

Régulation de la pression artérielle systémique et hypertension artérielle

Coucou voici la fiche complète et A JOUR ! J'ai découpé le cours en 3 parties la première étant Régulation de la pression artérielle systémique, puis viendra hypertension artérielle et une fiche avec des QCM en feat avec Opiacédric !

Il y a eu pas mal de changement cette année mais rien d'insurmontable, les rajouts sont soulignés ou encadré en rose pour que vous ne puissiez pas les rater.

PA : Pression artérielle

HTA : hypertension artérielle

OG /OD : oreillette gauche / droite

PAM : pression artérielle moyenne

ADH : d'hormone anti-diurétique

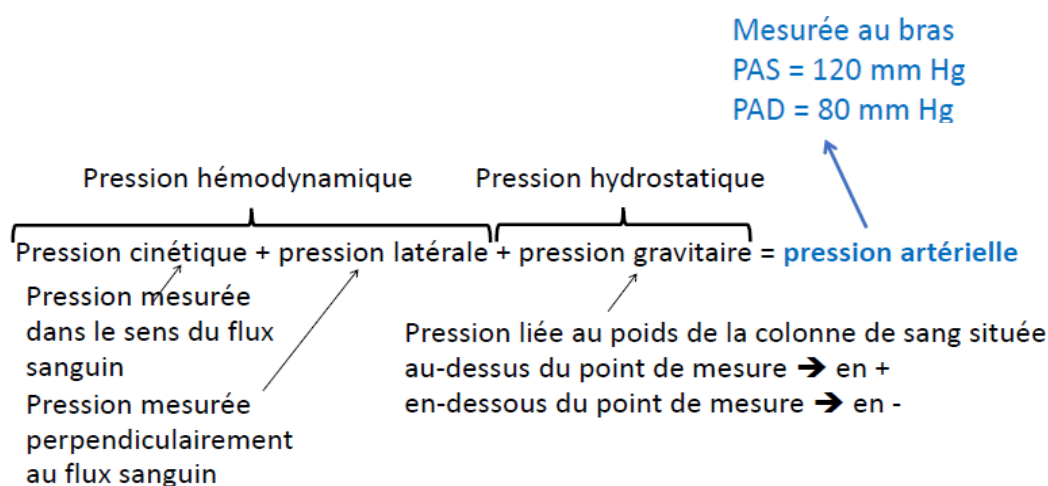
Partie I/ Régulation de la pression artérielle

I/ Généralités

1) Définition de la pression artérielle

La pression artérielle (PA) est définie comme étant :

- **PA = Pression cinétique + pression latérale + pression gravitaire**
- **PA = Pression hémodynamique + Pression hydrostatique**



On voit que pour calculer la PA on utilise la pression **hémodynamique** (qui est la force de notre contraction cardiaque = pression **cinétique + latérale**) et de la pression **hydrostatique** (qui dépend de la force **gravitaire** sur notre colonne de sang). Toutes ces pressions sont générées par le cœur **sauf la pression de gravité**.

La pression hydrostatique est la **pression sanguine +++**.

La pression hydrostatique c'est seulement la pression gravitaire exercée par la colonne de sang.

La pression gravitaire va s'ajouter à la pression mesurée avec la colonne de sang si l'on est au-**dessus** du point de mesure, mais elle va se soustraire si l'on est en **dessous** du point de mesure.

Pression Artérielle = Pression Hémodynamique → cinétique (mesurée dans le sens du flux sanguin) et latérale (perpendiculairement (⚠ *la biophys dit "parallèlement" apprenez les deux versions pour chaque matière*) + **Pression Hydrostatique** → gravitaire

(La pression hydrostatique détermine les échanges dans les capillaires.)

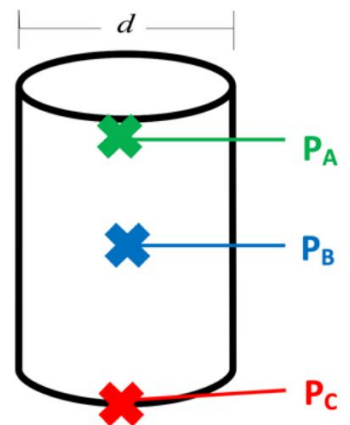
Petite explication bonus :

Lorsqu'on calcule la **pression gravitaire** (= ρgh pour les connaisseurs), on peut soit **additionner** les pressions situées **au-dessus** du point de mesure (les croix sur le schéma), soit prendre la pression la **plus forte** (= la plus en-bas étant donné que c'est là que la colonne de liquide est la plus lourde) et **soustraire** à cette valeur les pressions situées **en-dessous** du point de mesure (puisqu'elles ne sont pas prises en compte par le capteur).

Ici par exemple, $PC = PB + P(\text{entre B et C})$ ou encore $PB = PA + P(\text{entre A et B})$

De la même manière, on peut dire $PB = PC - P(\text{entre B et C})$

NB : $P(\text{entre B et C}) = PC - PB$ et $P(\text{entre A et B}) = PB - PA$



On définit aussi un terme qui s'appelle **PA moyenne** (PAM) qui vaut **1/3 de la PAS** (pression artérielle systolique) et **2/3 de la PAD** (pression artérielle diastolique).

C'est le reflet de la pression pulsatile sans l'oscillation entre la systole et la diastole.

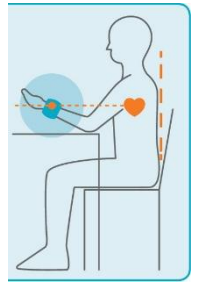
- $PAM = \frac{1}{3} PAS + \frac{2}{3} PAD$

→ Cette PAM est très utile car quand on considère la loi de Poiseuille on a besoin d'un ΔP et ça nous embête pour voir notre pression pulsée, la systole (120), la diastole (90-80) (*en gros ΔP c'est un gradient de pression et si on veut le calculer à partir des pressions systole et diastole c'est compliqué parce qu'il y a déjà un gradient = différence de pression entre ces 2 valeurs*).

Donc ça ne marche pas pour le calcul dans la loi de Poiseuille (on y reparle au 3)), c'est pour ça qu'on a créé la pression artérielle moyenne. Donc quand on va considérer la circulation dans son **ensemble**, comme on va le faire aujourd'hui, et bien c'est la pression artérielle moyenne que l'on utilise.

2) La mesure de la PA

Ce qui est important, c'est de voir que la pression **hydrostatique** va **s'ajouter ou se soustraire** à la pression **hémodynamique**. C'est pour ça que le professionnel de santé mesure la PA au bras (artère humérale), à la hauteur du cœur pour **éliminer** l'effet de la colonne de sang (*comme ça on n'a pas une colonne de sang supérieure ou inférieure à celle qui pèse sur le cœur à l'endroit de la mesure, car sinon cela pourrait fausser les résultats*). (C'est pour ça qu'on mesure sur le bras, en regard du cœur).



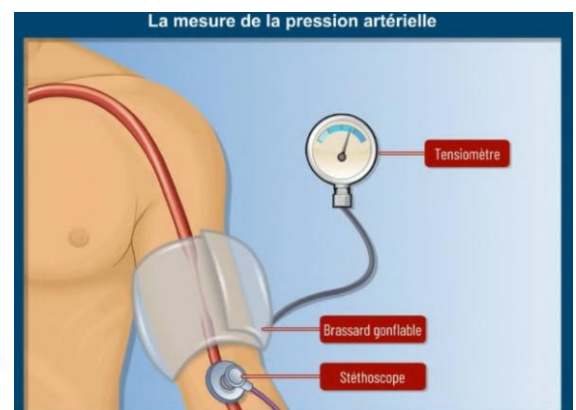
Exemple : Si vous mesurez au poignet, la pression sera majorée par rapport à celle au niveau du cœur dû à la hauteur de la colonne de sang qui diffère. Donc ce qu'on peut faire si on veut vraiment mesurer au poignet, on demande aux gens de plier le bras pour avoir le poignet à hauteur du cœur. Si on est allongé, peu importe où on la mesure (les valeurs de pression s'équilibrent puisque la hauteur est la même partout).

Mesure de la pression artérielle



A la hauteur du cœur pour éliminer l'effet de la colonne de sang

Mesure répétée en raison de sa variabilité → moyenne de plusieurs mesures
Mesure dépendant des conditions intérieures et extérieures → standardisation (après 5 minutes de repos, seul, sans occupation)



La **PA est extrêmement variable**, c'est **régulé**, ce qui permet de faire un effort musculaire, de nous concentrer etc.

En pratique clinique on gomme le ΔP en le substituant à la **PAM** car dans l'OD on a une pression très faible de quelques millimètres de mercure tandis que dans l'oreillette gauche on est à plus de 100mmHg, donc la différence n'est pas très significative.

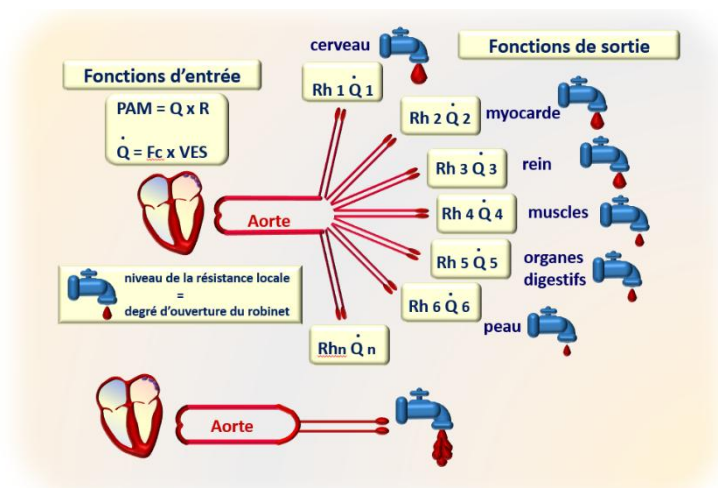
Quand on mesure la pression au brassard, on mesure le **ΔP de la loi de Poiseuille**.

Loi de Poiseuille : **$\Delta P = Q \times R$**

Avec $Q = F \times VES$

4) Artères et artérioles

- La fréquence cardiaque peut être mesurée en prenant le pouls, ou encore grâce aux appareils de mesure (échocardiographie)
- Le **R** de la loi de Poiseuille correspond à la **résistance appliquée par les artérioles**. C'est la partie qui précède les capillaires, avant l'entrée dans les tissus qui est douée de **vasomotricité** (car composante musculaire riche) et dont la plus ou moins grande **tension** de partie va entraîner des résistances plus ou moins fortes. La résistance est la plus importante dans les artérioles. Ainsi c'est à ce niveau la que les systèmes de régulation de la pression vont agir.



$$R = 8 \times \text{longueur du vaisseau} \times \text{viscosité du sang} / \pi \times \text{rayon vasculaire}^4.$$

On retrouve deux types de **régulation** (du système nerveux autonome) de la PA:

- **Le tonus sympathique**
- **Le tonus parasympathique**

Le tonus **sympathique** va agir sur la **vasodilatation**.

Le tonus sympathique est **opposé** au tonus parasympathique, sauf au niveau des artérioles où il n'y a pas de tonus parasympathique. Contrairement au cœur où on retrouve une **régulation vagale** (**parasympathique**) le frein vagal.

Le **frein vagal** (la régulation du **système nerveux parasympathique**) permet de **diminuer la fréquence cardiaque et la force de la pompe cardiaque**. C'est pour ça qu'on parle de frein ça vient freiner l'action du cœur ce qui baisse la PA).

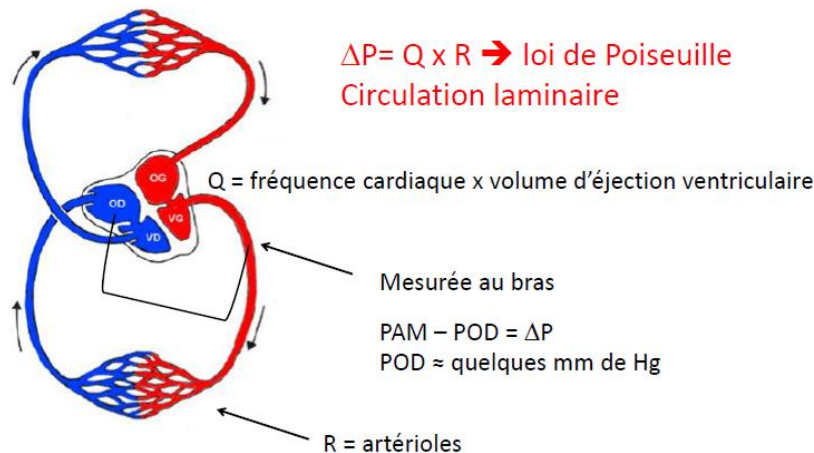
Si on résume :

- **Artériole** → **régulations uniquement (ortho)sympathique**
- **Cœur** → **régulation (ortho)sympathique et parasympathique**

Les **artérioles** sont représentées comme des sphincters (*de manière anatomique en gros dans la réalité ça ne ressemble pas trop à ça les artérioles, cette représentation est fonctionnelle*) et c'est à ce niveau que les **résistances** vont varier de manière importante c'est à dire juste en aval des organes

- Le débit est celui de **l'ensemble** de la boucle de circulation (le débit dans les 2 boucles est le même car nous sommes dans une configuration en **parallèle/dérivation**, le prof dit "en série" c'est une erreur) et **$Q = FC \times VES$** .

On arrive facilement à caractériser l'état circulatoire d'une personne en simplement mesurant au bras.



Le système artériel est fait de tel sorte à ce que on retrouve dans l'ordre du plus petit au plus grand :

Artère > artérioles > capillaire

4) Effet de la compliance

La **compliance** est la **propriété essentielle** des grosses artères +++

Compliance = pression nécessaire pour **faire varier le volume d'une artère** = capacité à se dilater pour s'adapter à la pression du sang.

Compliance c'est le rapport de la variation de volume sur le rapport de la variation de pression : $\Delta V / \Delta P$.

Plus on a de variation importante de volume pour une faible variation de pression, plus la **compliance** est **élevée**. Une artère rigide c'est le contraire. Ici, les **artères** (aorte) ont une compliance telle que : lors de la systole, elles **absorbent 60 % du sang** qui est éjecté par le VG (pendant la systole). Ainsi seul 40% du sang

continue son trajet dans l'arbre circulatoire. Puis lors de la **diastole** (*cœur en repos*) l'aorte va **éjecter les 60%** de sang qu'elle avait absorbé grâce à sa compliance.

Ainsi cela va permettre de **redistribuer** le sang là où il y en a **besoin**.

En effet si on est en période de digestion et que le système digestif a besoin de beaucoup de sang les **artérioles** vont être **dilater** pour recevoir beaucoup de sang, tandis que les artérioles des autres organes (muscles, peau) vont être **vasoconstrictées**.

Cette capacité de l'arbre artérielle à **gommer la pulsativité de la PA** est essentielle pour la trophicité des vaisseaux qui sont en aval.

Le sang grâce aux **résistances** va être redistribué là où il y en a **besoin** en fonction de l'**activité** de l'organe en amont. Cela est important car si on a une **vasodilatation générale** (état de choc) les 5L de sang que l'on a ne suffisent pas à alimenter le cerveau et tous les organes. Lors de l'effort on a une compétition entre les débits sanguins cutanés qui évacuent la chaleur et les débits sanguins musculaires qui permettent de continuer l'effort on peut ainsi avoir dans ce cas-là **une baisse de tension**.

Donc dans les artérioles, arrive moins de la moitié du sang éjecté à chaque systole. Ces artères ont une force de rétraction élastique, qui, lorsque le cœur se met en diastole, pousse le sang vers les artérioles et ce retour élastique est responsable de la distribution du sang (de manière continue donc).

La pulsativité du cœur est « gommée » par la compliance artérielle qui fait que, l'effet de la systole est moins brutal puisque la majorité du sang ne se propage pas mais dilate les **grosses artères** (donc la composante élastique est la plus riche) et c'est donc plus progressivement que le sang est expulsé du cœur vers les artérioles. C'est ce que l'on appelle l'effet caisson à vent.

Les capillaires sont soumis à des pressions sanguines qui sont bien contrôlées, puisque imaginez que d'un coup (pulsativité), on ait une augmentation de la pression sanguine, ça provoquerait une extravasation de plasma dans le liquide interstitiel (oedème etc).

Petit résumé du trajet du sang :

→ *ventricule gauche = rejette le sang de manière pulsatile*

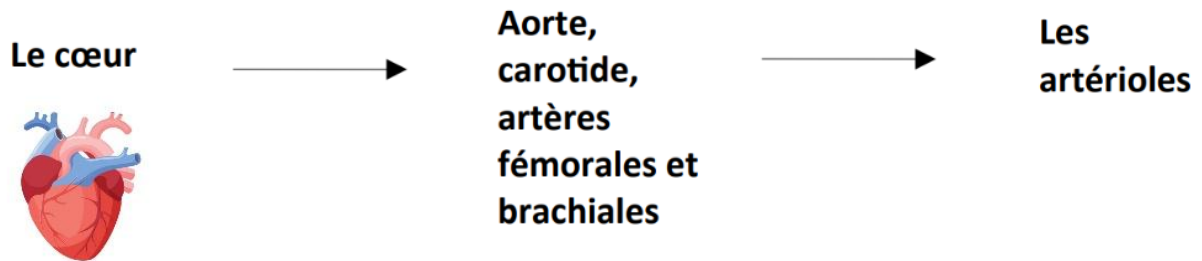
→ *artères élastiques (grosses artères : aorte, carotides, sub clavières, TABC, pulmonaires etc) = COMPLIANCE, elles se vasodilataient en systole pour stocker temporairement le sang, avant de le relâcher progressivement en diastole.*

→ *artérioles (musculaire)*

→ *capillaires*

5) Les artérioles

La **vasomotricité** des artérioles détermine la **résistance** de la circulation systémique ++



En aval, les artérioles ont une **vasomotricité**, c'est-à-dire qu'elles sont capables de faire varier leur rayon.

La vasomotricité se fait selon 2 modalités :

- Leur propre caractéristique **intrinsèque** : structure, épithélium, cellules musculaires lisses en anneaux...
- Le **tonus** du système nerveux autonome (*sympathique* UNIQUEMENT) : vasoconstricteur.

Les **artérioles**, pour insister, sont des **petites artères**, qu'on peut situer entre 500 et 100 **micromètres** de diamètre et qui donnent naissance chacune à des artérioles intra organiques de diamètre inférieur à 100 **micromètres** chacune de ces artérioles intra organiques donnera naissance à 20 à 30 **capillaires** qui formeront les **réseaux d'échanges** au sein des organes (c'est la plus petite structure vasculaire, certains sont même plus étroits que le diamètre d'un globule rouge).

La régulation porte sur les artérioles parce que leur rayon est variable

$$R = \frac{8 \times \text{longueur du vaisseau} \times \text{viscosité du sang}}{\pi \times \text{rayon vasculaire}^4}$$

Quand on regarde ce genre de relation, on comprend en physiologie que la longueur du vaisseau n'a pas tellement de raison de changer.

Le prof réprecise donc que l'on considère ici un sujet *sain* et donc avec une viscosité constante (et *normale*).

Le rayon vasculaire est donc le paramètre que l'organisme adapte en permanence.

La vasomotricité va avoir deux effets importants :

- La **régulation du débit sanguin** dans les organes (les artéioles sont en amont direct des organes).
- Conditionne la **valeur de la PA** (car la vasomotricité modifie la pression (constriction↑ dilatation↓ de la PA).

• Mécanismes de la vasomotricité

- propriétés intrinsèques des artéioles dépendant des pressions pariétales et cinétiques
- tonus vasomoteur du système nerveux sympathique

• Effets de la vasomotricité

- distribution régionale du débit sanguin
- variation de la pression artérielle

6) Distribution du débit sanguin

La PAM est stable (c'est l'homéostasie), c'est le **but** du système de réguler cette pression artérielle. Cette stabilité permet à chacun des organes qui sont dépendant du coeur, de recevoir plus ou moins de sang selon **la variation des résistances des artéioles** === selon leurs **BESOINS**

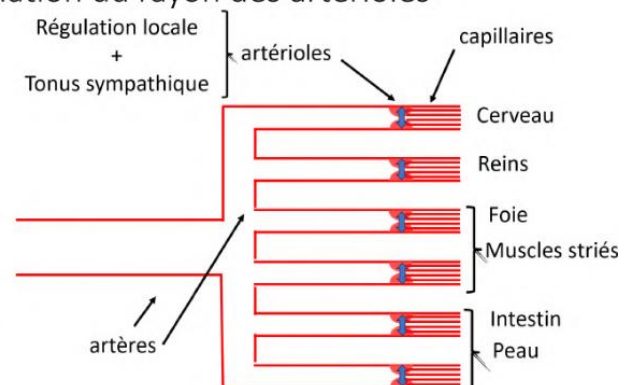
→ Si la PA est stable : **delta P = Q x R**

Donc dans chacun des organes, si mon R baisse, mon Q augmente.

C'est ainsi que chacun des **tissus** (=organes), par la variation du **rayon** des artéioles, va absorber un débit sanguin plus ou moins fort. Si toutes ces résistances chutent en même temps, la PAM va **chuter**. Donc il y a des mécanismes d'alternance entre ces débits organiques qui sont liés à notre rythme de vie et à la présence de certains mécanismes comme le rein et le cerveau qui auront une perfusion constante.

Le débit dépend des résistances locales.

Régulation du rayon des artéioles



On va avoir des compétitions dans les besoins en sang ce qui fait qu'on peut avoir des diminutions de débit et des accidents.

Le sang grâce aux **résistances** va être **redistribuer** là où il y en a besoin en fonction de l'activité de l'organe en amont. Cela est important car si on a **une vasodilatation générale** (état de choc) les 5L de sang que l'on a ne suffise pas à alimenter le cerveau et tous les organes.

Lors de l'effort on a une **compétition** entre les **débits sanguins cutanées** qui évacué la chaleur et **les débits sanguin musculaires** qui permettent de continuer l'effort on peut ainsi avoir dans ce cas-là une **baisse de tension**.

Il existe ainsi des organes à des débits variables et des débits constants +++

7) Organe à débit sanguin variable

Comment on obtient les débits sanguins variables ?

L'activité des organes en aval des artérioles va générer des métabolites notamment du **gaz carbonique**, ce sont ces facteurs humoraux qui vont être à l'origine de l'ouverture des artérioles pour les besoins de ces tissus. Le reste de la **pression partielle en oxygène** va également déclencher l'ouverture des artérioles. Donc à chaque activité, le débit sanguin suit.

- Dans le **ça de l'effort physique** les muscles se contacte et donc ils vont produire du **gaz carbonique** ce qui va **acidifier** le milieu. Cette acidification va **vasodilater** les artérioles et ainsi le système est mieux irrigué ce qui permet une meilleur oxygénation et évacuation des déchets (co2...)
- On constate que les différents tissus : appareil digestif, intestin, muscle, peau... Vont être alimentés **selon leur activité**. En pleine digestion, il y a une vasodilatation des artérioles qui va conduire le débit sanguin **préférentiellement** à **l'intestin grêle** pour que les échanges se fassent à l'interface de l'épithélium de l'intestin entre le sang et les cellules.

*C'est pour ça qu'on ne fait pas de sport après manger car sinon aucun des deux (intestin et **muscles**) ne sera alimenté correctement !!*

- La **peau**, elle, permet l'évaporation de la chaleur par la vasodilatation (→ cours homéostasie)

L'ouverture des sphincters précapillaires se fait selon l'activité des organes situés en aval :

- Activité motrice (muscle)
- Digestion (tube digestif)
- Sudation (peau)
-

8) Organe à débit sanguin privilégié (constant)

Voilà la répartition du débit sanguin, le **cerveau** et les **reins** reçoivent respectivement **15 %** et **20 %** du débit sanguin et ce, en permanence.

- **Cerveau → 15 %**
- **Rein → 20 %**

La perfusion sanguine de certains organes est privilégiée.

En conditions basales	% débit cardiaque	
Poumons	100 %	Débit constant
Cerveau	15 %	
Reins	20 %	
Intestin et appareil digestif	36 %	Débit variable selon l'activité
Muscle et peau	24 %	
autres	5 %	

La perfusion des autres organes est variable en fonction de leur niveau leur activité.

En effet même lorsqu'on dort, notre **cerveau** est toujours à **100%** de son activité.

Pour les organes à **débit fixe**, il y a des systèmes qui, au contraire, sont **internes**.

Les **reins** génèrent **180 L/j** de Débit de Filtration Glomérulaire, et sur ce volume énorme, qui est 50 fois celui du plasma, ils vont être capables de distribuer **l'eau**, le **sel** (NaCl), le **calcium**, le **phosphate**... Pour que la composition du plasma reste stable (HOMÉOSTASIE).

- Lorsque le sang infiltre le **rein**, le plasma est filtré dedans, il se déplace à l'intérieur du rein et il y a un endroit la « **macula densa** » qui est capable de capter la quantité de sodium qui y passe.

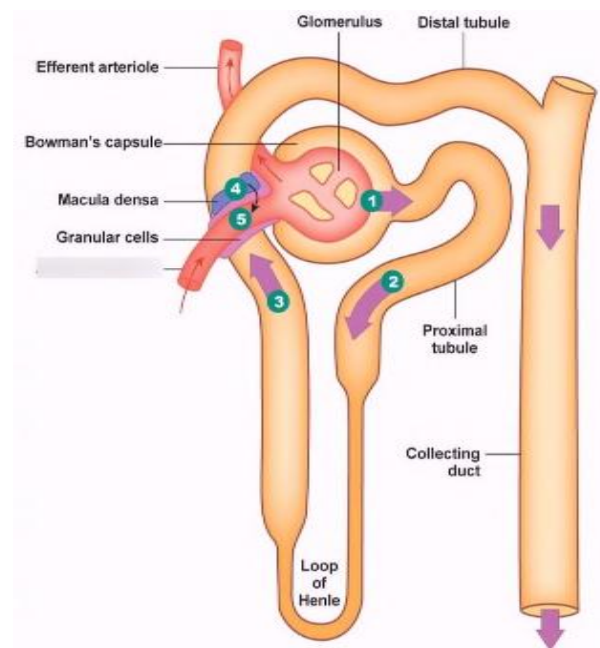
Les reins sont également capables de capter la quantité d'urine qu'ils fabriquent.

Donc s'il y a beaucoup de sodium qui y passe, le rein est informé qu'il est en train de filtrer trop fort et il va réduire celle-ci et inversement → il y a une **régulation grâce à un rétrocontrôle permanent**

Si on a un a coup de pression et que le rein filtre **plus de plasma** et produit plus d'urine alors il va capter grâce à la macula densa la quantité de sodium contenu dans le liquide et va **ainsi augmenter les résistances des artérioles rénales**

Ce **rétrocontrôle permanent** est un système de **protection** contre la **déshydratation**. Car la déshydratation est une perte de plasma qui est nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme.

- Pour le **cerveau** les mécanismes sont complexes et difficiles à étudier parce qu'ils sont très nombreux. Ils sont à la fois dépendants de l'activité cérébrale, de la pression partielle des gaz, etc. Le baroréflexe (*revue plus tard dans le cours*) joue un **rôle essentiel dans le côté privilégié du débit sanguin cérébral**.



Le cerveau est très sensible à la **concentration ce glucose** dans le sang (car son fonctionnement est glucose dépendent), ainsi la **régulation du débit sanguin cérébral** va se faire par rapport au **taux de glucose** dans le sang grâce a des **capteurs** proches du cerveau.

II/ Régulation de la pression artérielle : aspects cardiovasculaires

1) Généralité

Les capteurs sont placés dans l'arbre artérielle.

→ 15 % du sang est dans les **artères**

→ 80 % dans les **veines**

Si bien que la régulation porte sur un faible volume (mais très important car il est juste à côté des organes **vitaux**).

Dans cet arbre on retrouve nos capteurs, qui sont des capteurs de **pression** : les **Barorécepteurs**. Il y a aussi des capteurs de **volumes** : les **Volorécepteurs**. On les retrouve dans les artères essentiellement au niveau de l'aorte des carotides, des artères rénales et proche des cavités cardiaques.

Ils vont agir sur des effecteurs qui sont principalement la **vasomotricité** et la **contractilité cardiaque** (revu plus bas).

→ Ce sont des **Mécanorécepteurs** les uns comme les autres (pour faire le lien entre les cours). Ces mécanorécepteurs sont des canaux, lorsqu'il y a une stimulation mécanique qui s'exerce sur une cellule, ces canaux vont s'ouvrir et se fermer et **dépolariser** la cellule dans laquelle ils se trouvent.

Des **neurones** envoient leur commandement sur ces cellules et la dépolarisation stimule un **influx nerveux** et va être intégrée au niveau du système nerveux. Donc les **effecteurs** (cf *Homéostasie*) sont les artérioles avec leur vasomotricité et le cœur avec sa variation de fréquence, . Puis se sont les reins qui déterminent le volume sanguin. (On revoit juste après)

Capteurs (de pression) : dépolarisé par stimulation mécanique → neurones : lien entre capteur et intégrateur avec l'influx nerveux → intégrateur : système nerveux → effecteurs : artérioles / cœur / rein.

- Capteurs
 - Barorécepteurs artériels
 - Volorécepteurs cardiaques
- Effecteurs
 - Vasomotricité artériolaire
 - Contractilité cardiaque
 - Rein et volume sanguin (eau et sel = principaux composant du plasma)

2) Barorécepteur aortique et carotidien

Le prof site les différents éléments du schéma : les **artères principales** (aorte, carotides, sub claviculaire), les **nerfs a destinés du tronc cérébrale**.

On va s'intéresser au nerf de Hering qui est entre le corpuscule carotidien et le tronc cérébral (= *structure cérébrale entre le cerveau et la moelle épinière*).

Dans ce nerf, si on mesure le potentiel d'action

par seconde (schéma du dessus), on constate, que lorsque la PA augmente, le nombre de potentiel d'action par seconde augmente aussi et inversement.

En se plaçant à une **PAM normale**, on est à l'intersection de la pente ascendante et descendante, qui est extrêmement verticale, ce qui nous indique que pour de toutes petites variations de pression on va avoir des **fortes** variations de fréquence de potentiel d'action.

On retrouve une relation sigmoïde c'est à dire qu'on a un système, qui, pour une très faible variation de pression autour de la zone de pression normale va générer de très grandes différences de fréquence de potentiel d'action.

Le **SN sympathique** va réagir dessus et l'ensemble va conditionner le **système cardio-respiratoire**.

- Sinus carotidien → nerf de Hering
- Paroi de la crosse aortique → nerf vague

Pour schématiser tout ça on utilise le principe du baroréflexe.

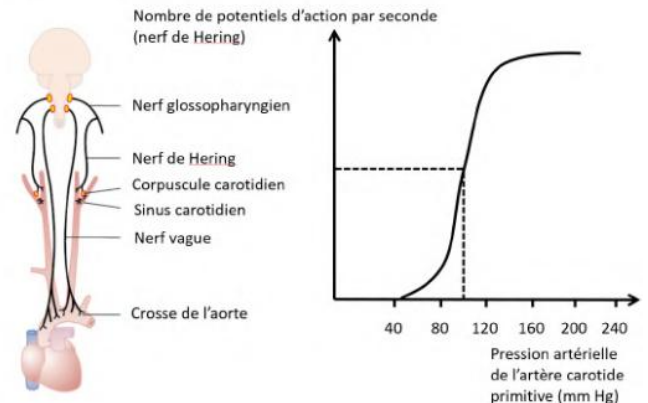
10) le Baroréflexe

Cette partie elle est ++

Nous allons maintenant aborder les systèmes de circulation privilégiés, tout d'abord, le **baroréflexe**, très important pour la **perfusion cérébrale**. Qui dit réflexe dit **arc réflexe** → géré par le **SNA (système nerveux autonome)**.

Un **réflexe** est défini par un **axe entrant dans le système nerveux** et un **axe sortant vers un effecteur qui fonctionne de manière automatique** sans l'intervention de la pensée, de la volonté. C'est une action très **rapide**.

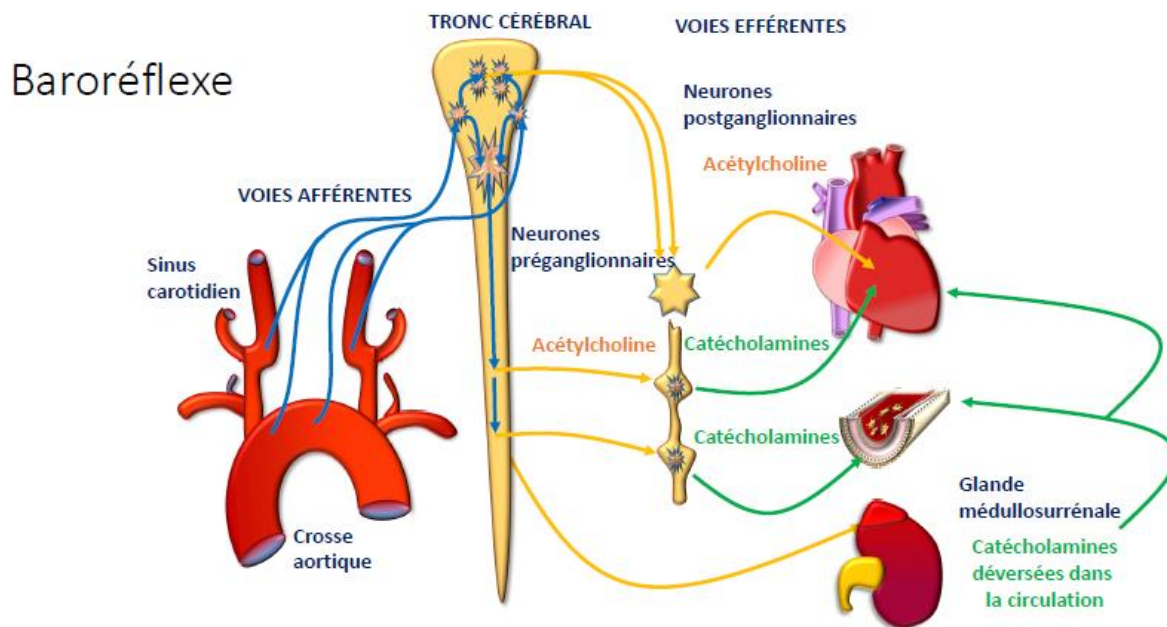
Barorécepteurs aortiques et carotidiens → proches du cerveau



Donc il y a :

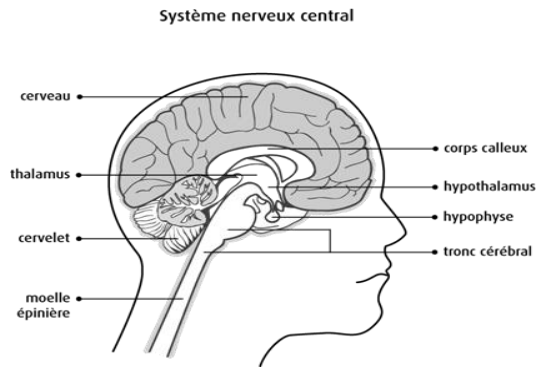
- Un **capteur**
- Un **intégrateur**
- Et un **effecteur** vasculaire avec un arc **neuronal** qui va de l'effecteur au muscle.

Les **arcs neuronaux** sont le **système sympathique** et **parasympathique** ils vont relier **le tronc cérébral** aux **organes effecteurs**.



On voit sur les schémas que :

- Les variations de pression sont captées dans le **sinus carotidien** ET la **croisse de l'aorte**.
- Les voies afférentes (nerveuses) se connectent au **Tronc cérébral** → par l'intermédiaire des nerfs de *Hering* et *Vague*
Le **tronc cérébral** est le **centre de régulation de la pression artérielle**, les informations concernant la PA **converge** au tronc cérébral.
- Les signaux sont intégrés et les neurones efférents vont agir sur le **cœur**, les **vaisseaux** puis la glande **surrénale** dans sa partie médullaire (*cette médullosurrénale, c'est un peu comme un ganglion (d'ailleurs, embryologiquement elle provient du système nerveux et s'est localisée en dehors de la chaîne ganglionnaire péri rachidienne).*)
- La chaîne ganglionnaire latérale innervé par les neurones préganglionnaire cholinergique
- La glande médullosurrénale est une glande endocrine (produit des hormones) innervé directement par un neurone préganglionnaire cholinergique.



Le tronc cérébral c'est une structure cérébrale entre le cerveau et la moelle épinière. Il va permettre aux info de circuler entre les deux.

Mécano récepteurs (aortiques, carotidiens) > voies afférentes (= neurones sensitifs) > tronc cérébral > voies efférentes (= neurone pré-ganglionnaire > ganglion > neurone post-ganglionnaire) > cible

Les voies afférentes correspondent aux neurones sensitifs (exemple : nerf de Hering). Tandis que les voies efférentes correspondent aux neurones pré et post ganglionnaires, qui émettent respectivement de l'acétylcholine (pour les pré-ganglionnaires) et des catécholamines (pour les post-ganglionnaires). Il la dit a remettre

Glande médullo surrénale est une puissante source d'adrénaline et de noradrénaline, son action vient compléter celle des neuromédiateurs par une action hormonale (à distance véhiculé par le sang).

Les neuromédiateurs impliqués sont **doubles** :

- **L'acétylcholine** pour le système parasympathique. **L'acétylcholine** part des neurones du tronc cérébral et qui fait relai dans des ganglions. De ces ganglions on a des catécholamines.
- **Catécholamine** pour le système sympathique. Les catécholamines sont émises par les neurones post ganglionnaires. Les **catécholamines** sont la noradrénaline et l'adrénaline. Déversées par des **synapses** au niveau des artérioles et donc agir sur des récepteurs hormonaux spécifiques qui ne sont pas tous les mêmes. On retrouve en effet plusieurs récepteurs aux catécholamines différents : Alpha 1/2, Beta 1/2.

La médullosurrénale va déverser dans le sang des hormones (**catécholamine**) qui vont agir partout en plus de l'action ciblée du SN autonome via les synapses **catécholergiques**.

Le baroréflexe est donc un système de régulation rapide et efficace de la PA ++++

Le baroréflexe va agir sur la **contractilité cardiaque, la fréquence cardiaque et la vasoconstriction** de manière **neuronale et neuroendocrine (hormonaux)**.

Le baroréflexe est un des systèmes (les plus performants sur le court terme) qui contribue à la **régulation du débit cérébral** (15%) et ainsi à sa protection c'est pourquoi ses capteurs sont proche du cerveau, on oppose des effets hormonaux et des effets neuronaux :

- *Par rapport à leur **mode de transmission** :*
 - **neurones** = synapses
 - **hormones** = communication à **distance** via la circulation sanguine (avec les catécholamines de la médullosurrénale)
- *Et par leur **rapidité** :*
 - **neurones** = conduit le flux **très rapidement**
 - **hormones** = plus longue (car la circulation sanguine est **moins rapide** qu'un influx nerveux)

Dans le baroréflexe on a le **système cardio-vasculaire** qui est le principal **effecteur**.

Baroréflexe : protection contre les variations de pression artérielle

- Barorécepteurs proches du cerveau
- Action réflexe = rapide (plus rapide qu'hormonale)
- Effecteur cardiovasculaire (cœur + vaisseaux)

Pour illustrer ça, on va voir l'effet des variations de posture sur notre PAM :

10) Effets de la gravité sur la PAM

On considère tout simplement les effets de la gravité sur la pression artérielle

- Si on est **couché** : On peut mesurer notre PA n'importe où, elle sera toujours au même niveau que le cœur (PA au pied = PA à la tête). On mesure alors la **P hémodynamique**.
- Si on est **debout** : Les variations de PA sont importantes. La P hydrostatique (=GRAVITAIRE) est **NÉGATIVE** au **DESSUS** du cœur et **POSITIVE** en **DESSOUS** du cœur (voir le début du cours)

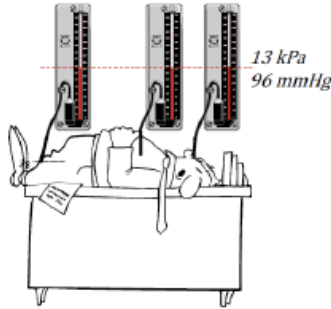
→ La PA est **majorée** en **dessous** du cœur et **minorée** au-**dessus** à cause de la gravité.

Si bien qu'à chaque fois qu'on change de position, notre baroréflexe va **ajuster la PA au niveau du cerveau de manière très rapide ++** afin que celle-ci ne varie pas (pour ne pas se retrouver avec un manque de perfusion cérébrale → on tombe dans les pommes par exemple) → d'où la relation sigmoïde qu'on a vu avec le nerf de Hering.

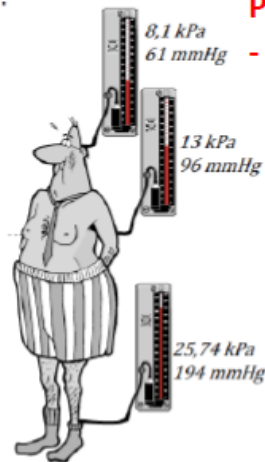
Ces effets de la gravité sont une illustration de ce que fait le baroréflexe au quotidien lors de changement de position dans l'espace (se mettre debout, plongeurs, chute...).

Effets de la gravité sur la PAM

PAM = P hémodynamique



**PAM = P hémodynamique
- P hydrostatique**



PAM = P hémodynamique

**PAM = P hémodynamique
+ P hydrostatique**

Explications :

Le sujet debout va avoir une pression au niveau du **bras** (artère humérale) qui est **celle du coeur** et cette pression va se **majorer** au niveau de la **cheville** (on passe de 96 à 194mmHg, c'est la hauteur de la colonne de sang qui presse dessus) et au contraire au niveau du **cerveau** ça **diminue** (on passe de 96 à 61, il y a moins de pression là-haut). Mais si on se couche, au contraire la **PA va augmenter au niveau du cerveau**.

On a différents **déterminants de la pression artérielle**.

Quand on parle de PA on parle de contenant (**le coeur et les vaisseaux**) et le contenu (**plasma**). On vient de voir comment le contenant était régulé par le **baroréflexe** (→ vasoconstriction/dilatation et jouer sur la fréquence + contractilité du myocarde), maintenant on va voir comment le **contenu** est régulé.

III/ Régulation du contenu : Généralité du SRAA ++

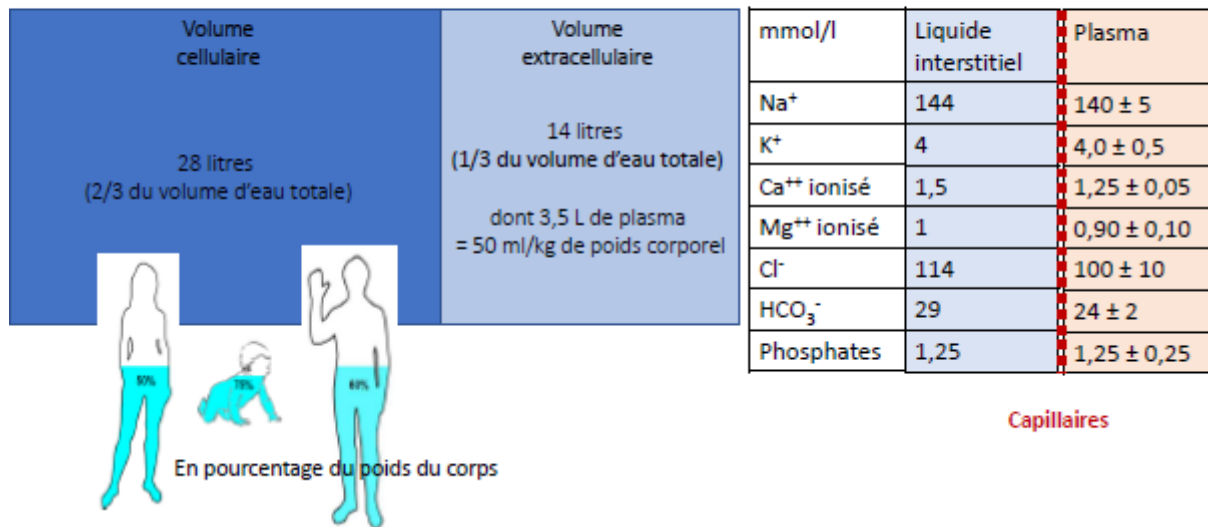
1) volémie

L'eau et le **sel (NaCl)** sont les composants majoritaires du **liquide interstitiel** et du **plasma +++**.

L'eau est **très** présente dans le corps, voici quelques valeurs à connaître (cf compartiments) :

- Femme : eau = **50 %** → (le tissu adipeux contient moins d'eau que le muscle)
- Homme : eau = **60 %**
- Nouveau-né : eau = **75 %** → (tissus en croissance qui contiennent beaucoup d'eau)

L'eau et le sel (NaCl) sont les composants majoritaires du liquide interstitiel et du plasma



C'est important que vous soyez capables de calculer le VEC (*Volume Extra Cellulaire*) d'une Femme, Homme ou nourrisson à partir de son **poids** → pour savoir quels sont les déficits (remarquer les pathologies), quels sont les débits de perfusion à prescrire s'il y a une déshydratation etc. (*revue dans le cours homéostasie*).

Le plasma c'est 50 ml/kg.

On voit sur la diapo que la composition du liquide interstitiel et du plasma est sont à peu près équivalente bien qu'elles soient différentes (quand on parle en santé en physio se serait plutôt faux).

Les deux sont séparés par la **PAROI** des capillaires (= les plus petits vaisseaux sanguins de l'organisme).

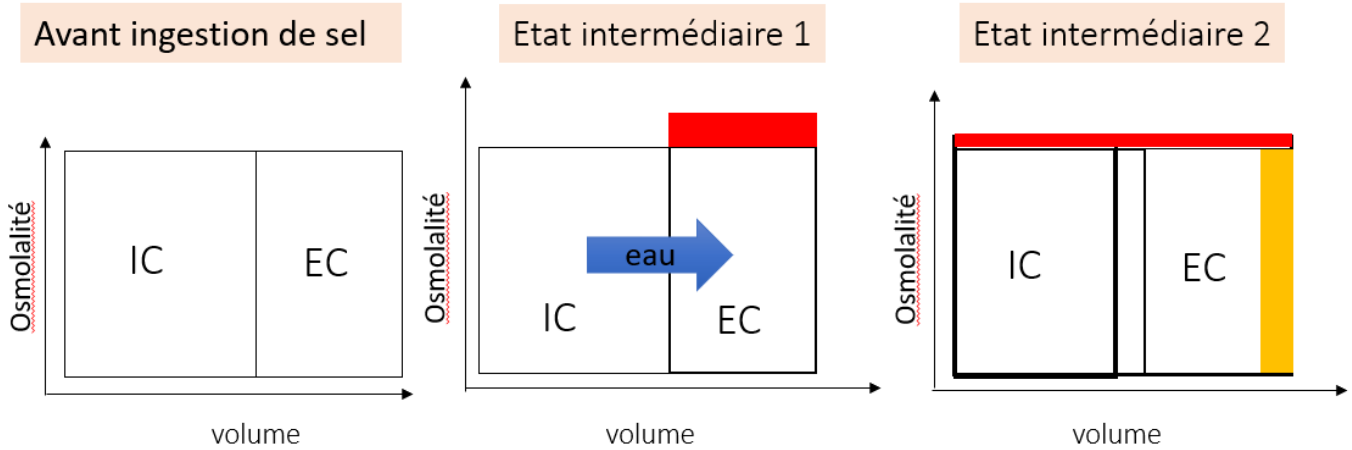
On a des échanges entre le **VC** et **VEC**, la membrane étant la **membrane plasmique** et évidemment des échanges entre le liquide interstitielle et le plasma.

2) Ingestion de sel

La **quantité de sel** dans le sang détermine la **volémie** grâce au contrôle puissant de l'osmolalité.

En effet quand on a une variation de la quantité de sel dans le sang (même si elle est petite), on va avoir une variation du volume de plasma.

Que se passe-t-il lorsqu'on fait varier la quantité de sel et d'eau qui arrive dans le plasma ?



Absorption intestinale de sodium

Pour comprendre, on schématise l'organisme avec un diagramme sur 2 axes, le **volume** sur l'axe horizontal, l'osmolalité (= la pression exercée par le sodium sur la paroi cellulaire) dans chaque compartiment sur l'axe vertical. On a un compartiment intracellulaire (**IC**) et un extracellulaire (**EC**).

Si on mange quelque chose de **très salé** (burger, pizza...*miam*) :

- 1) On ingère le **sel** (on suppose que l'on n'a pas bu en même temps)
- 2) Le sel arrive dans le compartiment **EC**, donc sa **tonicité (osmolalité)** augmente
- 3) Immédiatement, l'eau du secteur **IC** va réaliser son équilibre osmotique.
- 4) L'eau passe du secteur **IC** à **EC** (c'est pour cela qu'on a soif)

Exemple :

On ingère 8g soit 140 mmol de sodium. Notre natrémie est de 140mmol de sodium donc si on rajoute 140mmol de sodium on va avoir 1L d'eau qui va passer dans le milieu extra cellulaire ce qui va résulter en 1L de plasma en plus avec la même osmolalité.

8,5 g de sel = 140 mmol de Na → + 1 litre de plasma

C'est pour cela que l'on a **soif** quand on **mange salé**.

Ce sont des phénomènes passifs grâce aux aquaporines (canal spécifique de l'eau) sur les membranes plasmiques.

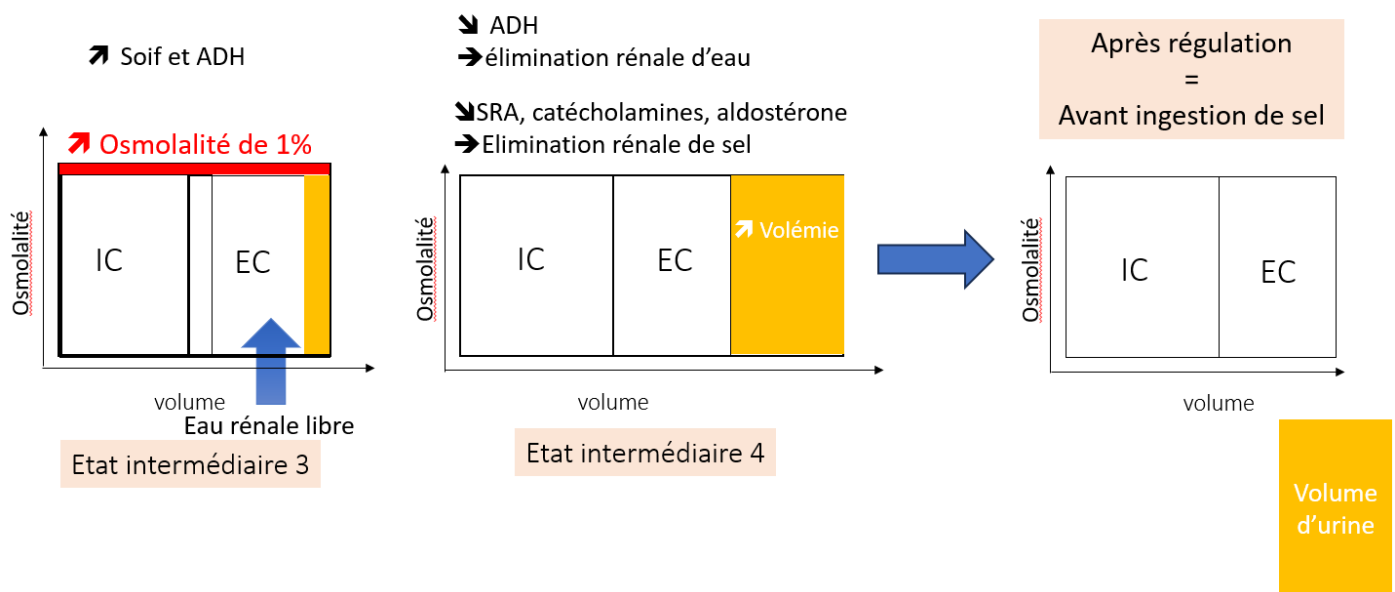
5) Puis le système s'équilibre et le transfert d'eau s'arrête (voir le schéma ci-dessous)

6) On constate que le volume EC a augmenté (*donc le contenu des vaisseaux AUSSI donc la PA devrait augmenter mais...*)

7) L'augmentation de volume EC va être transformé en urine puis excréter

8) on retrouve ainsi un volume EC normale (*et donc une PA normale*)

Donc si vous mangez des choses très salées vous augmentez votre PA !!



4) Régulation de la volémie

Le prof veut nous faire comprendre que, en dehors de ces mécanismes passifs liés aux perméabilités des membranes plasmiques, il y a des systèmes **hormonaux** qui vont intervenir par-dessus ça. Ils sont spécifiques du **sel** et de **l'eau**.

La régulation de la volémie dépend de ces phénomènes passifs et des régulations hormonales et rénales.

La régulation de la volémie beaucoup plus lente que le baroréflexe.

La volémie est un terme qu'on utilise en physiologie : c'est le volume de plasma qu'il y a dans cavités cardiaques et les artères (dans les endroits où il y a des capteurs de pression).

Seulement 15% à 20% du sang est contenu dans les artères, la majorité du sang est dans les capillaires et les veines. Donc la PA est régulée par rapport à une petite partie du volume sanguin. On parle ainsi de « volémie efficace » car cette petite fraction de la quantité de sang va être efficace sur les capteurs.

On définit la **volémie** comme :

- Paramètre régulé selon la pression artérielle et le volume des cavités cardiaques
- Contenu en eau et en sel des vaisseaux sanguins et des cavités cardiaques

La régulation hormonale (**IMPORTANT**), c'est :

- 1) le **système rénine-angiotensine-aldostérone** (SRAA) qui va réguler la quantité de **sel** présent dans l'organisme
- 2) **l'hormone anti-diurétique** (ADH) qui va réguler la quantité **d'eau**.

Les reins, par leurs propriétés **intrinsèques**, vont avoir la possibilité d'évacuer ou de retenir le **sel** → et donc par conséquent **l'eau** (CAR L'EAU SUIV LE SEL).

Donc au contraire si on urine c'est l'eau et le sel qui sort.

Régulation rénale de la volémie (eau + sel) : relation pression-natriurèse

Natriurèse = concentration en sodium dans l'urine.

5) SRAA (→ Système Rénine Angiotensine Aldostérone) et sel (NaCl)

(cf Homéostasie)

C'est un système hormonal **ubiquitaire** (= présent partout), pratiquement tous les tissus disposent de ces molécules.

L'activation de ce système va dépendre de la **PA** :

- Lorsque la **PA augmente** le système est **freiner**
- Lorsque la **PA baisse** le système va être **activer**

C'est un système en **cascade enzymatique** comme très souvent dans les régulations hormonales.

→ avec une étape limitante : **l'angiotensinogène → angiotensine 1**

- Lorsque la PA va baisser (à gauche sur le dessin) au niveau des **artérioles glomérulaires** des reins (qui est **afférente**).
- Les cellules granulaires des artérioles rénales sécrètent la **rénine**, la rénine déclenche (c'est une enzyme) la transformation de **l'angiotensinogène** (produit par le foie et tissu adipeux et qui circule dans le sang en **permanence**) en angiotensine 1.
- **L'angiotensine 1** va donner naissance à toute sorte d'angiotensine dont l'angiotensine 2.
La corticale produit

On se focalise sur l'**angiotensine 2** qui va être produite par l'**enzyme de conversion** qui se trouve sur l'épithélium vasculaire.

L'angiotensine 2 agit sur son **récepteur de type 1 (=AT1R)**, pour déclencher :

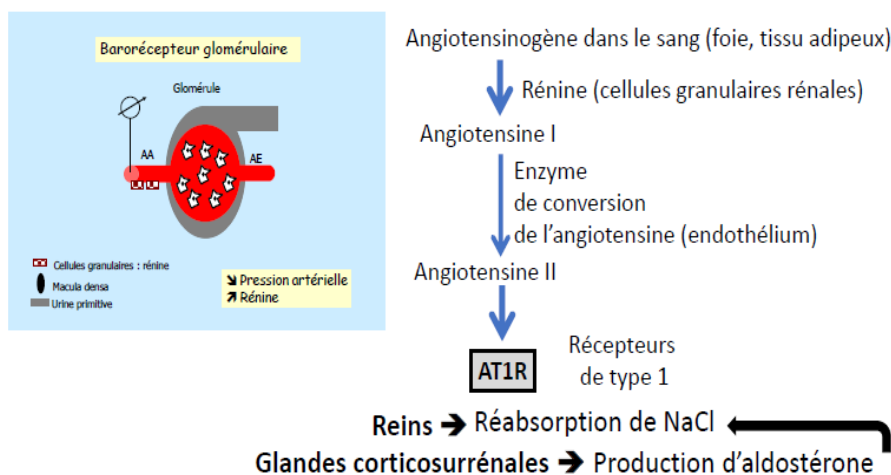
- Une rétention rénale de **sel**
- Ça agit sur la glande cortico-surrénale (c'est-à-dire la sur la partie corticale de la glande surrénale) qui produit l'**aldostérone** → celle-ci renforce l'effet rénale dans les **résorptions du sel**.

Donc l'urine primitive sert de réservoir, de lac, dans lequel puisent les reins sous contrôle hormonal. Les reins vont pouvoir repomper de l'**eau**, du **sel** et du chlore à partir de cette urine primitive. Ou au contraire le laisser filer (→urine DÉFINITIVE), et à ce moment-là c'est évacué dans la vessie.

Quand on réabsorbe du sel, on réabsorbe aussi de l'eau présent dans le plasma +++

Les reins sont ainsi un système de régulation en plus, ils permettent de maintenir la PA ++

SRAA et sel (NaCl)



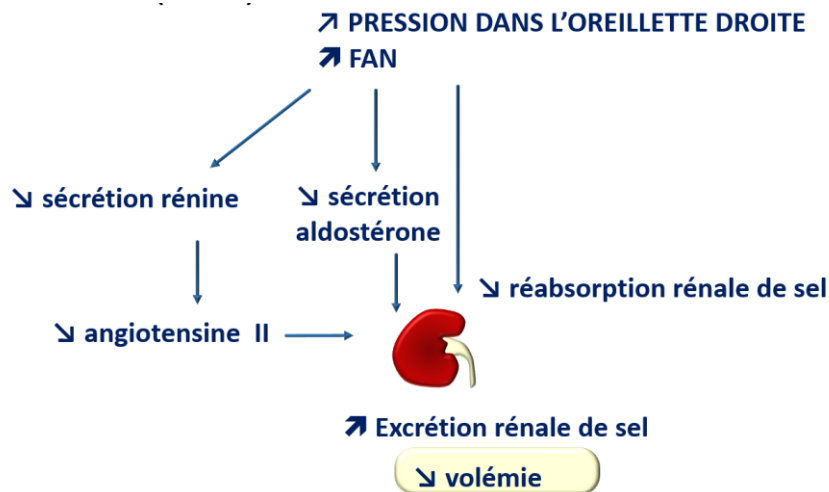
6) facteurs atriaux natriurétiques (FAN)

Les **oreillettes** (atriums) du cœur sécrètent également des hormones (grâce à des cellules granulaires) : **les facteurs atriaux natriurétiques**.

Ces hormones sont produites lorsque la **pression monte** dans les oreillettes (particulièrement celle de droite) permettant de bloquer la rénine, l'aldostérone... Les FAN stimulent les **reins** pour **excréter le sodium**.

Les FAN sont un système antagoniste du SRAA :

- **Le SRAA → rétention de sodium**
- **Les FAN → excrétion de sodium**



Explication d'il y a deux ans (c'est juste pour votre compréhension):

On parle du **SRAA** qui est la **cascade hormonale** (à droite sur le schéma), ce système à une étape limitant qui est celle de la transformation de **l'angiotensinogène** en **angiotensine I** (important). La **rénine** en revanche, elle, est produite uniquement en fonction de la stimulation des **barorécepteurs** qui (ne sont pas dans la crosse de l'aorte cette fois ci) sont juste au niveau des reins en pratique, dans les **artérioles rénales**, qui arrivent aux reins et conduisent le sang (ce sont donc les artérioles **afférentes**). Une baisse de pression artérielle à ce niveau-là a pour conséquence une production de **rénine** par les cellules **granulaires** rénales.

La rénine est donc rejetée dans le sang et vu que c'est une enzyme, va pouvoir couper l'angiotensinogène en angiotensine I.

À partir de là **l'endothélium** (vasculaire) est équipé d'une **enzyme de conversion** qui va **convertir** l'angiotensine I en **angiotensine II**. L'angiotensine I circule dans le **sang** et toutes les cellules endothéliales s'en servent puisqu'elles fabriquent à partir de l'angiotensine I l'angiotensine II.

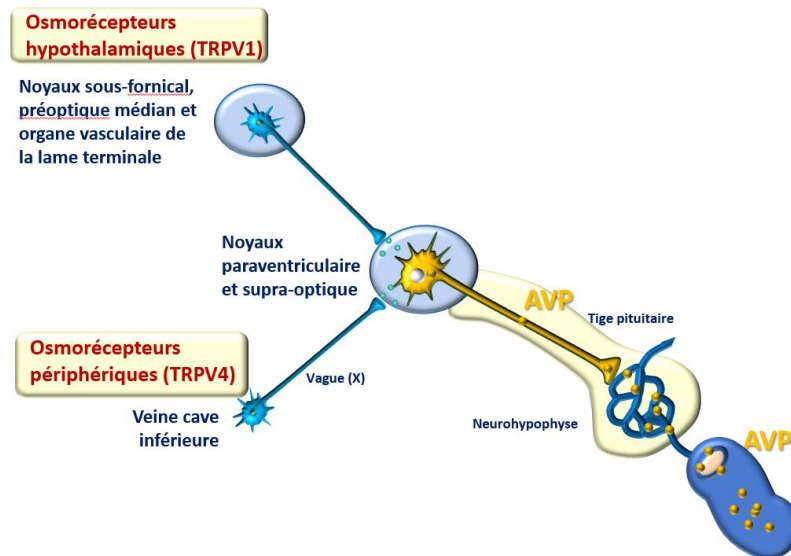
→ **C'est l'angiotensine II qui est en mode active** sur un récepteur qui est un **récepteur de type 1** présent sur le **rein** essentiellement (rein qui va **réabsorber du sel NaCl**), et présent également sur les glandes **corticosurrénales** de **l'aldostérone**.

On a donc bien un SRAA. L'aldostérone va également obliger le rein à **retenir du sodium et du chlore**.

Quand on dit que le rein retient du sodium et du chlore, c'est à partir de quoi ? Dans quel réservoir va-t-il puiser ? Et bien les reins puisent dans **l'urine primitive**. (La filtration du plasma a lieu dans les glomérules du rein et le plasma filtré donne l'urine primitive. Cette urine est appelée urine primitive car elle n'est pas encore dans la vessie, mais encore dans les **tubules** rénaux.) Donc l'urine primitive sert de réservoir, de lac, dans lequel puisent les reins sous contrôle **hormonal**. Les reins vont pouvoir re-pomper de **l'eau**, du **sodium** et du **chlore** à partir de cette urine primitive, ou au contraire les laisser filer, et c'est à ce moment-là qu'ils sont évacués dans la vessie (l'eau et le sel dans l'urine définitive). Quand on réabsorbe du **sel**, on réabsorbe aussi de **l'eau**. Ces-derniers vont rejoindre le **plasma** (ce qui est logique, on ne peut pas réabsorber que du sel, ça nous ferait 0 volume de plasma, **il faut obligatoirement absorber le liquide qui va avec si on veut absorber du sel [depuis l'urine primitive], ce liquide c'est de l'eau**).

IV/ Osmolalité plasmatique

1) ADH (→Anti Diuretic Hormone) et eau



Les **osmorécepteurs** sont connectés à des **noyaux hypothalamiques** qui sont eux-mêmes reliés à la **posthypophyse** (= neurohypophyse) qui est une partie postérieure de l'hypophyse.

Dans le schéma ci-dessus, on peut voir les neurones dans l'hypothalamus (en bleu) et les neurones dans le noyau paraventriculaire (en jaune).

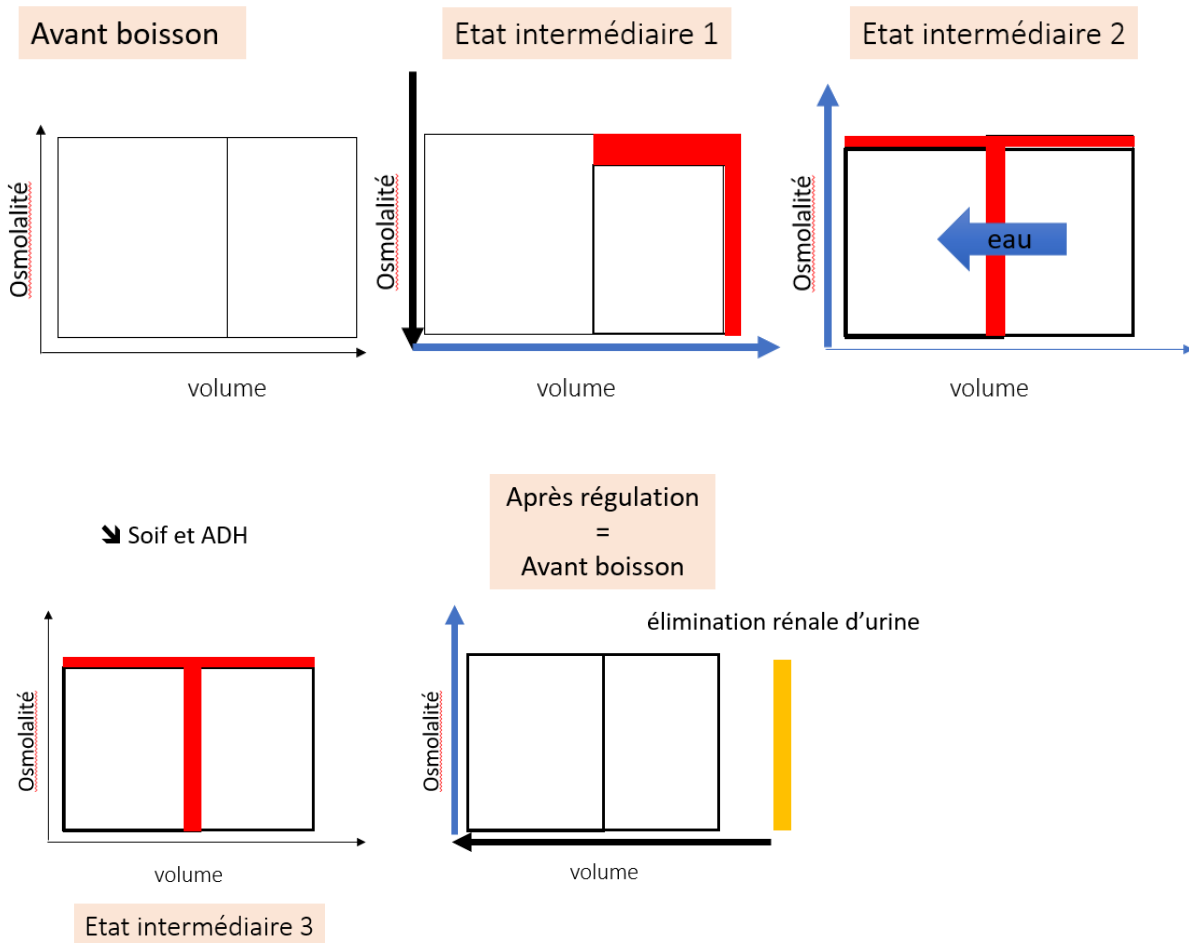
Lorsque les **osmorécepteurs** détectent **une variation de pression**, ils s'activent et cela va entraîner :

- 1) Une dépolarisation de la cellule (neurone)
- 2) Cela génère des influx nerveux (signaux)
- 3) Ces signaux sont envoyés aux noyaux hypothalamiques qui sont en lien avec la neurohypophyse

Les neurones impliqués dans ce mécanisme ont leur corps cellulaire dans l'**hypothalamus** (en bleu sur le schéma) et leur axone traverse la tige pituitaire pour atteindre la neurohypophyse. Dans la neurohypophyse, le neurone va directement libérer l'**ADH** dans le sang.

C'est une régulation neuroendocrine (*cf homéostasie*) :

- **neuro** → se sont des neurones qui transmettent l'information
- **endocrine** → l'hormone est relâchée dans le sang pour agir sur tout le corps



2) Effets de l'ingestion de l'eau

- 1) Le volume extra-cellulaire augmente et l'osmolalité du secteur **EC diminue**.
- 2) Il y a alors un transfert d'eau en sens inverse : du secteur **EC** vers **IC** (équilibre osmotique). Le volume du secteur **EC** **retourne à la normale** et celle du secteur **IC** **diminue**.
- 3) La quantité d'eau qui est responsable de la baisse de l'osmolalité va être **éliminer par voie urinaire** afin de retrouver son équilibre initial. Cette urine aura peu de sel, mais elle a quand même une osmolalité car elle contient de l'urée.

Ainsi en baissant l'osmolalité la soif ne se fait pas ressentir et **l'ADH n'est PAS stimulé**.

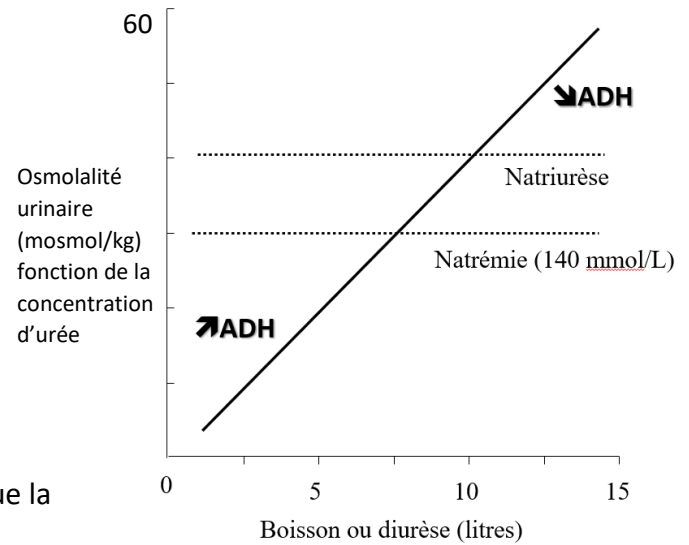
Le graphique présente l'osmolalité urinaire en fonction la quantité d'urine produite (ou quantité de boisson consommée) par jour.

On peu voir que si on boit beaucoup l'urine a une osmolalité faible, elle est peu concentrée (claire) et l'ADH n'est **pas produite**.

Au contraire si on boit peu, l'urine a une forte osmolalité, elle est concentrée et on a de l'ADH qui sera **produite**.

Cependant dans les deux cas nous pouvons constater que la **natrémie** et la **natriurèse** sont **stables**.

La **concentration en sodium** du sang détermine le **contenue en eau** du sang alors que la **quantité de sel** dans le sang détermine la **volémie**. +++++



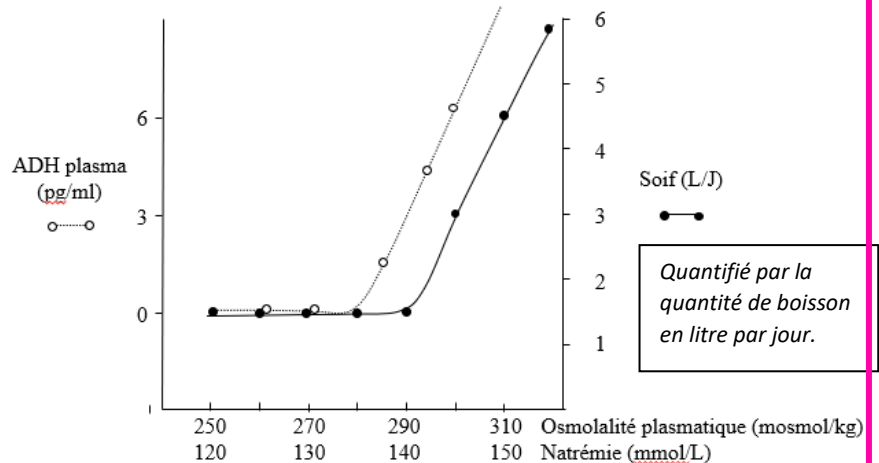
3) relation entre la soif et la sécrétion ADH

L'osmolalité de notre sang est bien refléter en pratique par la natrémie (= concentration de sel).

La natrémie de base est de 140 mmol/L.

L'augmentation de la natrémie déclenche une **production d'hormone anti-diurétique** extrêmement **rapide**.

En effet on peut voir sur le graphique que si on passe d'une natrémie de 140 mmol/L à 141 mmol/L de natrémie, l'ADH et la soif sont déjà sur stimulé.



Pour des **variations de natrémie** très **faible**, on va avoir de **fortes variation d'ADH et de la soif**. Avant d'avoir soif le système hormonal agit et **prédispose les reins à retenir de l'eau**.

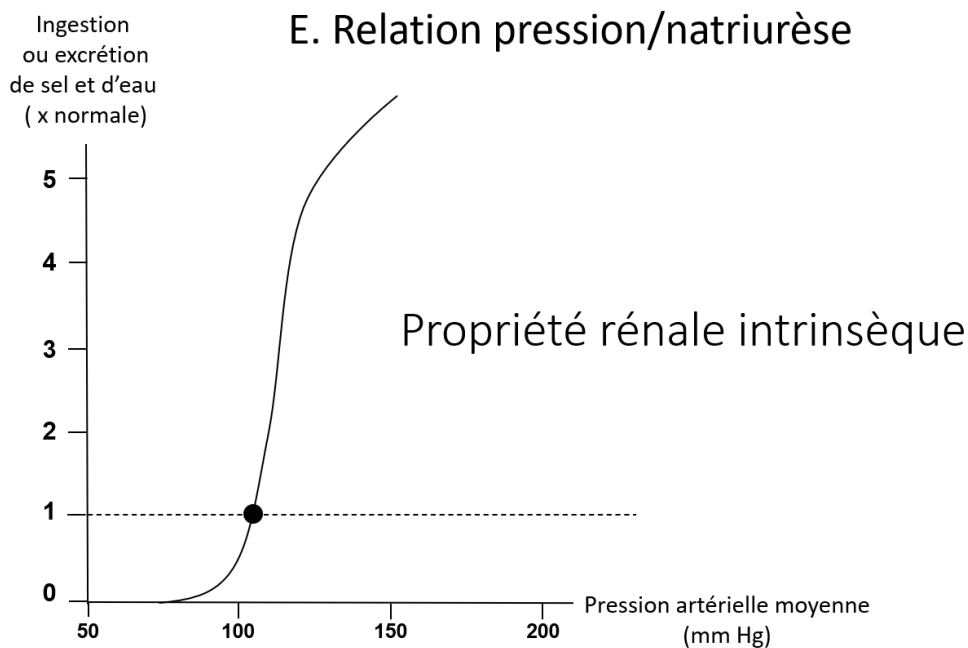
On retrouve **les capteurs** de l'**osmolalité** dans deux endroits différents :

- le **système nerveux central**
- la **veine cave inférieure**

Ils ont sensible à la **pression osmotique** sur la paroi des vaisseaux

La **performance du système** est définie par la **capacité à mesurer les variations d'osmolalité**.

V/ relation pression-natriurèse



Les reins ont une propriété intrinsèque qui est la **relation pression/ natriurèse**, certains mécanismes reste encore inconnu.

On voit ici que la PAM va être **très peu dépendante** de la variation d'apport en **eau** et en **sel** dans notre alimentation, on retrouve une relation sigmoïde ou la PAM ne va **presque pas bouger**.

Le point noir correspond au point d'équilibre, on a une relation de base qui est à 1, pour un apport sodé normal.

Mais elle va quand même varier en fonction de la consommation de sel (*très peu à l'état physiologique*):

- Si on mange salé, la PA augmente et va se situer au-dessus du point d'équilibre
- Si on mange moins salé, la PA diminue et va se situer en-dessous du point d'équilibre

Cela traduit le fait qu'un flux d'eau et de sel dans l'organisme provoque une augmentation de l'élimination urinaire d'eau et de sel.

Donc quand la PAM est moyenne ou basse on produit peu d'urine (car SRAA agit) qui contient peu de sel. Au contraire quand la PAM est haute on a une activation du système FAN et une inhibition du SRAA.

VI/ Intégration des mécanismes

Le système **cardio-vasculaire**, qu'on appelle le **contenant**, **réagit très vite** (de l'ordre de la milliseconde) → **neuronal** sur :

- La fréquence cardiaque
- La contractilité cardiaque
- La vasomotricité (constriction/dilatation)

La volémie c'est différent, c'est plutôt **hormonal**, ça joue sur des transports à travers les épithéliums et ça va avoir une **action plus lente mais très puissante** → SUR LE CONTENU.

Petit récap +++

- **Le système cardiovasculaire (contenant) : action rapide et brève (sec, min).**
- **Volémie (contenu) : action lente et soutenue (heures, jours).**

Explication de l'année dernière (c'est que du bonus) :

En cas de baisse de la PA (=hypotension), on peut mesurer la **puissance** des différents systèmes. Immédiatement le **baroréflexe** varie, le contenant (=système cardio-vasculaire) réagit très fort MAIS c'est une réaction dont la puissance est limitée.

En effet, s'il n'y a pas un volume qui augmente, on a beau presser presser presser il n'y aura rien. On a alors une production **d'hormone** qui va avoir un effet également sur les artères qui sont capables de vasoconstricter.

Si on a une baisse de pression, le liquide interstitiel des capillaires qui va avoir tendance à passer vers l'intérieur des capillaires.

Le système de **réétention de sodium** ici s'installe par l'aldostérone (*notamment*) et puis on a la relation contrôle de **volémie** qui va se mettre immédiatement à pomper de **l'eau** et du **sel** dans l'urine primitive. Tant qu'il y a de l'urine primitive, ça fonctionne.

Il faut savoir que le contrôle rénal de la volémie ne s'arrête pas.

Ce qu'il faut retenir de ça (IMPORTANT) mais le fait qu'on a deux éléments :

- Un système **rapide** efficace mais dont la puissance est **limitée**.
- Un système **lent** efficace mais dont la puissance est **très forte**.

Les deux systèmes interviennent de manière décalée dans le temps ++

FINIIIS !!!!

Place au dédis :

- *Dédis à moi qui ai fait trop de nuit blanche pour finir cette fiche*
- *Dédis à vous qui apprenait cette fiche bien longue*
- *Dédis à Jade et Loubna*
- *Dédis à Sammy*
- *Dédis à Andréa qui me faisait bien rire en cours de maths*
- *Dédis à Charlotte et au mcdo*
- *Dédis à Clarisse et à nos contres soirées*