puissant agent hypertensif direct par une vasoconstriction intense et indirect en stimulant la sécrétion de l'aldostérone. Par ces actions, la pression remonte, l'appareil juxta-glomérulaire n'est plus stimulé et la sécrétion de rénine diminue : c'est le feed-back négatif.



**L' Angiotensine II** : est le plus puissant vasoconstricteur de l'organisme, ces propriétés pharmacologiques sont les suivantes :

- Vasoconstriction
- Stimule la sécrétion d'aldostérone
- Stimule la sécrétion de catécholamines
- Stimule la sécrétion d'ADH
- Sympathicotonique central
- Inhibe la sécrétion de la rénine.

#### B) Catécholamines :

Les catécholamines sont des composés organiques synthétisés à partir de la tyrosine et jouant le rôle d'hormone ou de neurotransmetteur.

Les catécholamines les plus courantes sont l'adrénaline et la noradrénaline.

Elles sont synthétisées par les cellules de la médullosurrénale.

Ces hormones agissent en quelques minutes et provoquent une vasoconstriction et une augmentation de la fréquence et de la contractilité cardiaques.

Durée d'action 10 fois plus longue que celle des nerfs sympathiques

### 4) Régulation à long terme ou hormonal

**Aldostérone** : Hormone Minéralo-corticoïde sécrétée par les glandes corticosurrénales Stimulée par l'angiotensine II

Stimule l'augmentation de la réabsorption tubulaire distale du sodium.

Exerce une action indirecte sur l'eau réabsorbée en potentialisant l'action de l'ADH .

#### **ADH ou hormone anti diurétique**

Synthétisée au niveau des noyaux supra-optiques et para-ventriculaire de l'hypothalamus.

Deux types de récepteurs V1 et V2 appelés volorécepteurs.

- Récepteurs **V1** : localisés au niveau des fibres musculaires vasculaires, leur action consiste en une vasoconstriction.

- Récepteurs **V2** : localisés au niveau du rein, il augmente :

- 1) La perméabilité à l'eau au niveau du canal collecteur
- 2) La réabsorption du Na cl au niveau de la branche ascendante de l'anse de Henlé
- 3) La vasoconstriction de l'artériole afférente au niveau du glomérule.



## ANF ou Facteur atrial natriurique

Secrété par les myocytes de L'OD

Récepteurs de l'ANF identifiés au niveau du rein, des vaisseaux, du cerveau et du poumon.

La sécrétion de l'ANF est stimulée par :

- La distension auriculaire
- L'augmentation de la concentration de la noradrénaline
- L'angiotensine II
- L'ADH
- L'endothéline
- L'exercice musculaire.

### **Action sur le système Cardio-vasculaire :**

. L'action de l'ANF s'oppose à l'action de la noradrénaline , de la Dopamine , de l'ADH et de l'Angiotensine II

-L'ANF est **vasodilatateur**.

- Diminution de la réabsorption de sodium

### **Action sur le REIN : L'ANF √**

. L'activité de la Rénine

. L'action de l'Aldostérone

. La sécrétion d'ADH  $\Rightarrow$  √ de la Volémie

## Endothélium et Contrôle de la vasomotricité:

indépendamment de l'activité nerveuse sur les CMLV (cellules musculaires lisses vasculaire)

l'activité de l'endothélium permet une Vasodilatation ou Vasoconstriction:

soit par transformation des molécules circulantes:

- ✓ Angiotensine I en angiotensine II  $\rightarrow$  VC
- ✓ inactivation de la bradykinine vasodilatatrice (VD)  $\rightarrow$  VC
- ✓ soit par synthèse de substances vasoactives, agissant sur les CML

molécules Vasodilatateurs:

- 1) Prostacycline
- 2) monoxyde d'azote NO (  $\frac{1}{2}$  vie brève qq seconde )
- 3) radicaux libres (faible concentration)

molécules Vasoconstricteurs :

- 1) Endothéline
- 2) radicaux libres (forte concentration ).
- 3)

## **VI-Intervention chronologique des différents systèmes de régulation :**

1/mécanisme à courte terme:

Ils se mettent en route dès les premières secondes, ces systèmes jouent un rôle important de prévention de grande modification de la PA qui peut apparaître d'une seconde à l'autre

Ex: orthostatisme, entraînement,,,

2/mécanismes à moyen terme :

Ils se mettent en route en quelque minute ou en quelques heures

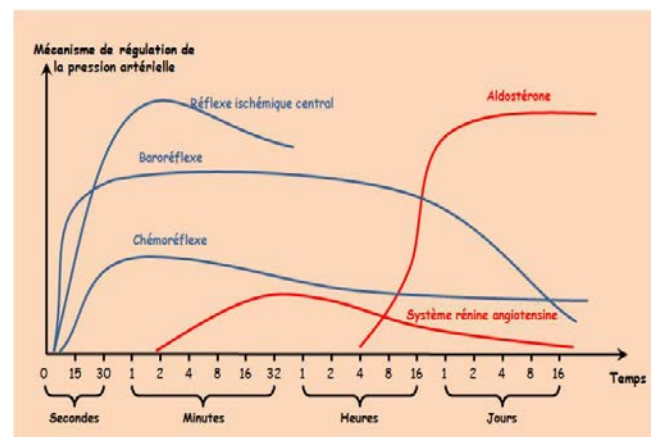
Vasoconstriction imposé par le SRA

3/mécanismes à long terme :

Ils sont mis en jeu quelques heures à quelques jours

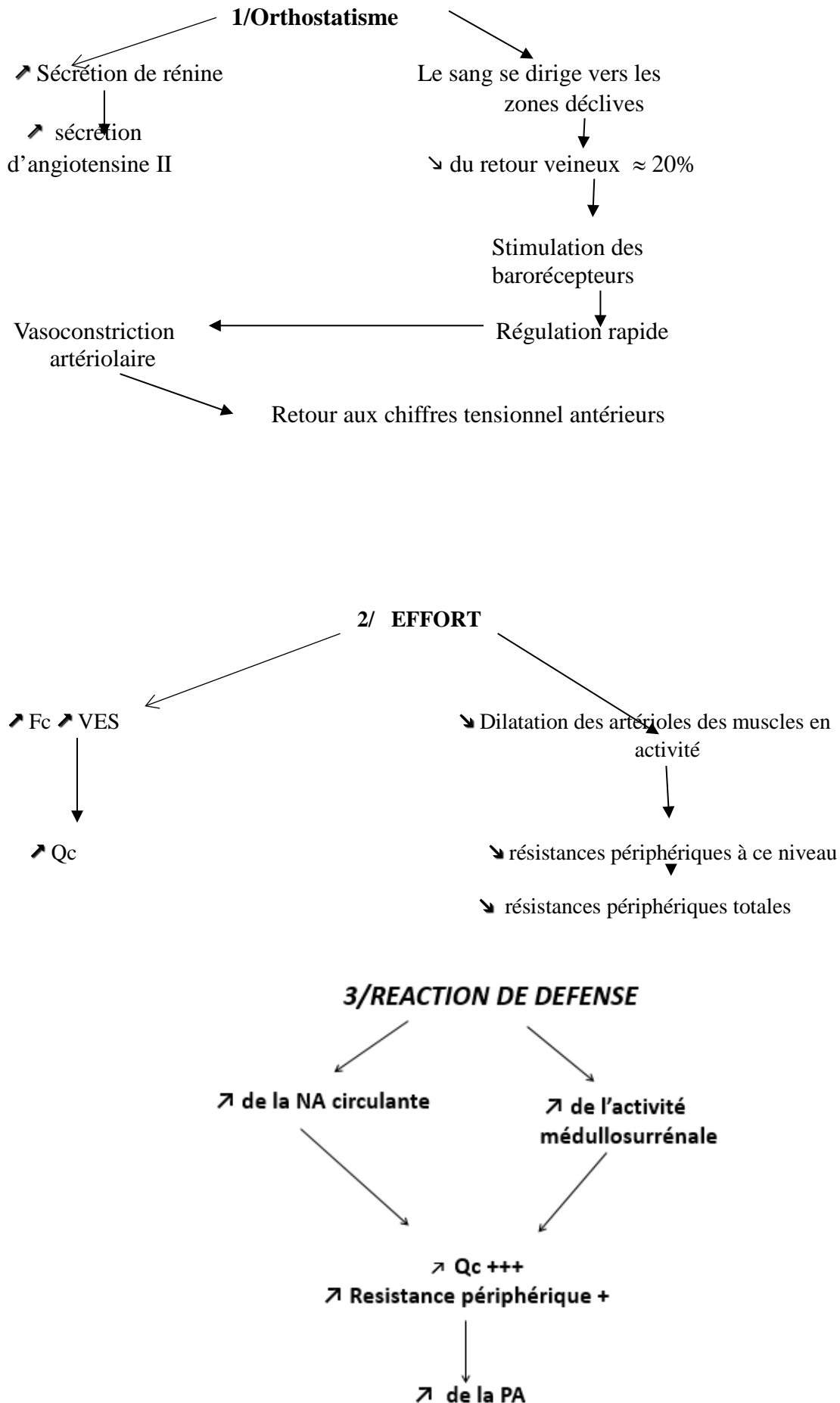
Le système reins liquides biologique ainsi le système de contrôle de l'aldostérone agit conjointement de sorte qu'ils sont en réalité 2 parties d'un même système

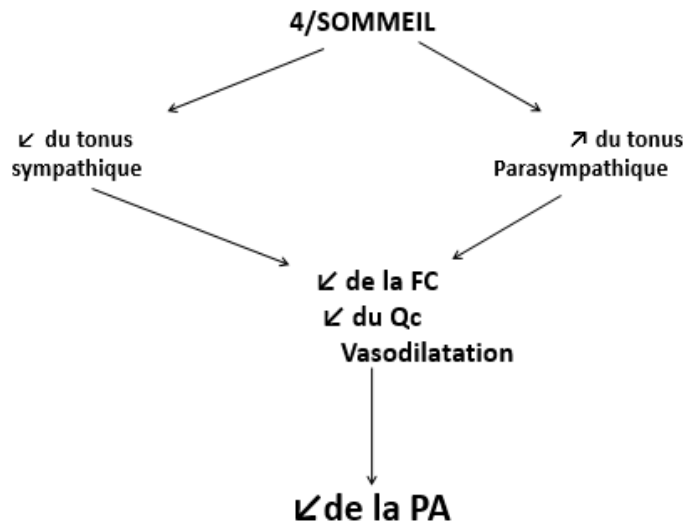
Ce système est lent à agir et son efficacité maximale est atteinte au bout de quelques heures ou quelques jours.





## VII-Adaptation de la PA dans les différentes situations physiologiques :





### **Conclusion :**

La PAM doit être maintenue à une valeur moyenne voisine de 100 mmHg afin d'assurer une circulation sanguine efficace et donc des apports suffisants en O<sub>2</sub> et en nutriments aux différents tissu

Ceci explique l'importance de sa régulation qui est essentiellement nerveuse et dépendante de SNA mais aussi hormonal

Mécanismes interdépendants caractérisés par des vitesses différentes

La connaissance de la régulation de la PA a de nombreuses applications physiopathologiques et thérapeutiques.