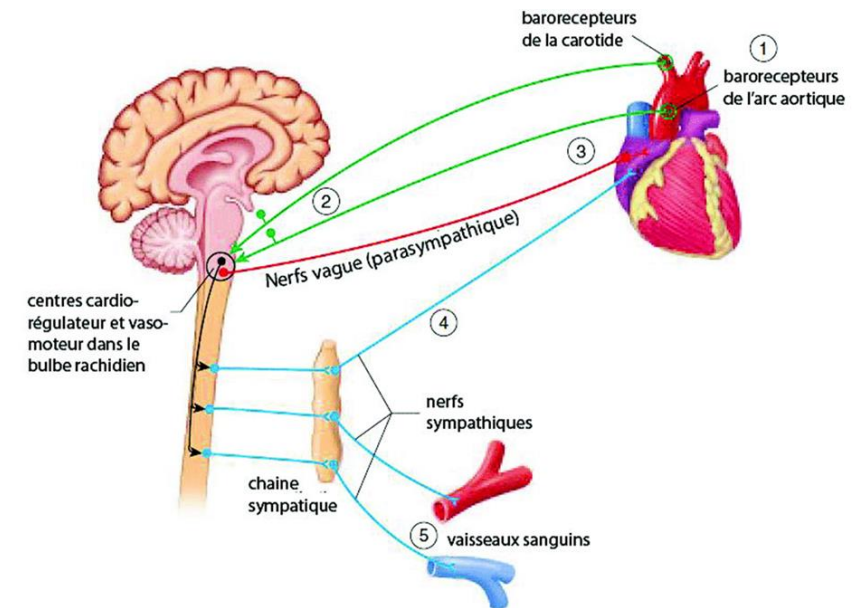


INTEGRATION ET REGULATION DE LA FONCTION CARDIO-VASCULAIRE

UEF 106

Pr Kaouthar Masmoudi

2025- 2026

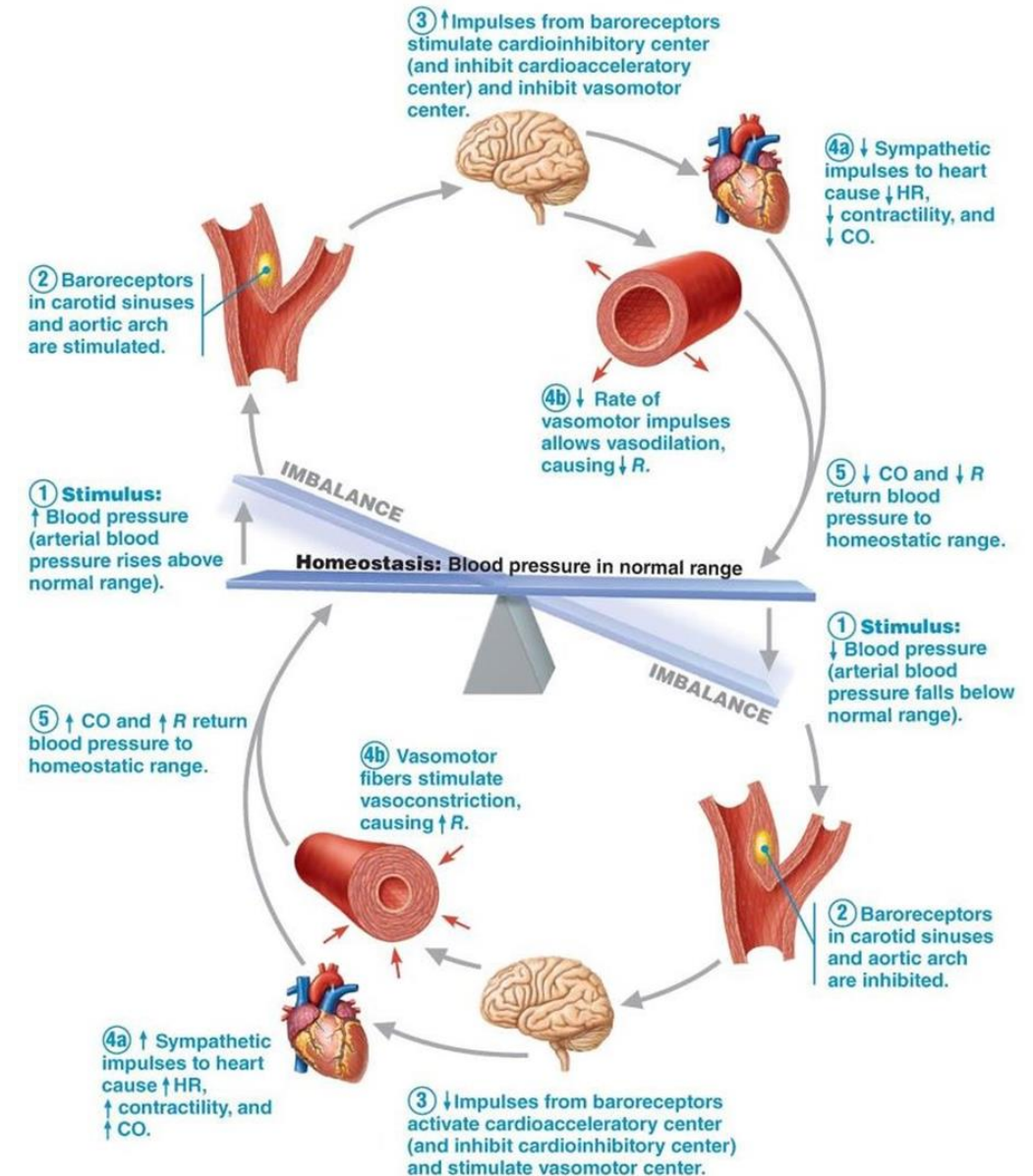


Plan

- LA BOUCLE DE REGULATION
- LES MECANISMES NERVEUX SE CONTRÔLE
- LES FACTEURS HUMORAUX

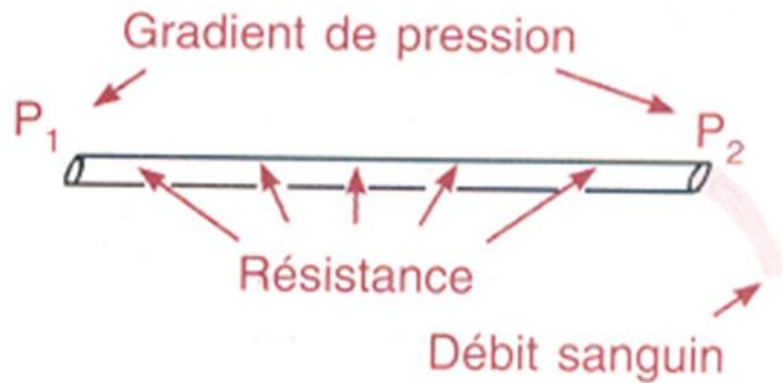
BOUCLE DE REGULATION

- Lois physiques
- Différents aspects de la régulation
- La grandeur réglée du système cardio-vasculaire



Loi de Poiseuille

- débit si écoulement laminaire
- $Q = \Delta P / R$
- $R = 8 \eta L / \pi r^4$
- $\Delta P = Q \times R$



Loi de Poiseuille

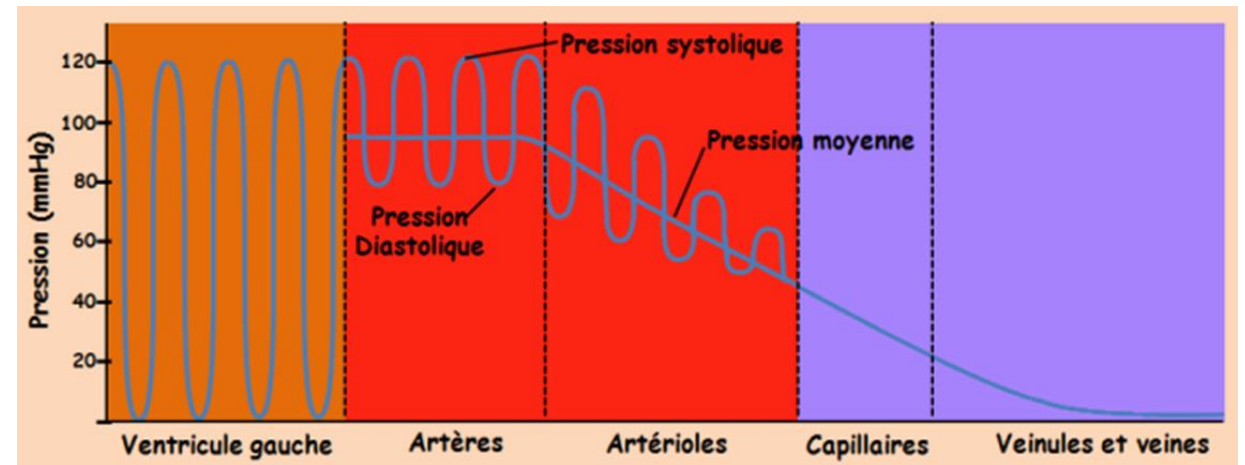
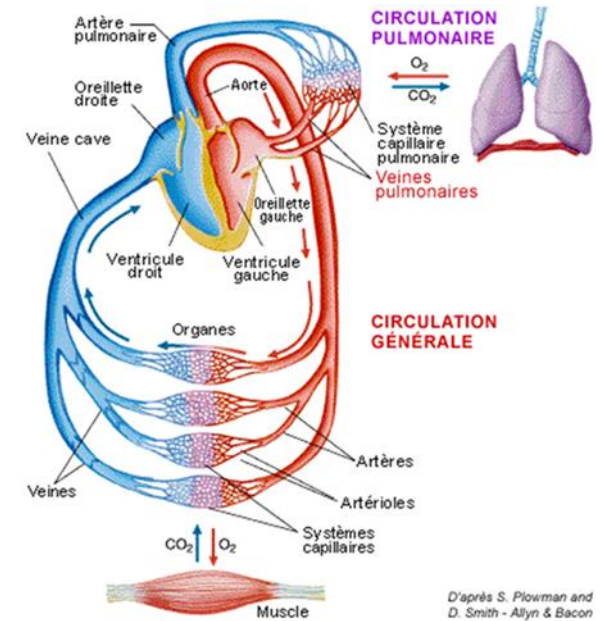
Débit d'un fluide newtonien en écoulement laminaire

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 \eta L}$$

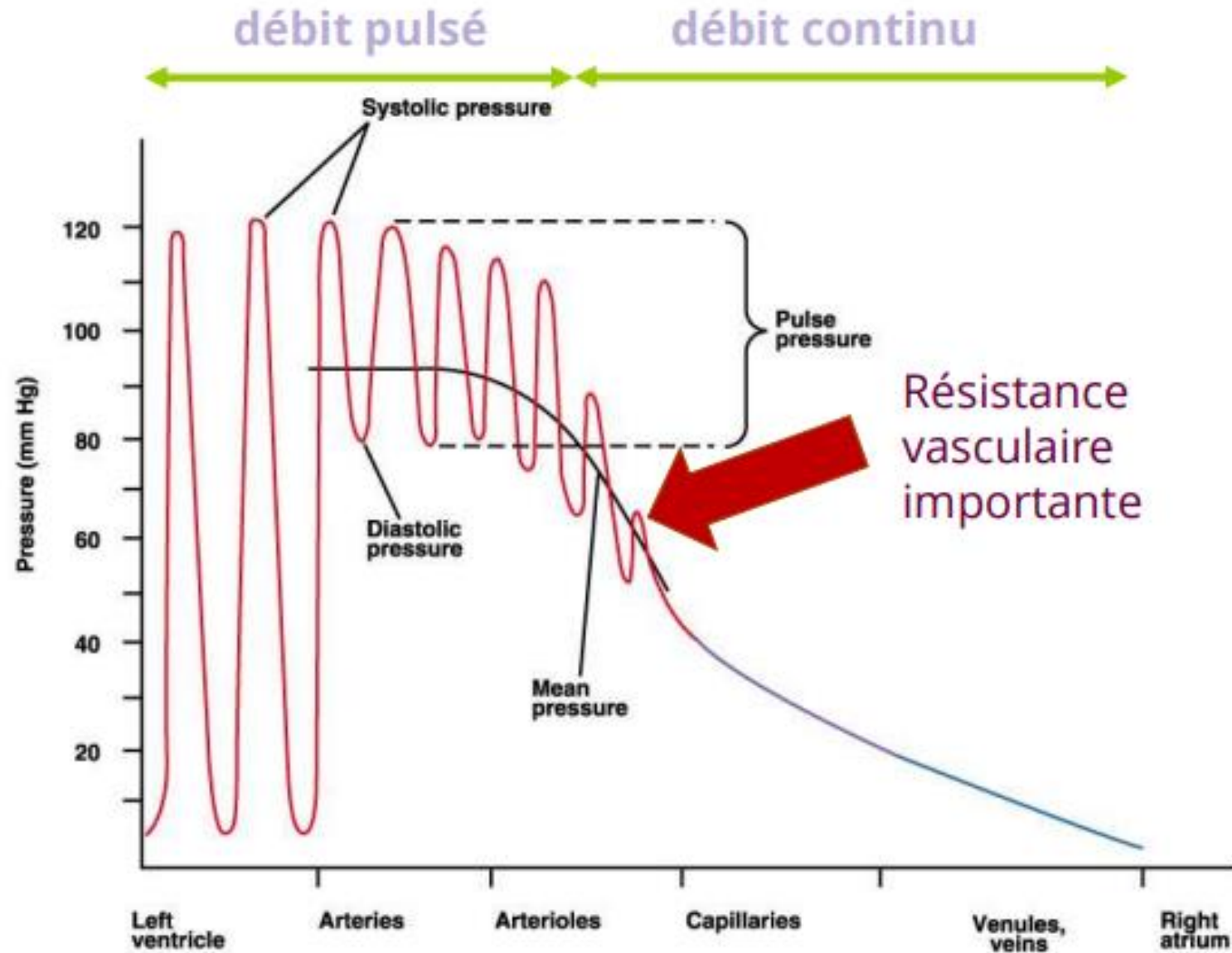
Avec Q : débit (parfois noté D); η : viscosité; ΔP : différence de pression entre les 2 extrémités du tube de rayon r et de longueur L

Dans la circulation sanguine systémique :

- $\Delta P = P_{\text{entrée}} - P_{\text{sortie}}$
- $\Delta P = P_{\text{aorte}} - P_{\text{OD}}$
- P_{OD} : très faible
- $P_{\text{aorte}} = P_{\text{artérielle}} = PA$
- $\Delta P = PA$
- $PA = Q \times R$
- $Q = VES \times FC$
- $PA = VES \times FC \times R$



Pression = force que le sang exerce sur la paroi des vaisseaux



- **Pression artérielle (PA)**

« Loi d'Ohm »

$$PA = Q_C \times RVP$$

- Q_C = débit cardiaque
- RVP = résistances vasculaires périphériques

« Loi de Poiseuille »

$$RVP = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

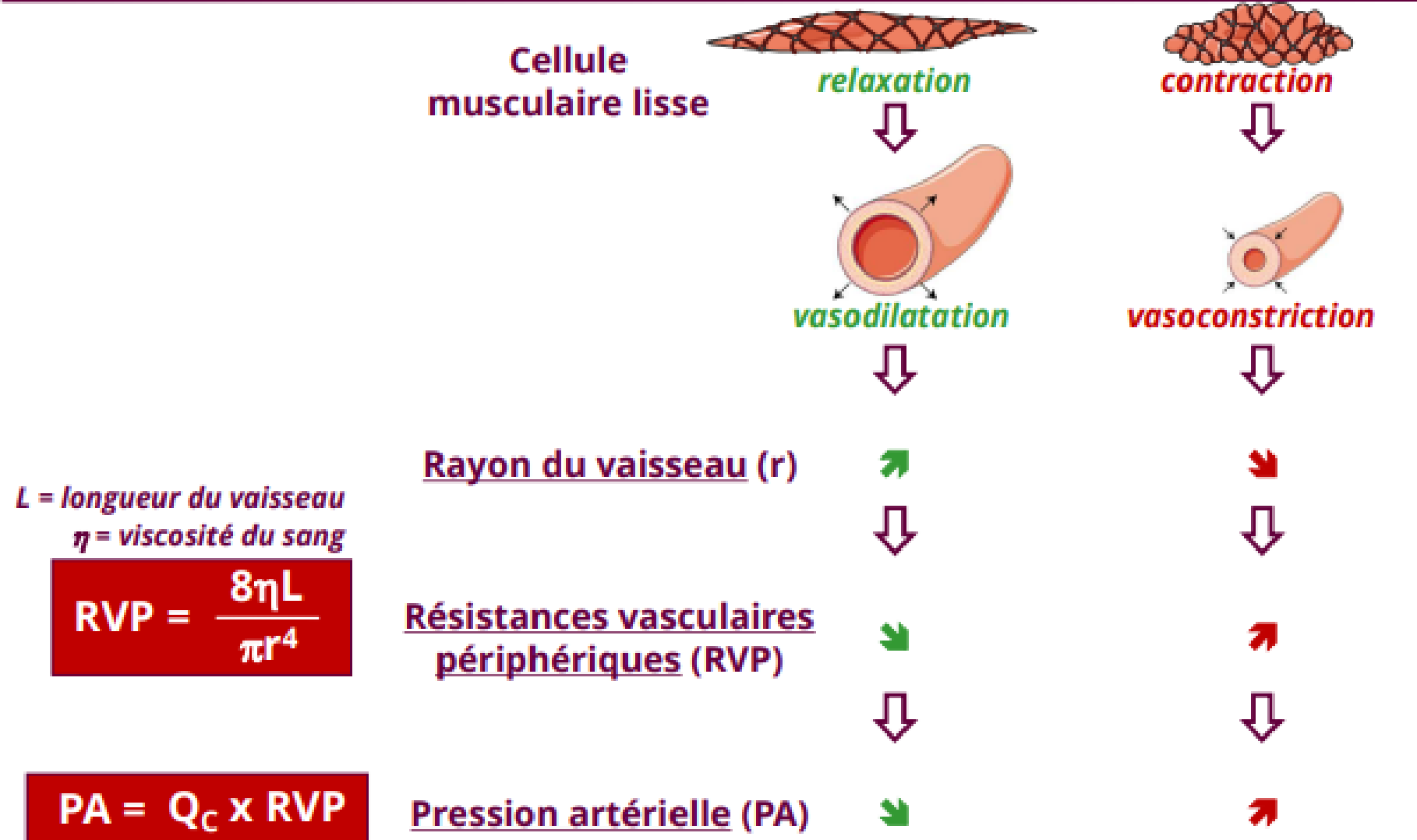
r = rayon du vaisseau

L = longueur du vaisseau

η = viscosité du sang

**Faible variation du rayon
=> grande variation de la
résistance**

Rôle du tonus vasculaire dans la régulation de la pression artérielle



L = longueur du vaisseau
 η = viscosité du sang

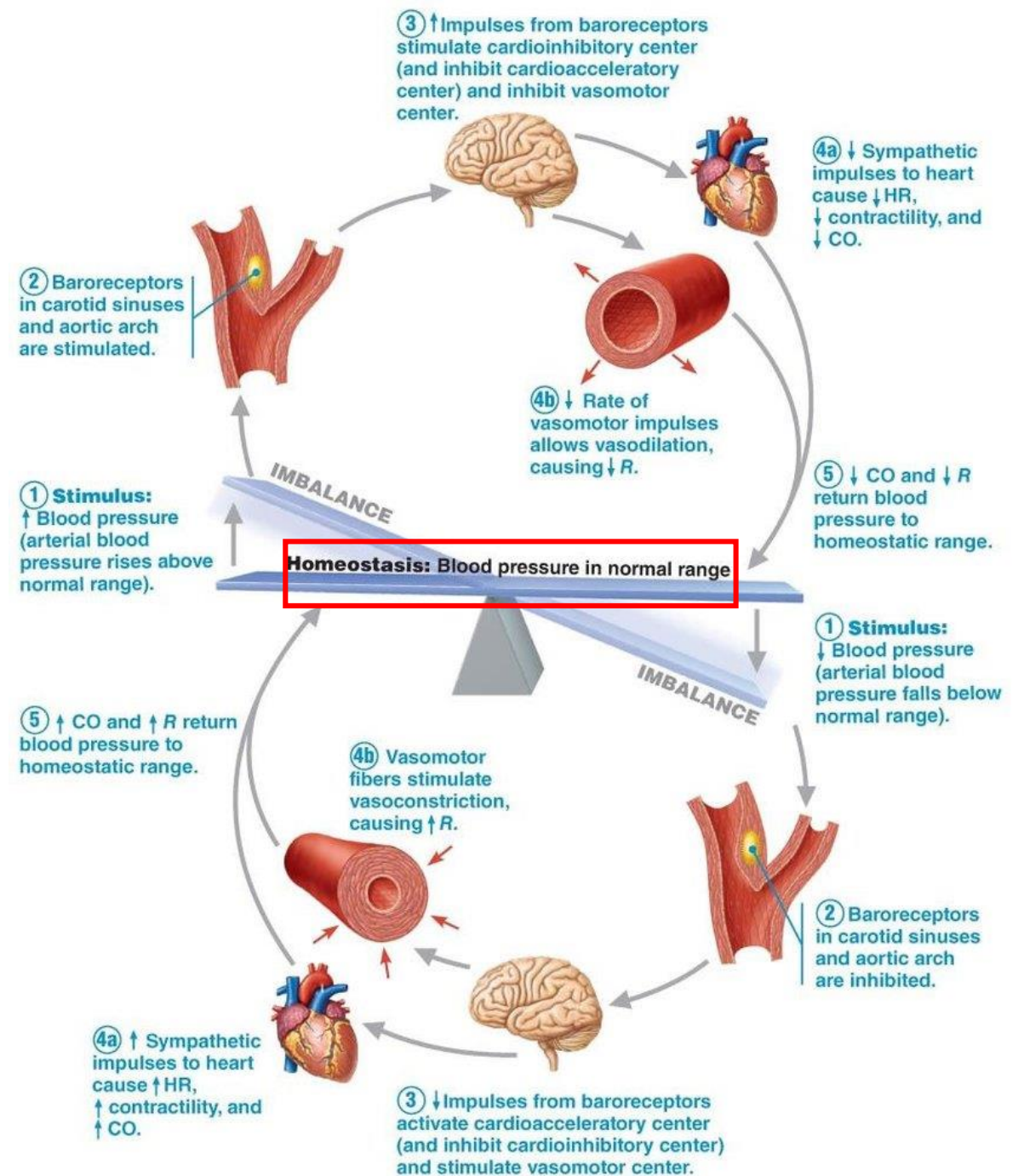
$$RVP = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

$$PA = Q_c \times RVP$$

- Q_c = débit cardiaque
- RVP = résistances vasculaires périphériques

LES DIFFÉRENTS ASPECTS DE LA RÉGULATION

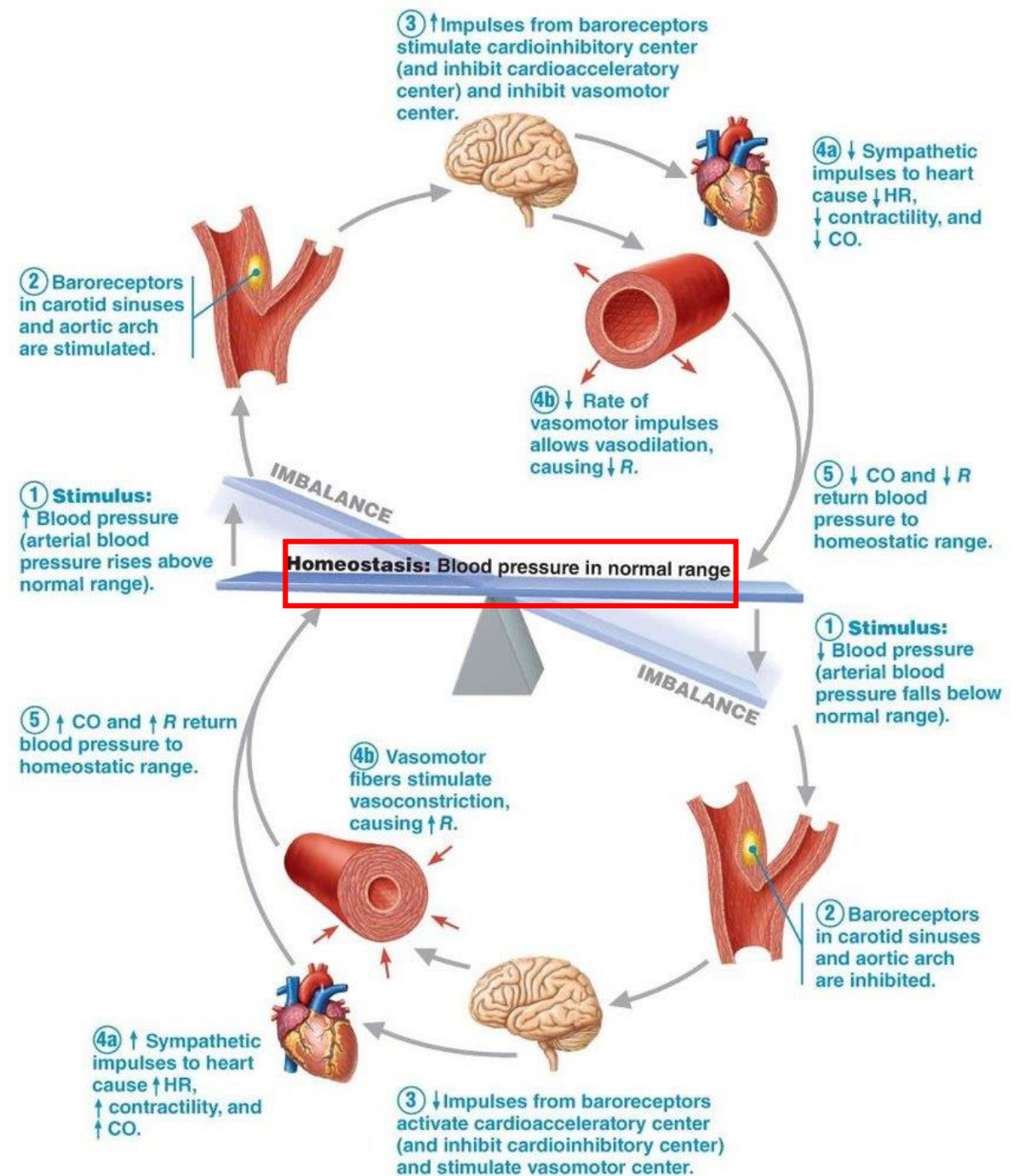
- Adaptation cardio-vasculaire
- Fonctionnement cohérent et stable
- Régulation de base :
 - Au repos
 - À jeun
 - Neutralité thermique



LES DIFFÉRENTS ASPECTS DE LA RÉGULATION

Boucle de régulation :

- Grandeur réglée
- Facteurs de modification de la grandeur réglée
- Information des centres de contrôle
- Action des centres de contrôle



La grandeur régulée du système cardio-vasculaire

LA PRESSION ARTÉRIELLE MOYENNE :

$$PA = Q \times R = VES \times FC \times R$$

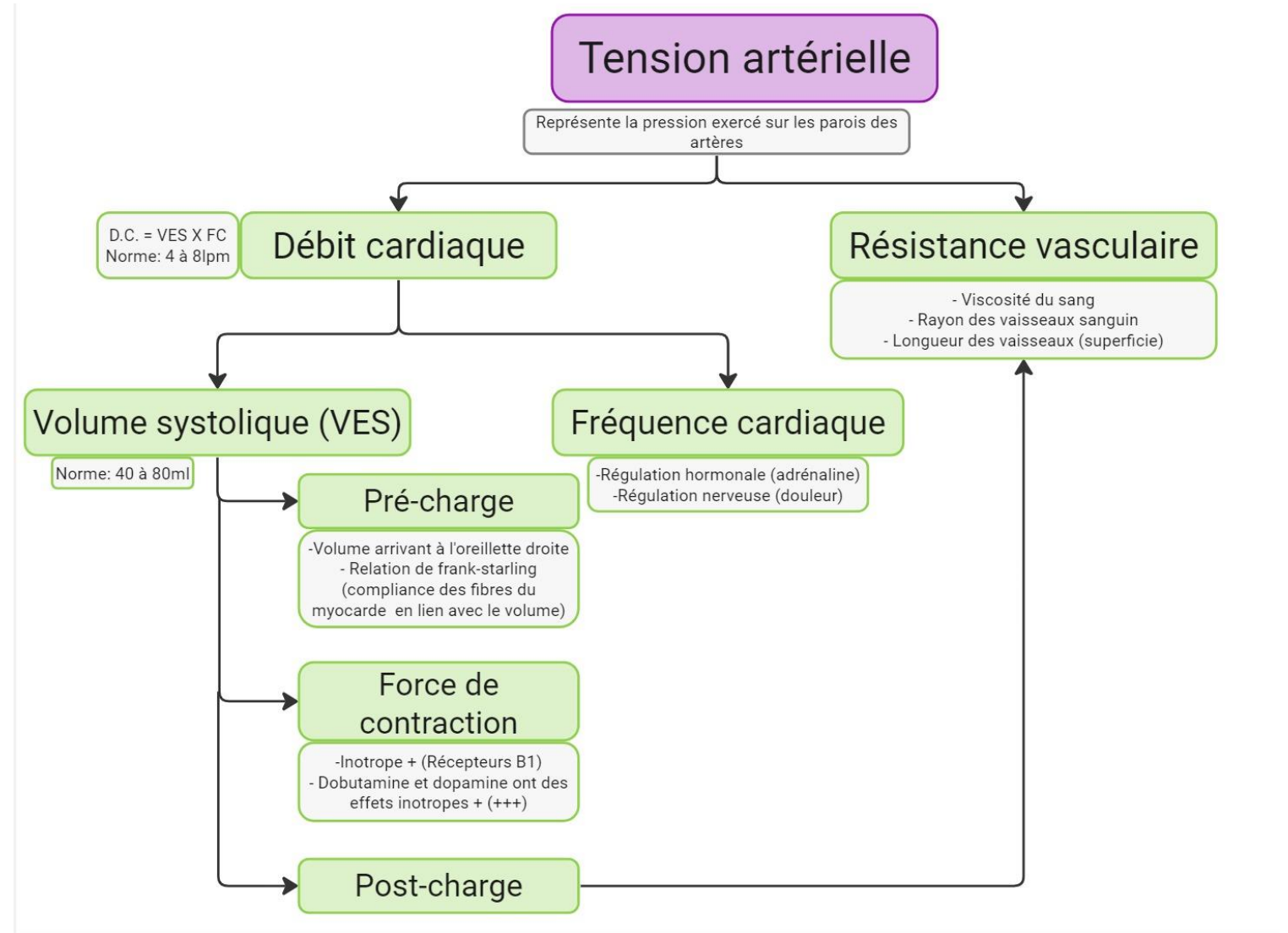
LA GRANDEUR RÉGLÉE DU SYSTÈME CARDIO-VASCULAIRE

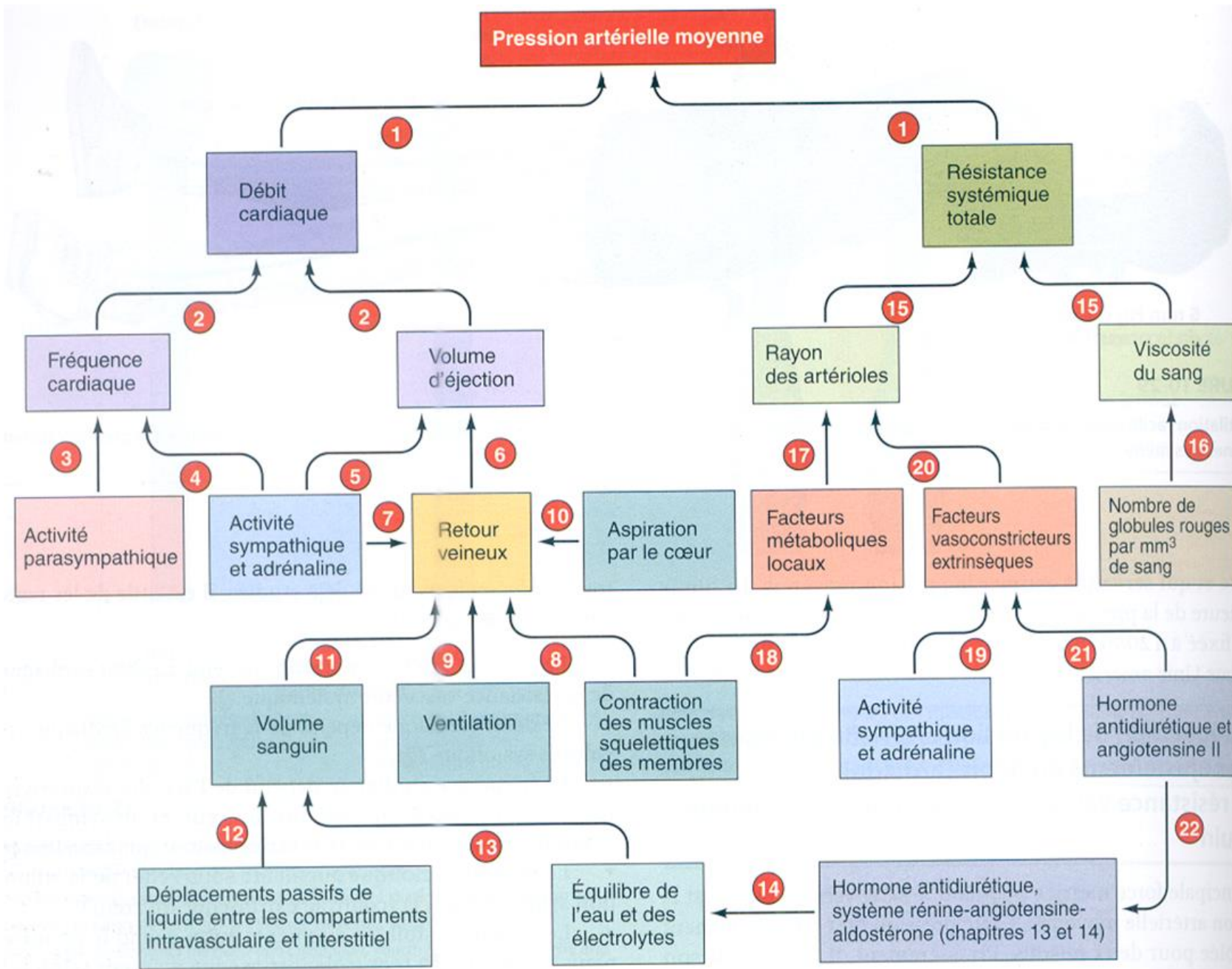
- Contrôle :

- nerveux
- Humoral

- Contrôle :

- Cardiaque : Q
 - VES
 - FC
- Vasculaire : R





Facteurs déterminant la pression artérielle moyenne

LES MÉCANISMES NERVEUX DU CONTRÔLE

- Le contrôle nerveux de l'activité cardiaque
- Le contrôle nerveux de la vasomotricité
- Les centres nerveux de contrôle
- Les barorécepteurs

LE CONTRÔLE NERVEUX DE L'ACTIVITÉ CARDIAQUE

- Le contrôle cardio-modérateur parasympathique
- Le contrôle accélérateur sympathique
- Les rôles respectifs des deux systèmes

Le contrôle cardio-modérateur parasympathique

- *Aspects morphologiques*
- *Action des pneumogastriques*

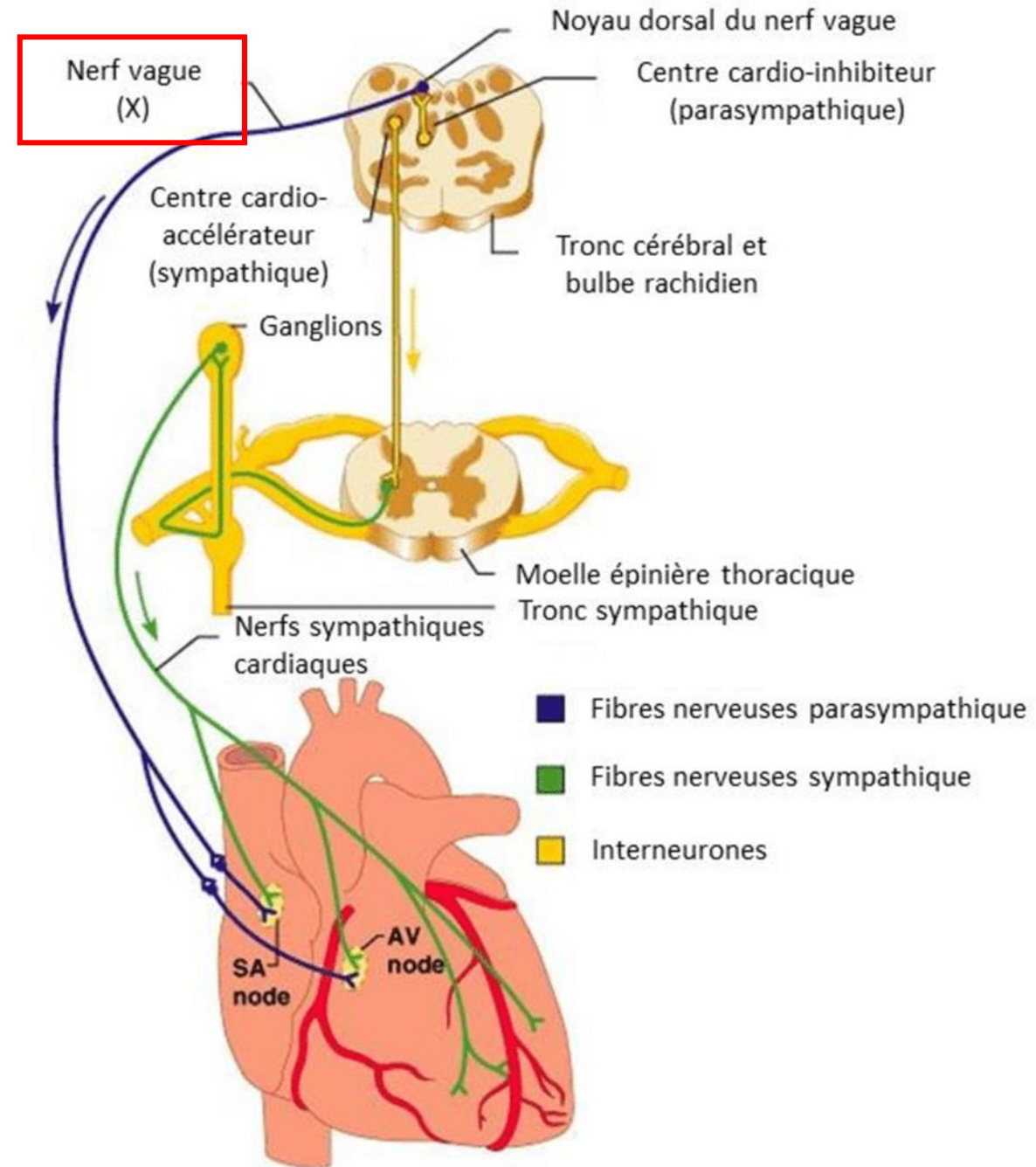
Aspects morphologiques

Nerfs vagues : X :

• Bulbe -----< -----<
Ny dorsal du vague gg du plexus ss aortique cœur
acétylcholine acétylcholine

• Terminaison :

- Nœud sinusal : vague droit
- Nœud A-V : vague gauche
- Myocarde auriculaire
- Myocarde ventriculaire : dépourvu :+++



Action des nerfs vague (pneumogastriques)

- **Expérience :**

- Section d'1 seul nerf vague →
 - pas d'effet notable sur l'activité cardiaque de repos
- Section bilatérale des vagues →
 - ↗ FC → 120/min
- Stimulation du bout périphérique d'un nerf vague préalablement sectionné → ↘ FC

- **→ Conclusion**

- À l'état normal :

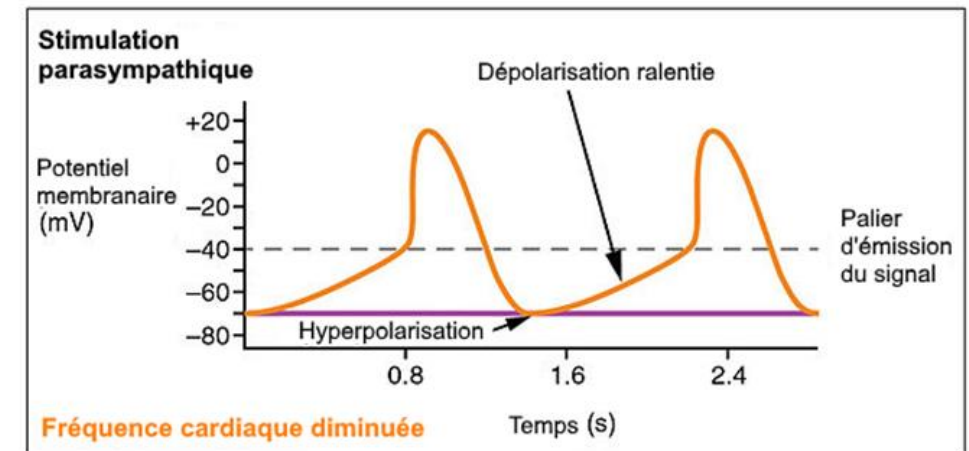
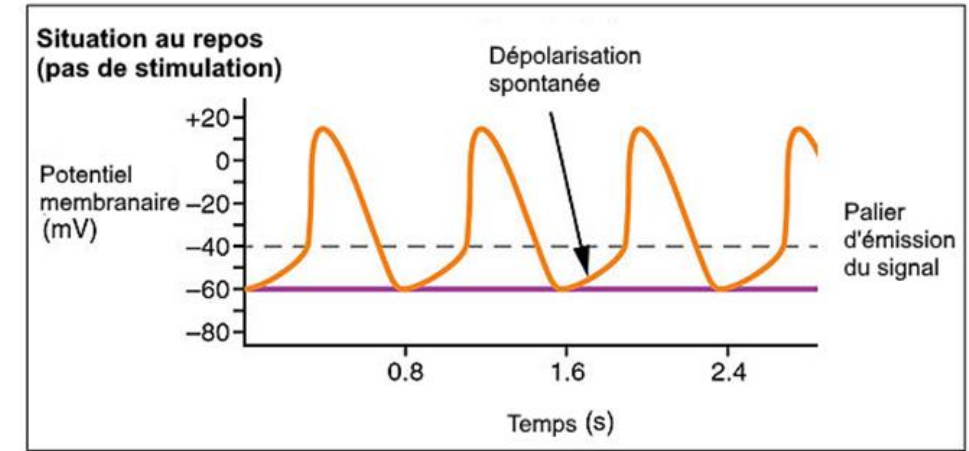
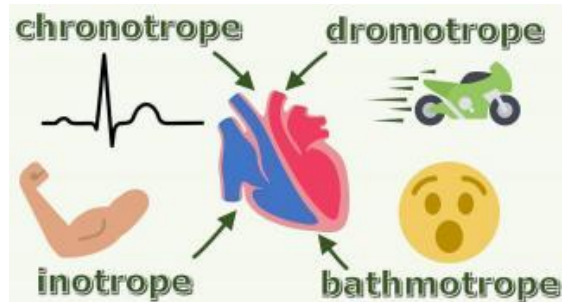
les nerfs vagues → action frénatrice continue sur l'activité cardiaque

Tonus cardio-modérateur

Action des vagues (pneumogastriques) :

Actions :

- Chronotrope (-) : \searrow FC : (-) du nœud sinusal
- Dromotrope (-) : \searrow de la conduction
- Bathmotrope (-) : \searrow de l'excitabilité du tissu nodal



Le contrôle accélérateur sympathique

- *Aspects morphologiques*
- *Action du système sympathique*

Aspects morphologiques

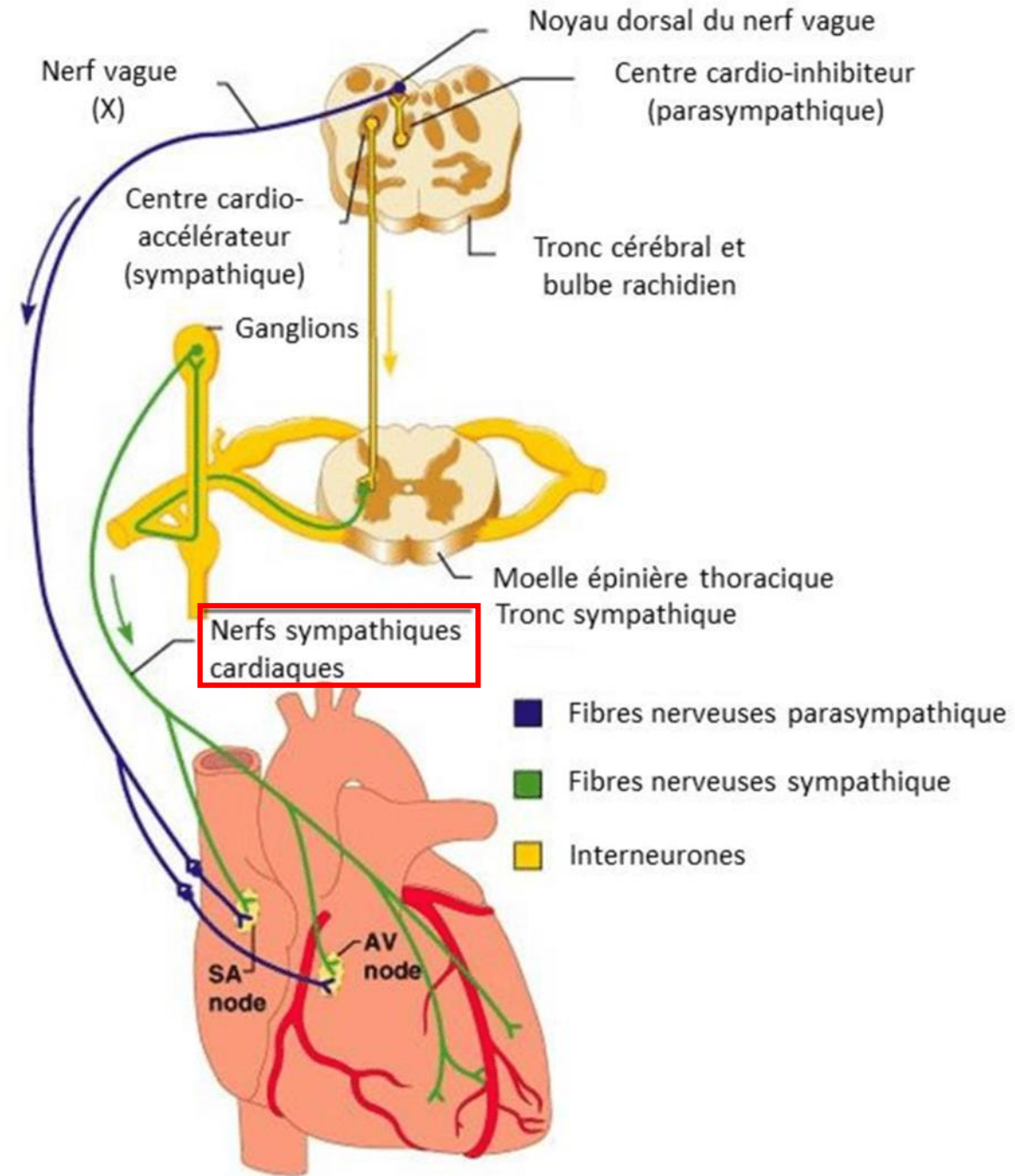
- acétylcholine noradrénaline ($R\beta$)

• D1-D4 -----< -----< cœur

Tractus gg Σ cervicaux cellules nodales,

intémédio- (gg stellaire) myocardiques

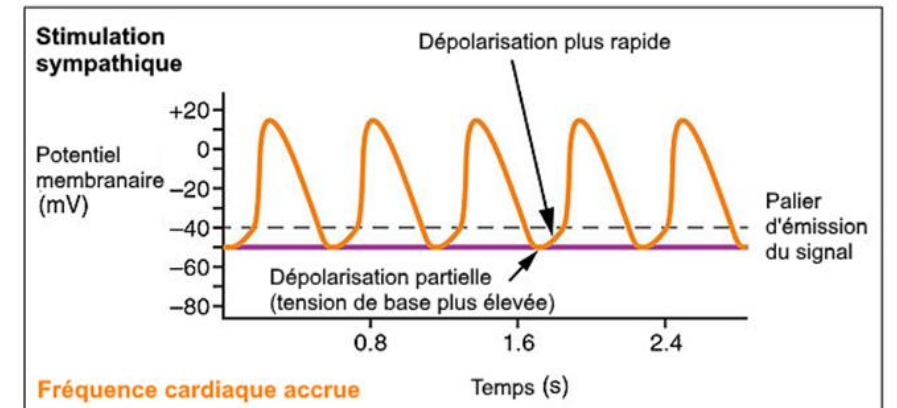
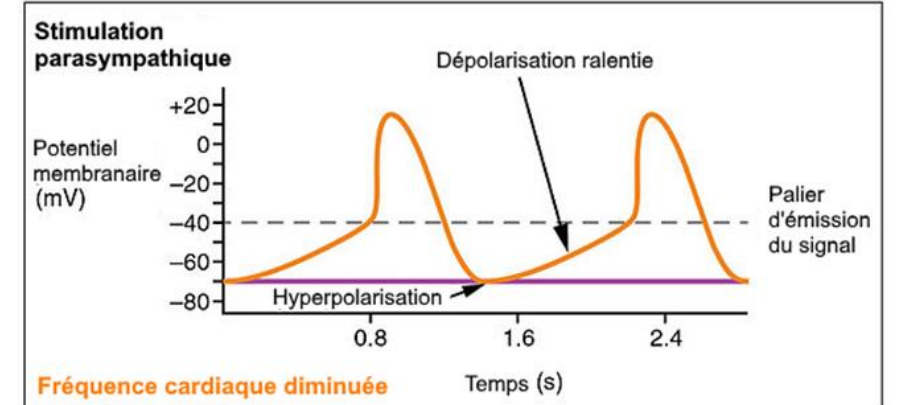
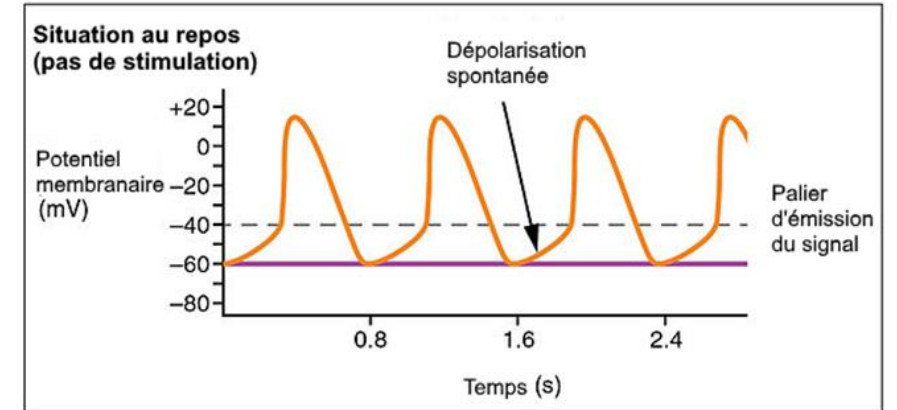
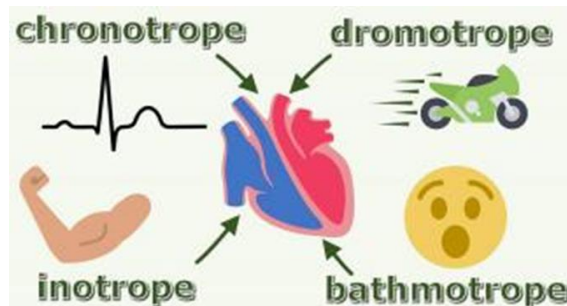
latéralis



Action du système sympathique

Expériences :

- Destruction bilatérale des ganglions stellaires →
 - peu d'effets sur l'activité cardiaque
- B-bloquants →
 - légère \searrow FC
- (+) ganglion stellaire → action :
 - Chronotrope (+) : \nearrow FC \rightarrow 200/min
 - Inotrope (+) : \nearrow puissance contractile ventriculaire
 - Dromotrope (+) : \nearrow vitesse de conduction
 - Bathmotrope (+) : \nearrow excitabilité myocardique



Les rôles respectifs des deux systèmes

- **Expérience :**

- A l'état normal : FC \approx 70/min
- Suppression du contrôle nerveux de l'activité cardiaque \rightarrow
- \nearrow de l'activité : \nearrow FC \rightarrow 120/min

- **Conclusion :**

Tonus cardio-modérateur vagal > Tonus cardio-accélérateur sympathique

Les rôles respectifs des deux systèmes

- ↗ **FC :**
 - activité para Σ
 - activité Σ

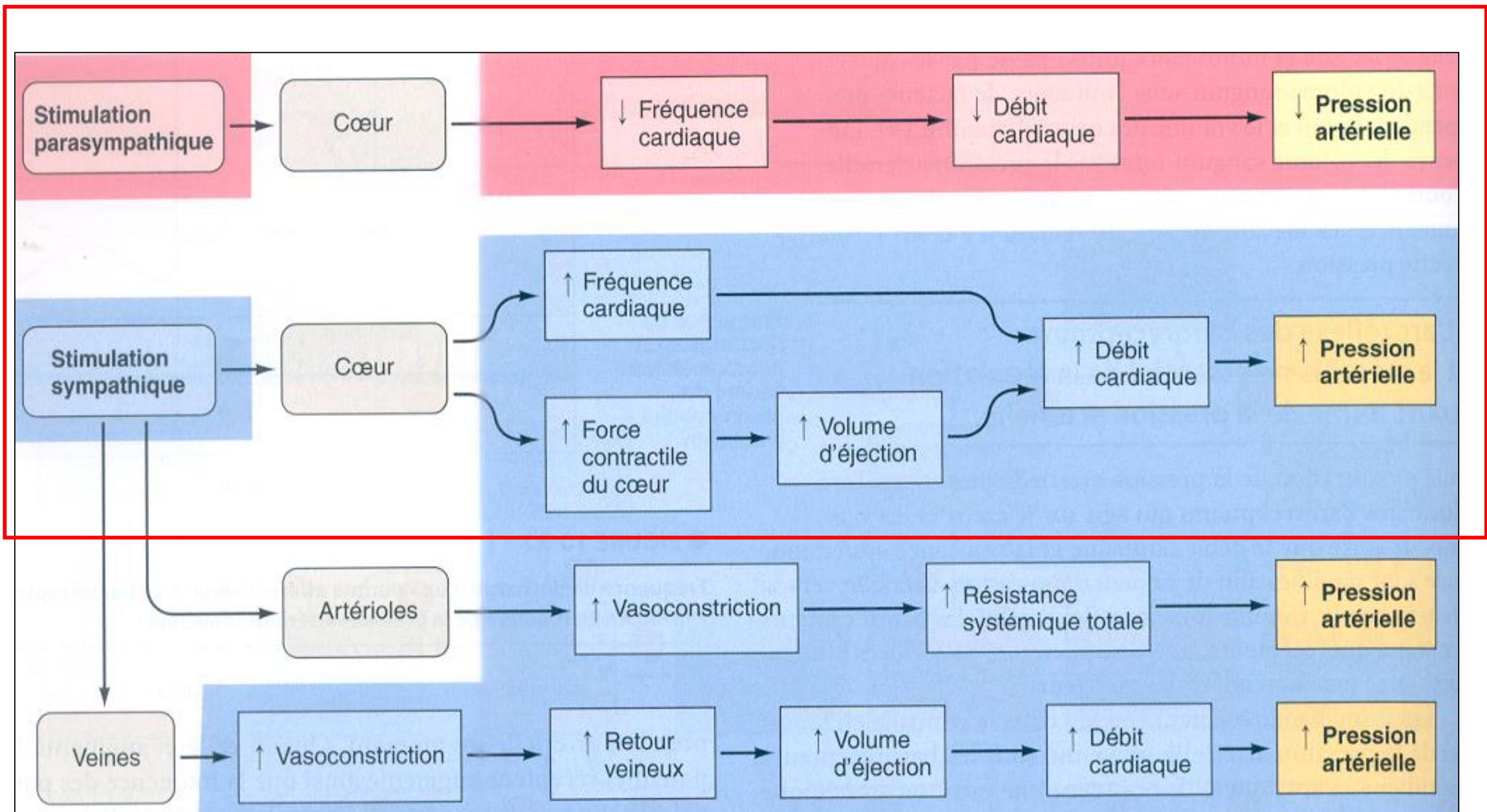
→ 120/min

↘
↗

> 120/min
supprimée
↗↗
- ↘ **FC :**
 - activité para Σ
 - activité Σ

< 70/min

↗
supprimée



LE CONTRÔLE NERVEUX DE LA VASOMOTRICITÉ

- Le contrôle sympathique vasoconstricteur
- Existe-t-il un contrôle parasympathique de la vasomotricité ?
- Actions nerveuses vasodilatatrices

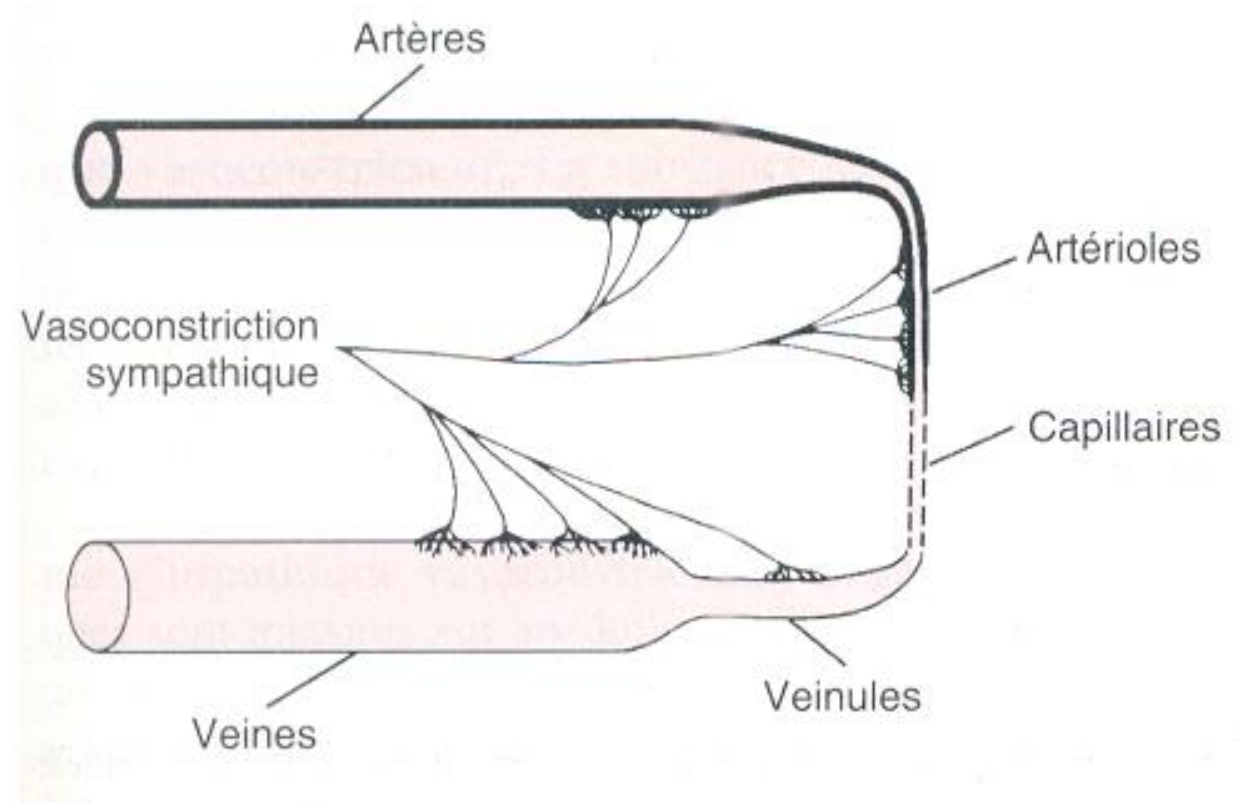
Le contrôle sympathique vasoconstricteur

- *Aspect morphologiques*
- *Le rôle du système vasoconstricteur*
- *Le tonus propre des fibres lisses vasculaires*
- *L'intervention des glandes médullosurrénales*

Aspect morphologiques

Innervation Σ :

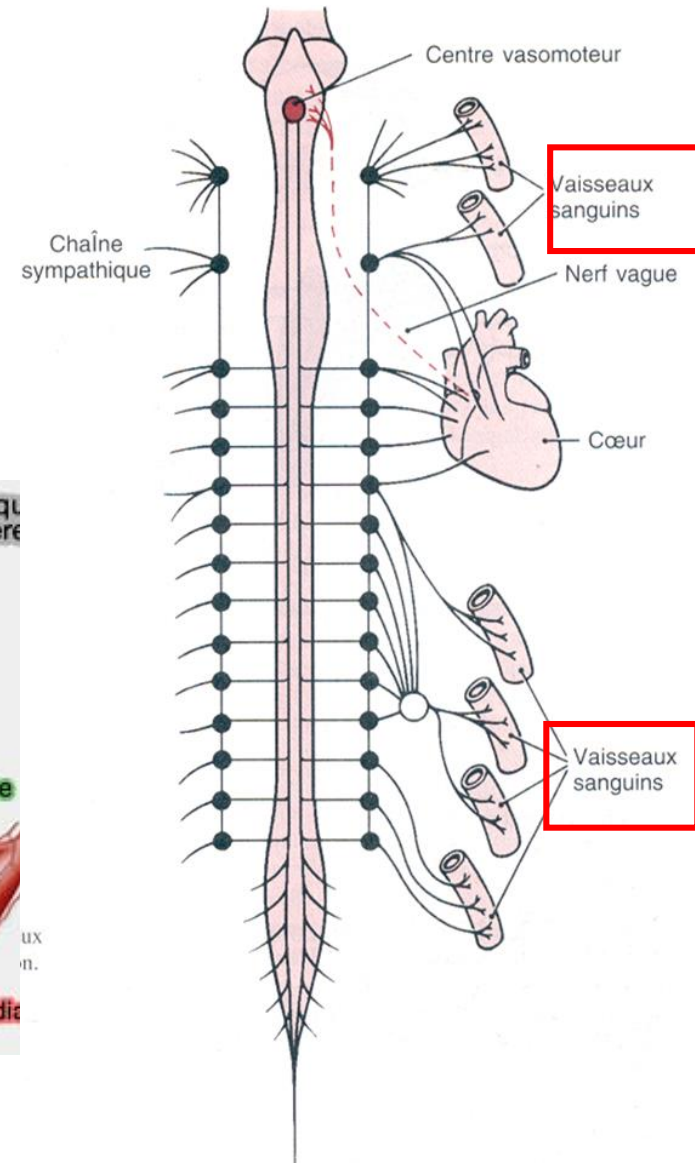
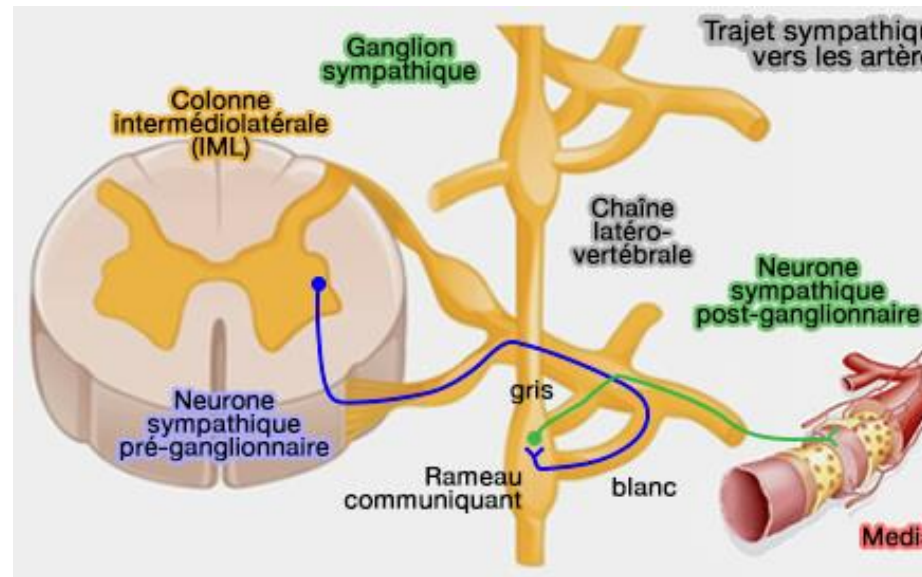
- Petites artères et artérioles :+++
- Veines et veinules : aussi
- \rightarrow vasoconstriction
- $\rightarrow \nearrow$ résistances vasculaires
- $R = 8 \eta l / \pi r^4$



Innervation sympathique de la circulation systémique.

Aspect morphologiques

- Fibres pré-ganglionnaires
 - D1-L3-4 : Tractus intermedio-latéralis
 - Racine ant de ME
 - Rameaux communicants blancs
 - gg chaîne Σ paravertébrale
- fibres post-ganglionnaires
 - Trajet variable
 - Médiateur : noradrénaline
 - Récepteurs :
 - α_1 : +++
 - β : +/-



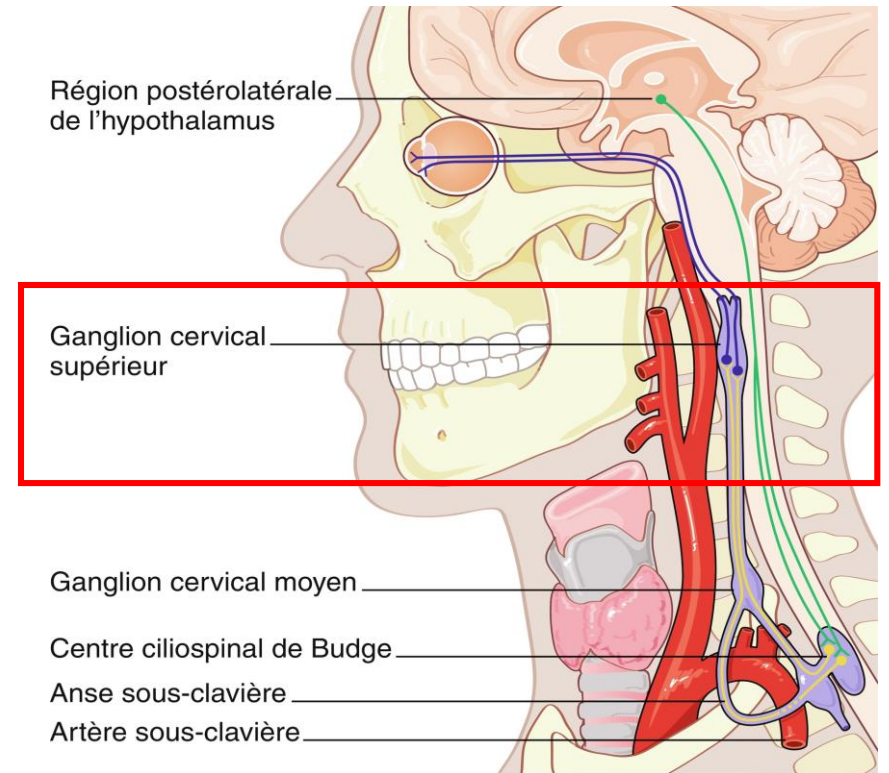
Le rôle du système vasoconstricteur

- **Expérience de Claude Bernard :**

- Section du sympathique cervical → vasodilatation+++ au niveau du territoire cutané de la face
- (+) du bout périphérique de ces nerfs → vasoconstriction +++ du même territoire

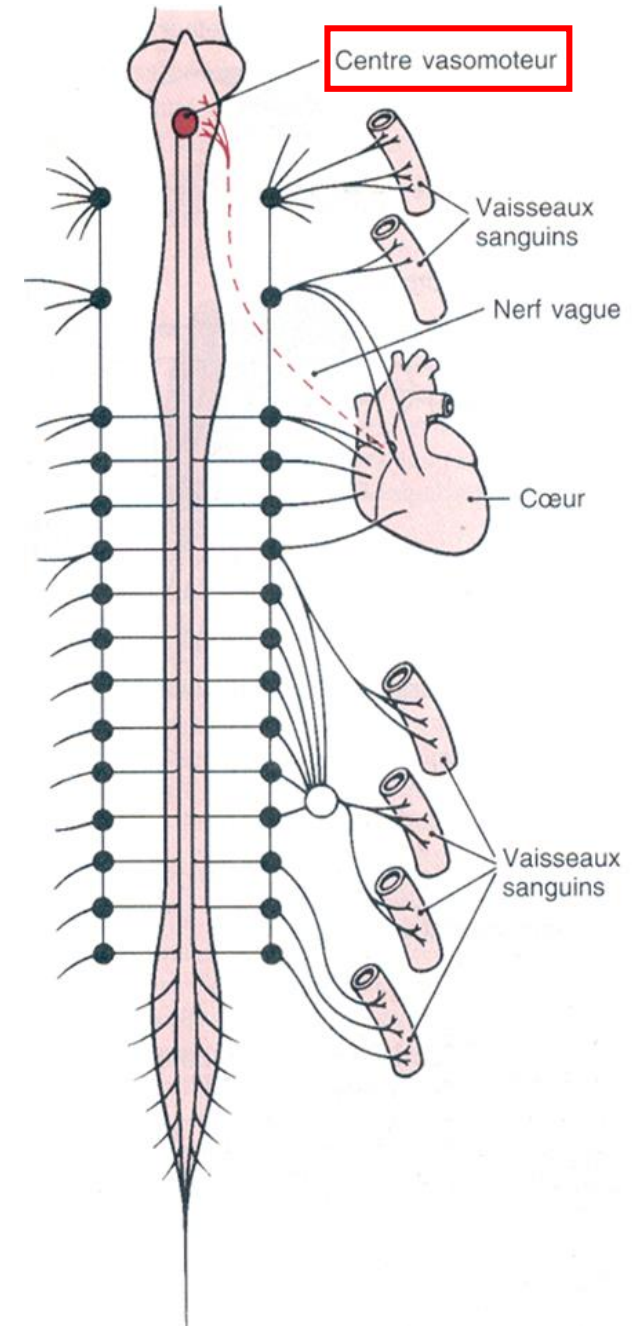
- **Conclusion :**

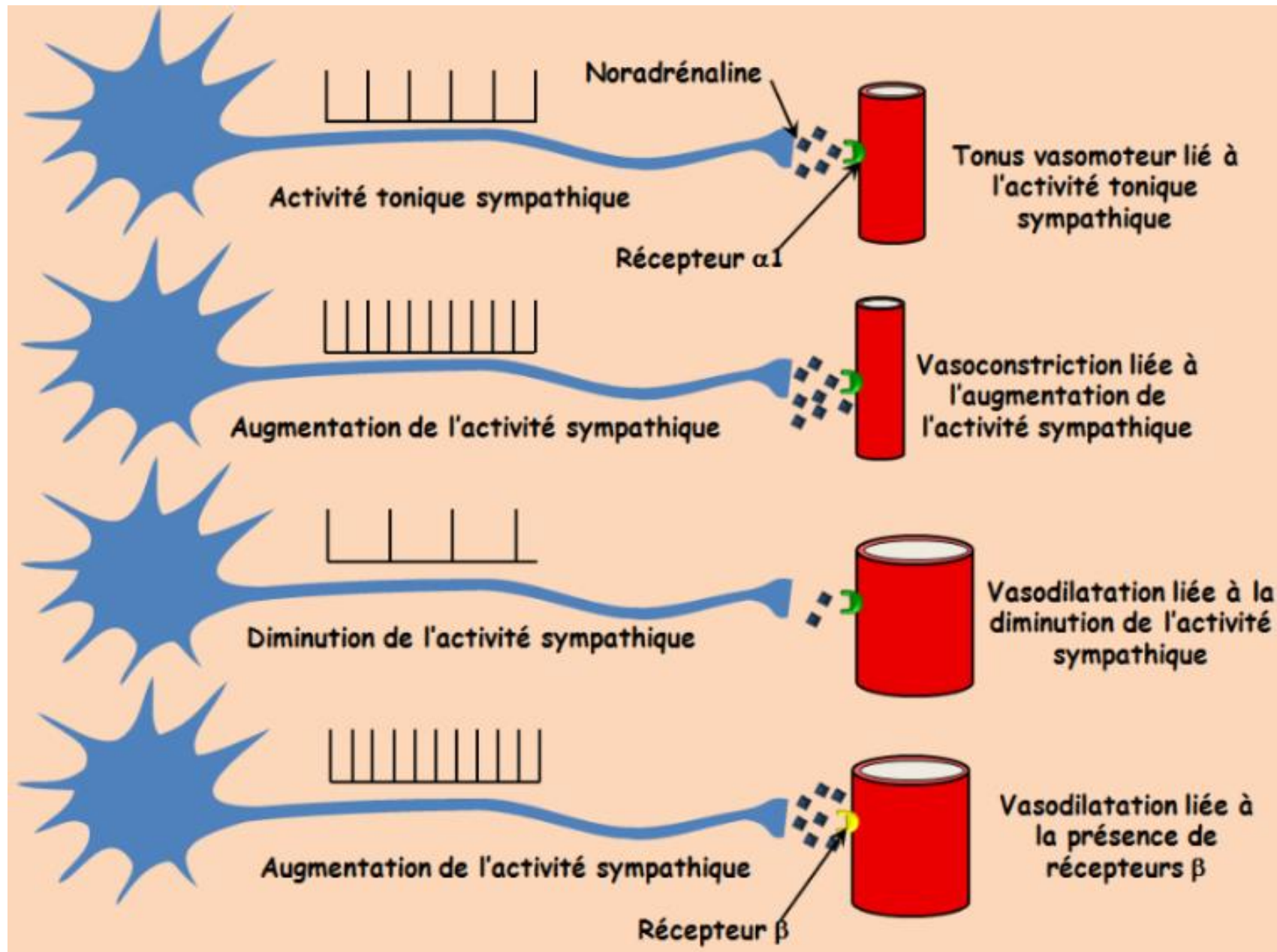
- Système Σ : vasoconstricteur
- Au repos : tonus vasoconstricteur +++
- Suppression du tonus vasoconstricteur → vasodilatation passive



Le rôle du système vasoconstricteur

- (+)Centre vasoconstricteur :
 - bulbaire :
 - Action généralisée
 - ↗ résistances vasculaires globales → ↗ PA
- (-)Centre vasoconstricteur :
 - ↘ résistances vasculaires globales → vasodilatation généralisée passive → ↘ PA
- « α -bloquants » :
 - ↘ résistances vasculaires globales → vasodilatation généralisée passive → ↘ PA
 - Démasque l'action des récepteurs β : vasodilatation





Le tonus propre des fibres lisses vasculaires

Expériences:

- Suppression totale de l'innervation $\Sigma \rightarrow$ vasodilatation
- + administration de drogues vasodilatrices \rightarrow vasodilatation plus importante

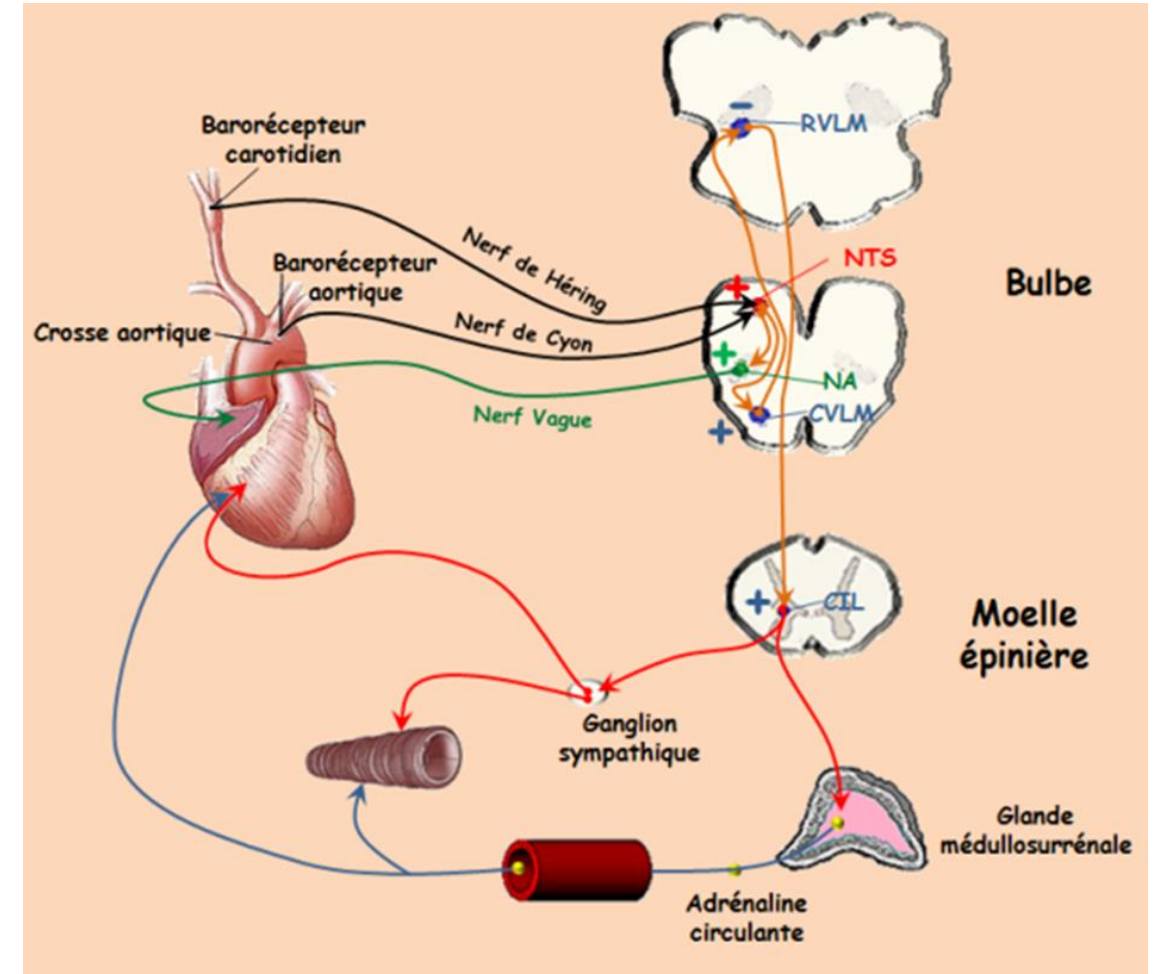
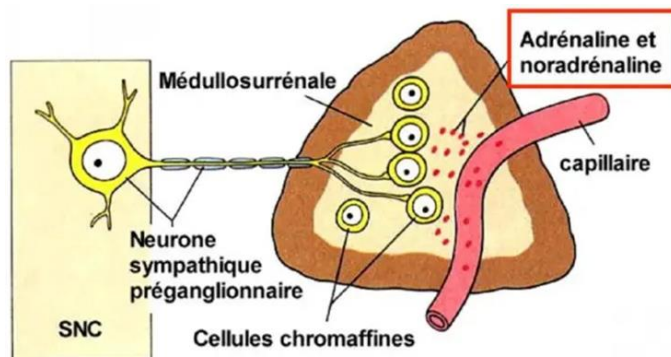
Conclusion :

Les muscles lisses vasculaires possèdent un tonus propre : Tonus myogène

- **Tonus myogène:**
 - Artères + veines
 - Artérioles :+++
 - ↗ quand la paroi vasculaire est étirée

L'intervention des glandes mésentosurrénales

- (+) système vasoconstricteur
 - → (+) des glandes mésentosurrénales
 - → sécrétion d'adrénaline et noradrénaline
- Adrénaline →
 - action modérée sur les récepteurs α
- Noradrénaline →
 - action +++ sur les récepteurs α
 - Sur tous les vaisseaux



Existe-t-il un contrôle parasympathique de la vasomotricité ?

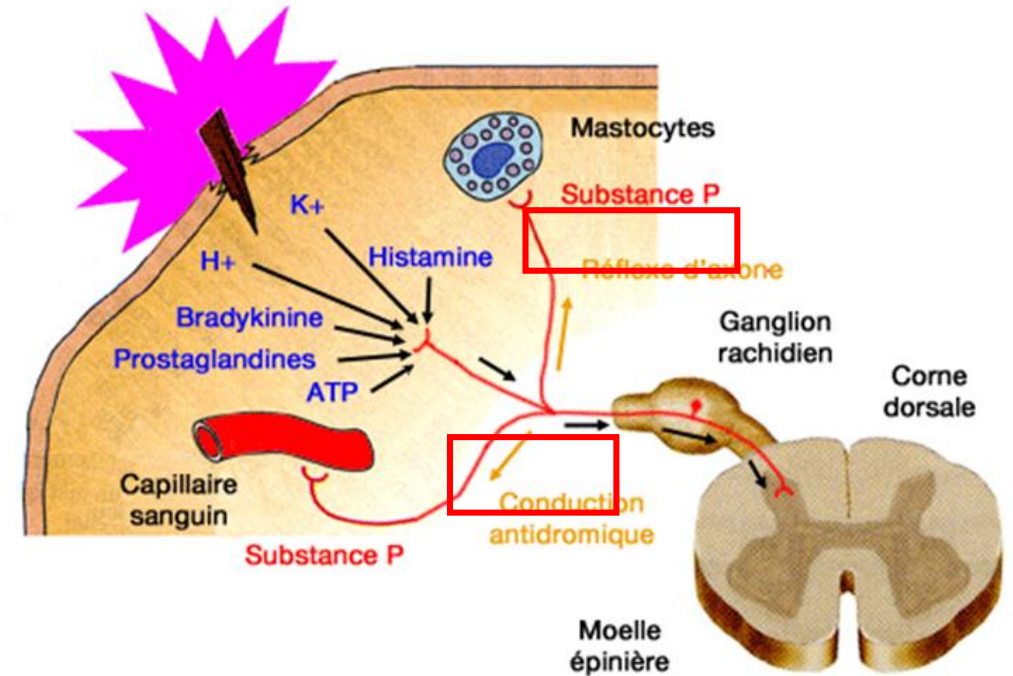
- Il n'existe pas de système parasympathique vasodilatateur généralisé
- Expérience :
 - (+) du bout périphérique de la corde du tympanique qui innerve les glandes sub-linguales et sous-maxillaires →
 - Sécrétion salivaire
 - Intense vasodilatation localisée à ces territoires
- Conclusion : Hypothèses:
 - Existence de système para Σ vasodilatateur localisé
 - (+) des glandes salivaires → libération dans le sang de substances vasodilatrices : kinines

Actions nerveuses vasodilatatrices³⁵

- *Les fibres vasodilatatrices postérieures*
- *Les nerfs vasodilatateurs musculaires*

Les fibres vasodilatatrices postérieures

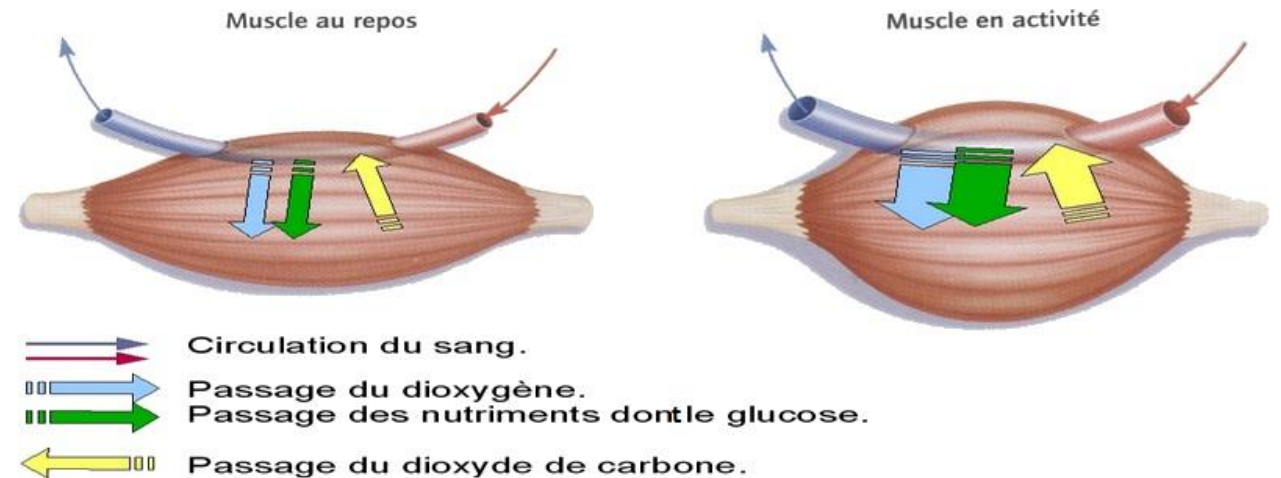
- Dans les racines post de la ME
- Conduction rétrograde : antidromique
- Réflexe d'axone
- Vasodilatation localisée à un territoire donné
- Affecte la circulation cutanée
- Rôle peu ++ dans la régulation de base de l'activité cardio-vasculaire



Reflexe d'axone

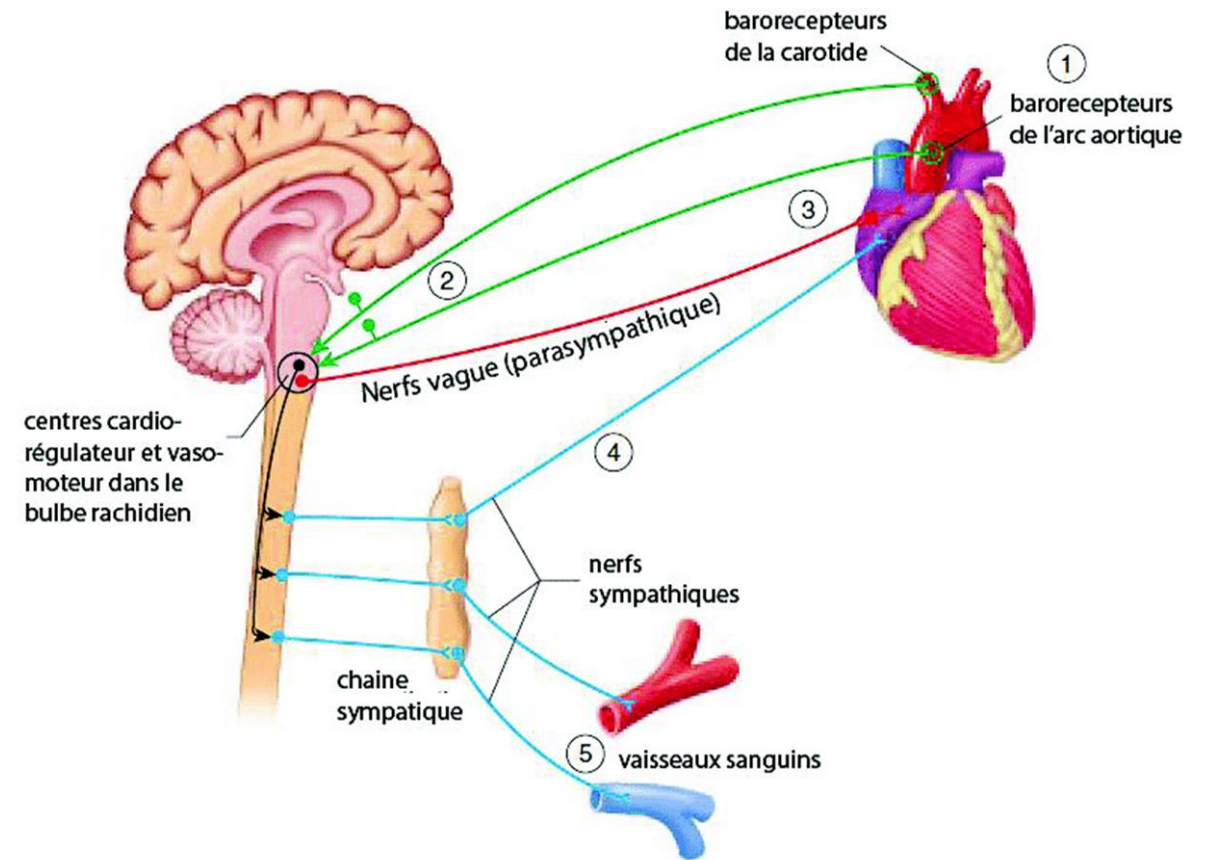
Les nerfs vasodilatateurs musculaires

- Fibres Σ vaso-dilatatrices
- Contrôle:
 - Non pas par les centres Σ bulbaires
 - Mais, par le cortex moteur (\rightarrow hypothalamus)
- Médiateur : acétylcholine
- Rôle : adaptation à l'effort



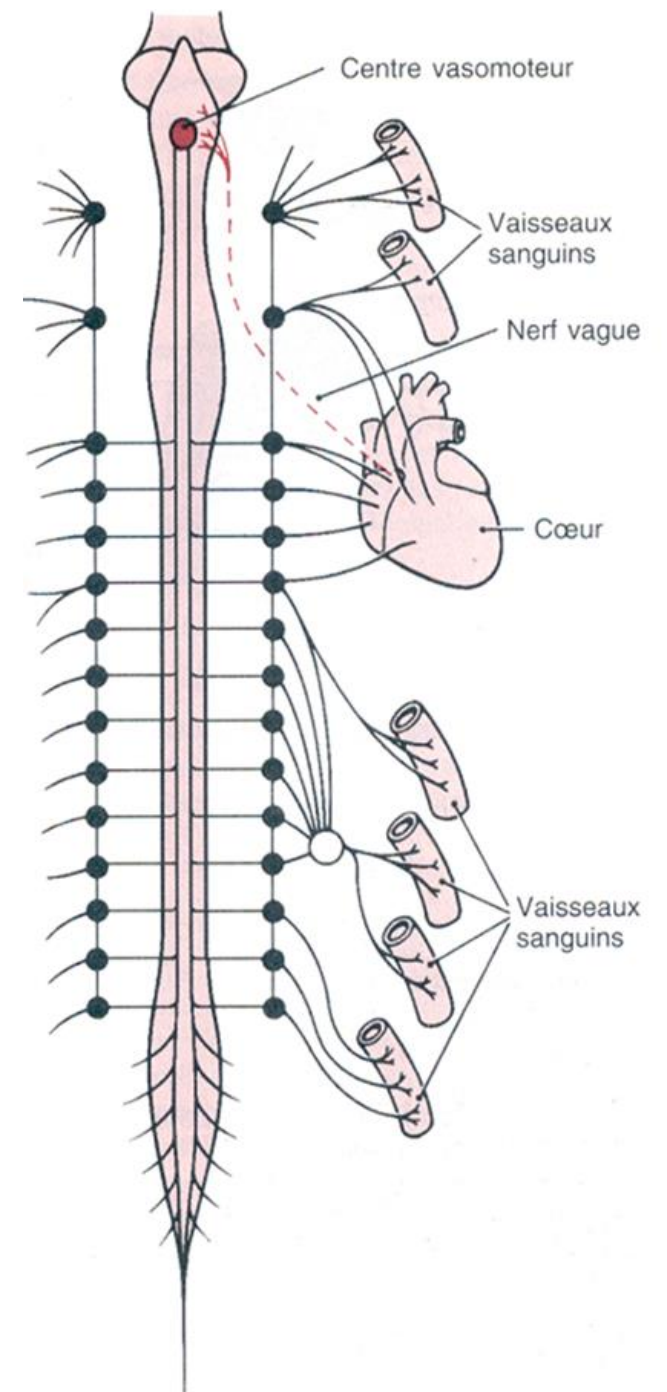
LES CENTRES NERVEUX DE CONTRÔLE

- Les centres médullaires
- Les centres bulbaires
- Les centres supra-bulbaires
- Les barorécepteurs



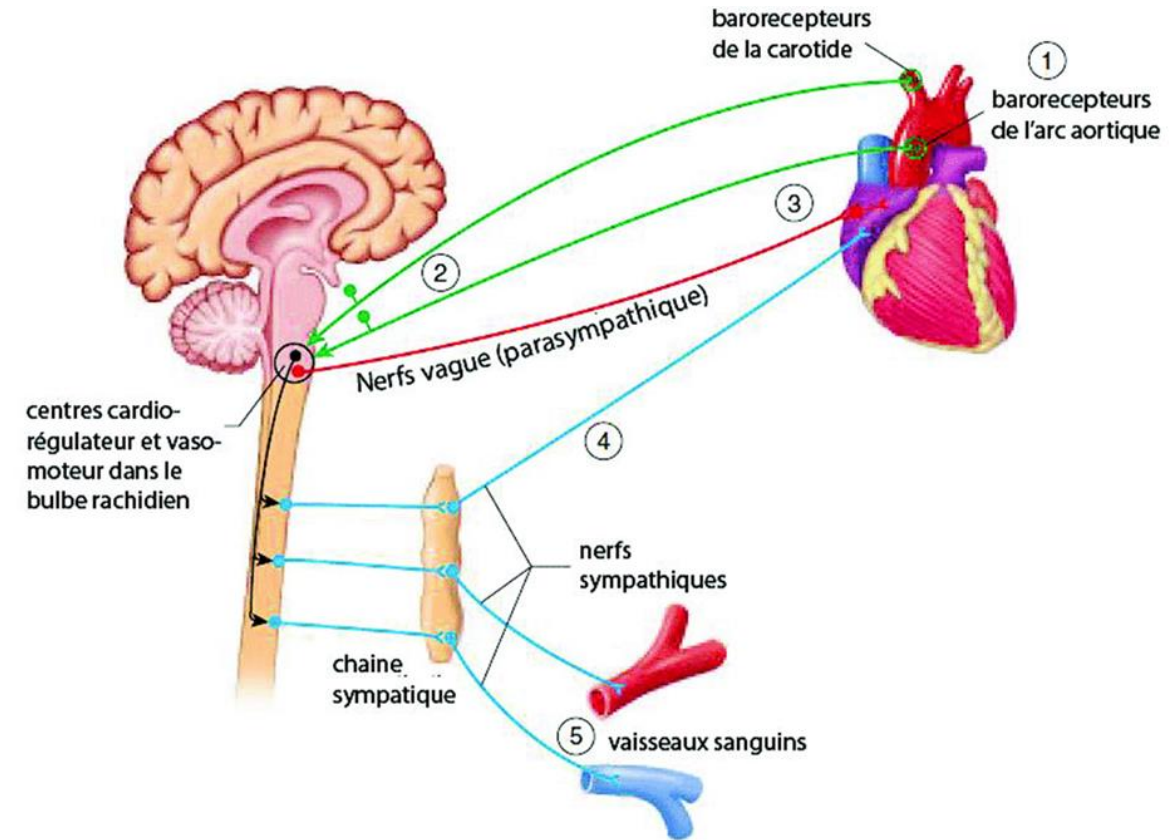
Les centres médullaires

- (+) tractus intérmédio-latéralis de ME →
 - ↗ FC (D1-D4)
 - Vasoconstriction localisée
- (+) de nerfs sensitifs →
 - réponse médullaire localisée
- Section haute de ME →
 - Laisse persister un tonus vasoconstricteur notable
- Rôle de relais



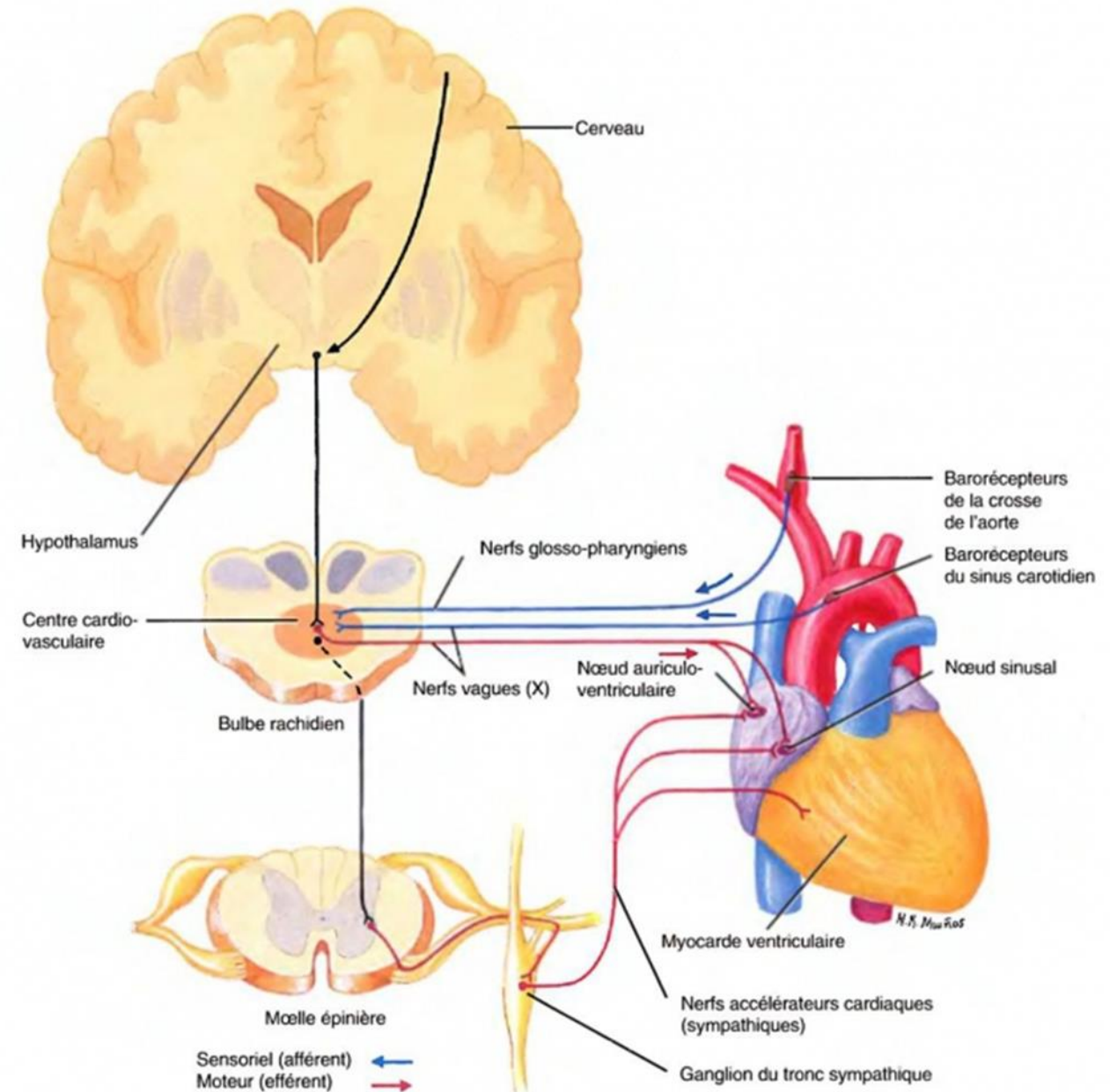
Les centres bulbaires

- Les centres cardio-modérateurs
 - Noyaux d'origine des nerfs vagues
- Les centres cardio-accélérateurs
 - → actions Σ cardio-accélératrices
- Les centres vasoconstricteurs
 - → tractus intermedio-latéralis médullaire
 - (+) →
 - vasoconstriction quasi-généralisée
 - (+) des glandes médullo-surrénales
 - (-) → vasodilatation quasi-généralisée



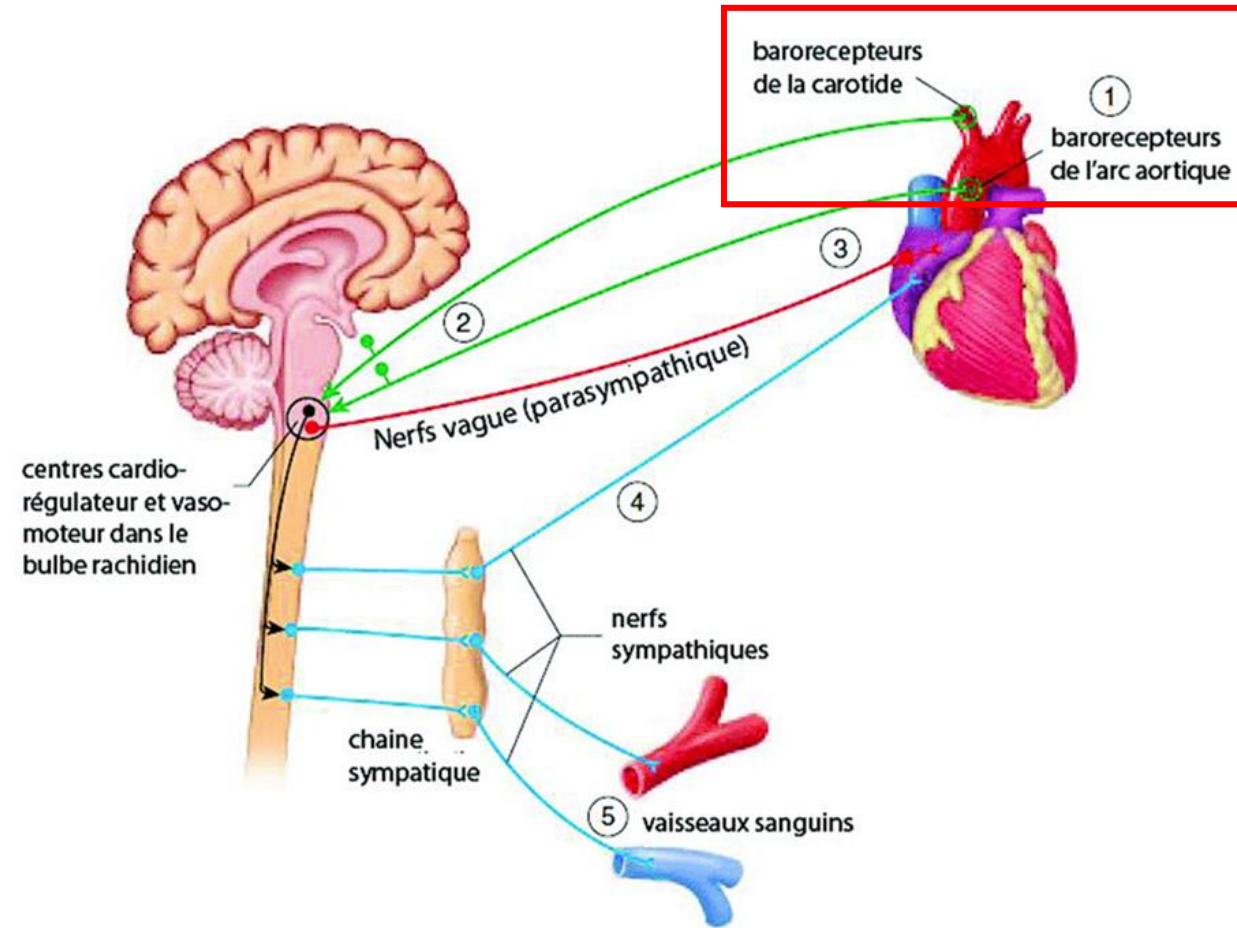
Les centres supra-bulbaires

- Actions sur l'ensemble de la fonction cardio-vasculaire
- Modifier l'action des centres bulbo-protubérantiels
- Action directe sur les fibres vasodilatatrices musculaires
- Localisation :
 - Cortex cérébral
 - Rhinencéphale
 - hypothalamus



Les barorécepteurs

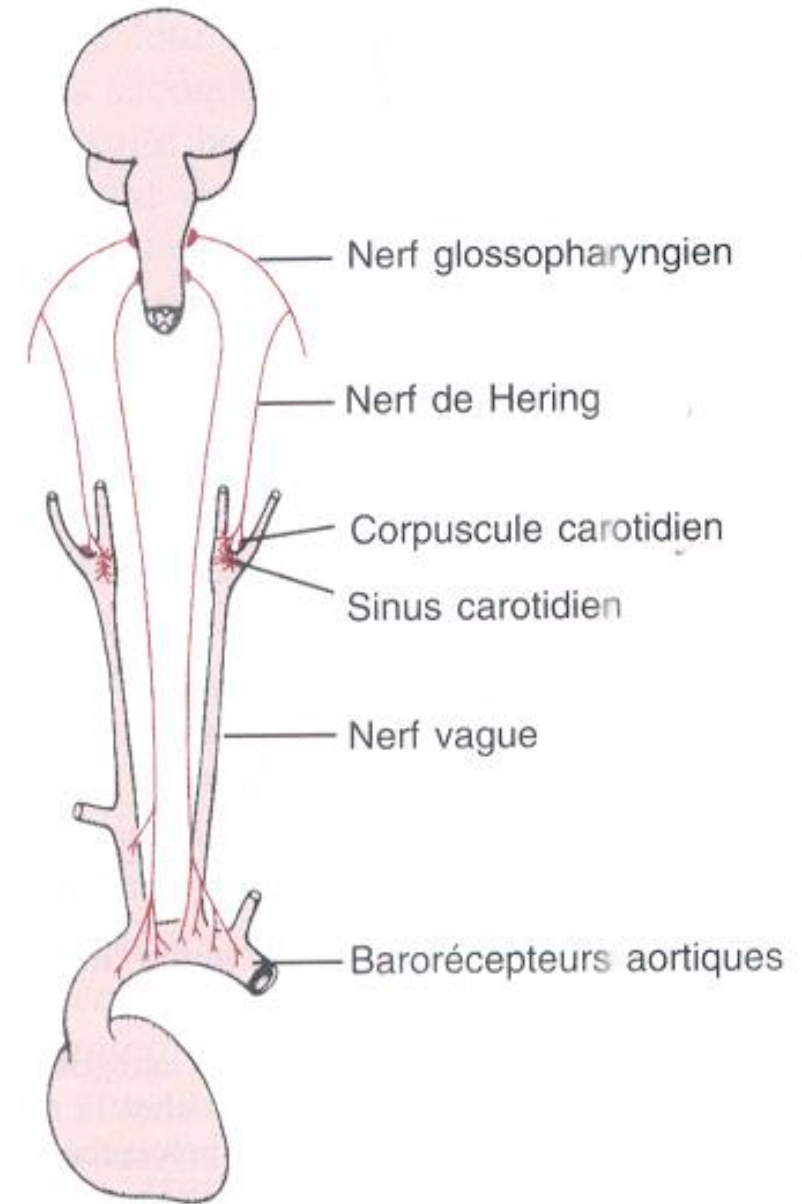
- Localisation anatomique
- Mode d'action des barorécepteurs
- Rôles respectifs des diverses régions barosensibles
- Mise en jeu de la barosensibilité



Localisation anatomique

Dans les artères systémiques :

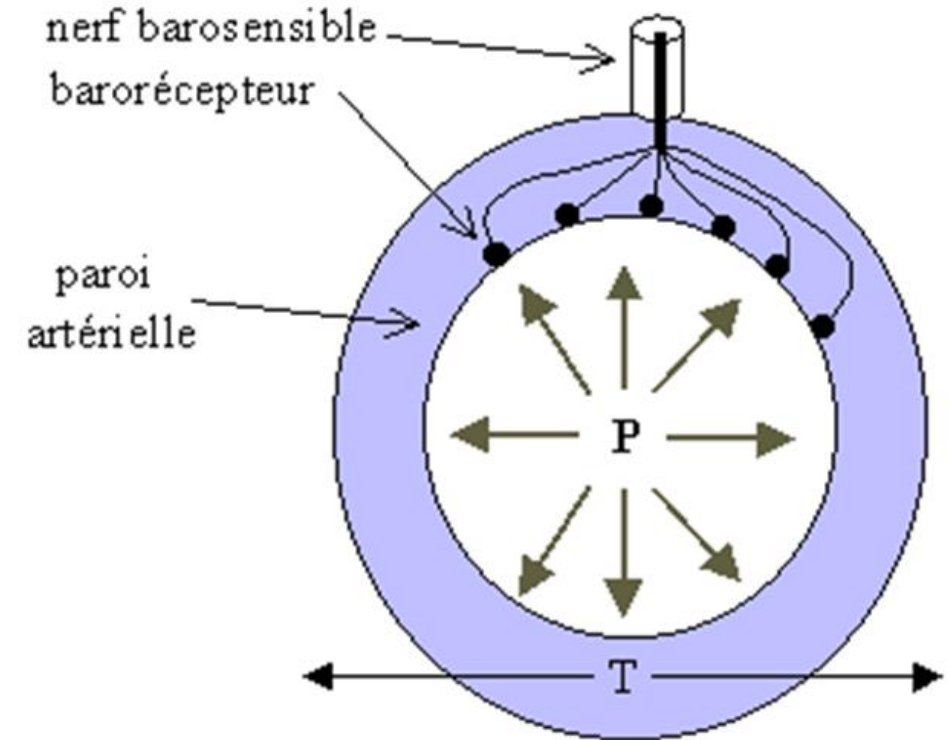
- Crosse de l'aorte → N de Cyon → N Vagues
- Les 2 sinus carotidiens → N de Héring → N glosso-pharyngiens



Le système barorécepteur.

Mode d'action des barorécepteurs

- Baro-récepteurs :
- Sensibles à leur étirement : tension :
- Relation linéaire entre tension et pression
- Loi de Laplace : $T = P \times r / e$

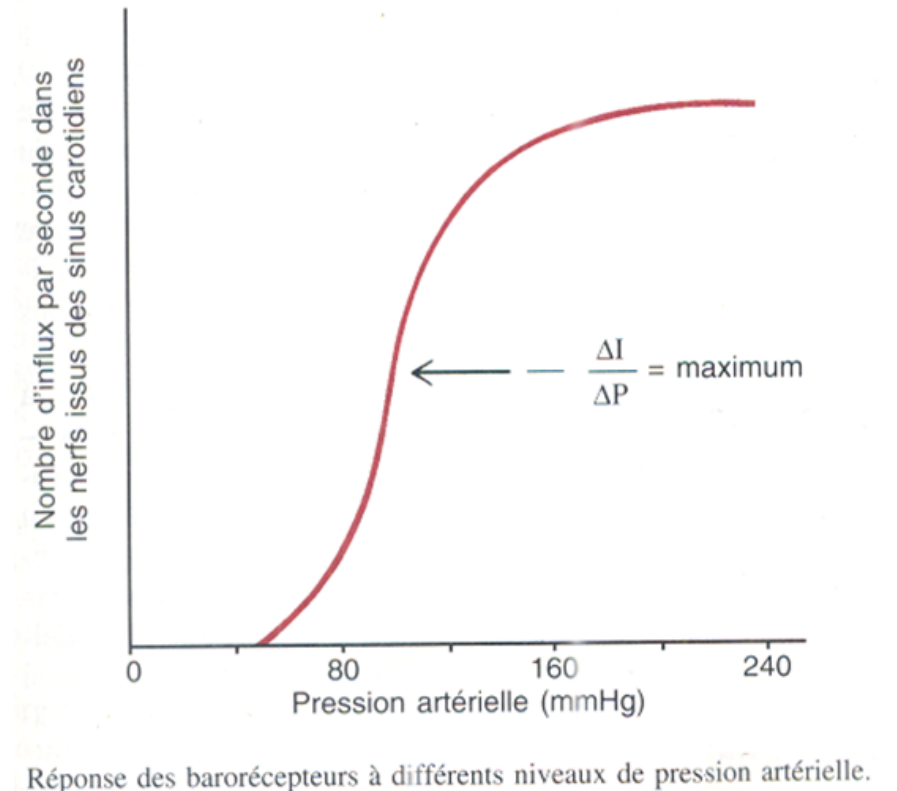


Mode d'action des barorécepteurs

Barorécepteurs :

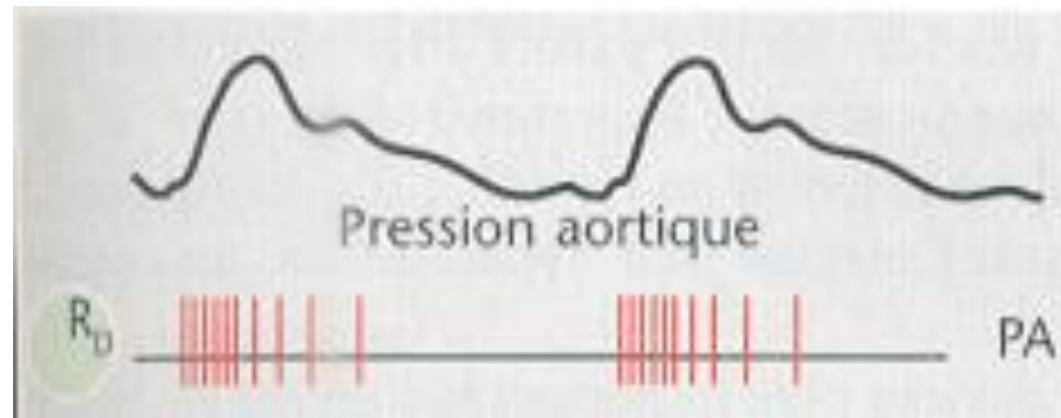
- PA m \approx 100 mmHg \rightarrow
 - émission stable de PA : qlq décharges/s
- PA m $\searrow \rightarrow \searrow$ fréquence de PA
- PA m $\nearrow \rightarrow \nearrow$ fréquence de PA
- Relation pression –fréquence de PA :
 - Non linéaire
 - Limite supérieure de fréquence de PA
 - Pente maximale quand PA légèrement < Pam habituelle : sensibilité plus grande de barorécepteurs

\rightarrow La régulation est précise si les variations de PA ne sont pas élevées



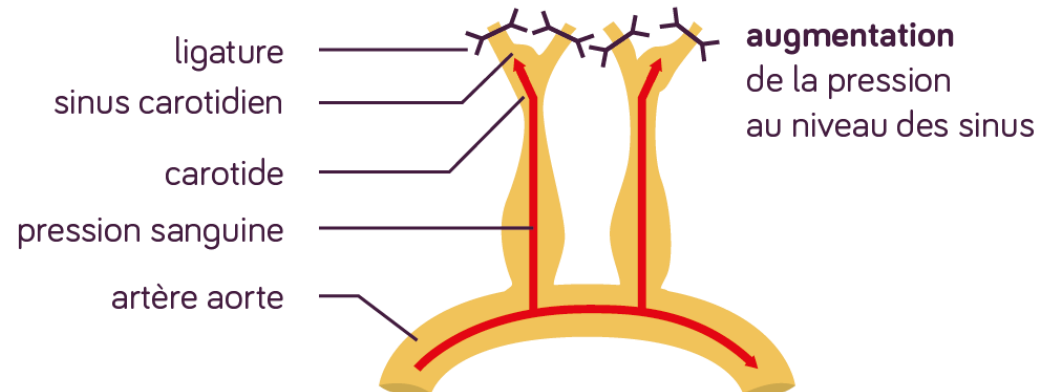
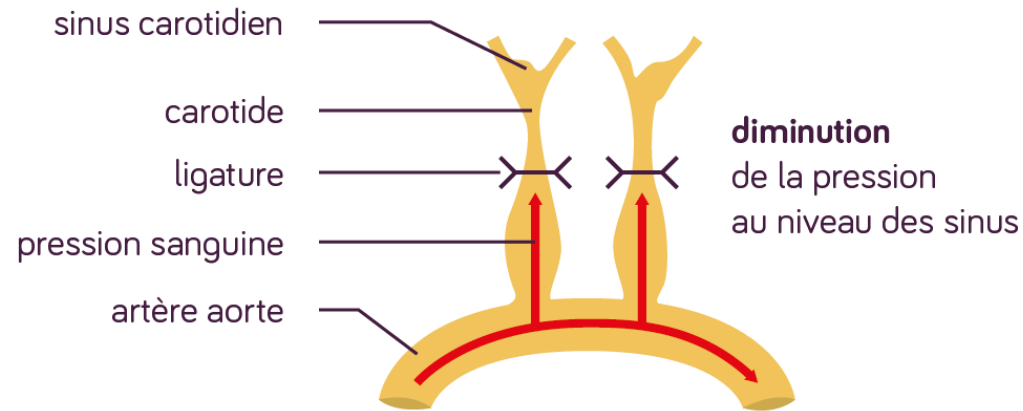
Mode d'action des barorécepteurs

- La PA : varie en fonction du cycle cardiaque entre 70 et 120mmHg
- → fréquence des décharges au niveau des nerfs barosensibles : varie aussi :
 - Fluctuation peu marquée
 - Adaptation lente

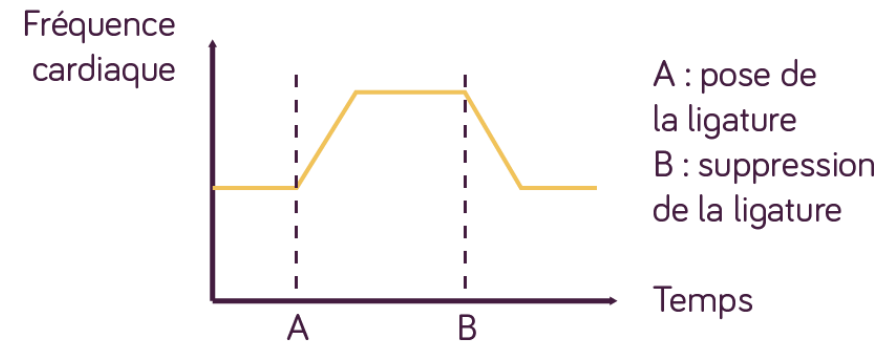


- Altération de la paroi carotidienne → modification des réponses des barorécepteurs

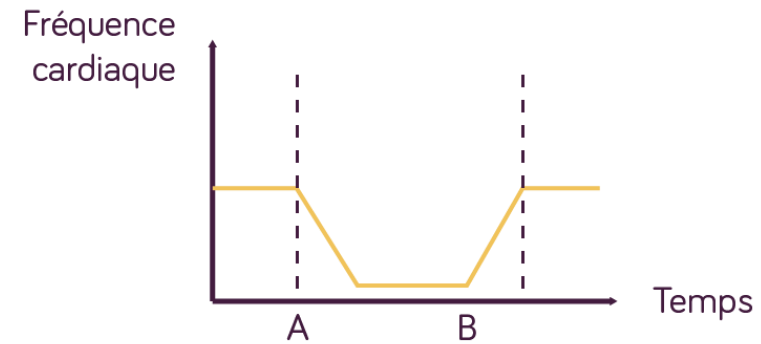
EXPÉRIENCE DU DOCTEUR HÉRING SUR LES CAROTIDES D'UN ANIMAL (1)



EXPÉRIENCE DU DOCTEUR HÉRING SUR LES CAROTIDES D'UN ANIMAL (2)



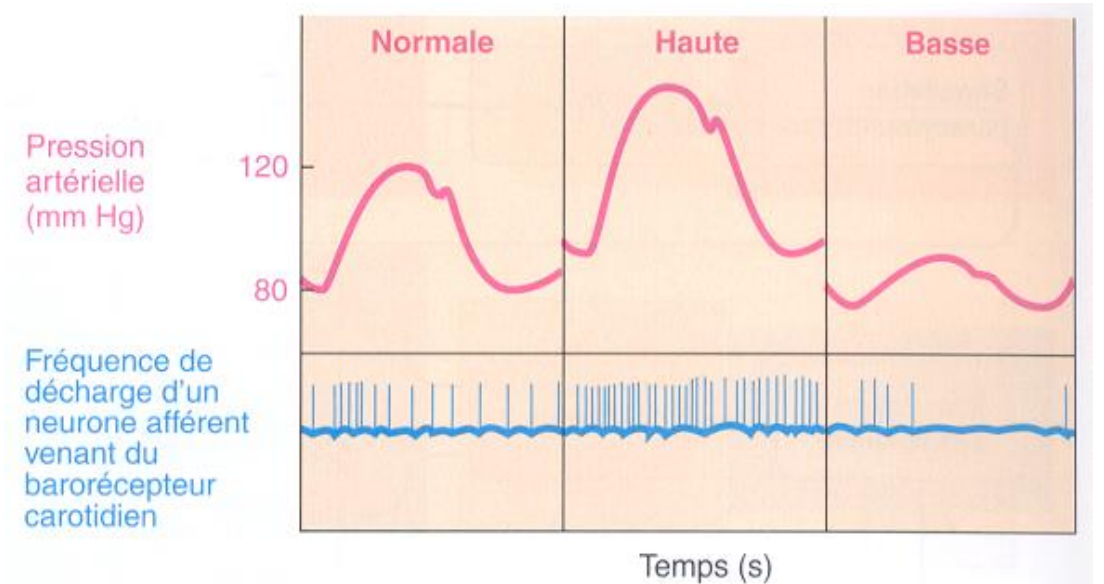
DANS LE CAS DE LA LIGATURE BASSE



DANS LE CAS DE LA LIGATURE HAUTE

Rôles respectifs des diverses régions barosensibles

Barorécepteurs	sinus carotidiens	aortiques
Sensibilité maximale	60 mmHg	95 mmHg
Fréquence maximale de décharge	120-150 mmHg	150-180 mmHg



Fréquence de décharge d'un neurone afférent venant du barorécepteur carotidien en fonction de la pression artérielle moyenne

Mise en jeu de la barosensibilité

↳ de la pression artérielle moyenne



↳ de l'étirement des barorécepteurs des sinus carotidiens



↳ de la décharge dans les nerfs du sinus carotidien



↳ des influx parasympathiques
cardiaques



↗ FC



↗ des influx sympathiques
cardiaques et vasculaires

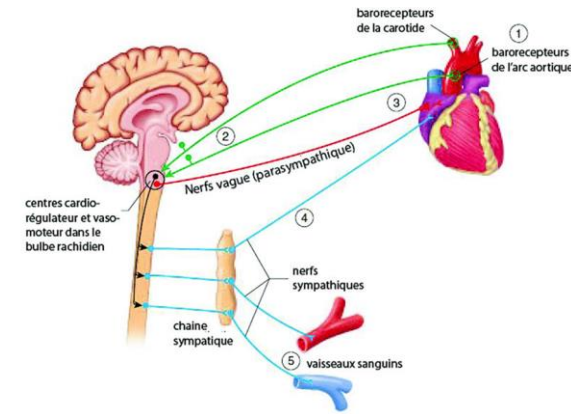


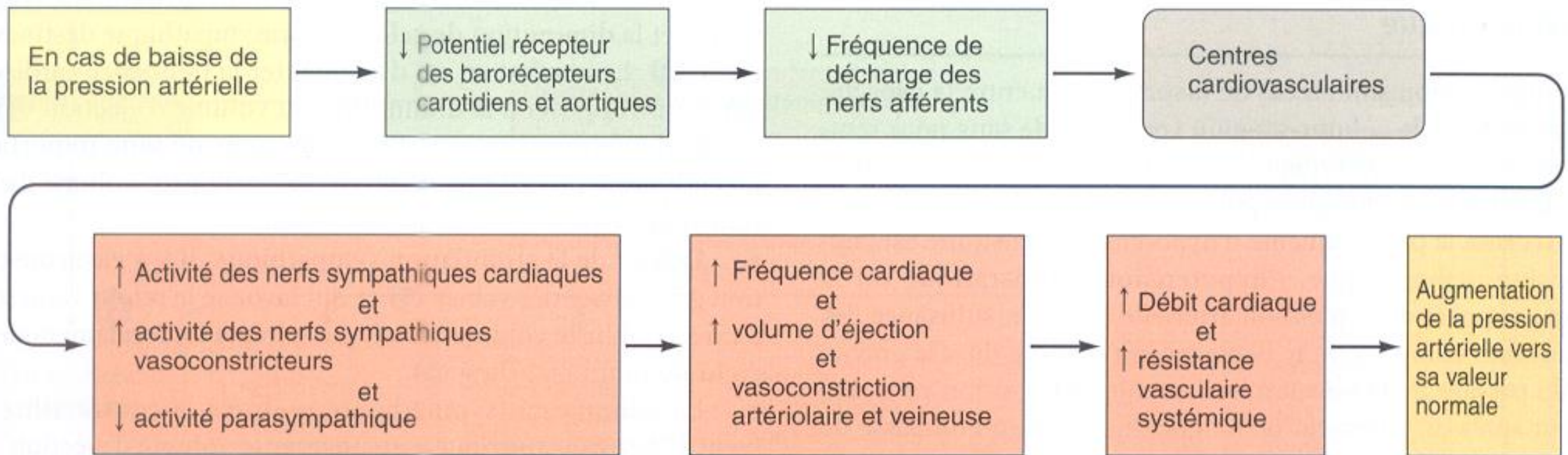
↗ FC

↗ de la contractilité
↗ de la constriction artériolaire
↗ de la constriction veineuse

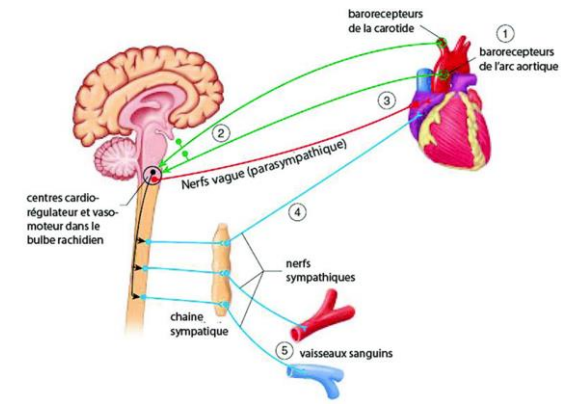


↗ de la pression artérielle moyenne





Mise en jeu de la barosensibilité



↗ de la pression artérielle moyenne



↗ de l'étirement des barorécepteurs des sinus carotidiens



↗ de la décharge dans les nerfs du sinus carotidien



↗ des influx parasympathiques
cardiaques



↘ FC



↘ des influx sympathiques
cardiaques et vasculaires



↘ FC

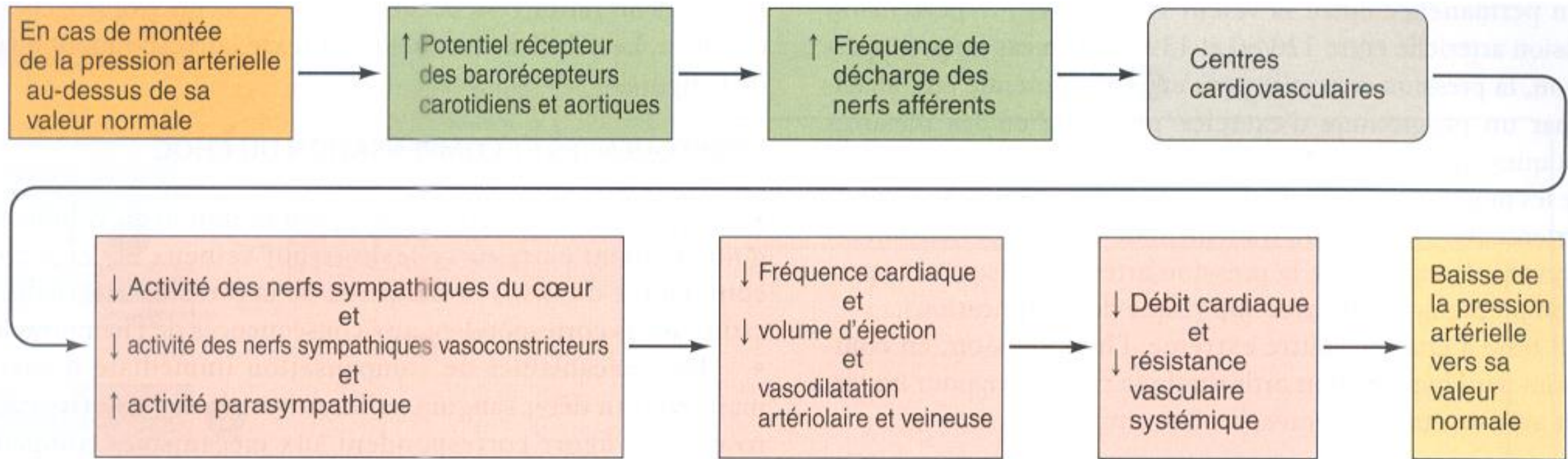
↘ de la contractilité

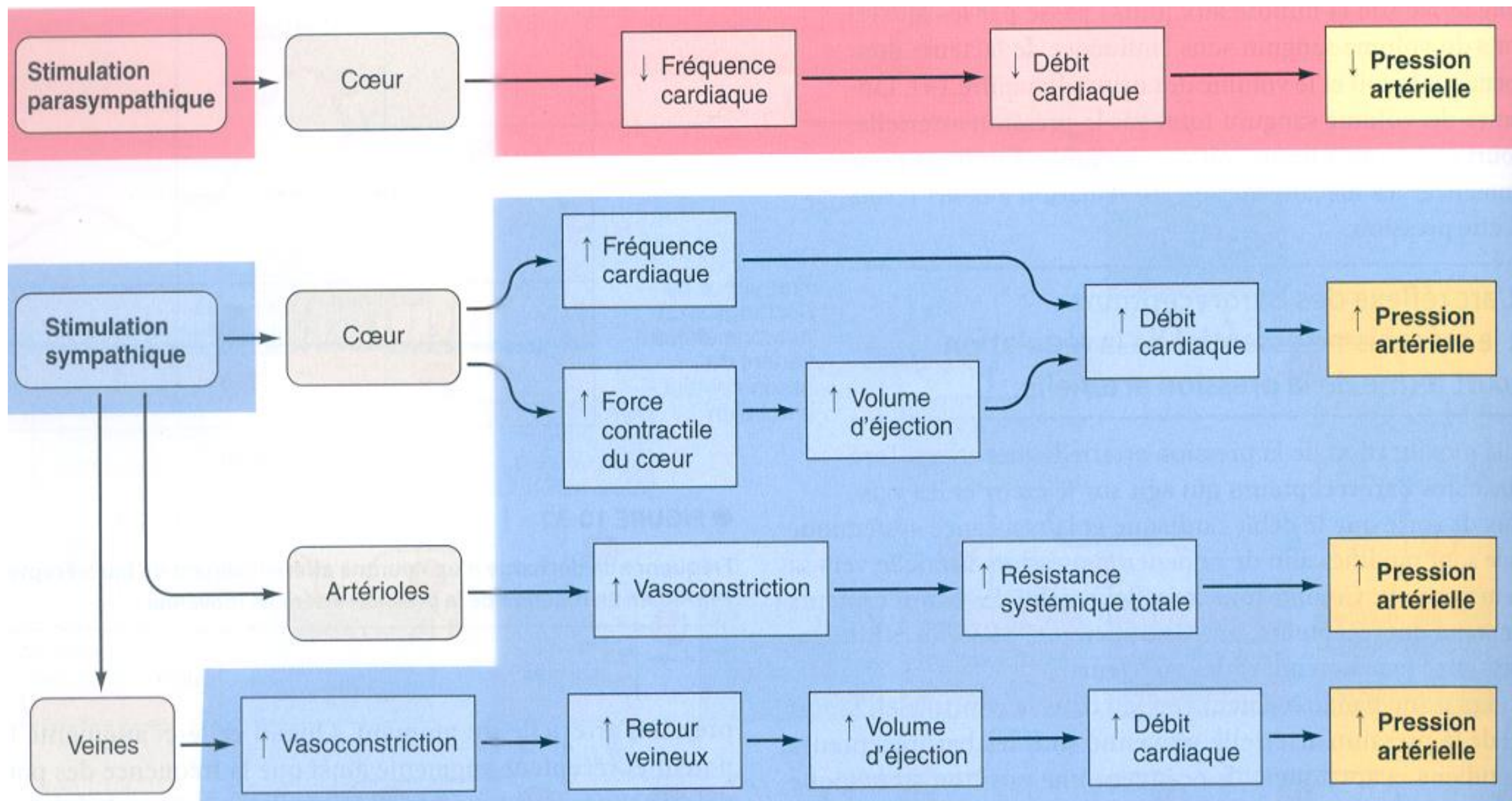
↘ de la constriction artériolaire

↘ de la constriction veineuse



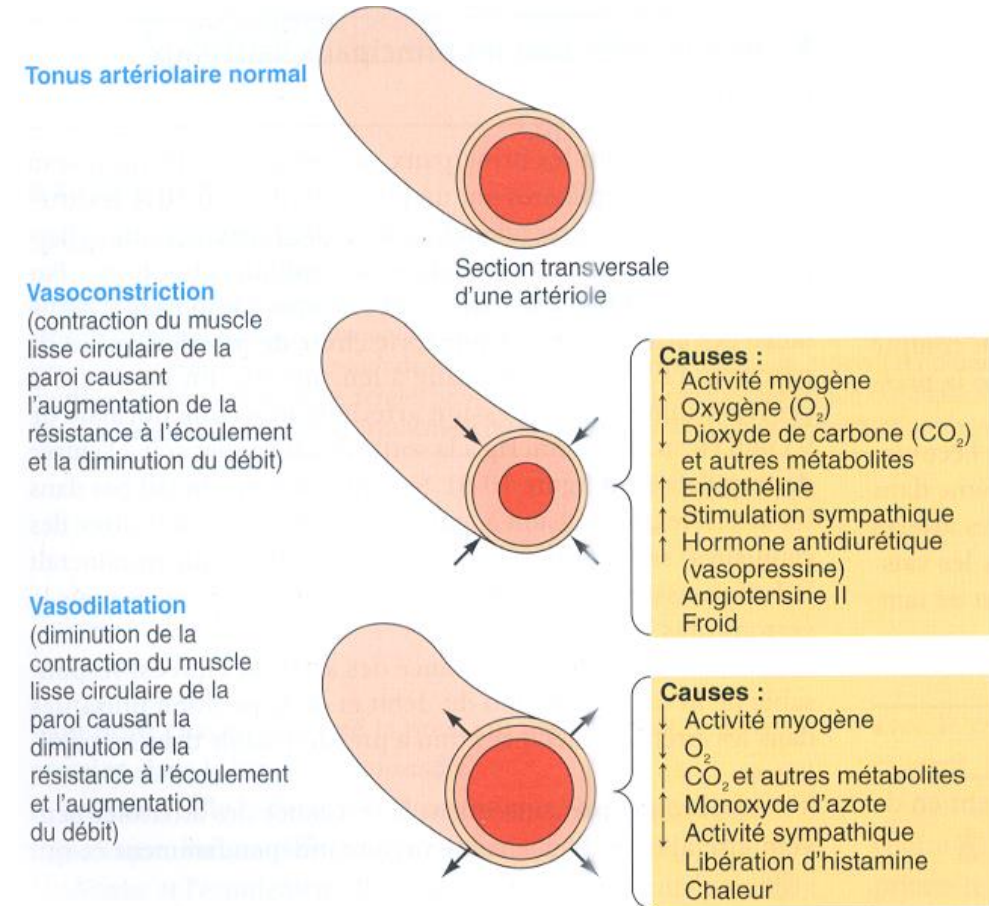
↘ de la pression artérielle moyenne

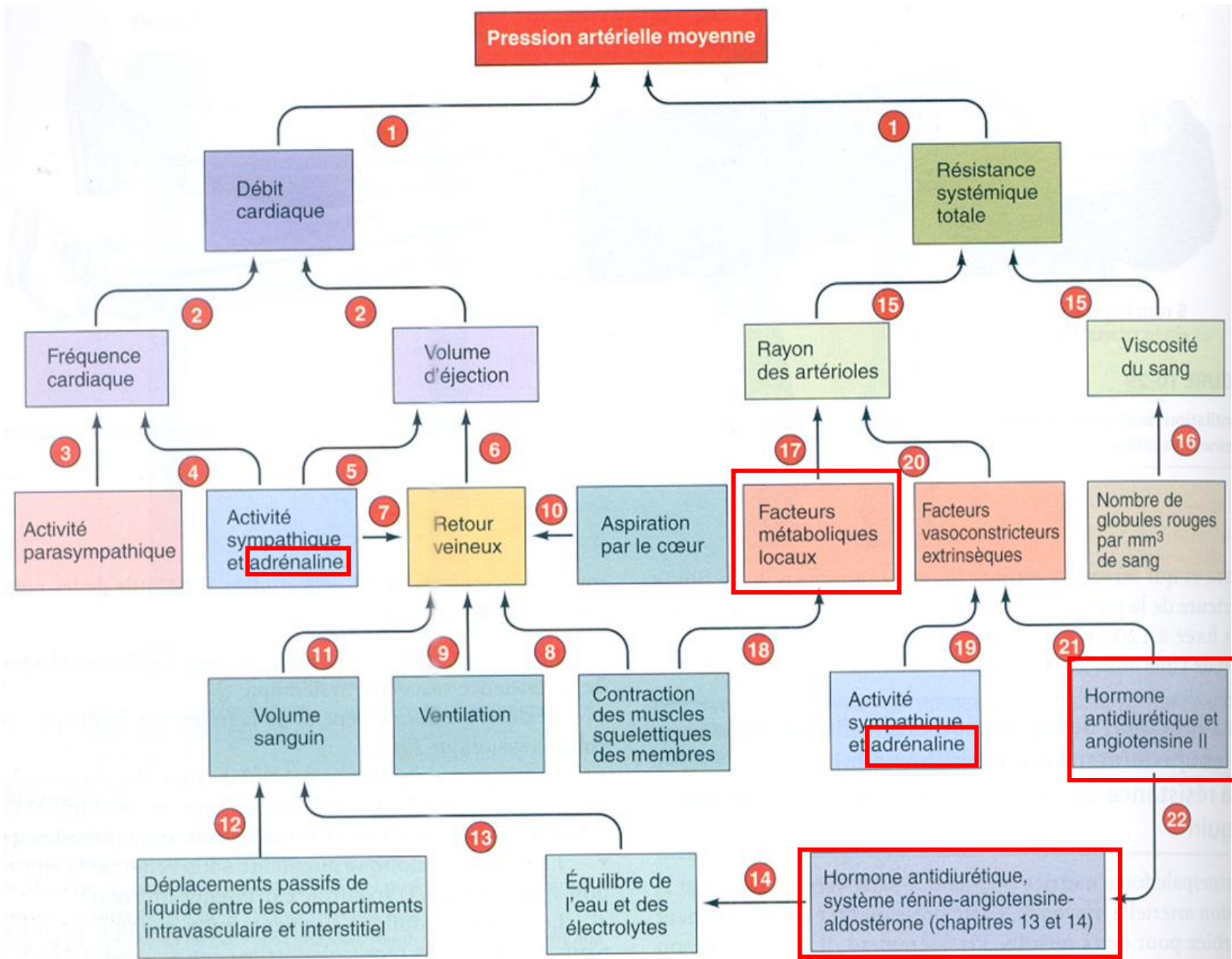




LES FACTEURS HUMORAUX DE CONTROLE DE LA PA

- Substances vasoactives
- Substances vasorelaxantes





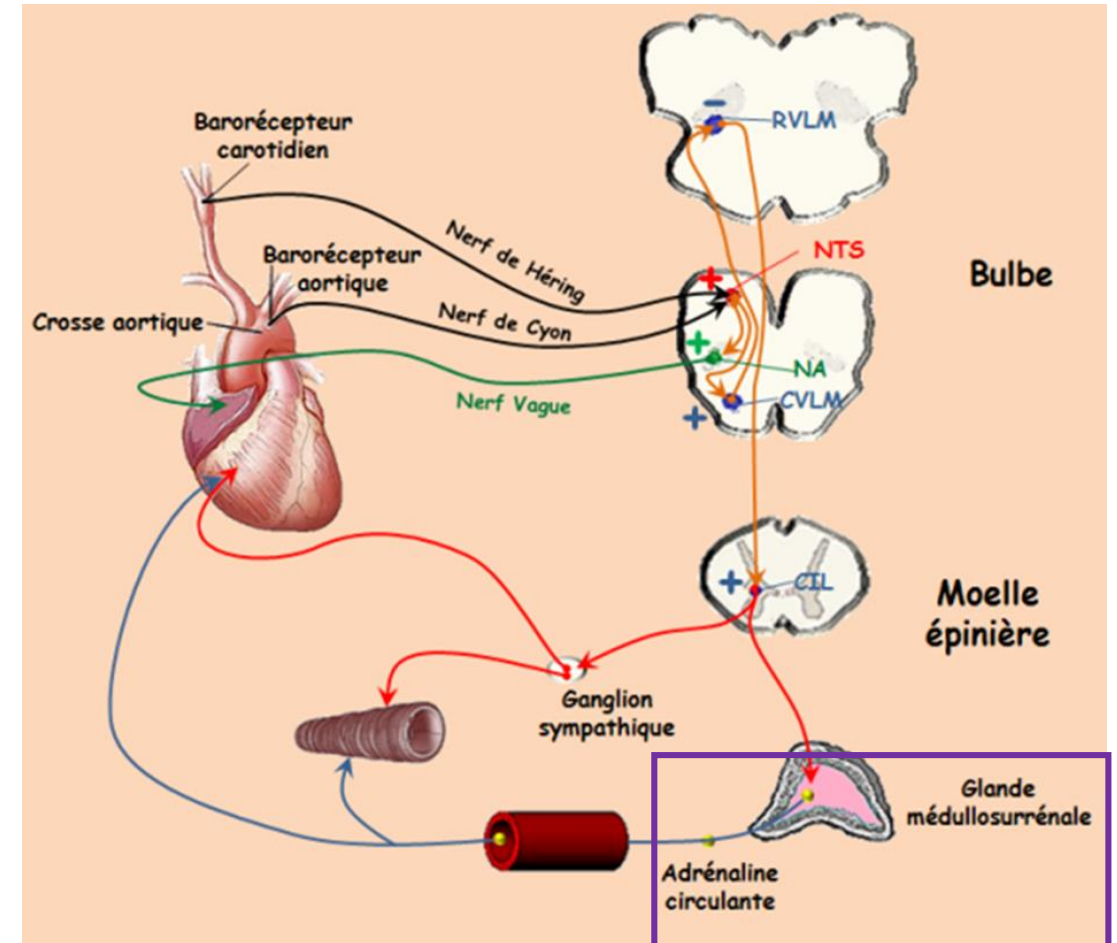
Facteurs déterminant la pression artérielle moyenne

LES SUBSTANCES VASO-ACTIVES

- Les catécholamines
- Le système rénine-angiotensine
- La vasopressine

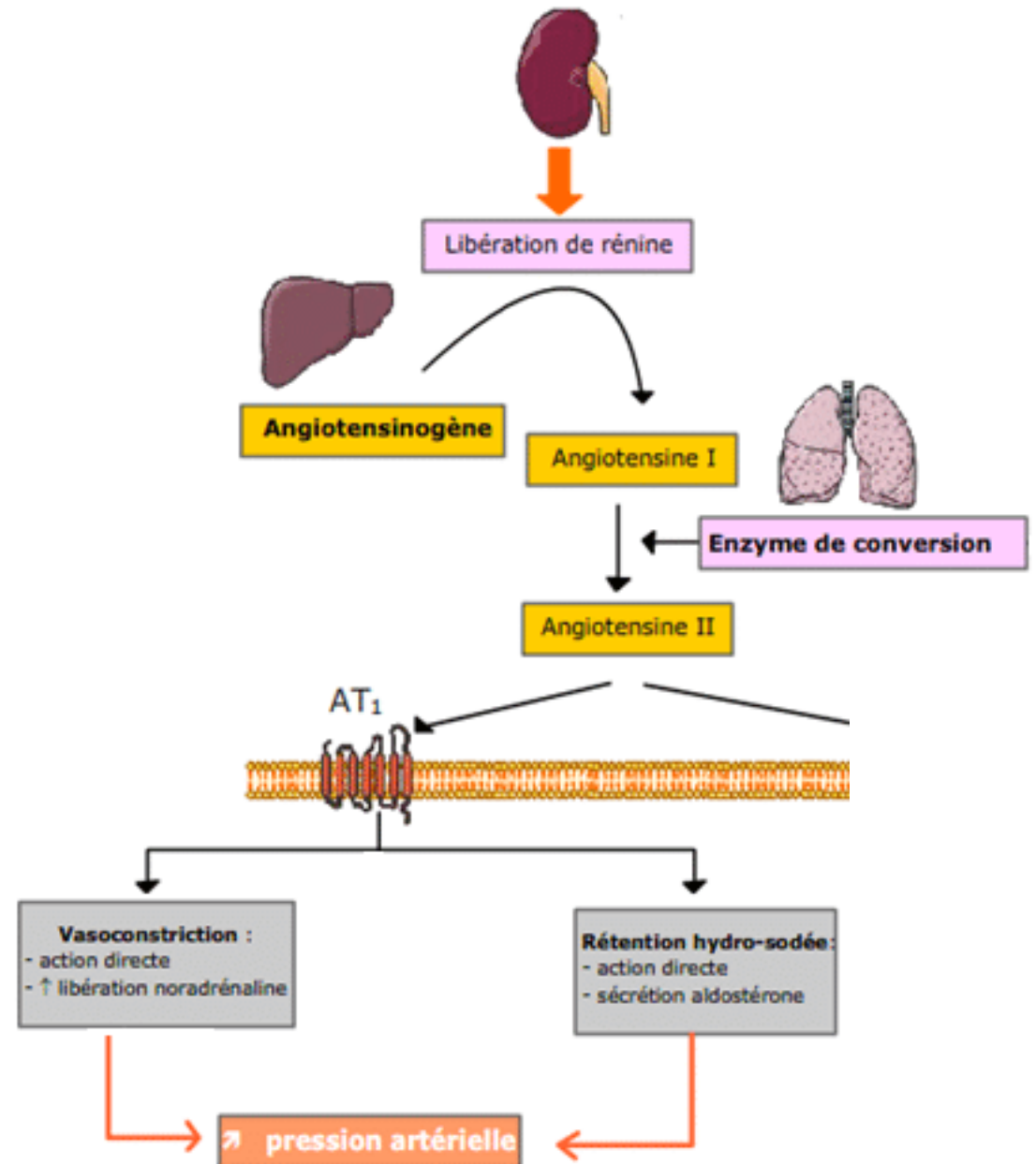
Les catécholamines

- Médullosurrénale
 - → adrénaline, noradrénaline
- Noradrénaline :
 - puissant agent vasoconstricteur
- L'action des catécholamines :
 - Double et prolonge celle du système nerveux



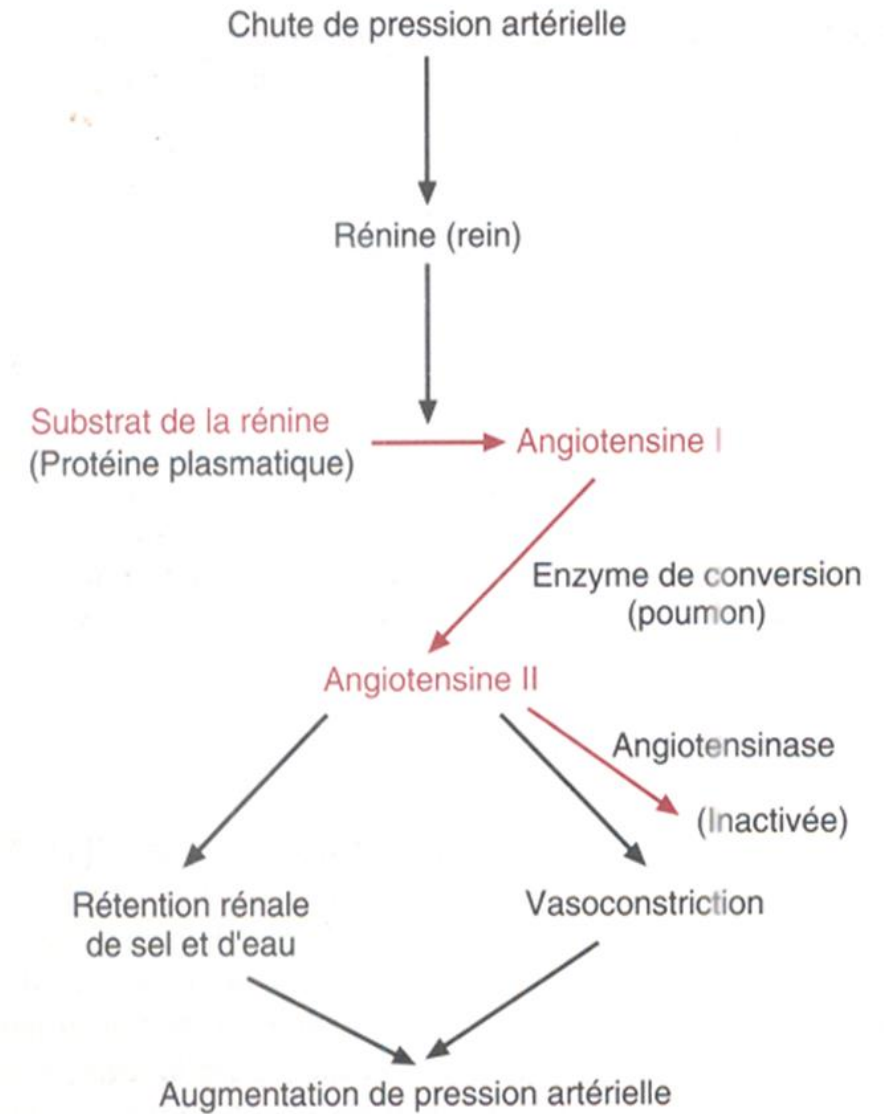
Le système rénine-angiotensine

- Rénine :
 - enzyme sécrétée par l'appareil juxta-glomérulaire du rein
 - Agit sur l'angiotensinogène
 - → Angiotensine I
 - → Angiotensine II
 - → Vasoconstriction



Le système rénine-angiotensine

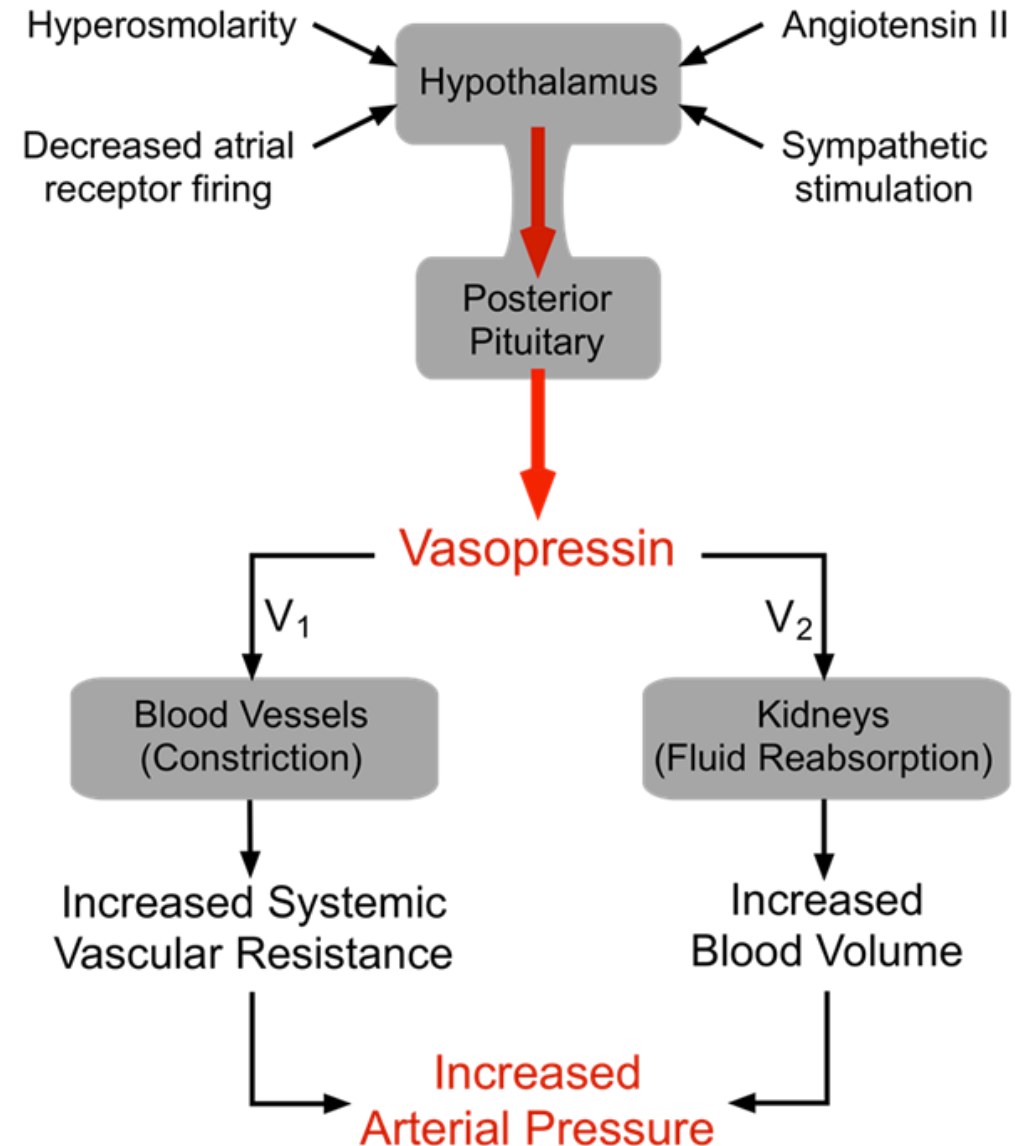
- Rénine :
 - enzyme sécrétée par l'appareil juxta-glomérulaire du rein
 - Agit sur l'angiotensinogène
 - → Angiotensine I
 - → Angiotensine II
 - → Vasoconstriction



Place de la vasoconstriction due au système rénine-angiotensine dans le contrôle de la pression artérielle.

La vasopressine : ADH

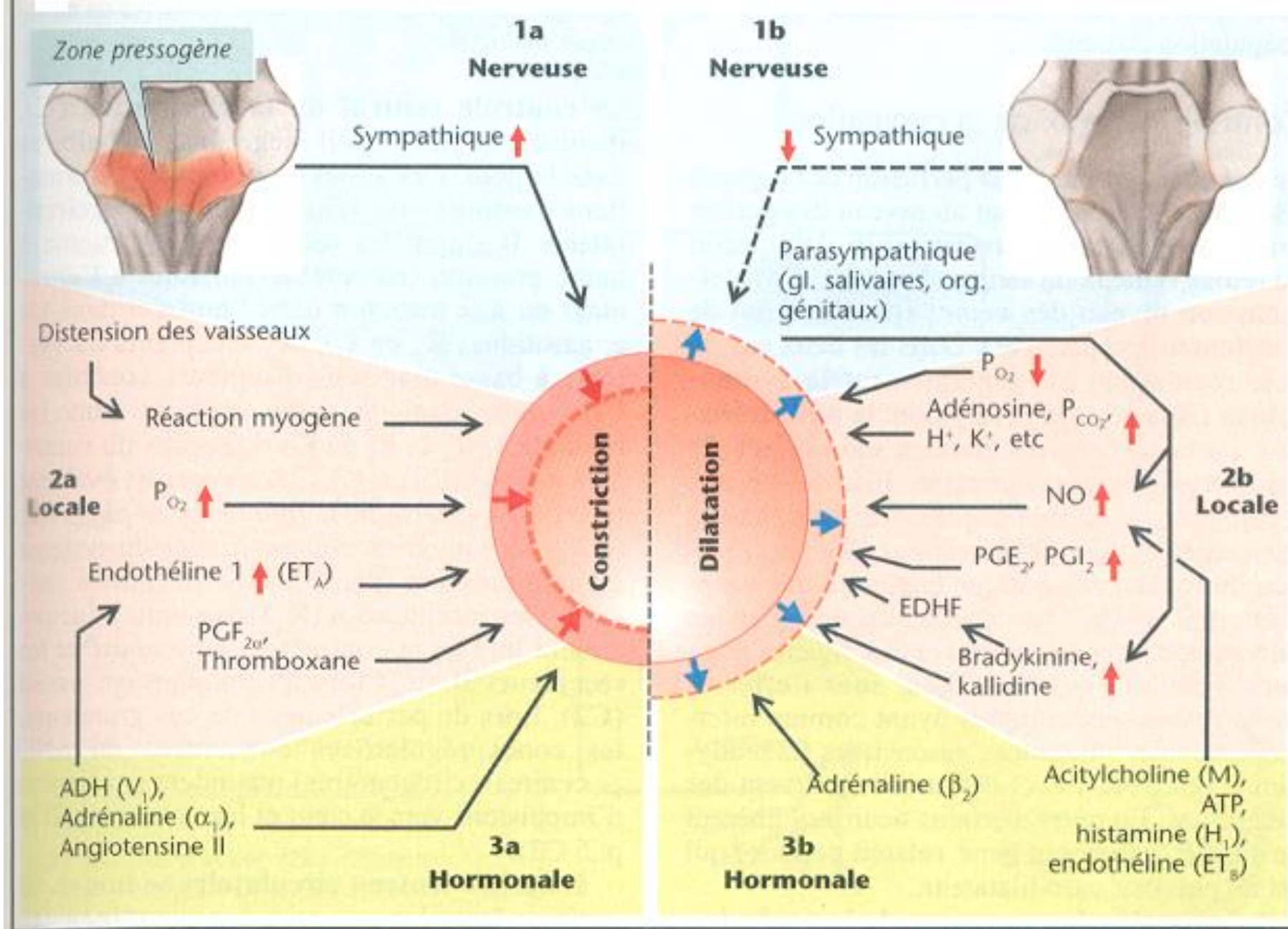
- Vasopressine :
Hormone anti-diurétique : ADH
- Récepteurs dans l'OD :
 - (+) par une \searrow de volume ou de la pression
 - \rightarrow libération d'ADH par la post-hypophyse



LES SUBSTANCES VASO-RELAXANTES

- Le système des kinines : Bradykinine
- Les prostaglandines
- Le rôle de l'endothélium vasculaire dans le contrôle humoral
- L'histamine
- Les métabolites : CO₂, H⁺, hypoxie tissulaire

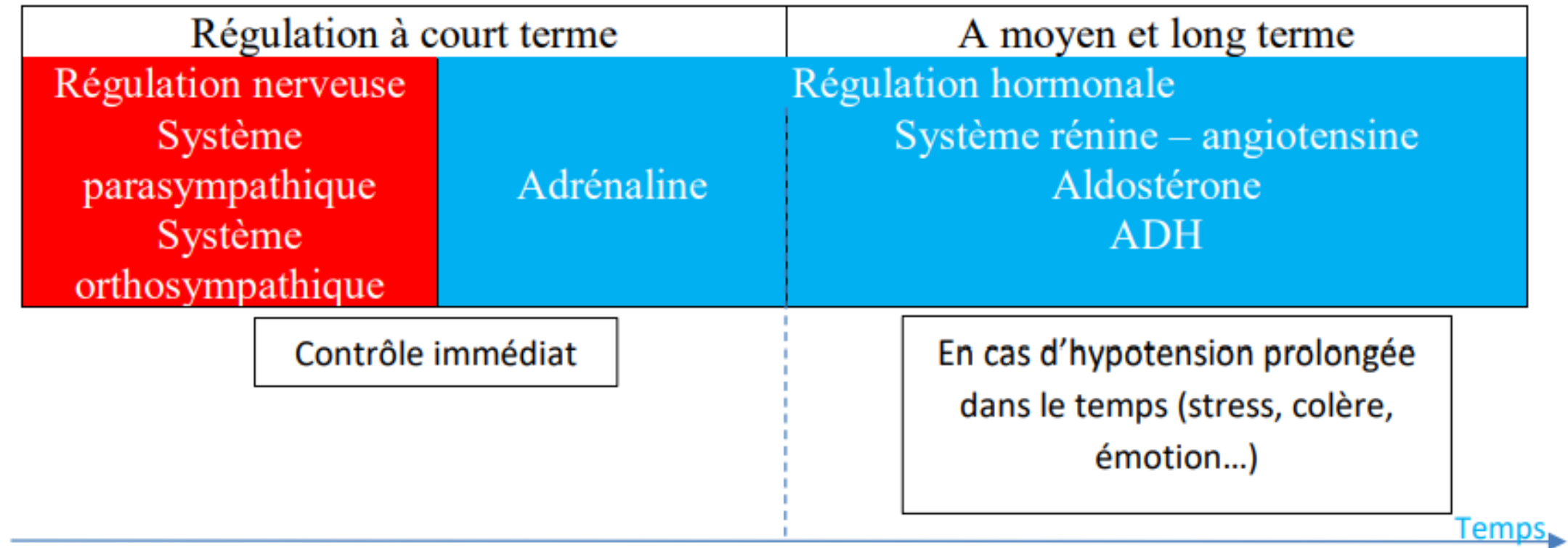
Vasoconstriction et vasodilatation



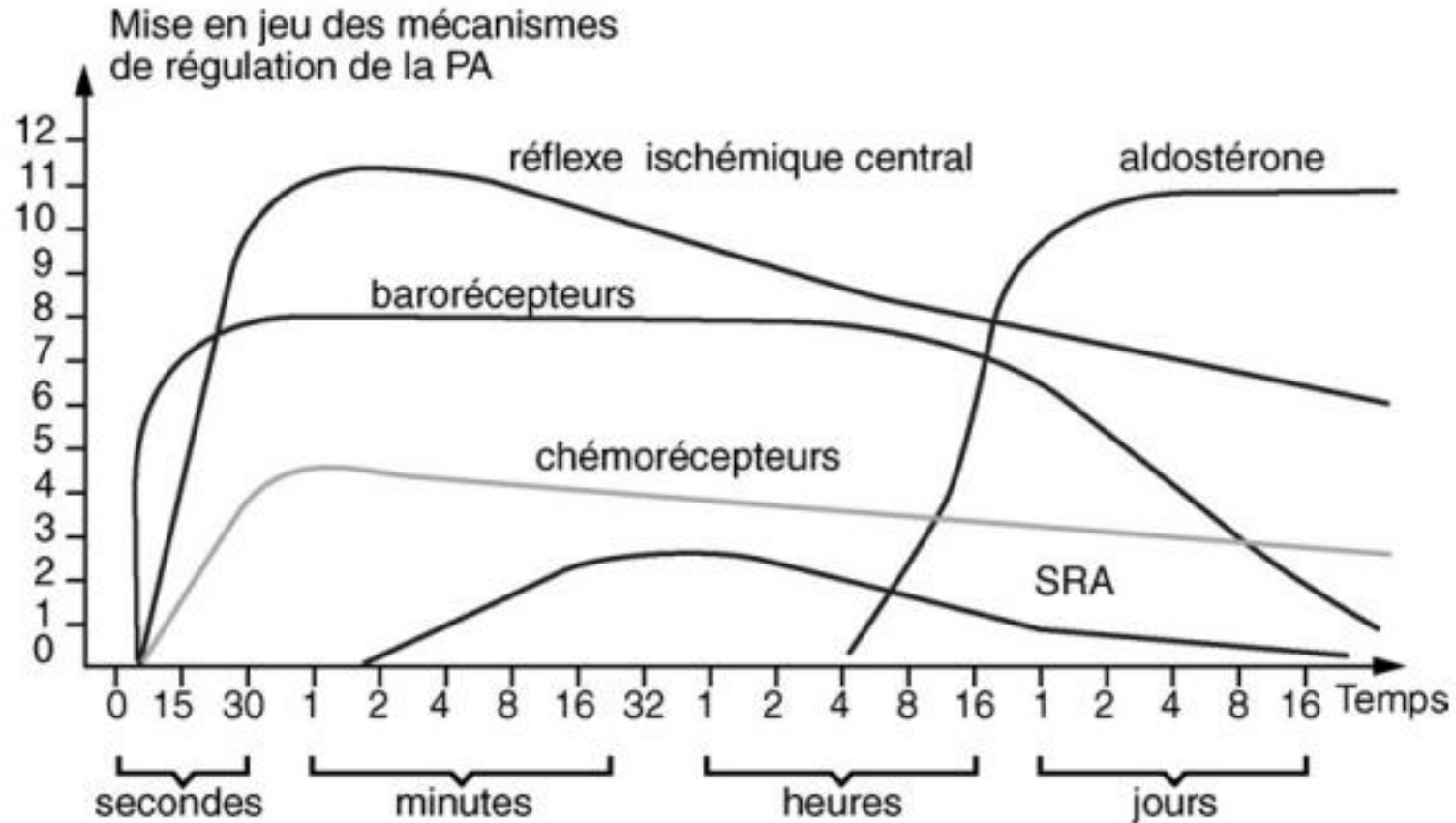
Remarques

- Action centrale du CO₂ :
 - (+) les centres vasoconstricteurs bulbaires
- Chémo-réflexe :
 - Chémo-récepteurs carptidiens et aortiques sensibles à l'hypoxie, hypercapnie
 - → ↗ FC

Régulation de la PA

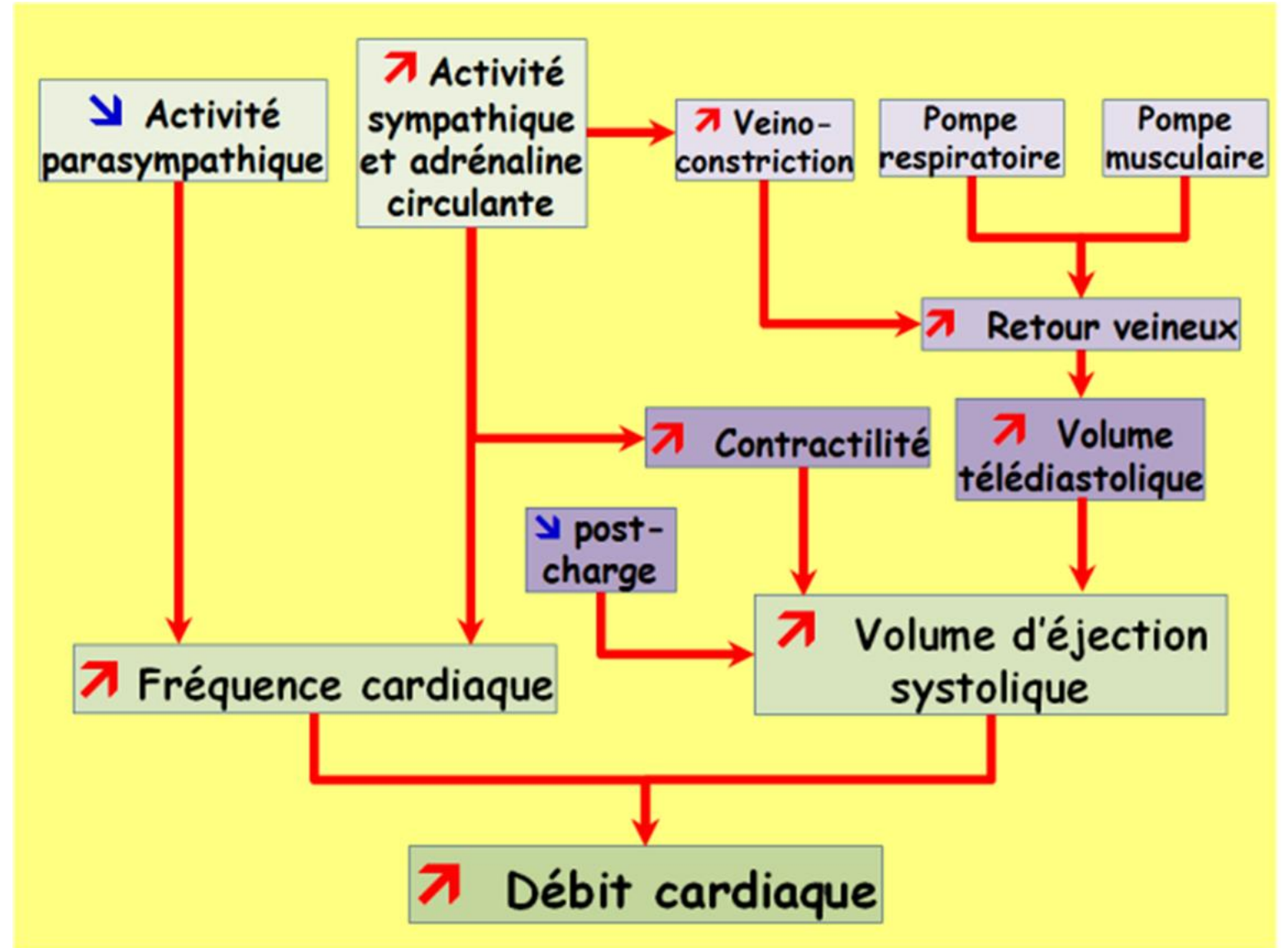


Régulation de la PA

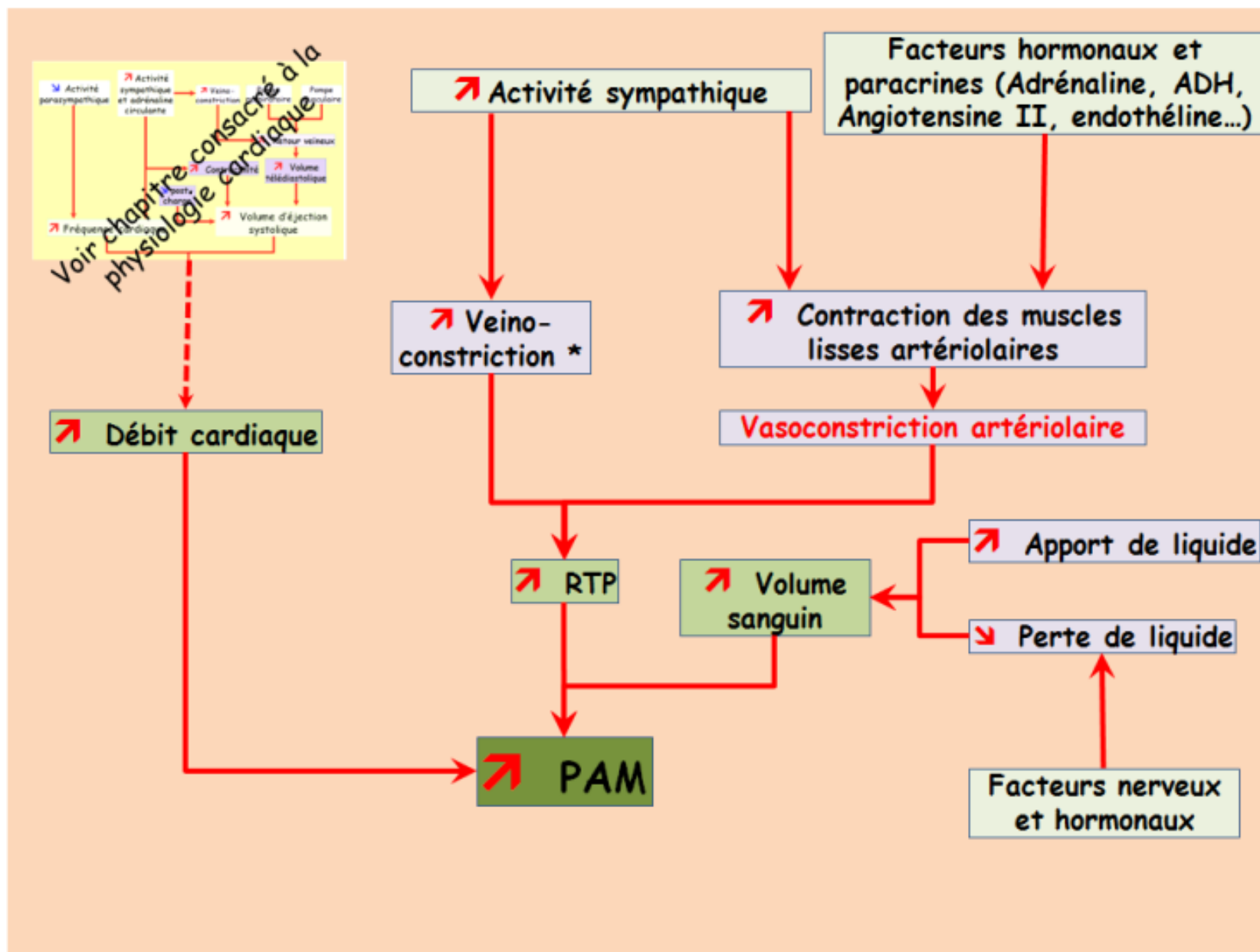


Mécanismes de régulation de la pression artérielle (PA). SRA : système rénine-angiotensine.

$$PA = Q \times R = VES \times FC \times R$$

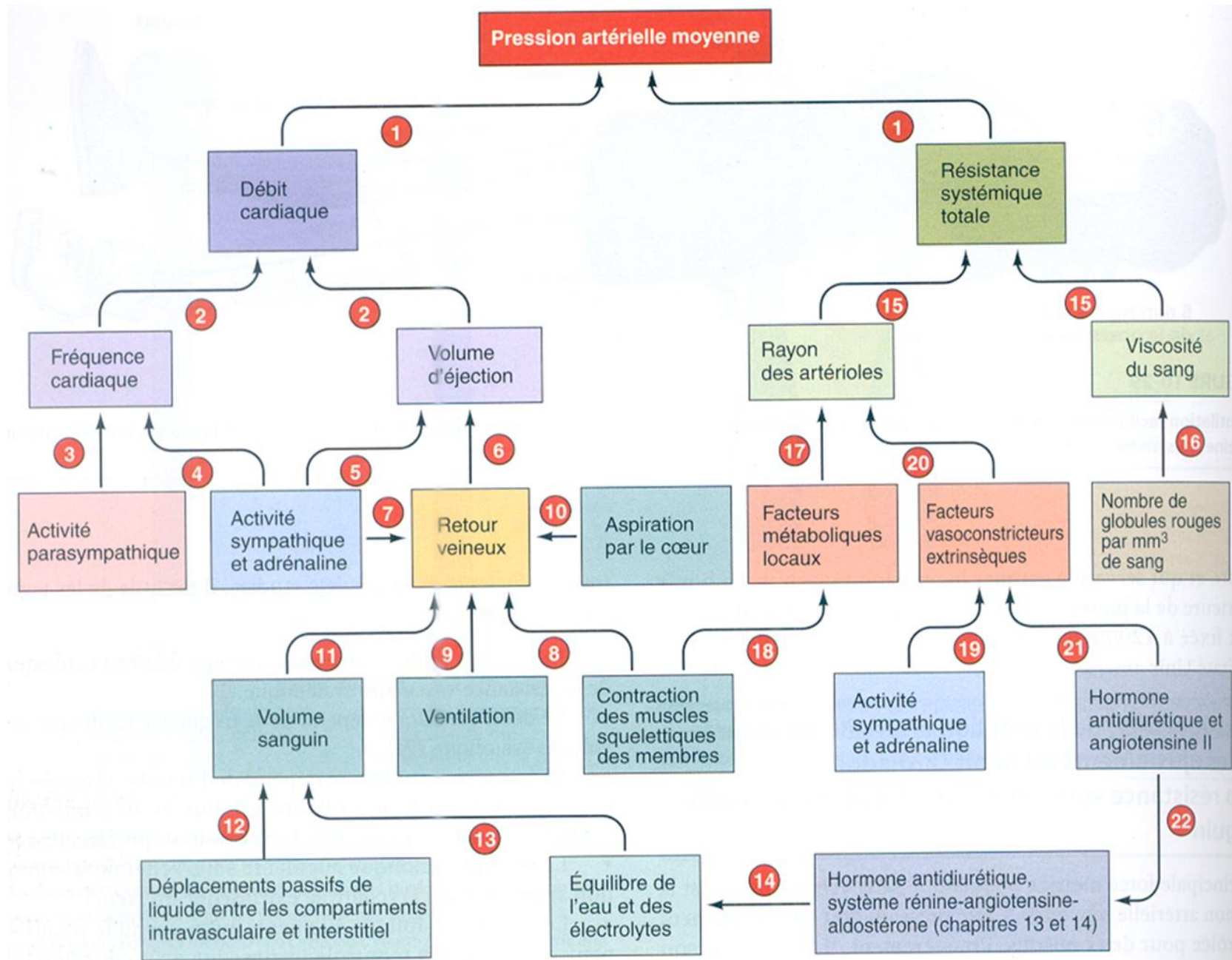


$$PA = Q \times R = VES \times FC \times R$$



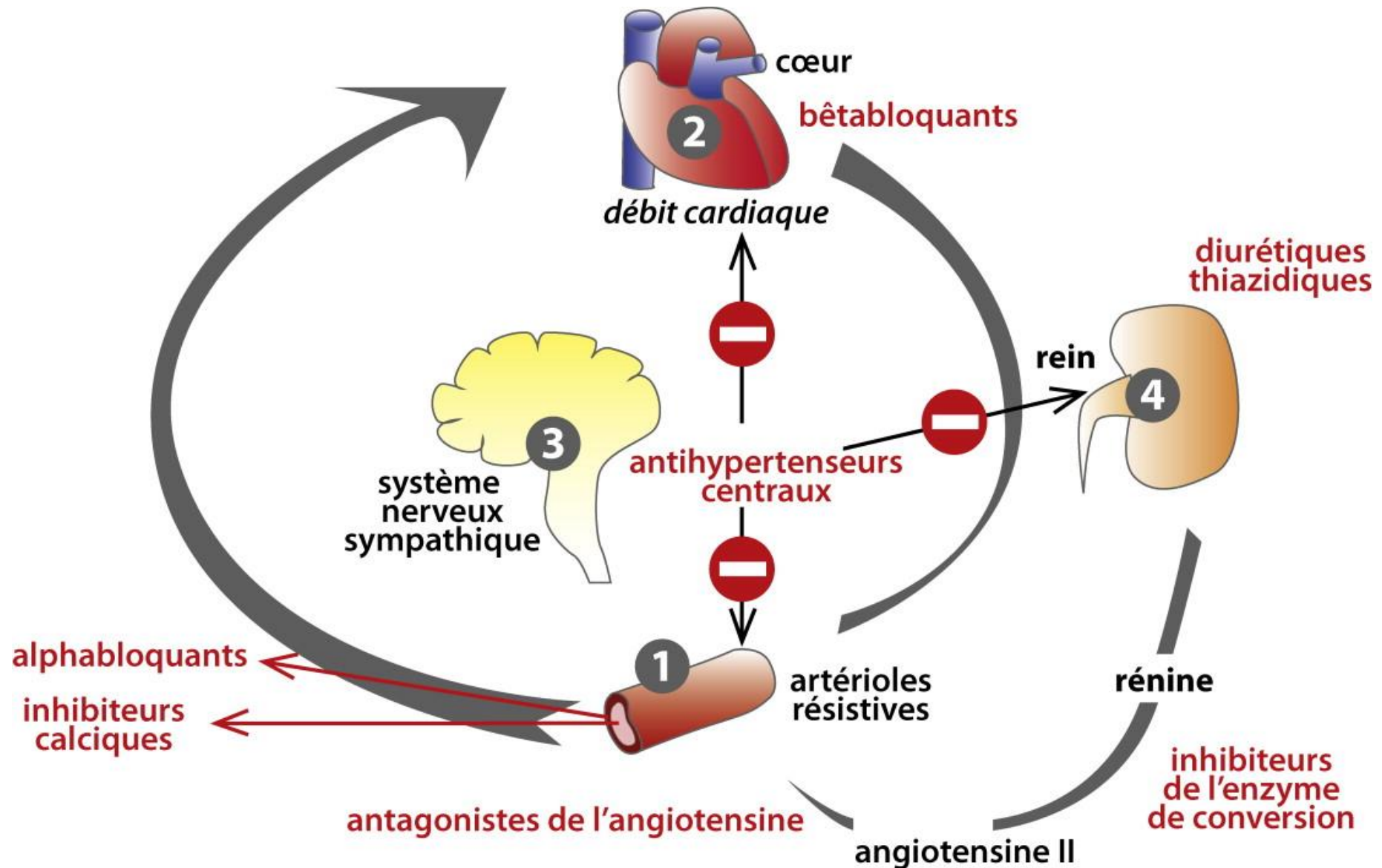
Comment traiter une HTA?

$$PA = Q \times R = VES \times FC \times R$$



Facteurs déterminant la pression artérielle moyenne

Prise en charge de l'HTA: Sites d'actions des médicaments



Merci

