

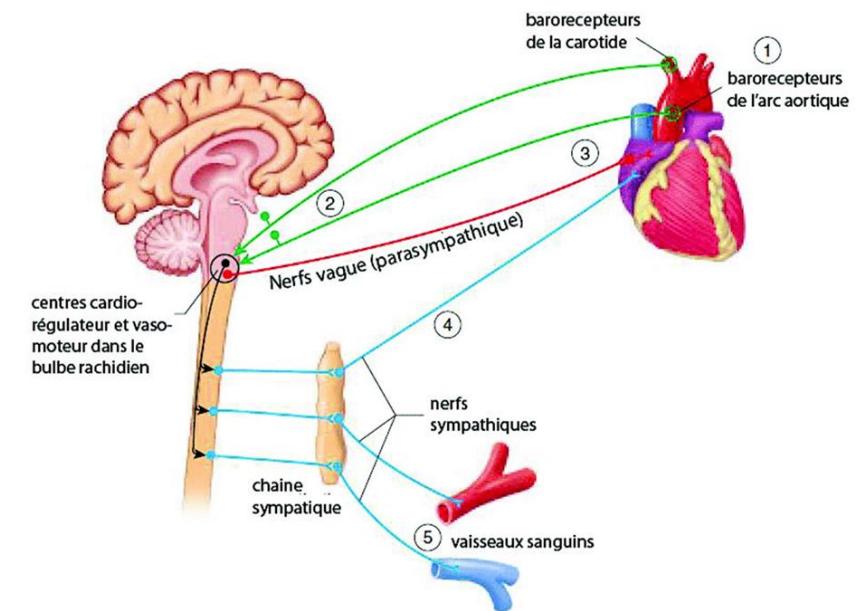


INTEGRATION ET REGULATION DE LA FONCTION CARDIO-VASCULAIRE

UEF 106

Pr Kaouthar Masmoudi

2025- 2026

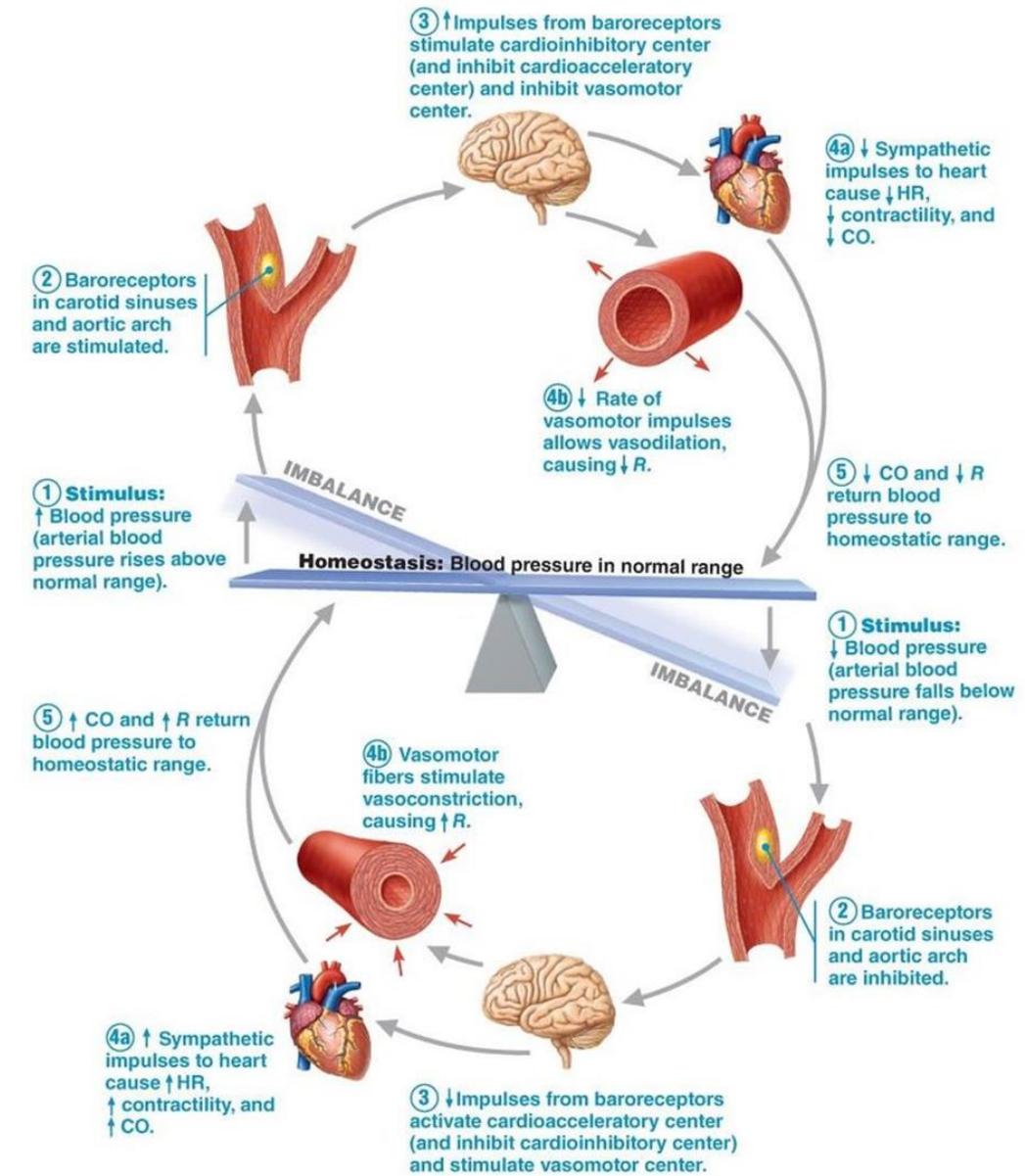


Plan

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

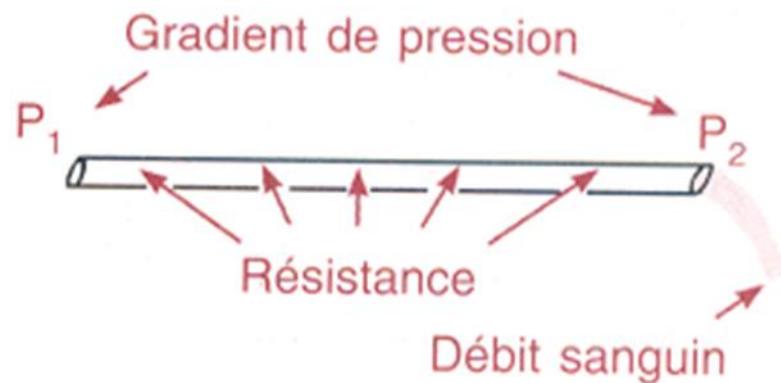
BOUCLE DE REGULATION

- 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

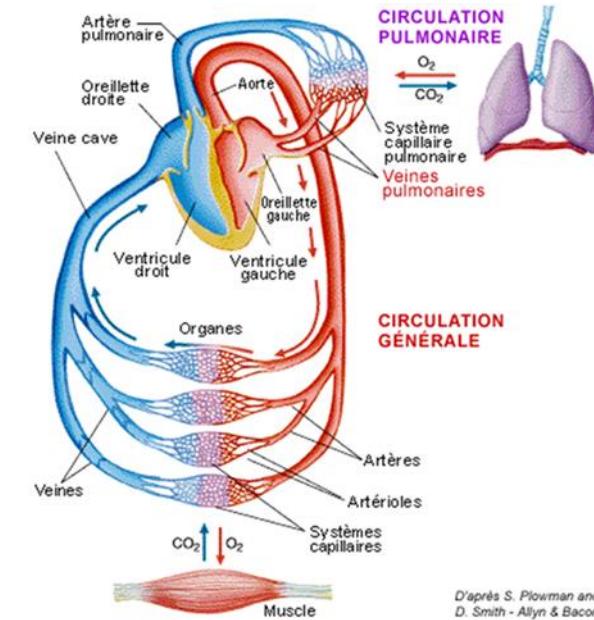
Débit d'un fluide newtonien en écoulement laminaire

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

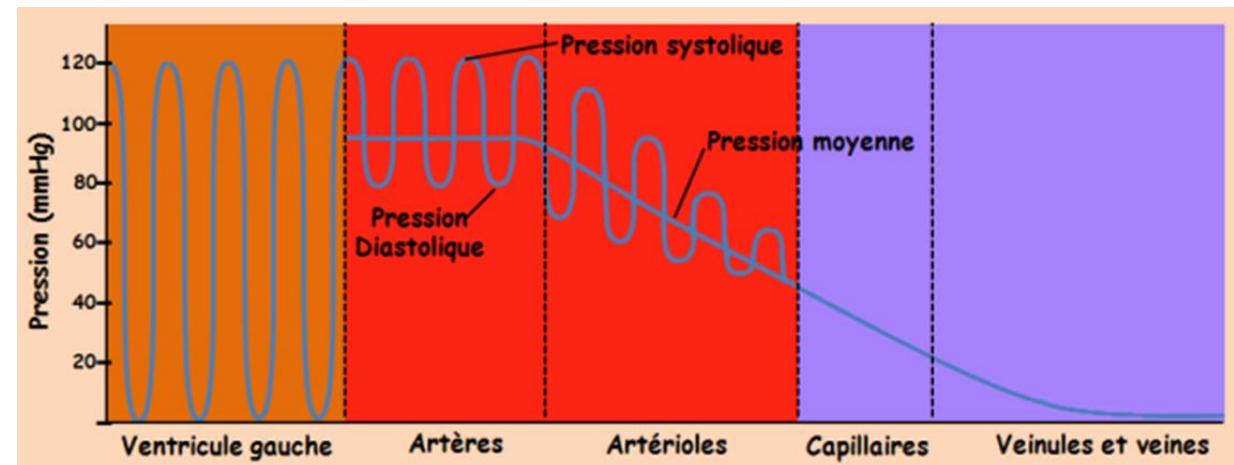
Avec Q : débit (parfois noté D); η : viscosité; ΔP : différence de pression entre les 2 extrémités du tube de rayon r et de longueur L

Dans la circulation sanguine systémique :

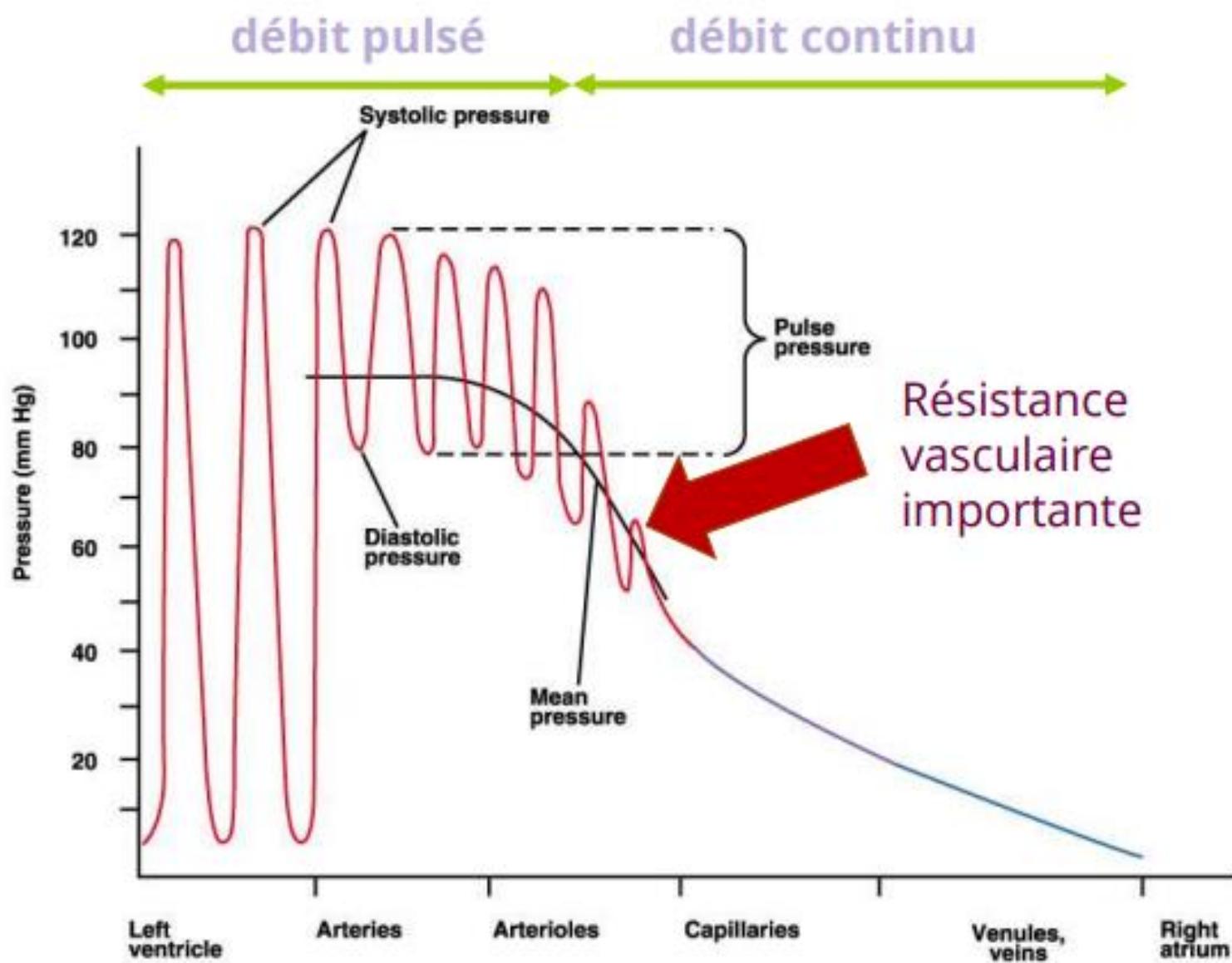
- $\Delta P = P_{\text{entrée}} - P_{\text{sortie}}$
- $\Delta P = P_{\text{aorte}} - P_{\text{OD}}$
- P_{OD} : très faible
- $P_{\text{aorte}} = P_{\text{artérielle}} = PA$
- $\Delta P = PA$
- $PA = Q \times R$
- $Q = VES \times FC$
- $PA = VES \times FC \times R$



D'après S. Plowman and
D. Smith - Allyn & Bacon



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 »

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

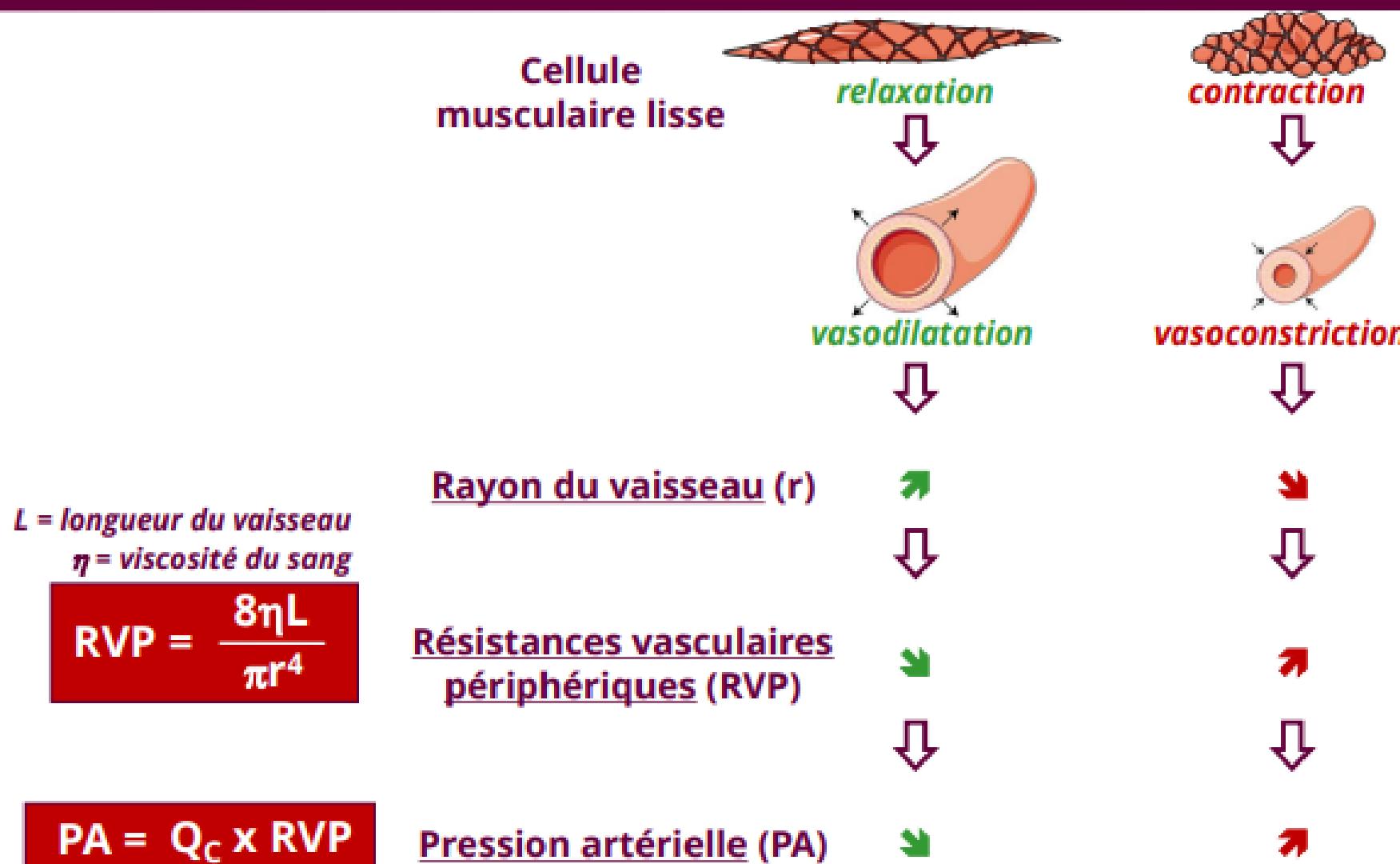
r = rayon du vaisseau

L = longueur du vaisseau

η = viscosité du sang

Faible variation du rayon
=> grande variation de la résistance

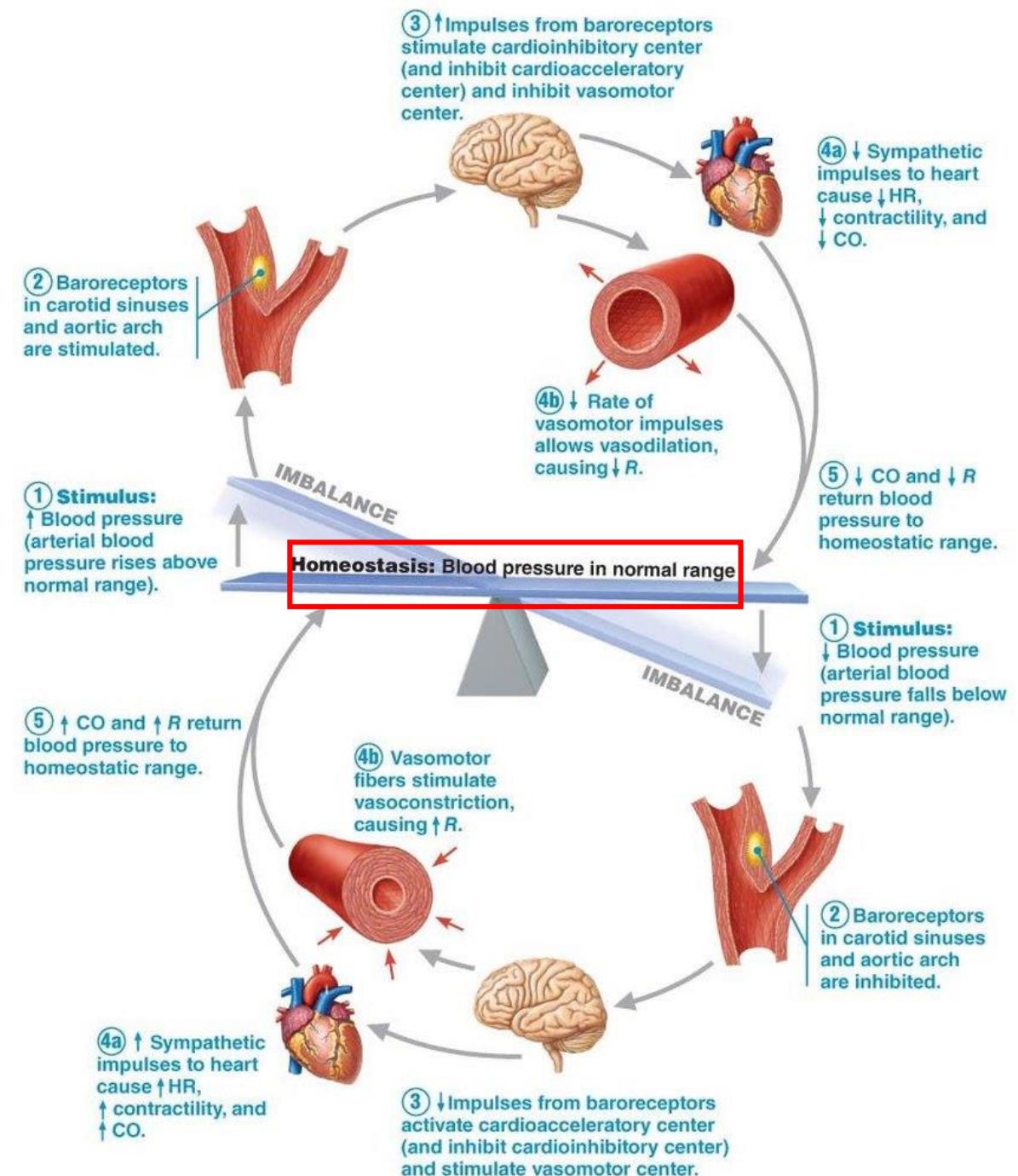
Rôle du tonus vasculaire dans la régulation de la pression artérielle



- Q_C = débit cardiaque
- RVP = résistances vasculaires périphériques

LES DIFFÉRENTS ASPECTS DE LA RÉGULATION

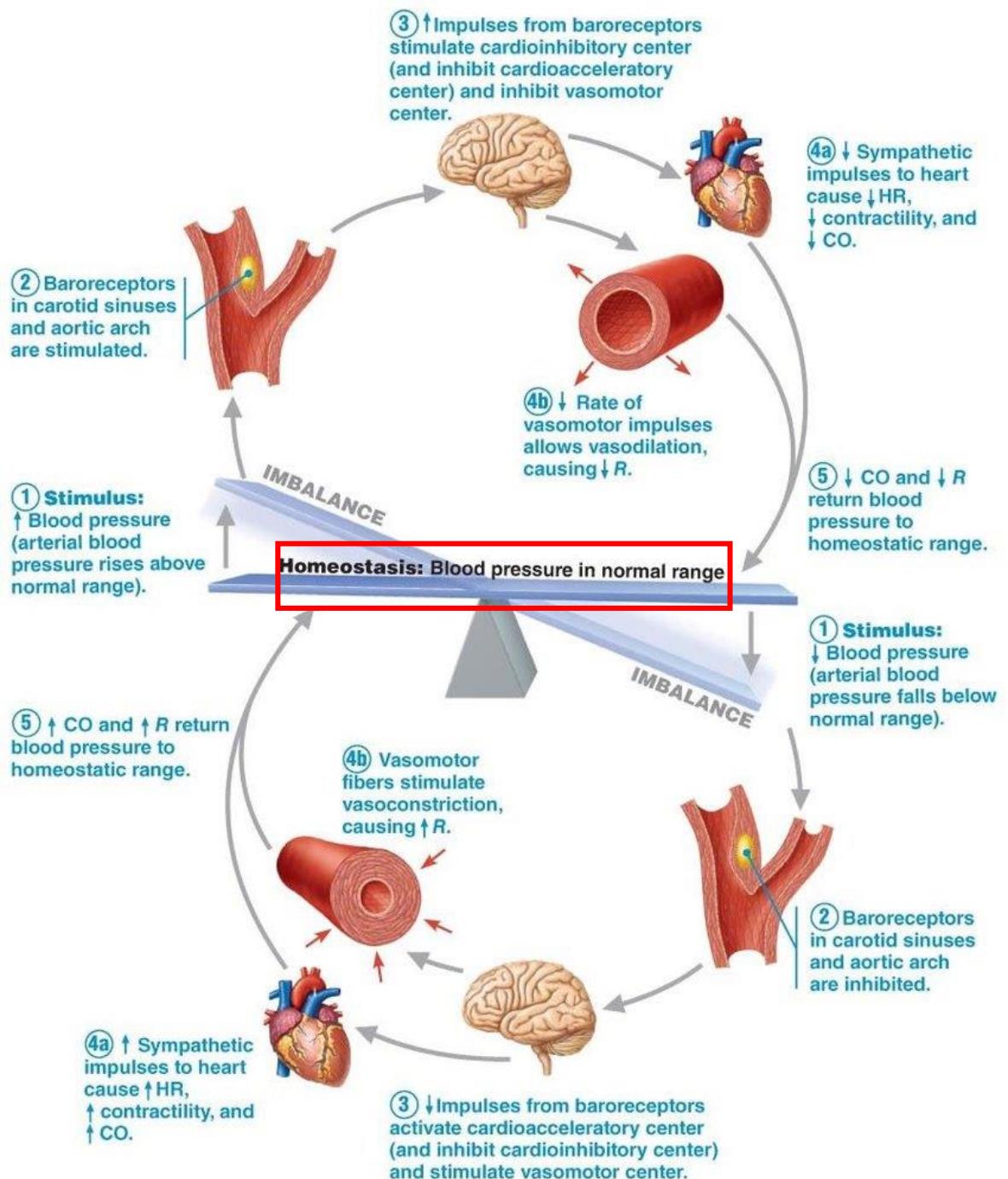
- Adaptation cardio-vasculaire
- Fonctionnement cohérent et stable
- Régulation de base :
 - Au repos
 - À jeun
 - Neutralité thermique



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



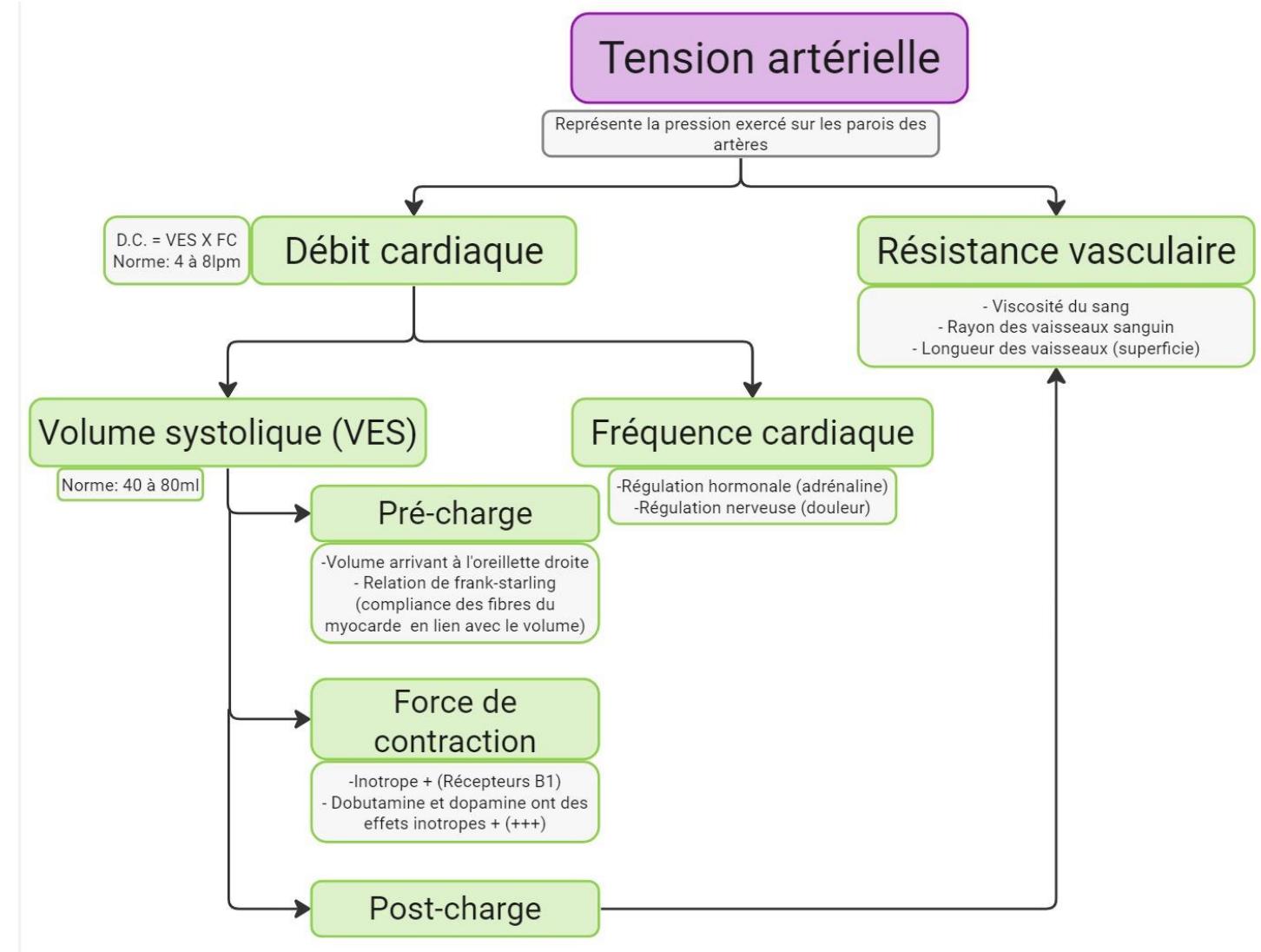
La grandeur régulée du système cardio-vasculaire

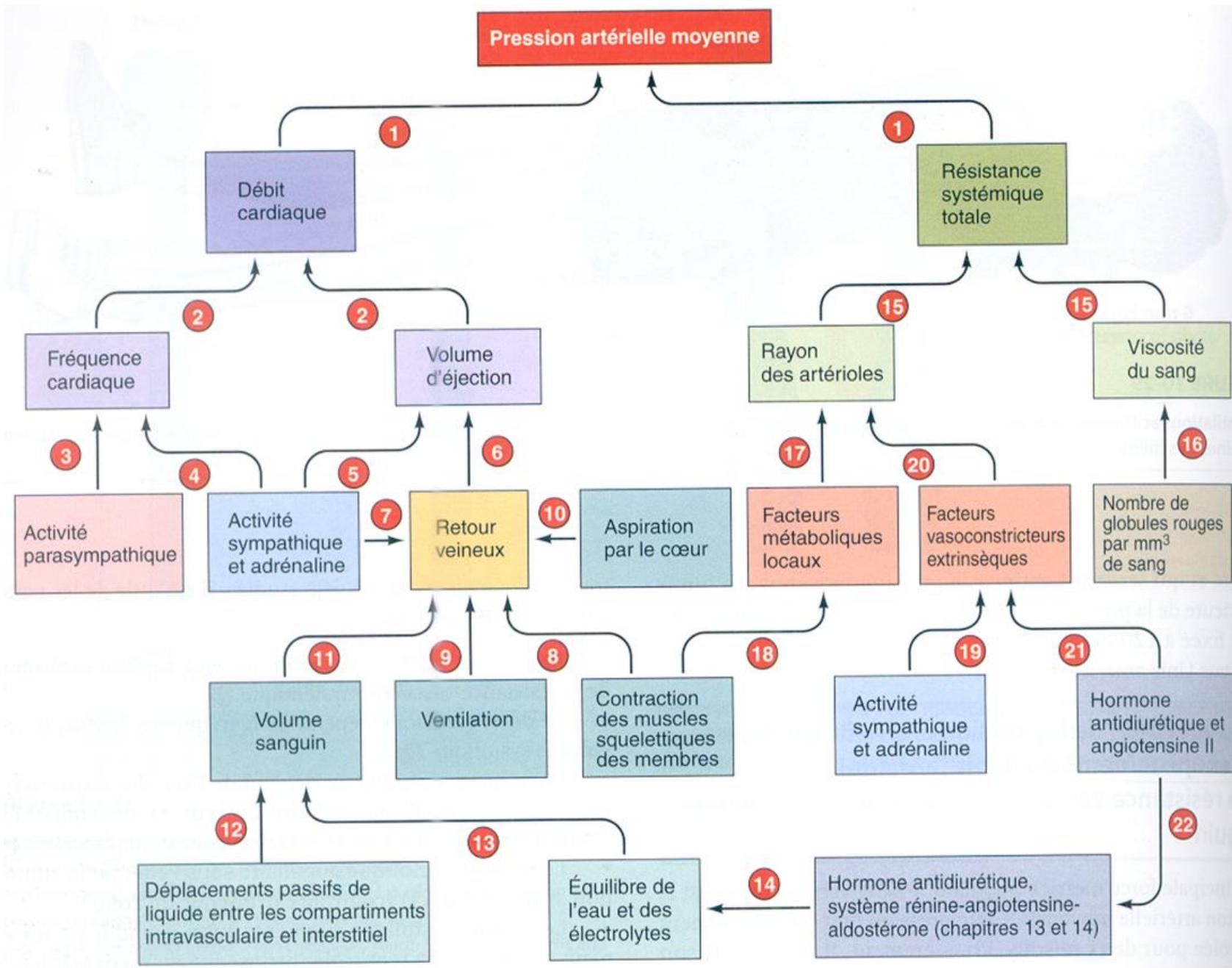
LA PRESSION ARTÉRIELLE MOYENNE :

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

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

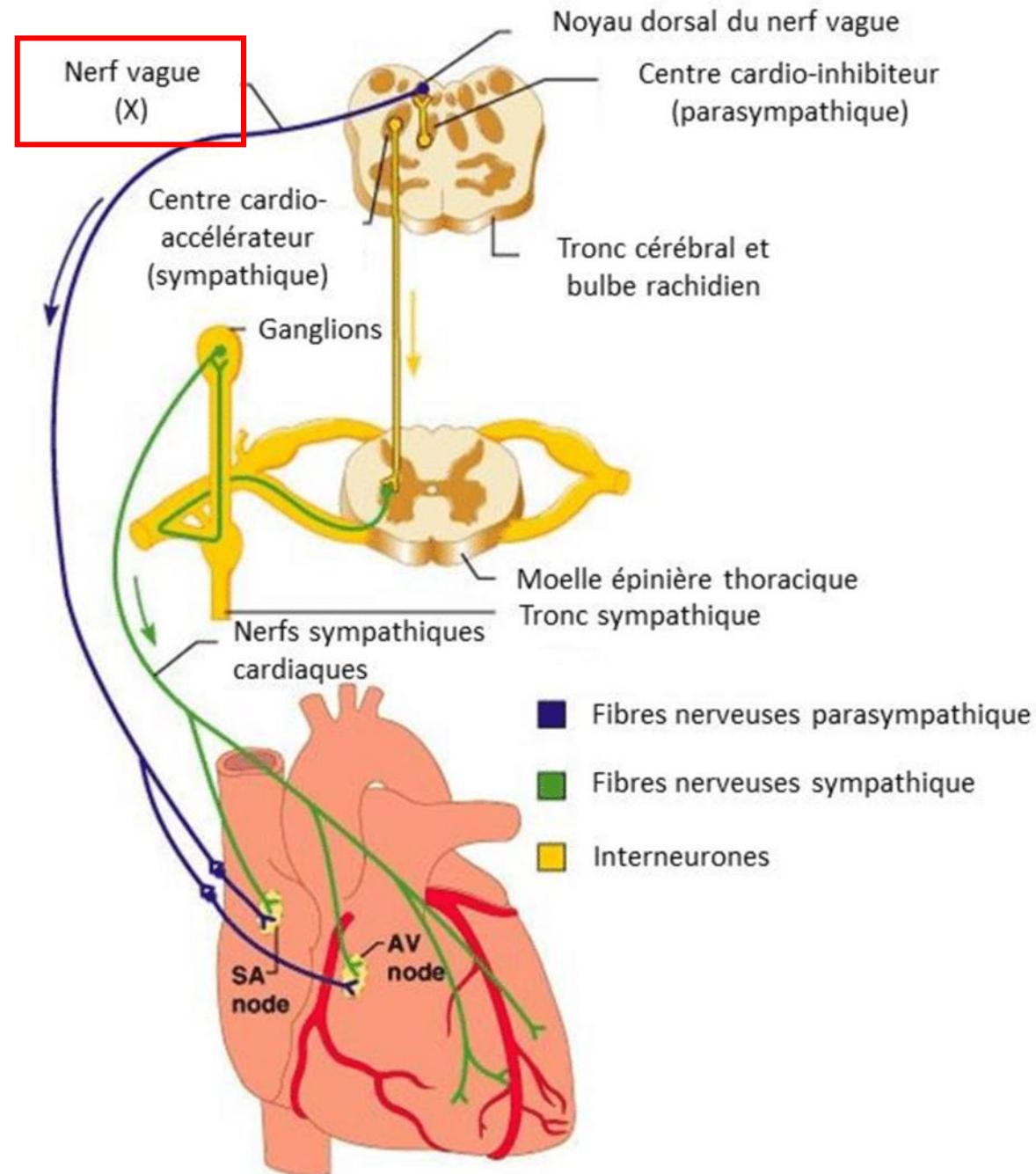
- *Aspects morphologiques*
- *Action des pneumogastriques*

Aspects morphologiques

Nerfs vagus : X :



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



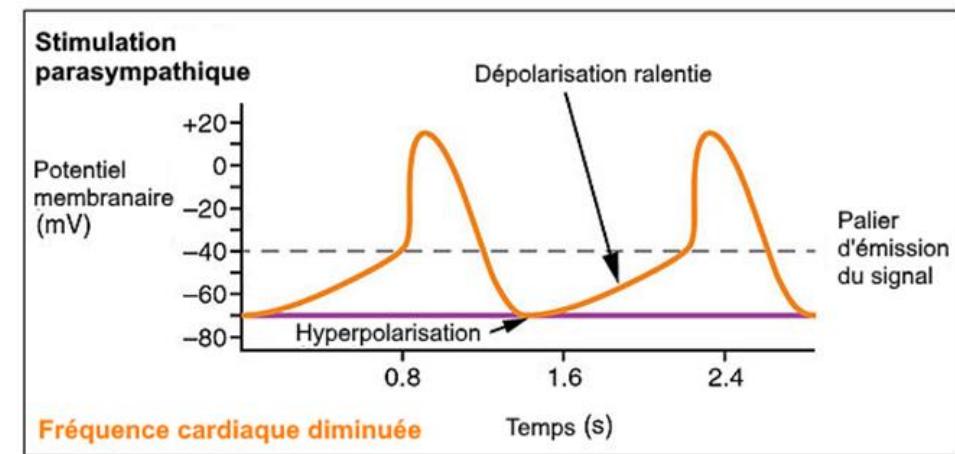
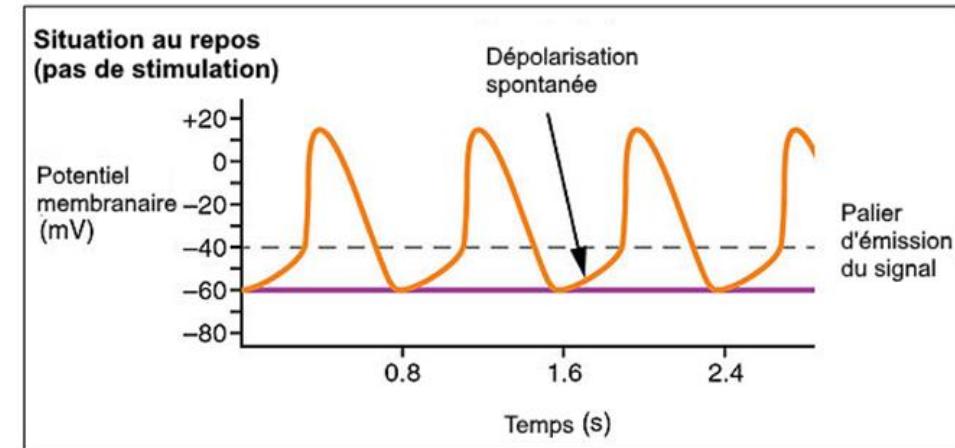
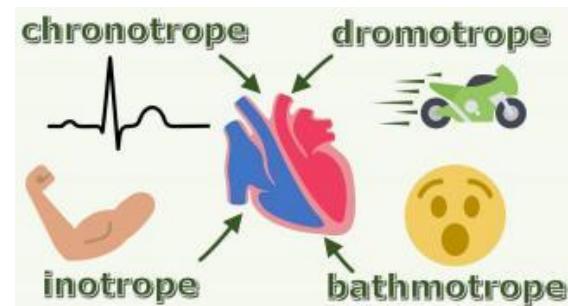
Action des nerfs vague (pneumogastriques)

- **Expérience :**
 - Section d'1 seul nerf vague →
 - pas d'effet notable sur l'activité cardiaque de repos
 - Section bilatérale des vagues →
 - \uparrow FC \rightarrow 120/min
 - Stimulation du bout périphérique d'un nerf vague préalablement sectionné \rightarrow \downarrow FC
- **→ Conclusion**
 - À l'état normal :
les nerfs vagues \rightarrow action frénatrice continue sur l'activité cardiaque
Tonus cardio-modérateur

Action des vagues (pneumogastriques) :

Actions :

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



Le contrôle accélérateur sympathique

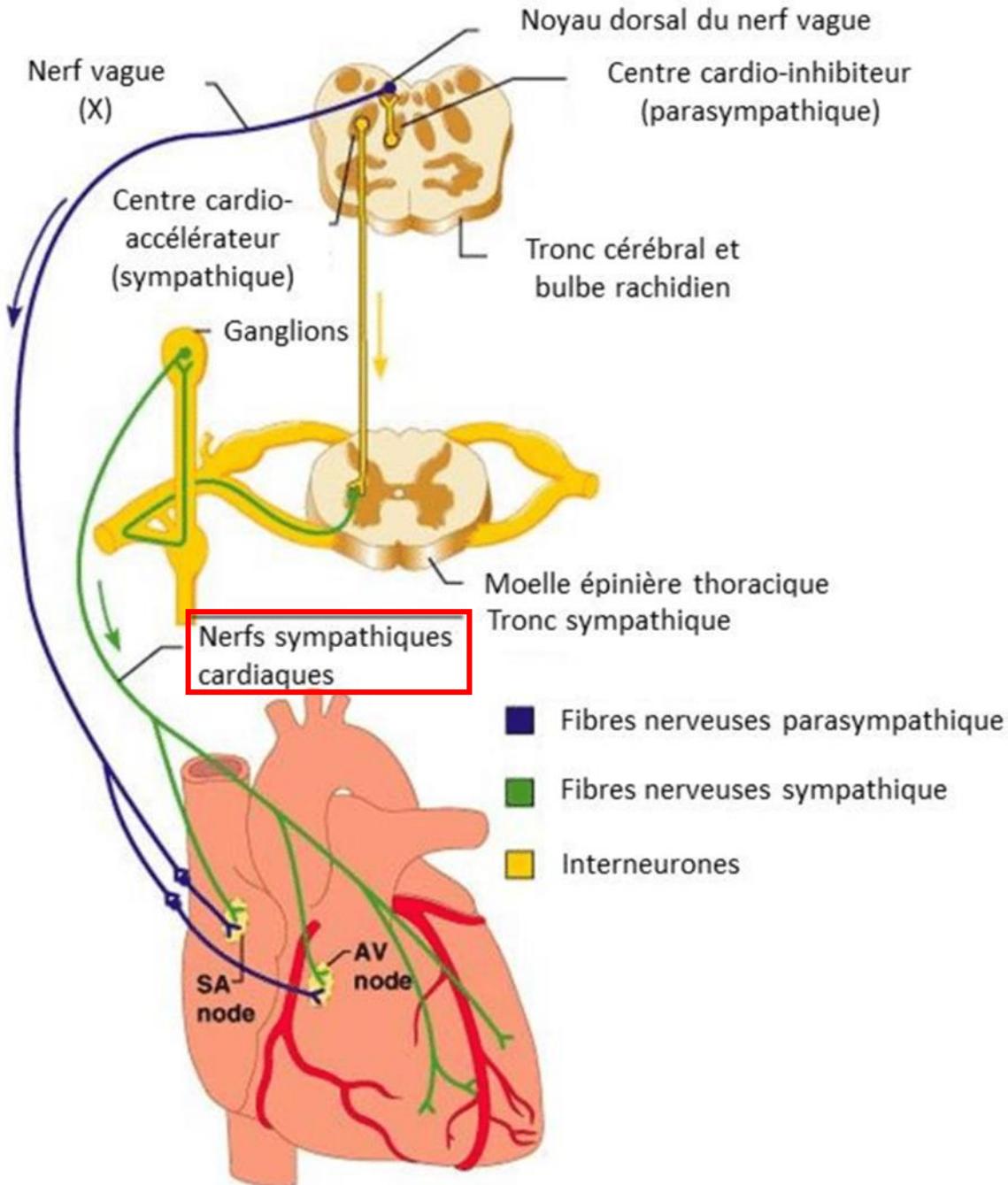
- *Aspects morphologiques*
- *Action du système sympathique*

Aspects morphologiques

acétylcholine

noradrénaline (R β)

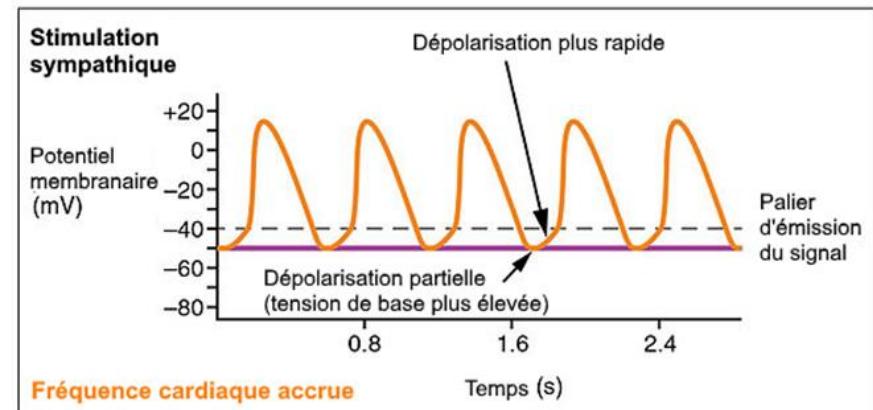
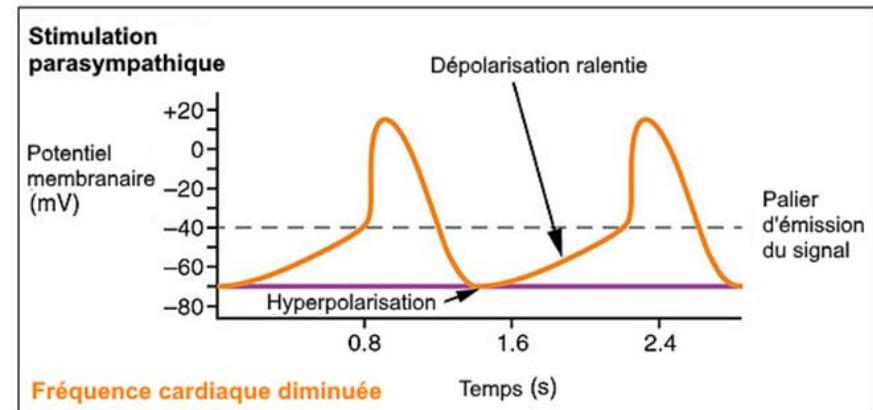
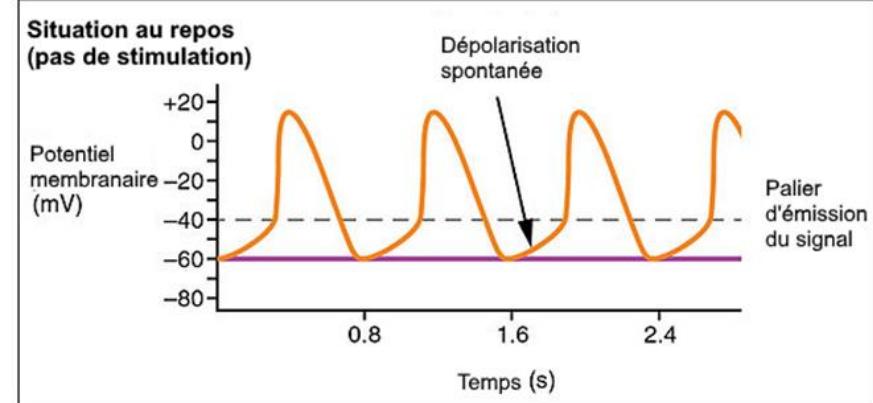
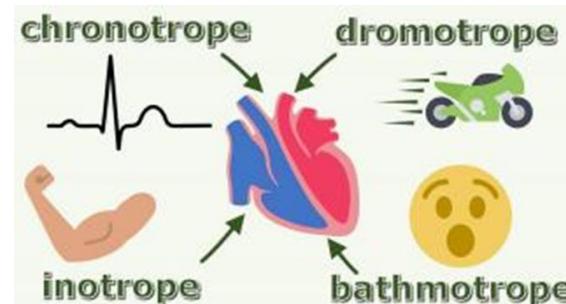
- D1-D4 -----< -----< cœur
 - Tractus gg Σ cervicaux cellules nodales,
 - intemédio- (gg stellaire) myocardiques
 - latéralis



Action du système sympathique

Expériences :

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



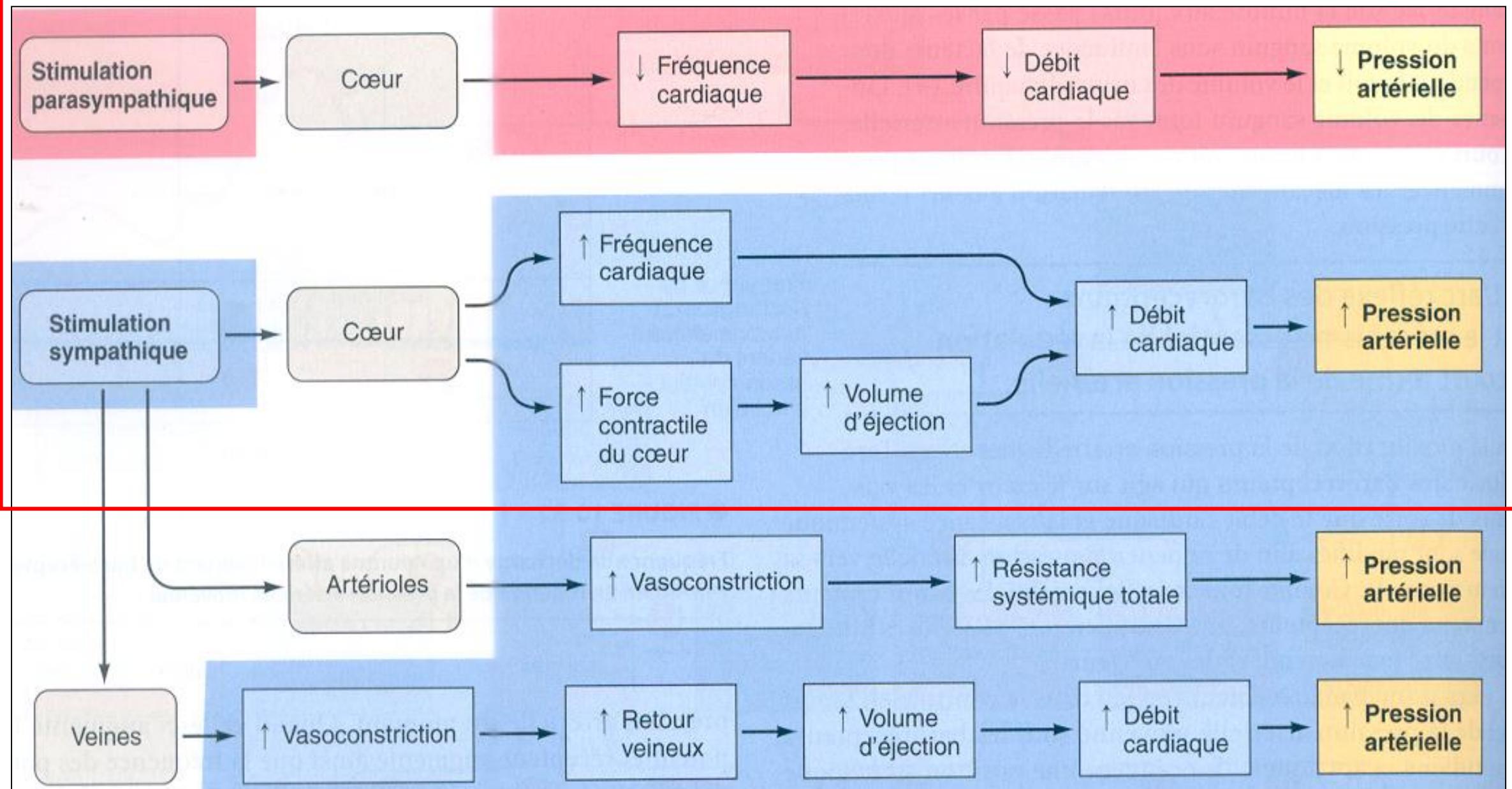
Les rôles respectifs des deux systèmes

- **Expérience :**
 - A l'état normal : FC \approx 70/min
 - Suppression du contrôle nerveux de l'activité cardiaque →
 - ↑ de l'activité : ↑ FC → 120/min
- **Conclusion :**

Tonus cardio-modérateur vagal > Tonus cardio-accélérateur sympathique

Les rôles respectifs des deux systèmes

- \uparrow FC :
 - activité paraΣ $\rightarrow 120/\text{min}$ \nearrow $> 120/\text{min}$
 - activité Σ \nearrow supprimée $\nearrow \nearrow$
- \downarrow FC :
 - activité paraΣ $< 70/\text{min}$ \nearrow
 - activité Σ supprimée



LE CONTRÔLE NERVEUX DE LA VASOMOTRICITÉ

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

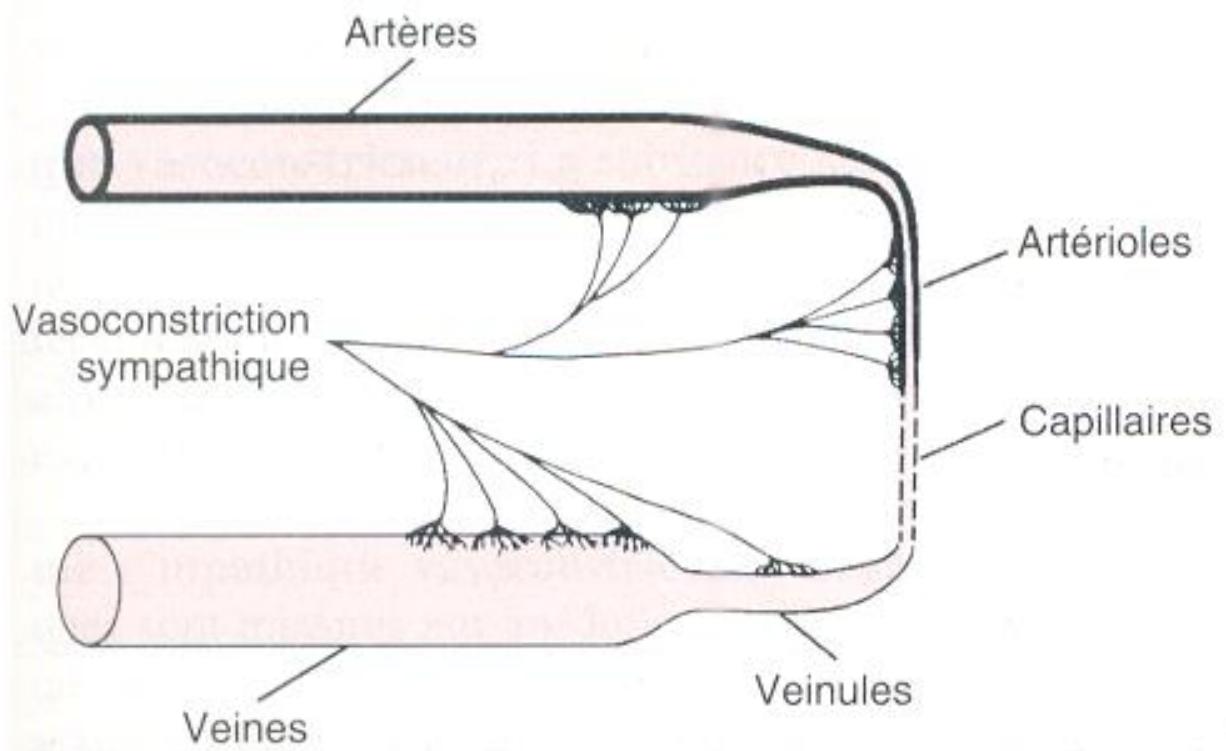
Le contrôle sympathique vasoconstricteur

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

Aspect morphologiques

Innervation Σ :

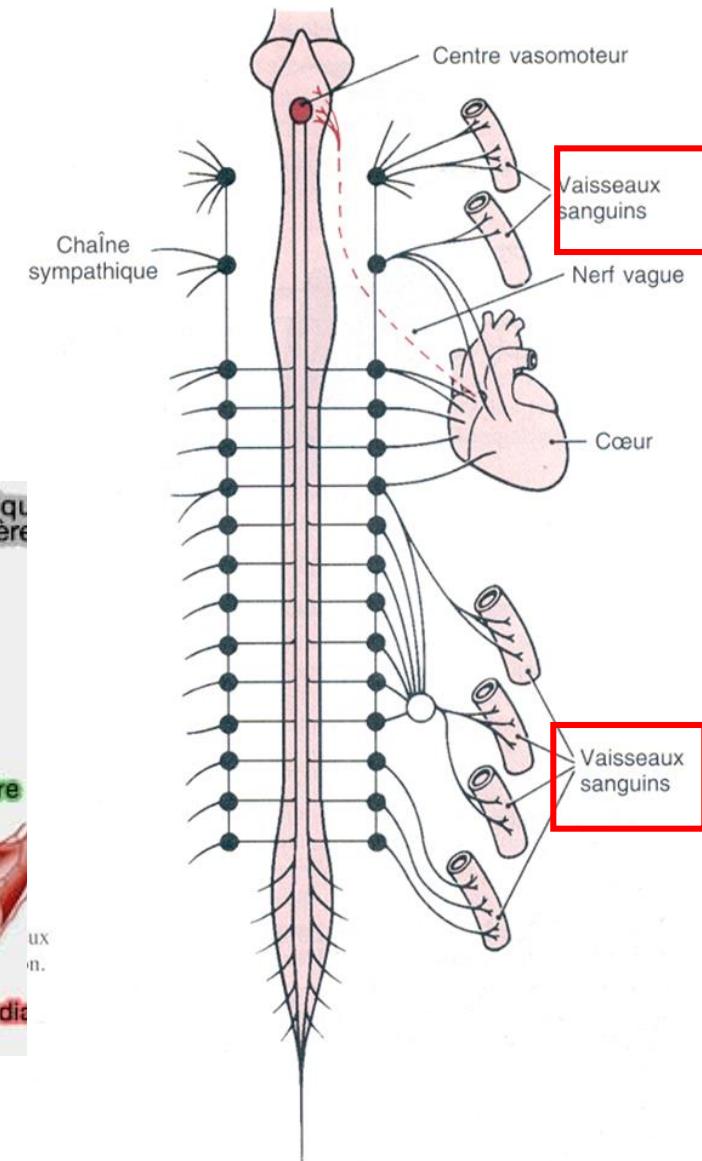
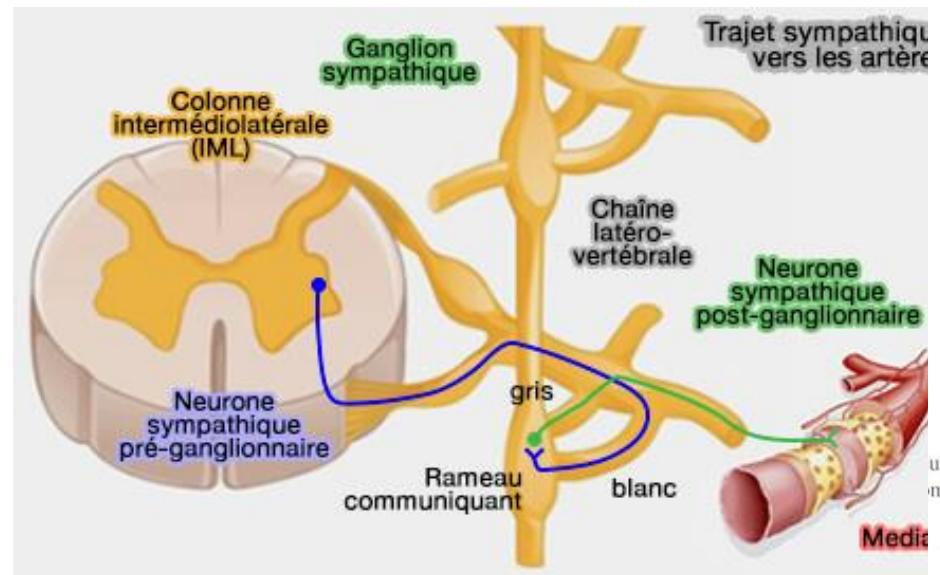
- Petites artères et artéries :+++
- Veines et veinules : aussi
- \rightarrow vasoconstriction
- \rightarrow \uparrow résistances vasculaires
- $R = 8 \eta l / \pi r^4$



Innervation sympathique de la circulation systémique.

Aspect morphologiques

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



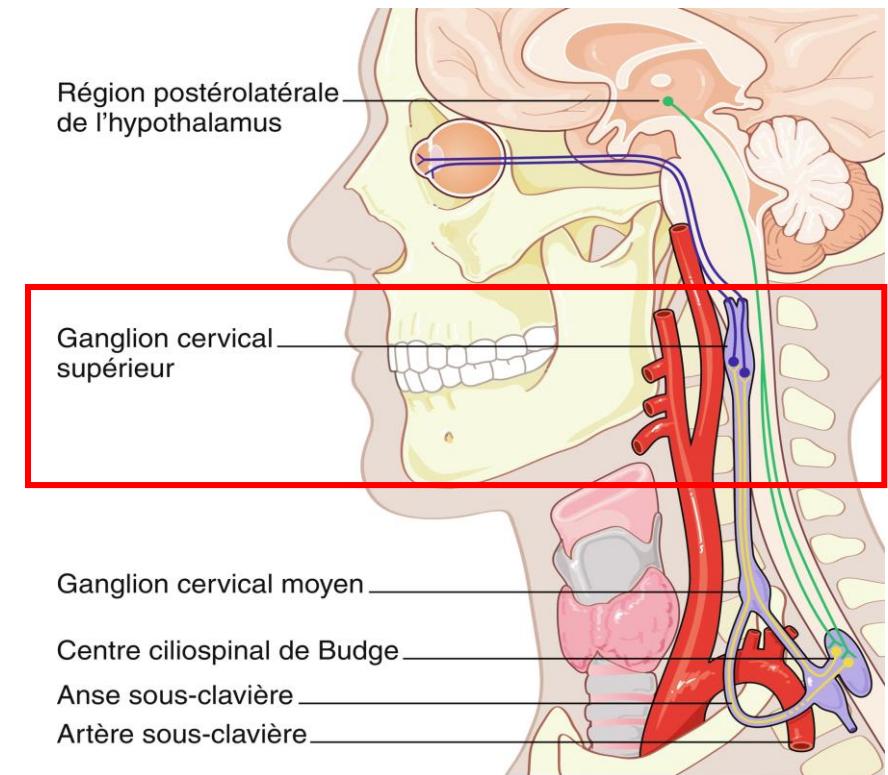
Le rôle du système vasoconstricteur

- **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

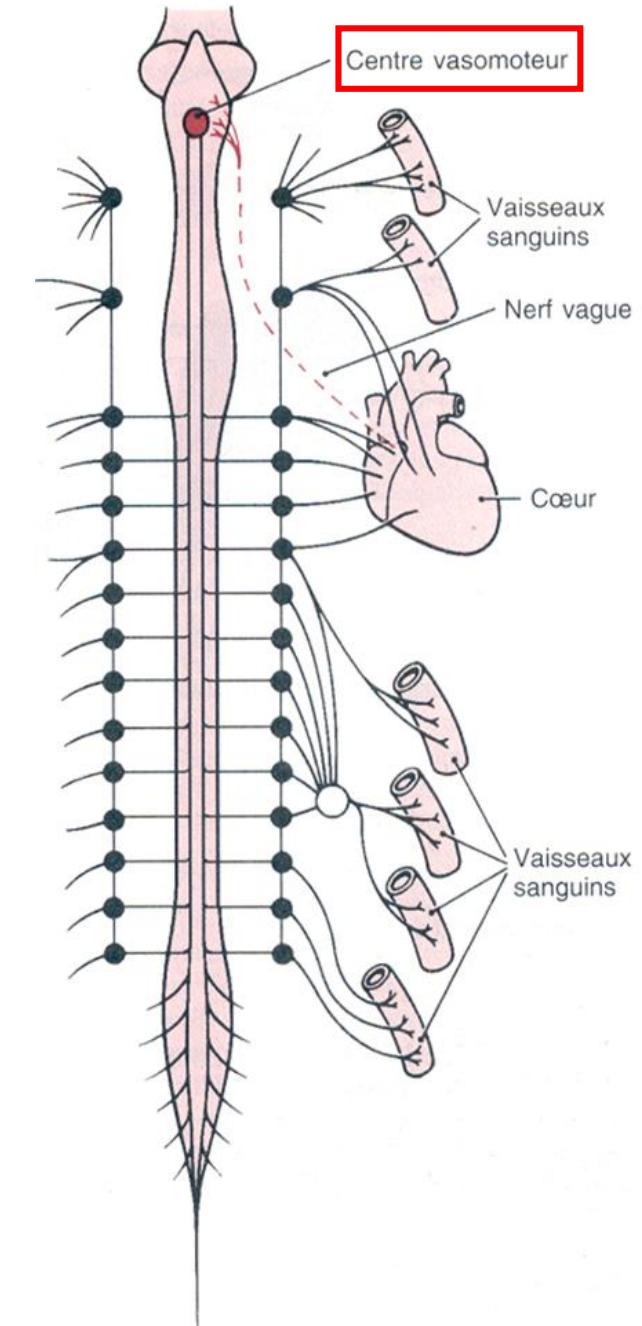
- Conclusion :

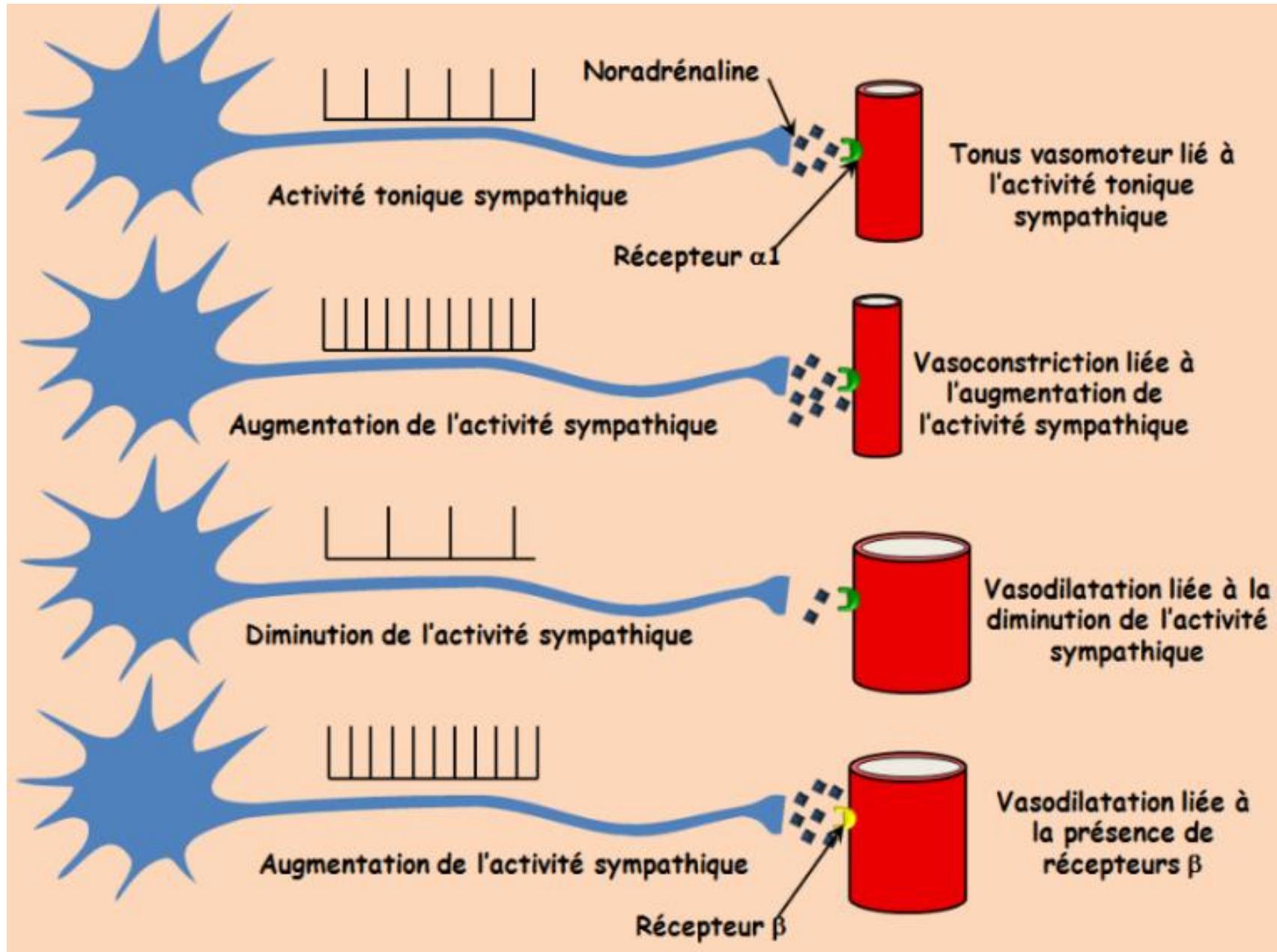
- Système Σ : vasoconstricteur
- Au repos : tonus vasoconstricteur +++
- Suppression du tonus vasoconstricteur → vasodilatation passive



Le rôle du système vasoconstricteur

- (+)Centre vasoconstricteur :
 - bulbaire :
 - Action généralisée
 - \uparrow résistances vasculaires globales \rightarrow \uparrow PA
- (-)Centre vasoconstricteur :
 - \downarrow résistances vasculaires globales \rightarrow vasodilatation généralisée passive \rightarrow \downarrow PA
- « α -bloquants » :
 - \downarrow résistances vasculaires globales \rightarrow vasodilatation généralisée passive \rightarrow \downarrow 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 vasodilatatrices \rightarrow vasodilatation plus importante

Conclusion :

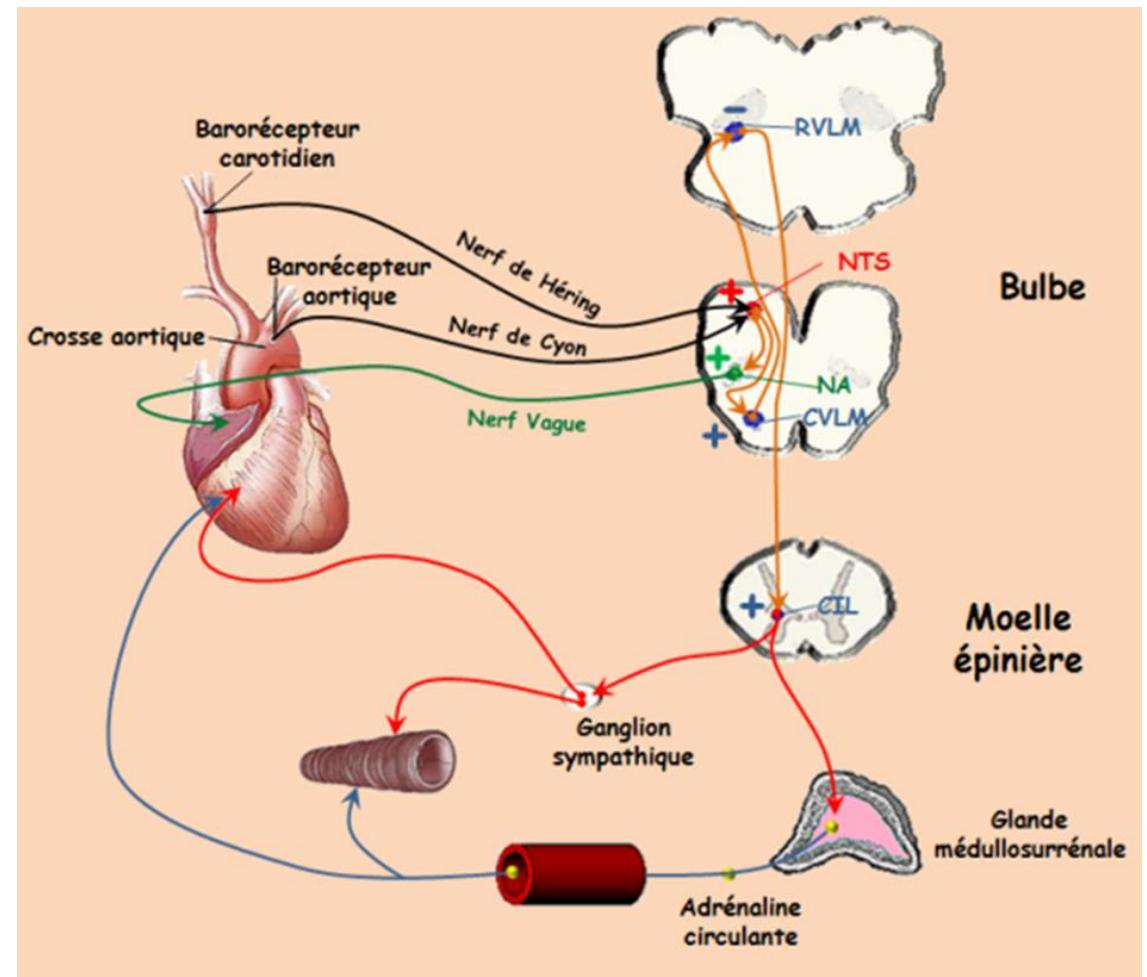
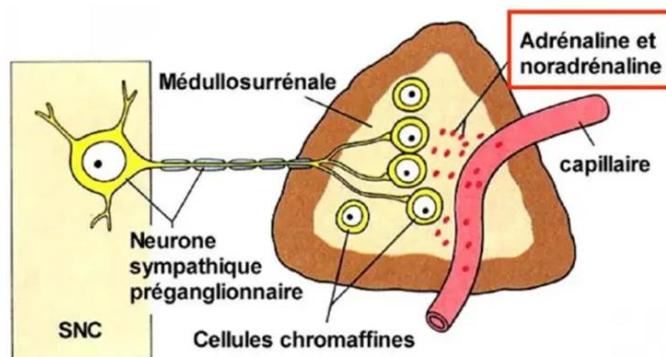
Les muscles lisses vasculaires possèdent un tonus propre : Tonus myogène

- **Tonus myogène:**

- Artères + veines
- Artéries :+++
- \nearrow quand la paroi vasculaire est étirée

L'intervention des glandes médullosurrénales

- (+) système vasoconstricteur
 - → (+) des glandes médullo-surrénales
 - → 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 parasympathique vasodilatateur localisé
 - (+) des glandes salivaires → libération dans le sang de substances vasodilatatriques : kinines

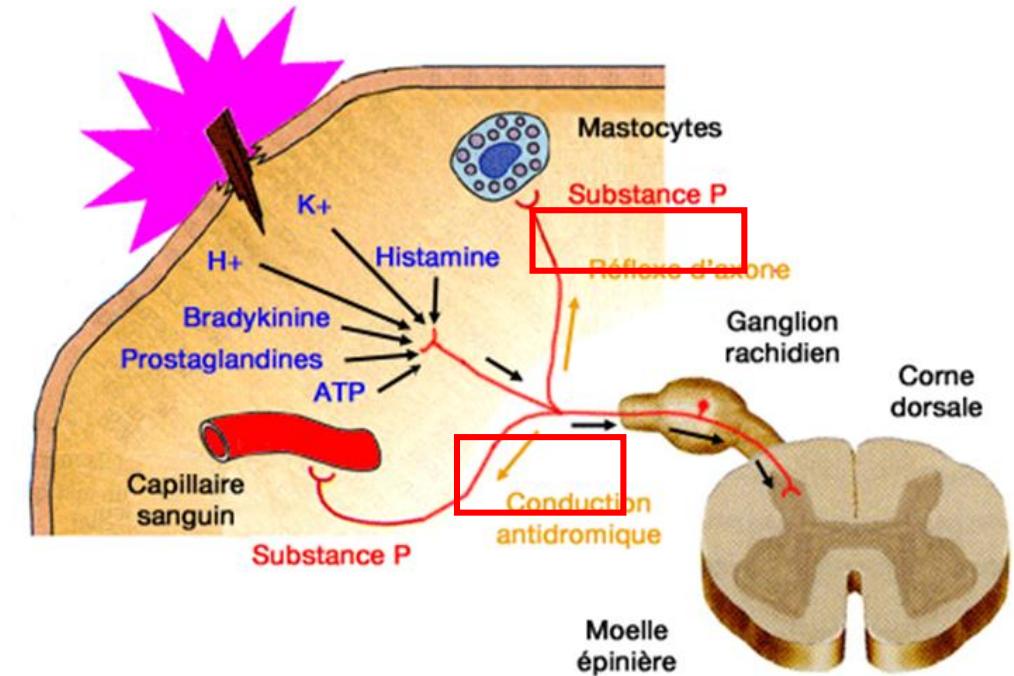
Actions nerveuses vasodilatatrices

35

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

Les fibres vasodilatatriques postérieures

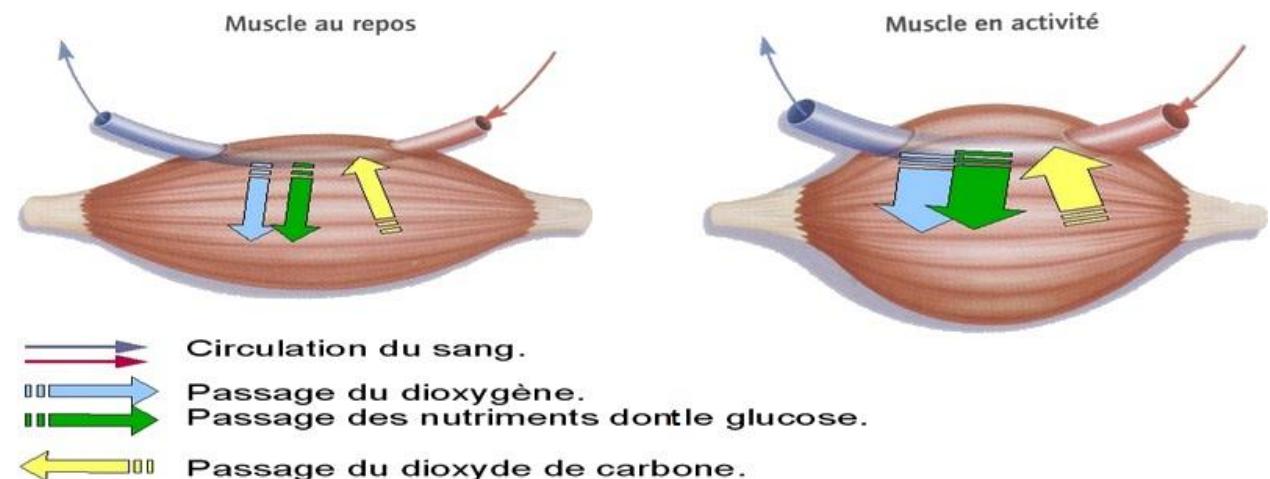
- Dans les racines post de la ME
- Conduction rétrograde : antidromique
- Réflexe d'axone
- Vasodilatation localisée à un territoire donné
- Affecte la circulation cutanée
- Rôle peu ++ dans la régulation de base de l'activité cardio-vasculaire



Reflexe d'axone

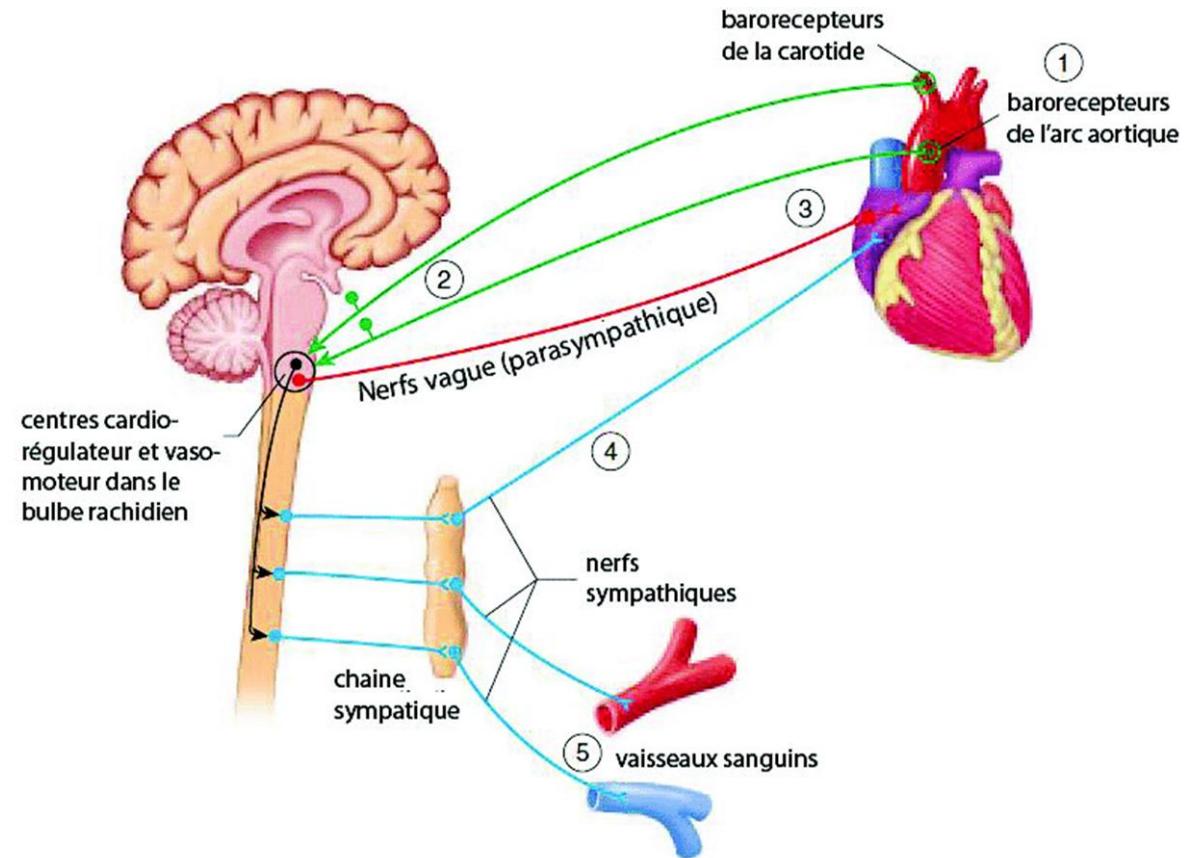
Les nerfs vasodilatateurs musculaires

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



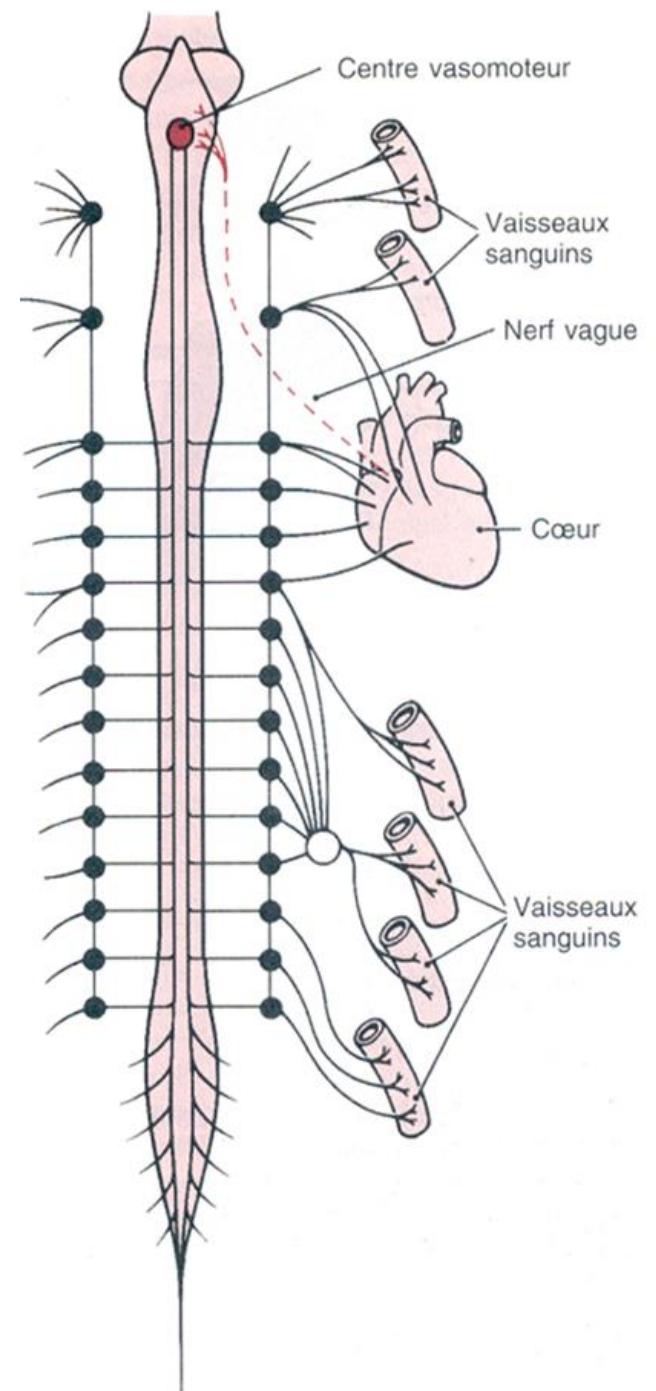
LES CENTRES NERVEUX DE CONTRÔLE

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



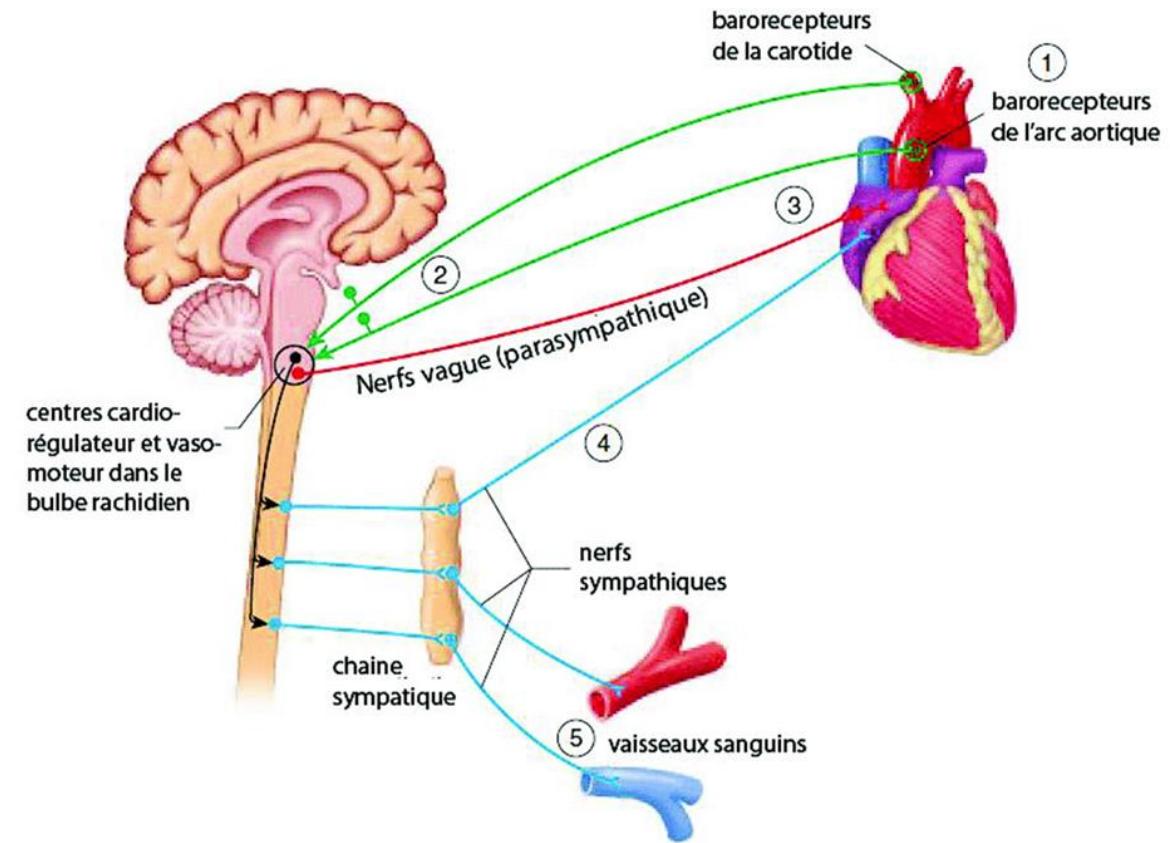
Les centres médullaires

- (+) tractus intérmedio-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



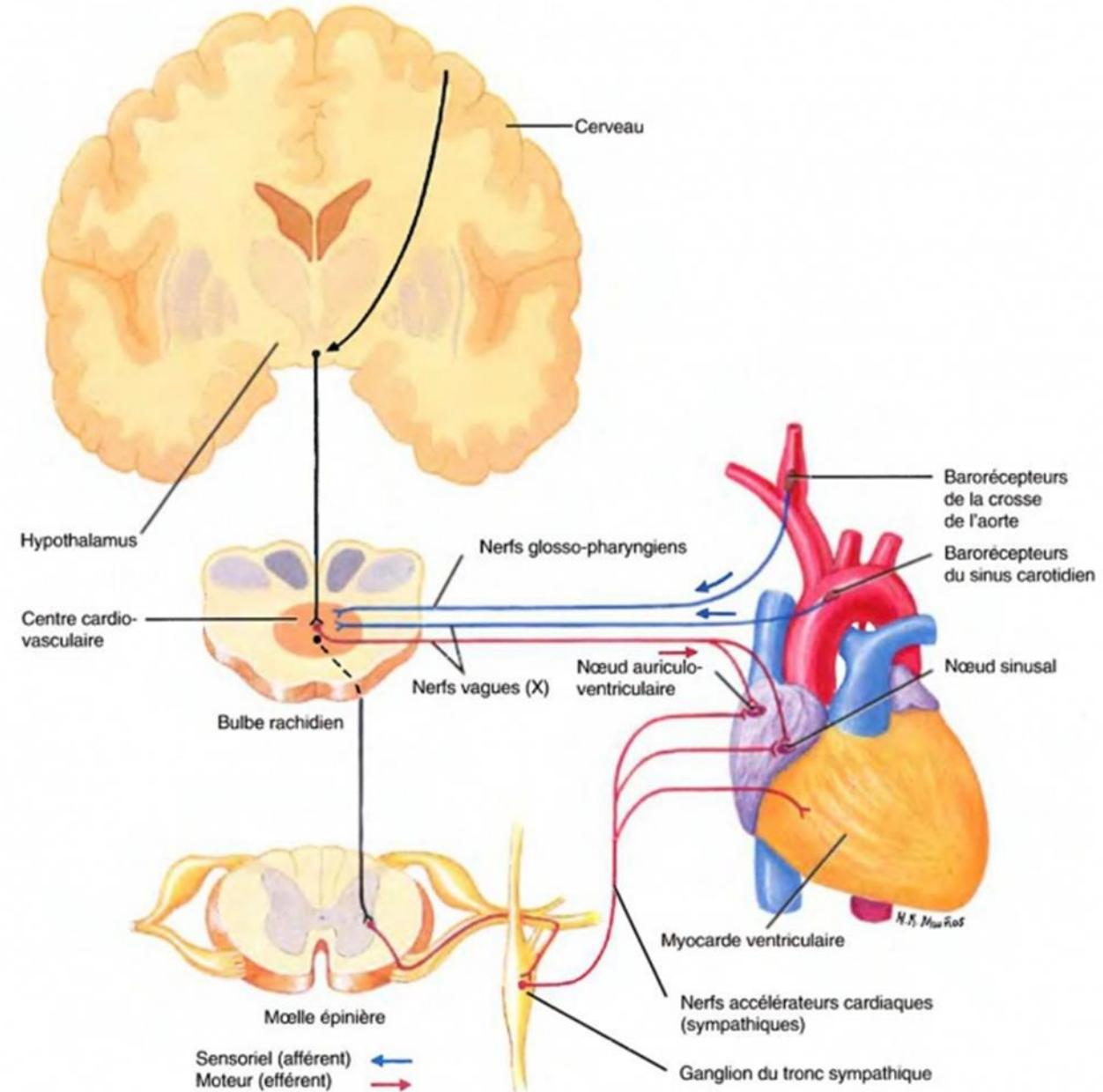
Les centres bulbaires

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



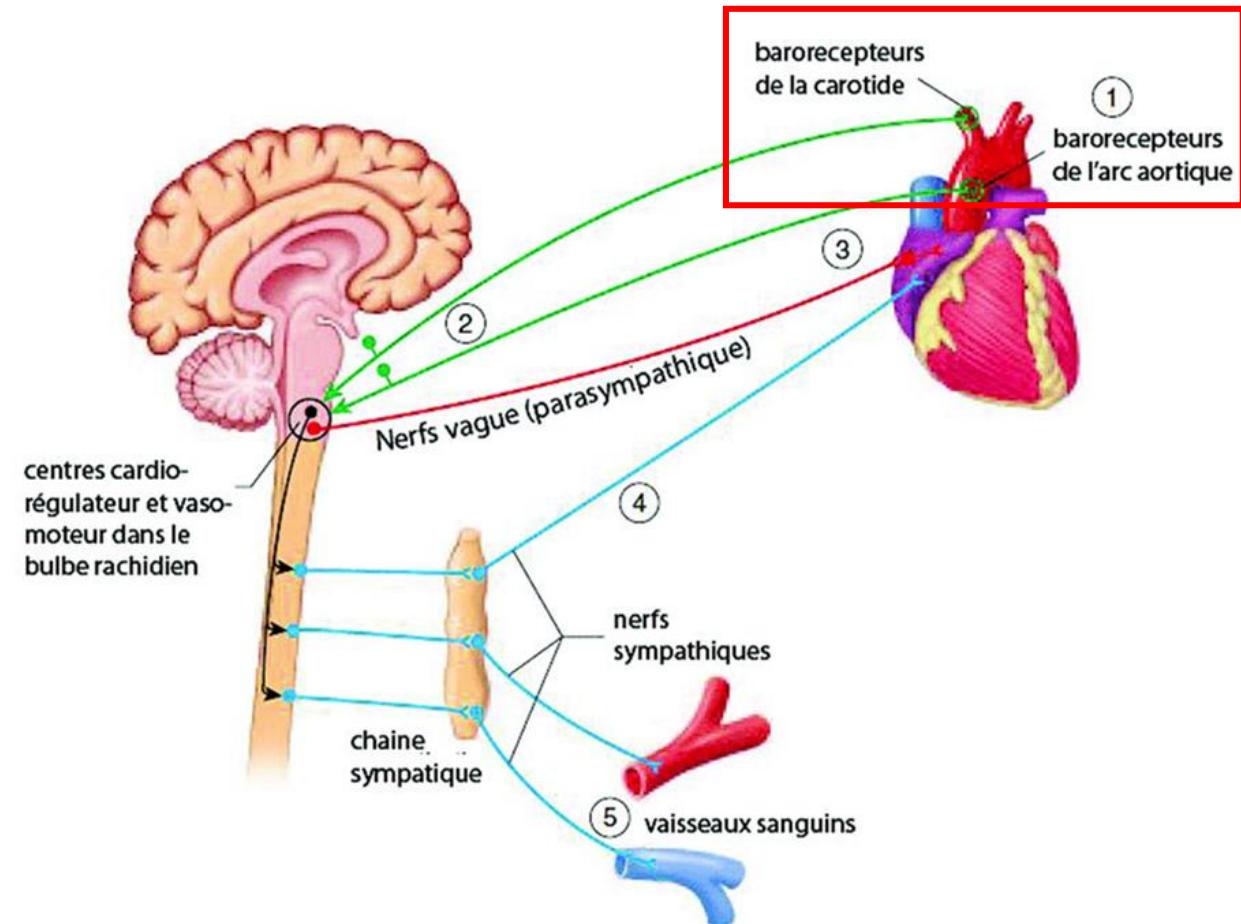
Les centres supra-bulbaires

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



Les barorécepteurs

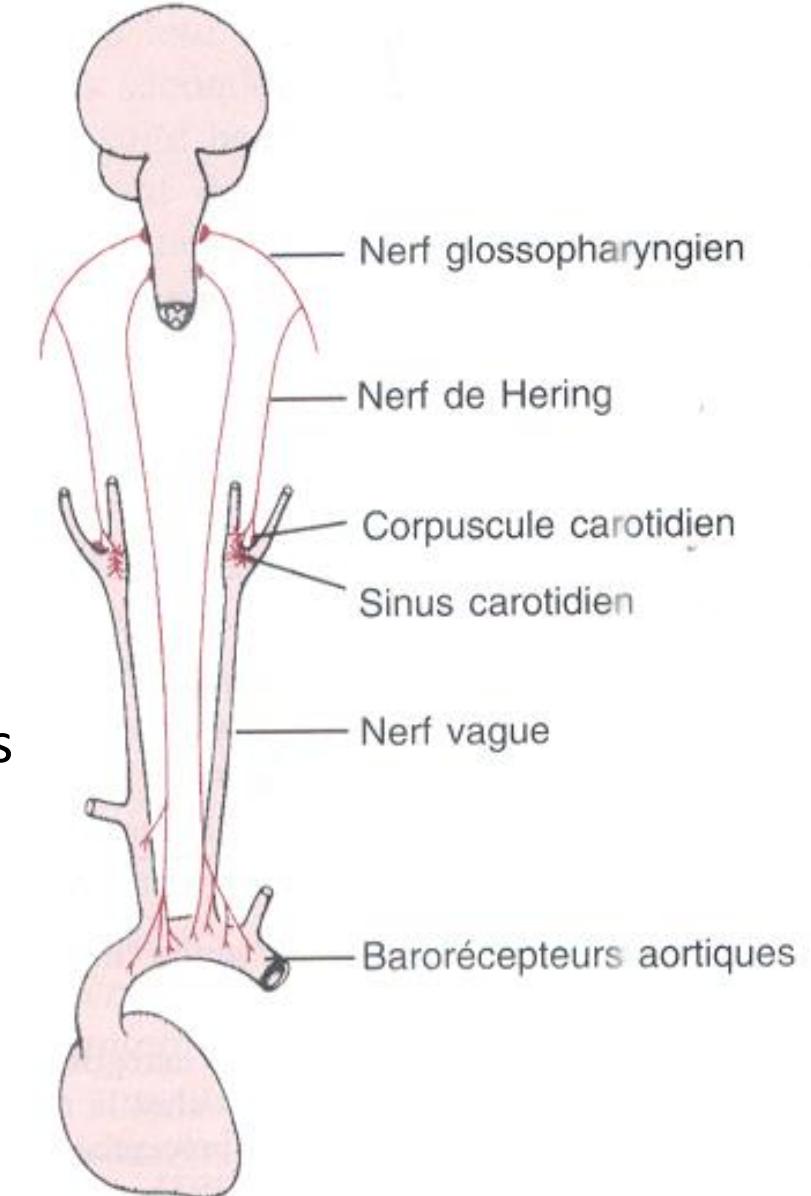
- Localisation anatomique
- Mode d'action des barorécepteurs
- Rôles respectifs des diverses régions barosensibles
- Mise en jeu de la barosensibilité



Localisation anatomique

Dans les artères systémiques :

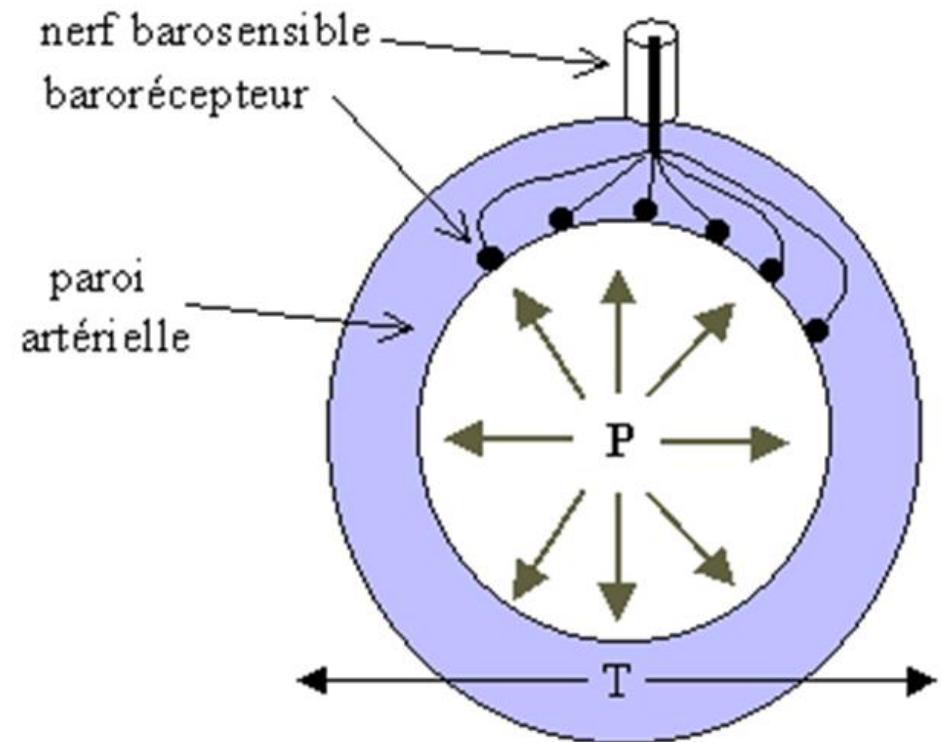
- Crosse de l'aorte → N de Cyon → N Vagues
- Les 2 sinus carotidiens → N de Héring → N glosso-pharyngiens



Le système barorécepteur.

Mode d'action des barorécepteurs

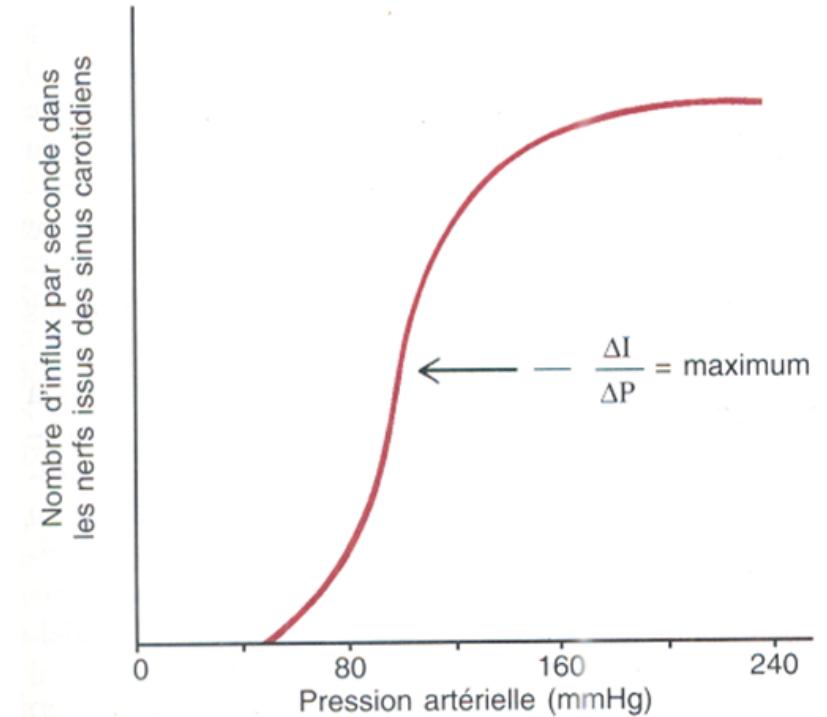
- Baro-récepteurs :
- Sensibles à leur étirement : tension :
- Relation linéaire entre tension et pression
- Loi de Laplace : $T = P \times r/e$



Mode d'action des barorécepteurs

Barorécepteurs :

- PA m \approx 100 mmHg \rightarrow
 - émission stable de PA : qlq décharges/s
- PA m \downarrow \rightarrow \downarrow fréquence de PA
- PA m \uparrow \rightarrow \uparrow 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

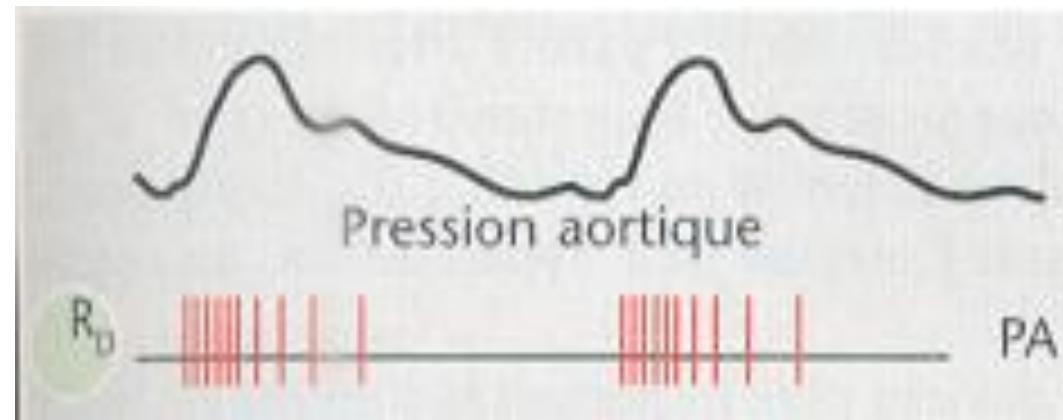


Réponse des barorécepteurs à différents niveaux de pression artérielle.

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

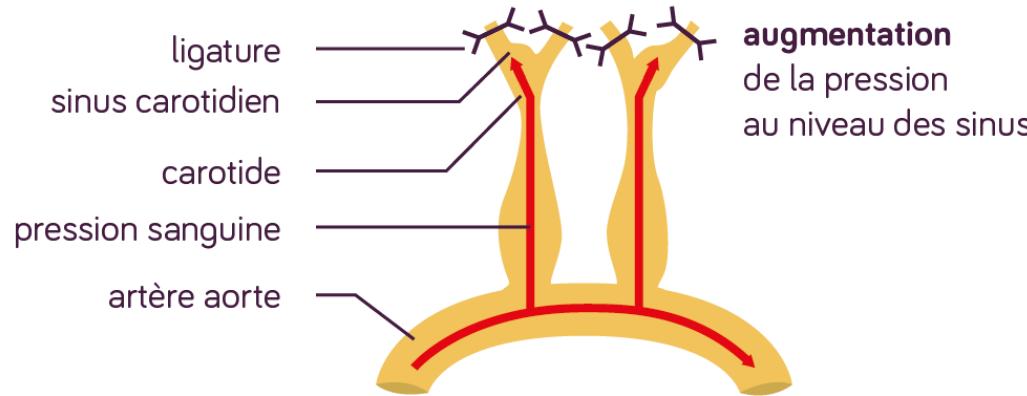
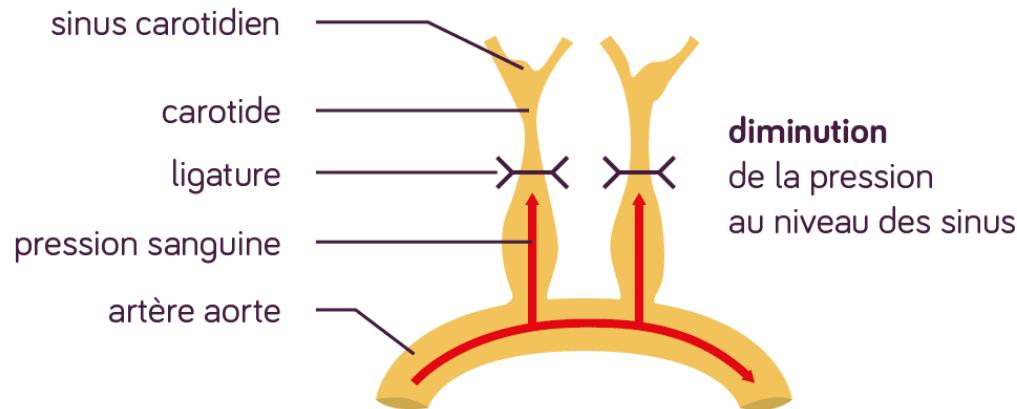
Mode d'action des barorécepteurs

- 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

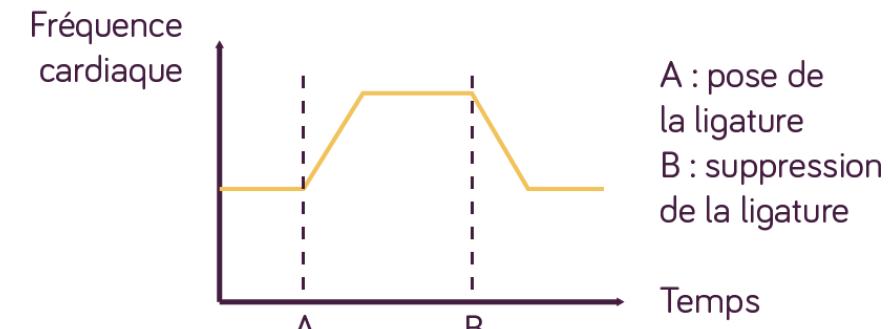


- Altération de la paroi carotidienne → modification des réponses des barorécepteurs

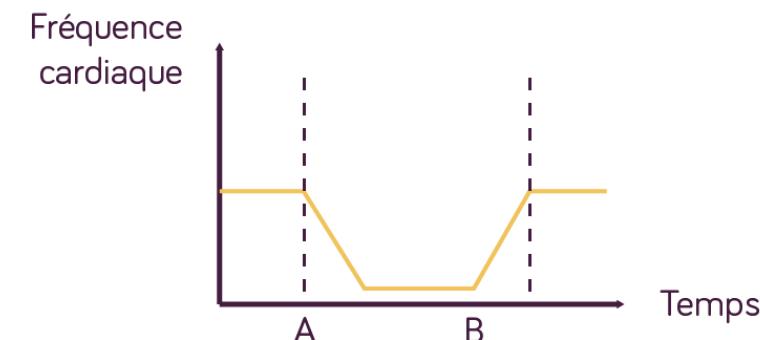
EXPÉRIENCE DU DOCTEUR HÉRING SUR LES CAROTIDES D'UN ANIMAL (1)



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



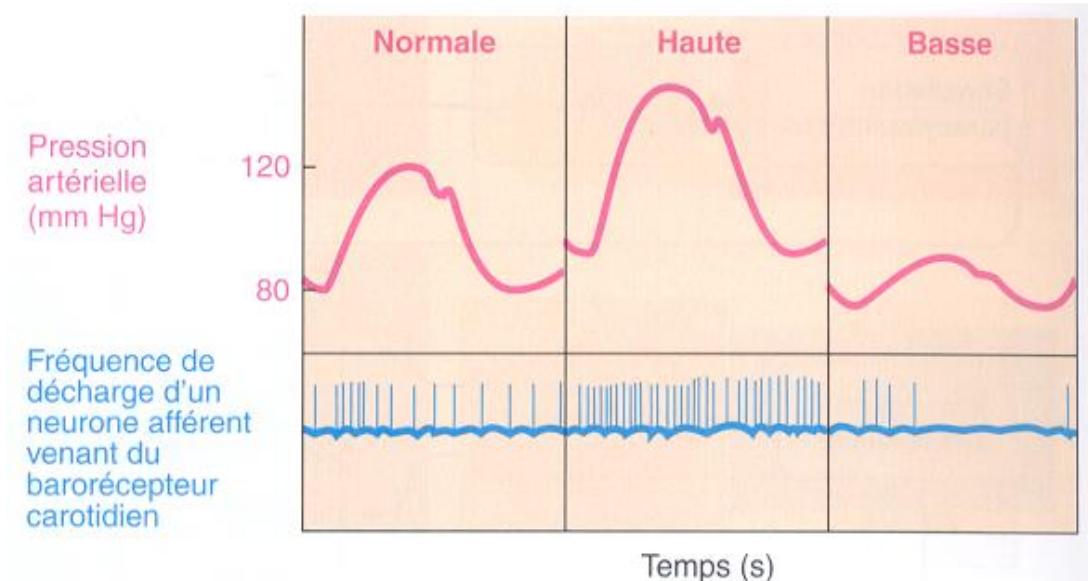
DANS LE CAS DE LA LIGATURE BASSE



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

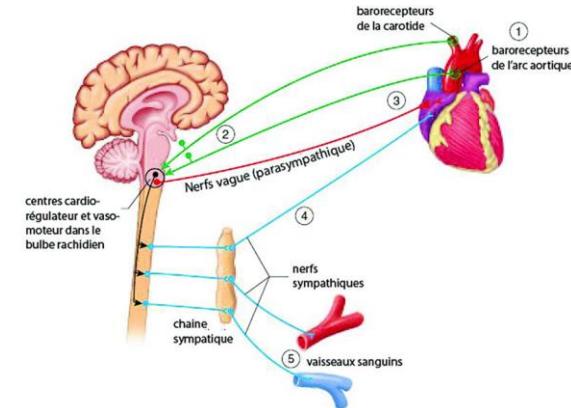
↗ de la contractilité

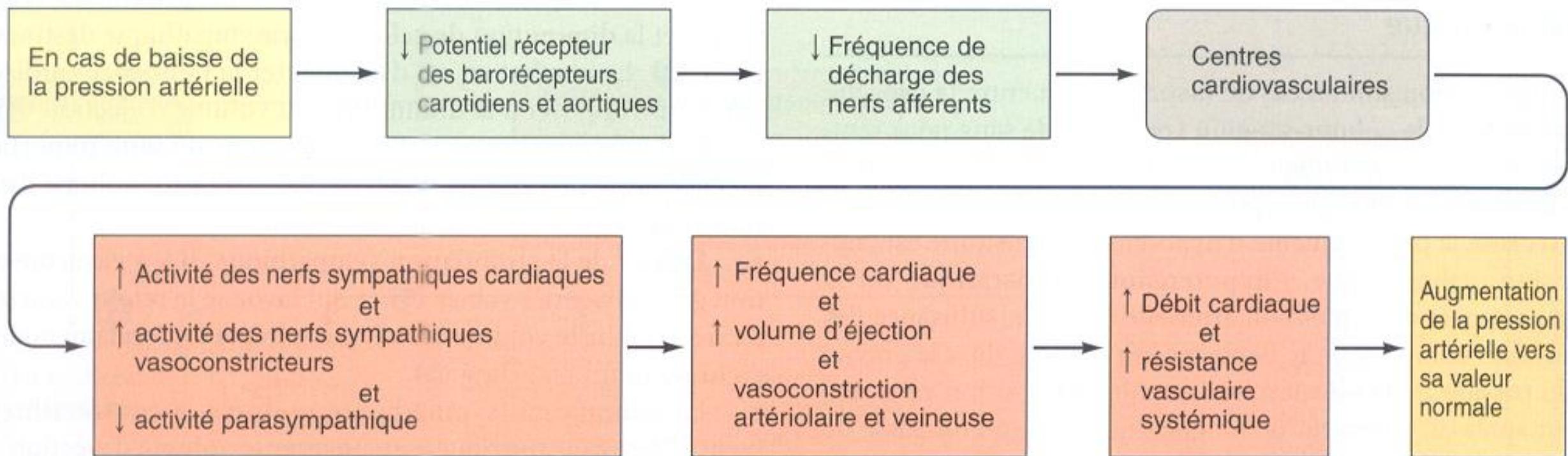
↗ de la constriction artériolaire

↗ de la constriction veineuse

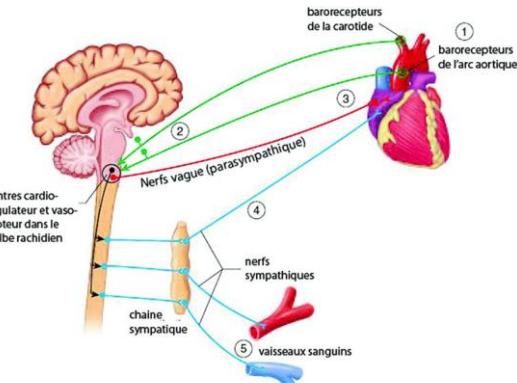


↗ de la pression artérielle moyenne





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

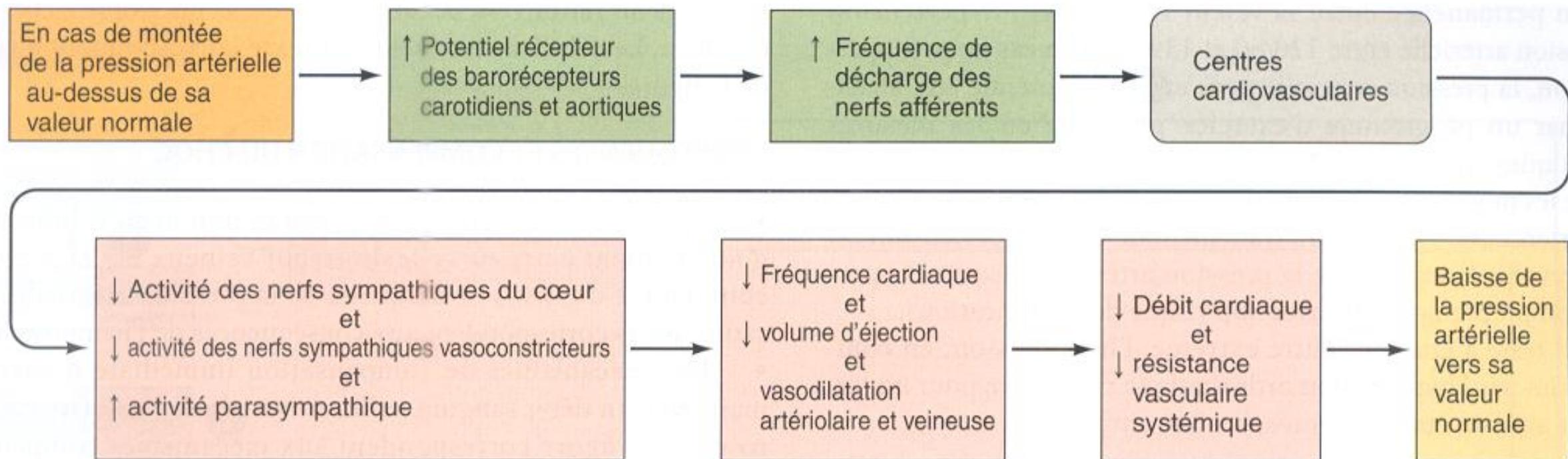
↘ de la contractilité

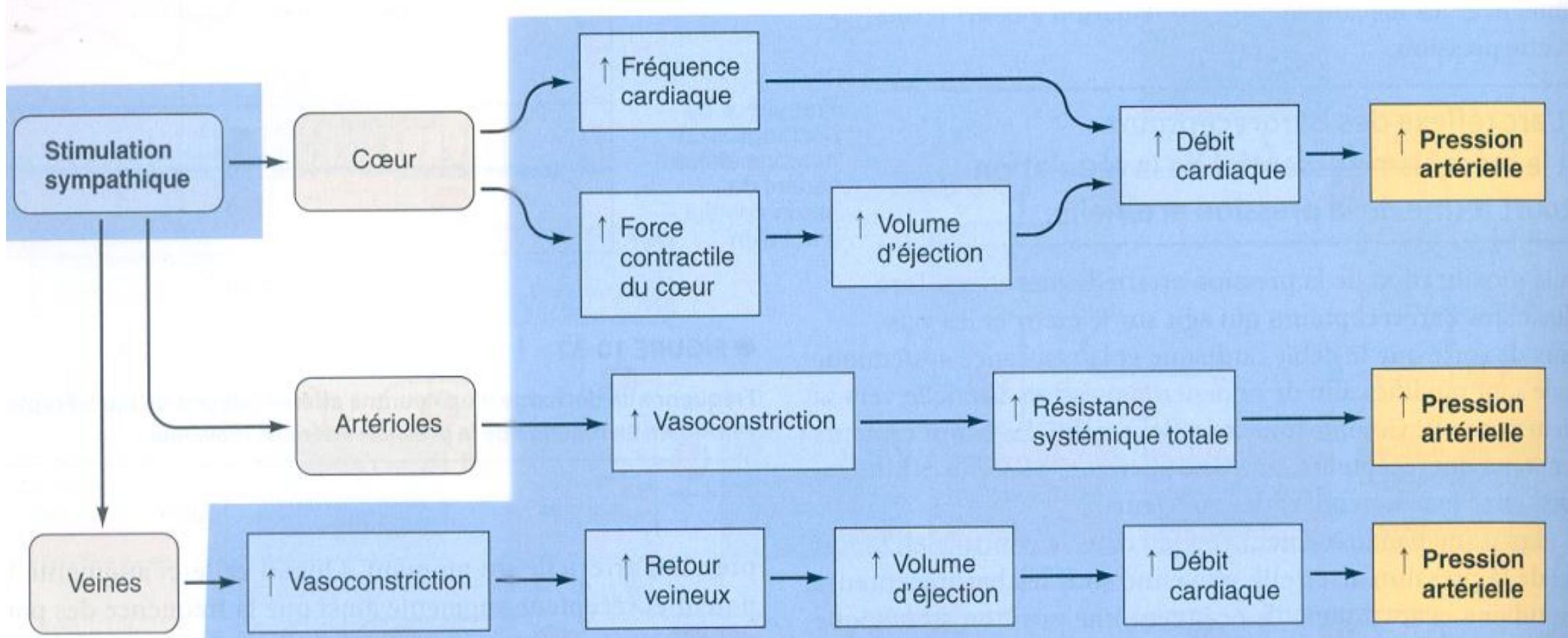
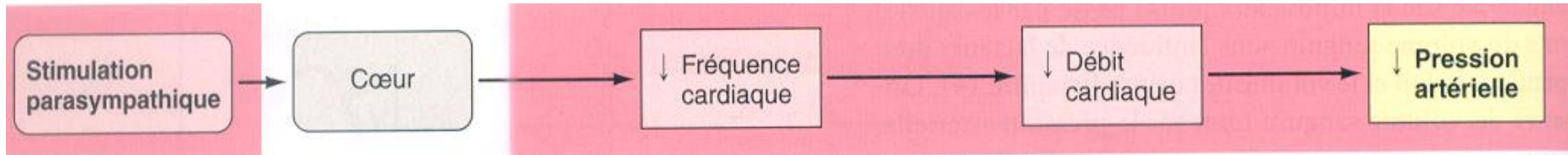
↘ de la constriction artériolaire

↘ de la constriction veineuse



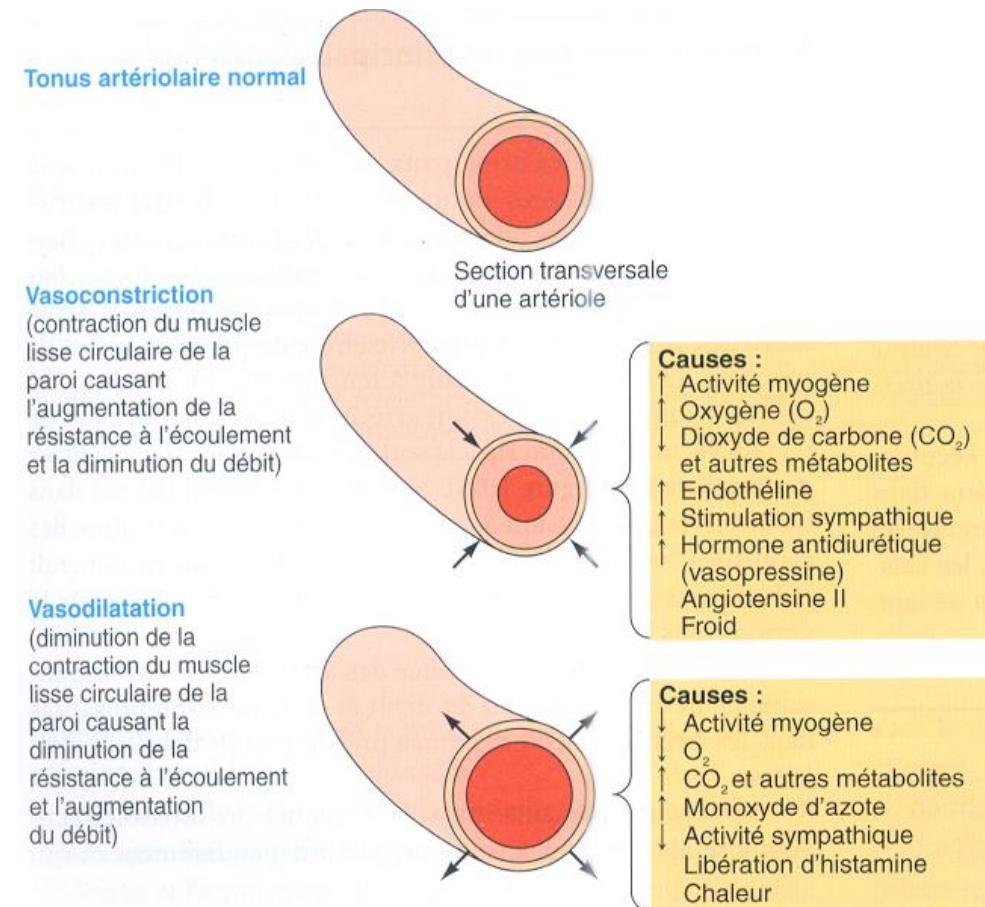
↘ de la pression artérielle moyenne

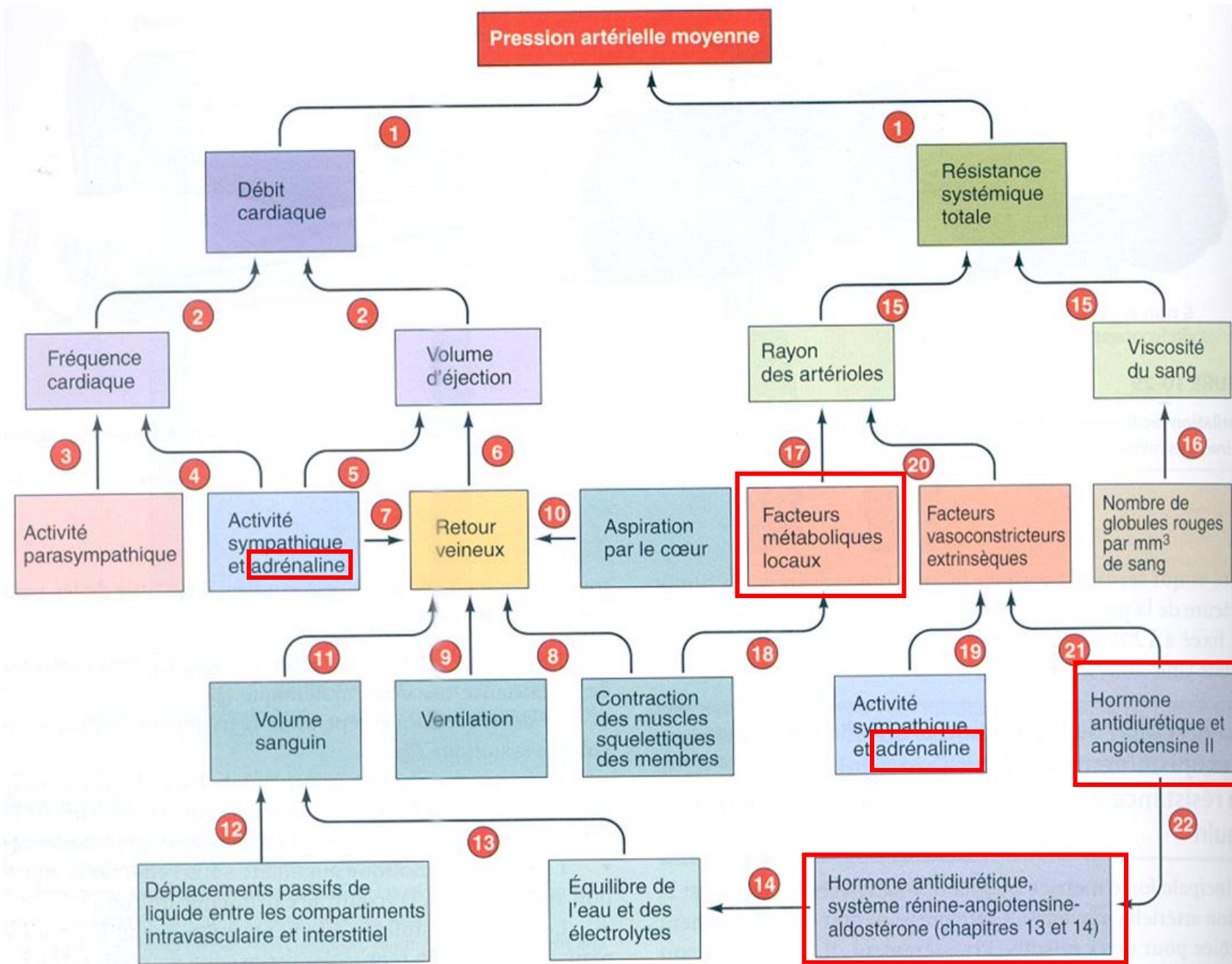




LES FACTEURS HUMORAUX DE CONTROLE DE LA PA

- Substances vasoactives
- Substances vasorelaxantes





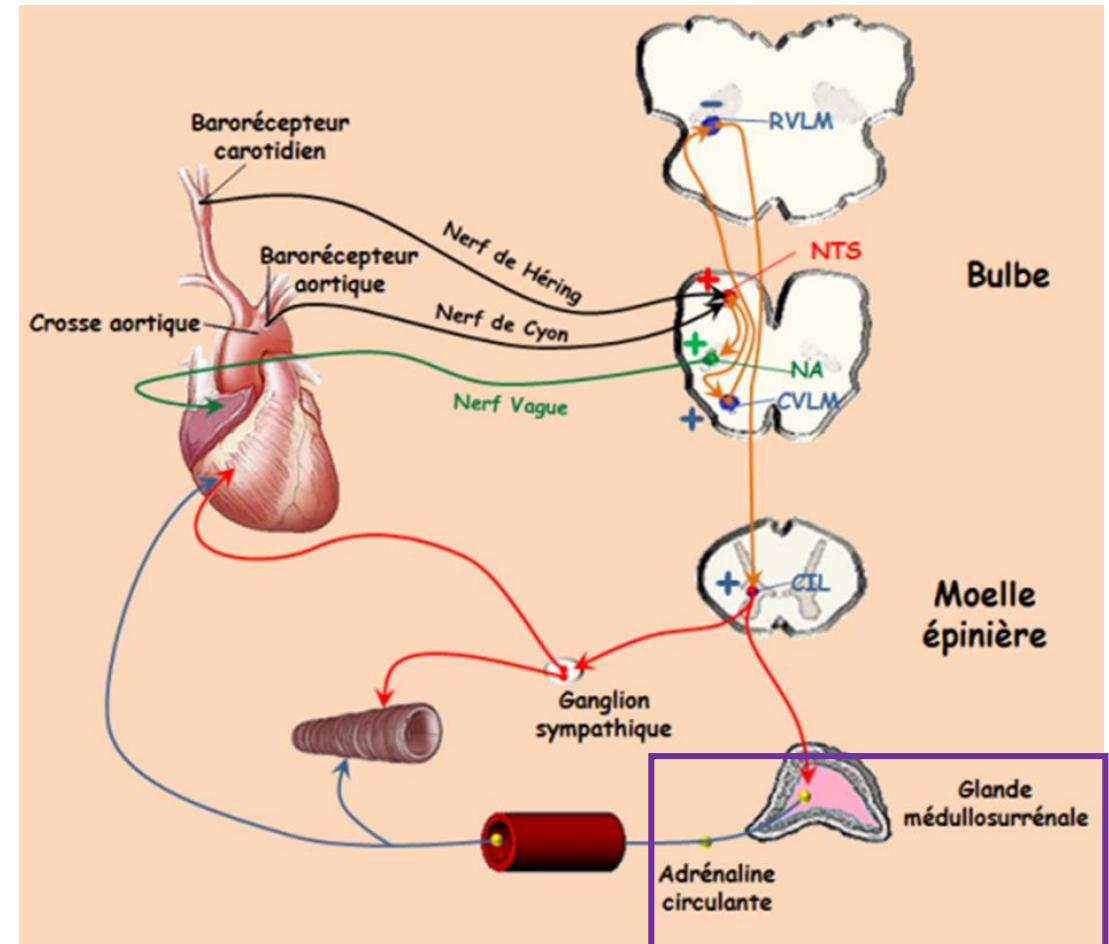
Facteurs déterminant la pression artérielle moyenne

LES SUBSTANCES VASO-ACTIVES

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

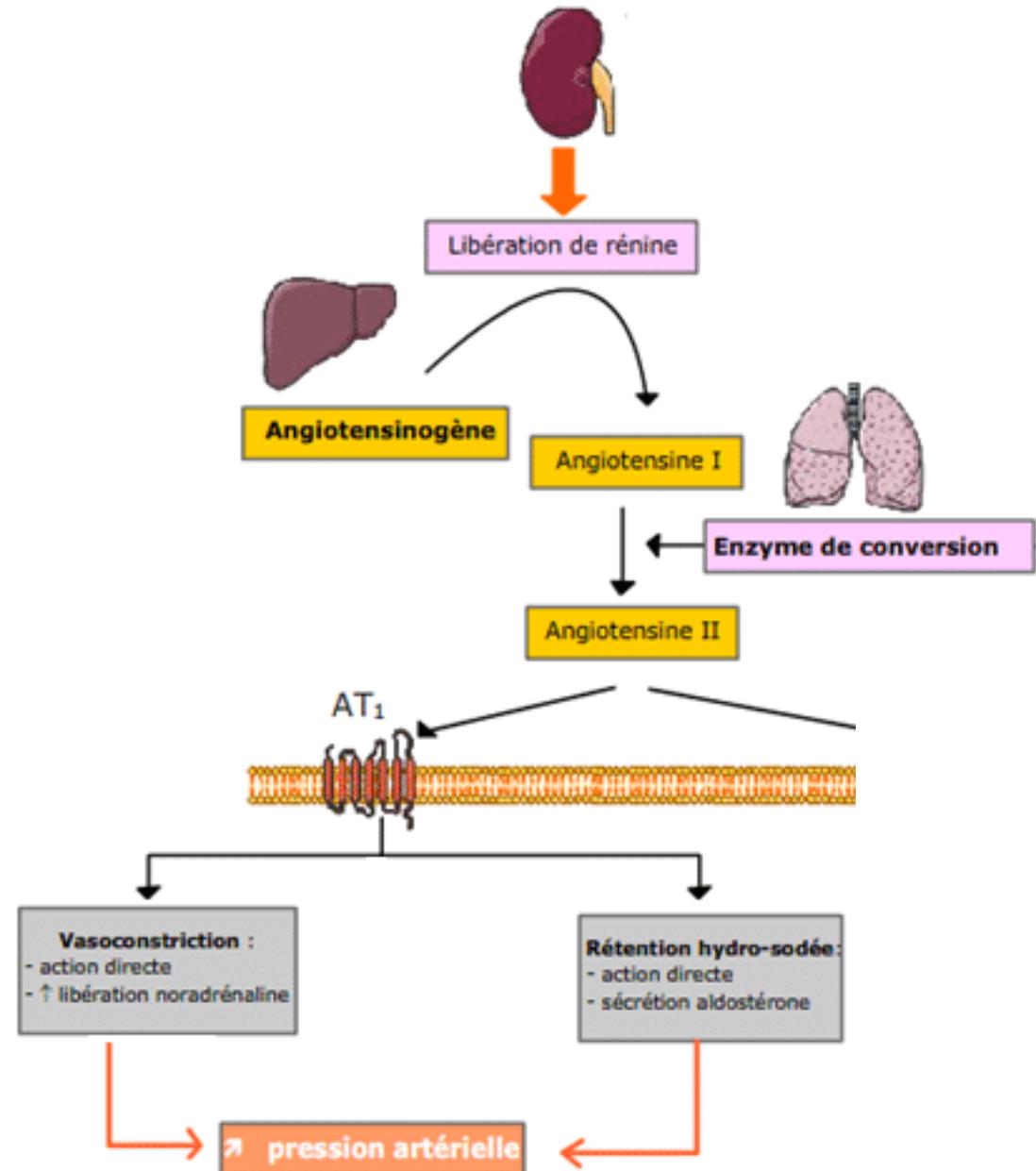
Les catécholamines

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



Le système rénine-angiotensine

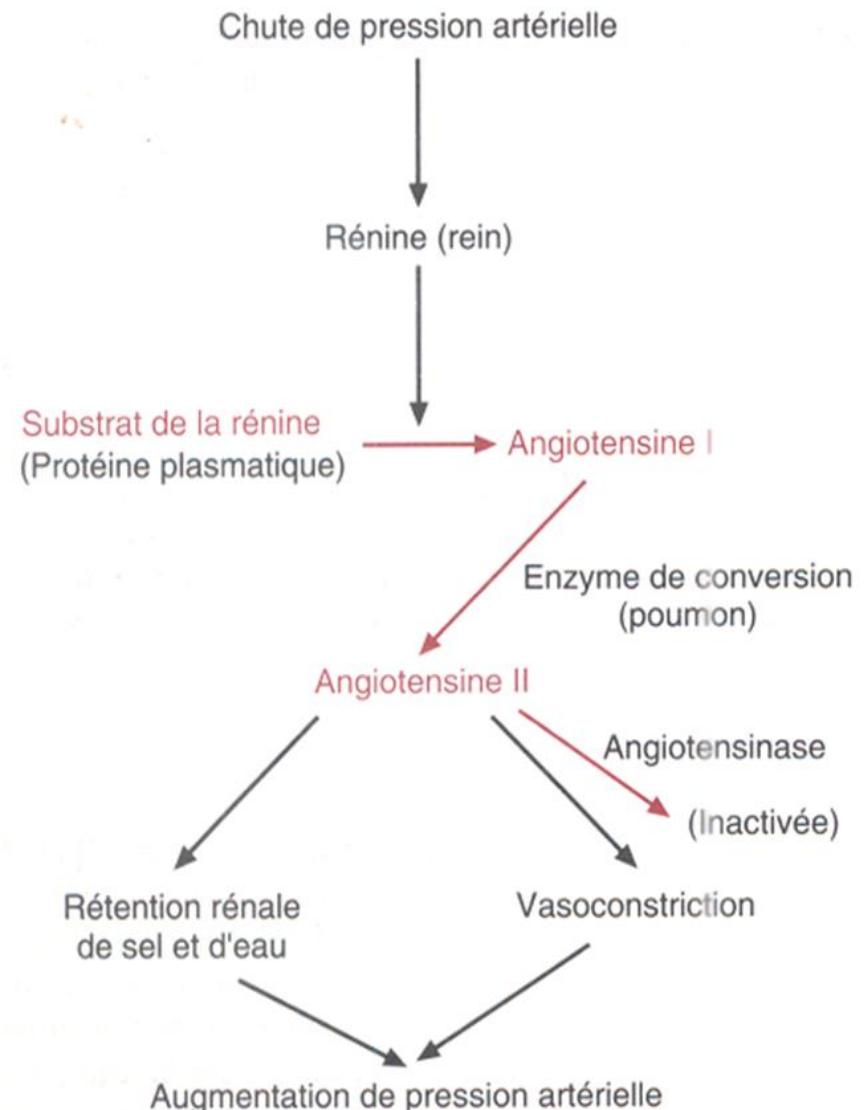
- Rénine :
 - enzyme sécrétée par l'appareil juxtaglomérulaire du rein
 - Agit sur l'angiotensinogène
 - → Angiotensine I
 - → Angiotensine II
 - → Vasoconstriction



Le système rénine-angiotensine

- **Rénine :**

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



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

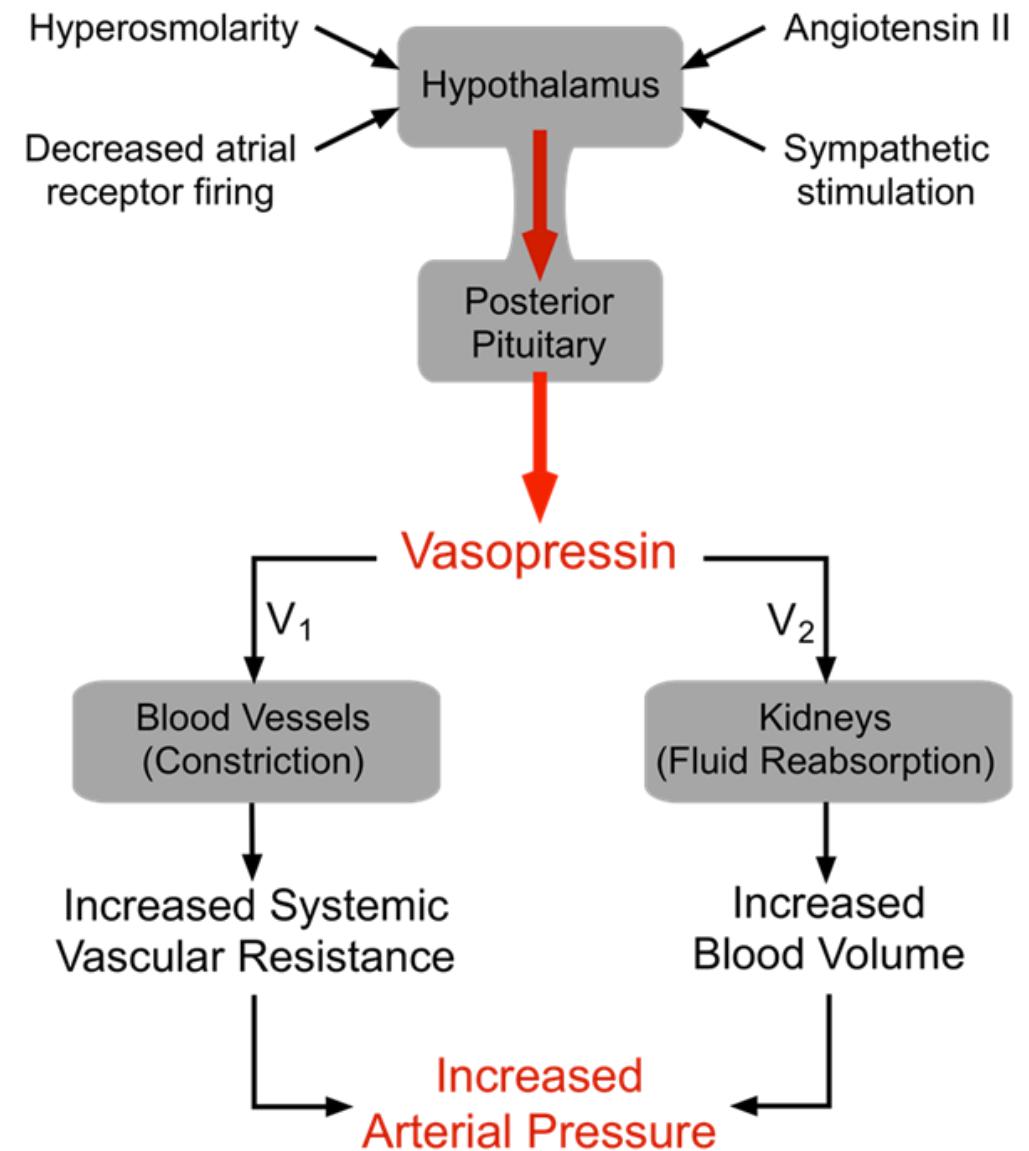
La vasopressine : ADH

- Vasopressine :

Hormone anti-diurétique : ADH

- Récepteurs dans l'OD :

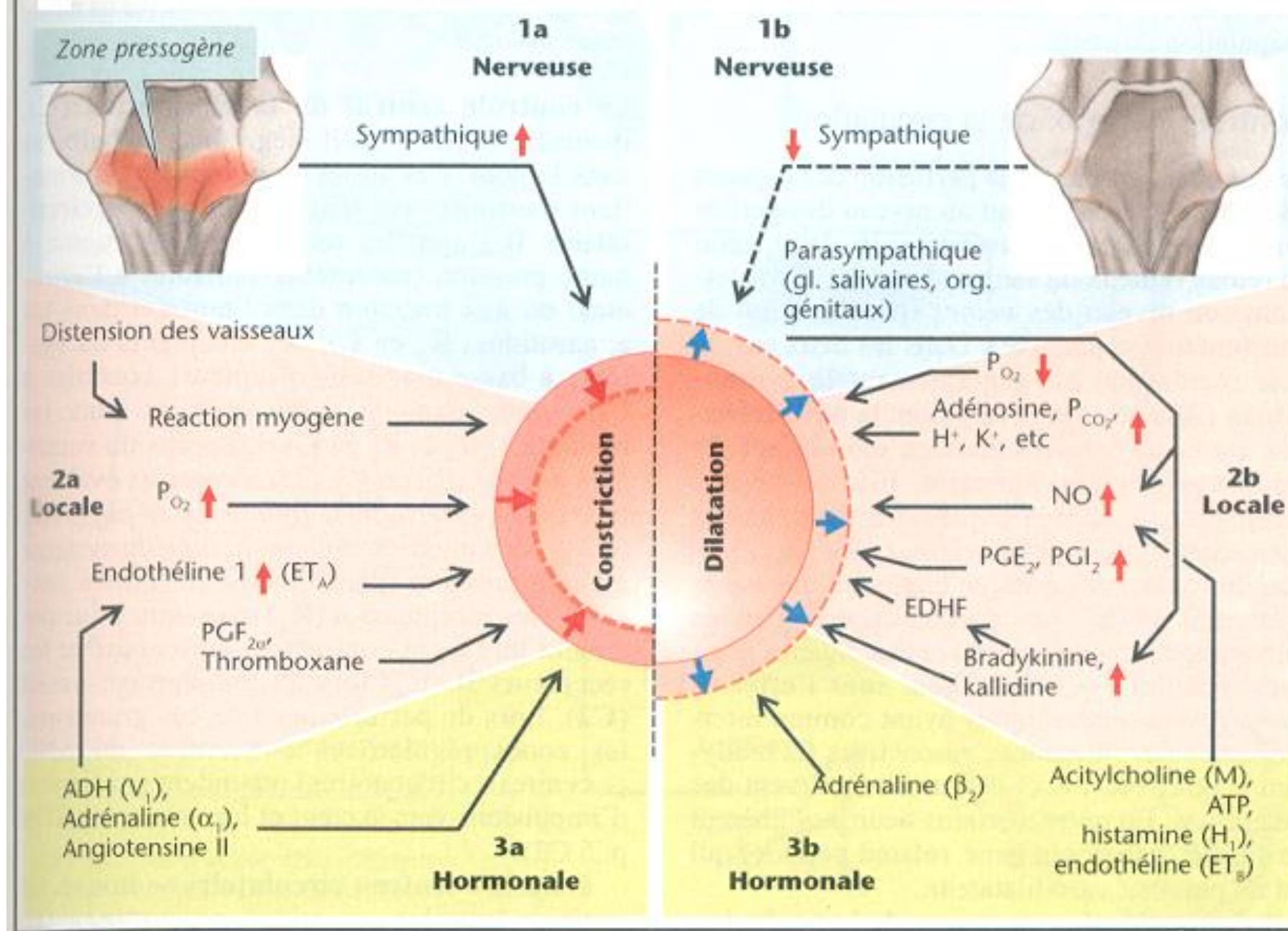
- (+) par une \downarrow de volume ou de la pression
- \rightarrow libération d'ADH par la post-hypophyse



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

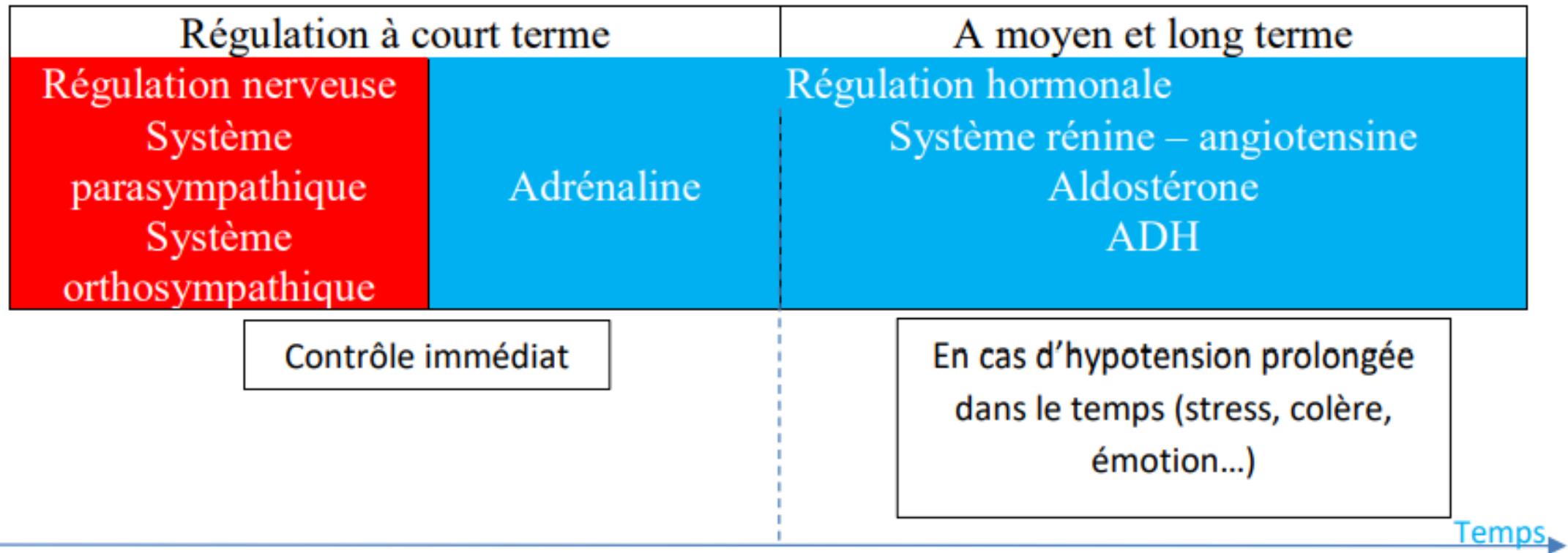
Vasoconstriction et vasodilatation



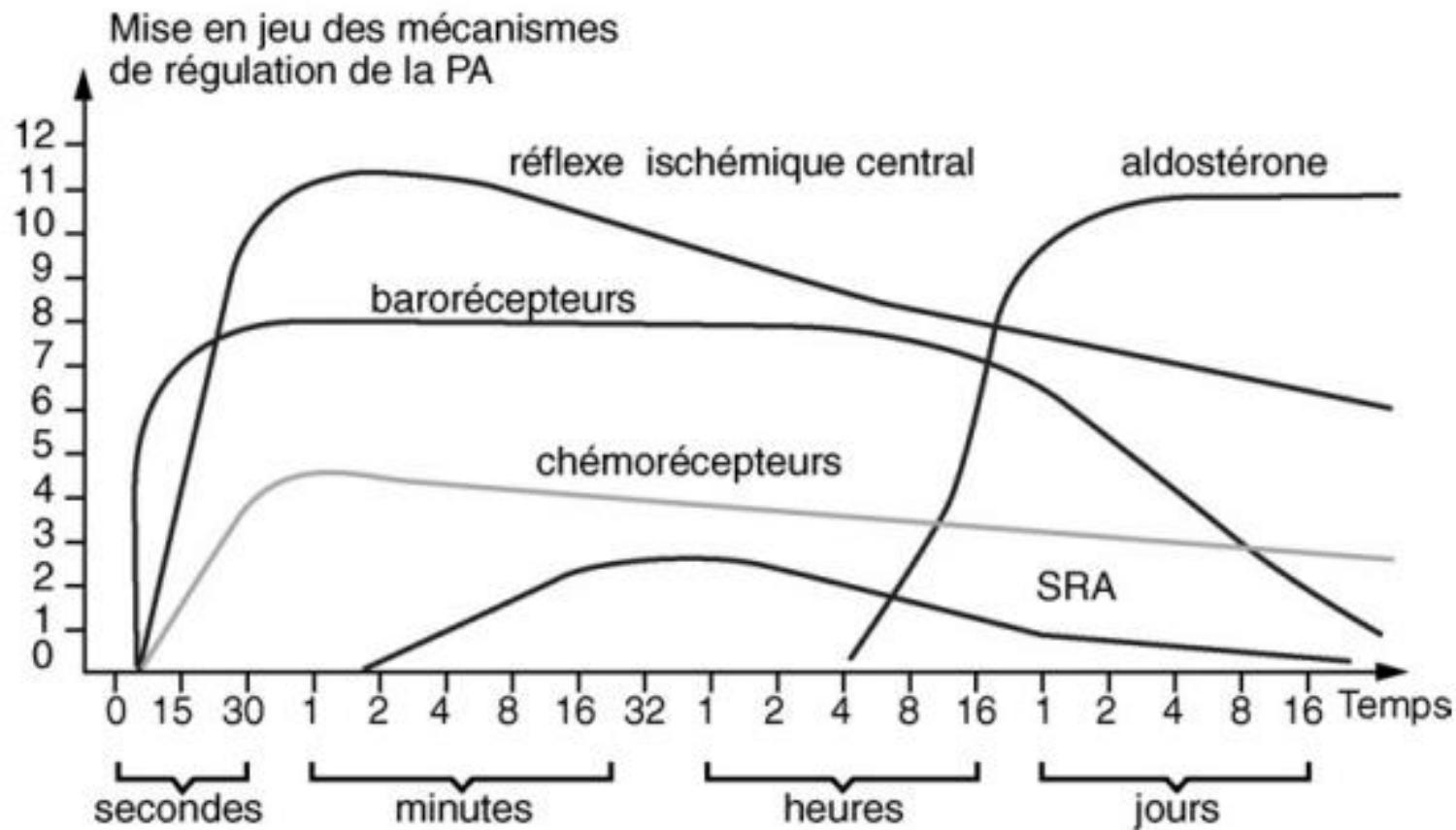
Remarques

- 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

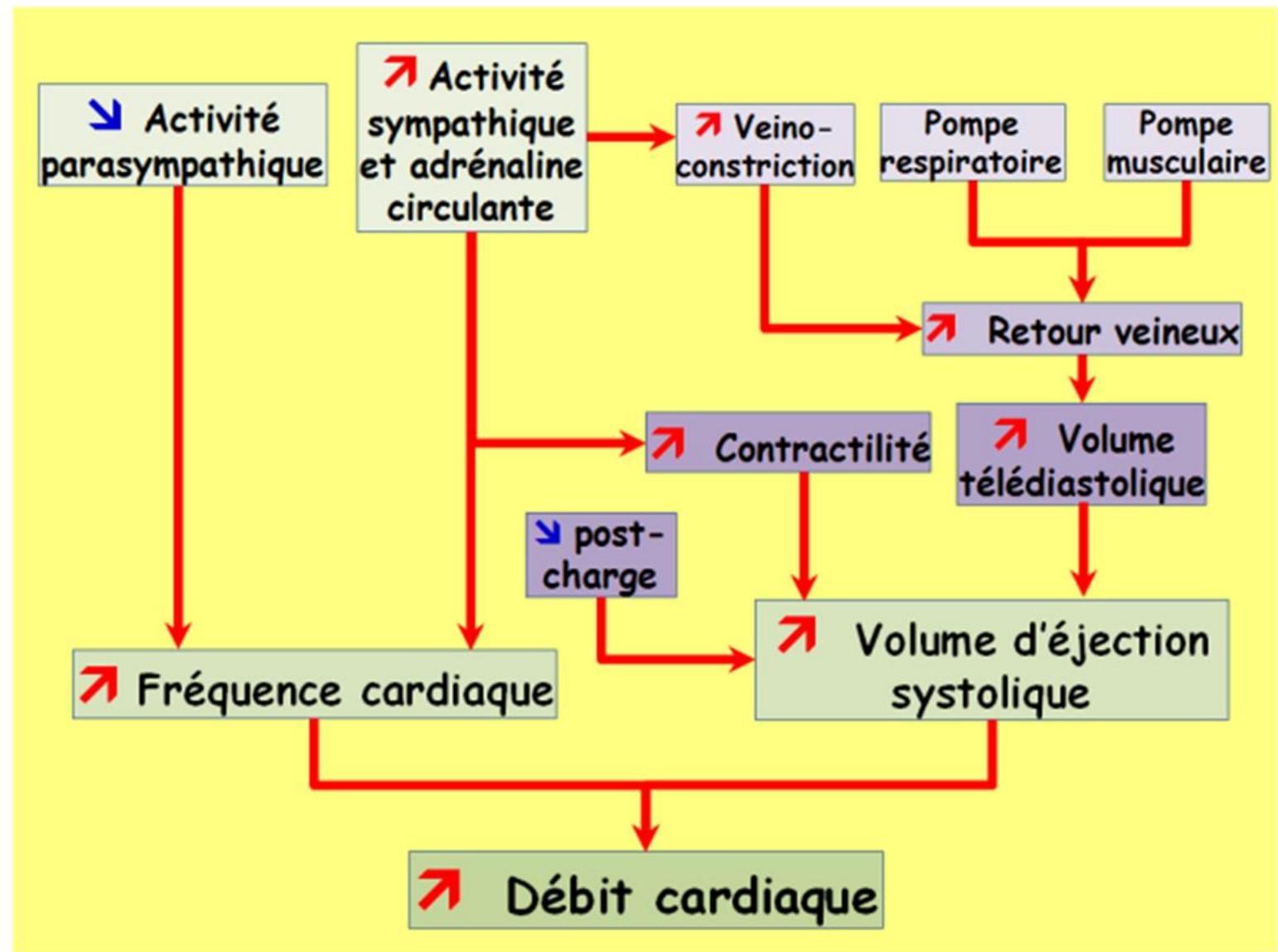


Régulation de la PA

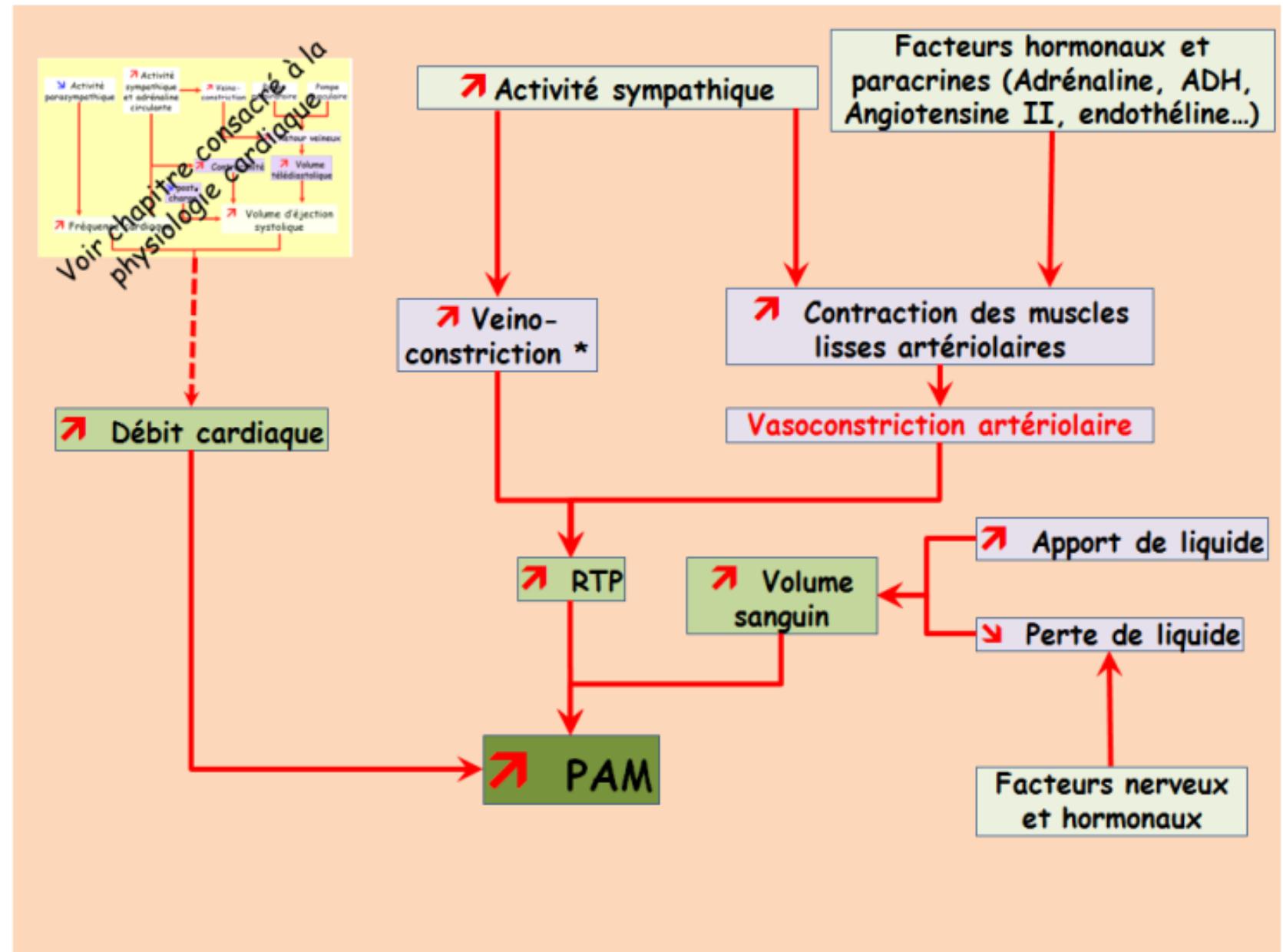


Mécanismes de régulation de la pression artérielle (PA). SRA : système rénine-angiotensine.

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

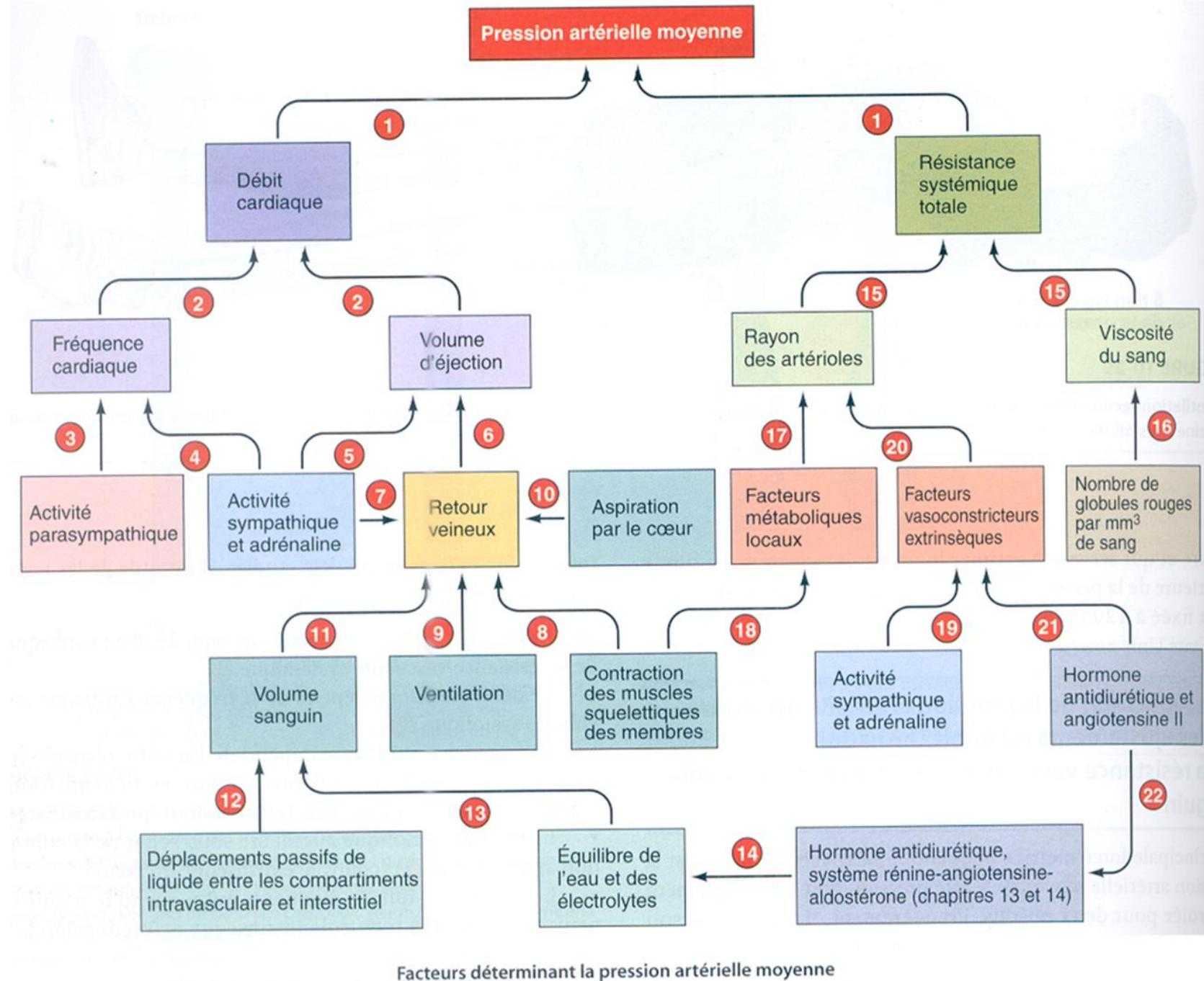


$$PA = Q \times R = VES \times FC \times R$$

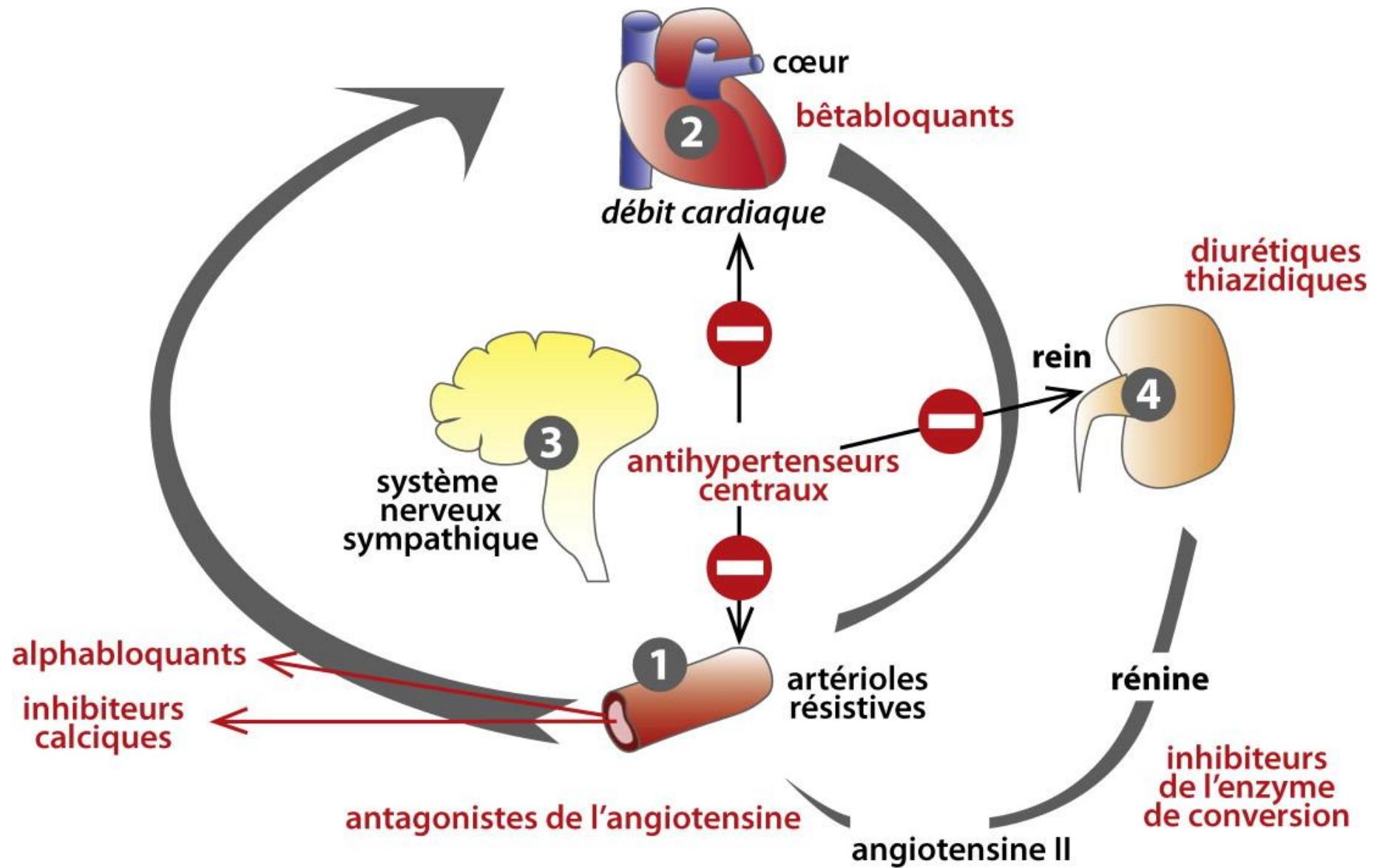


Comment traiter une HTA?

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



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



Merci

