

Organisation du système nerveux



porcher@inmed.univ-mrs.fr



Plan du cours

- A. GENERALITES
- B. VOIES AFFERENTES OU DE LA SENSIBILITE VEGETATIVE
- C. CENTRES VEGETATIFS
- D. VOIES EFFERENTES
- E. PARTICULARITES DU SYSTEME SYMPATHIQUE
- F. SYSTEME PARASYMPATHIQUE
- G. ROLE DU SYSTEME NERVEUX VEGETATIF
- H. MEDiateURS ET RECEPTEURS
- I. LE SYSTEME NERVEUX ENTERIQUE

Avant propos

DEFINITION

Le système nerveux est un système complexe qui tient sous sa dépendance toutes les fonctions de l'organisme. Il se compose de **centres nerveux**, qui sont chargés de **recevoir**, d'**intégrer** et d'**émettre** des informations, et de **voies nerveuses** qui sont chargées de conduire ces informations.

Avant propos

DIVISIONS DU SYSTEME NERVEUX

On divise le système nerveux en trois parties.

1. **Le système nerveux central**, encore appelée névraxe, comprend deux segments:

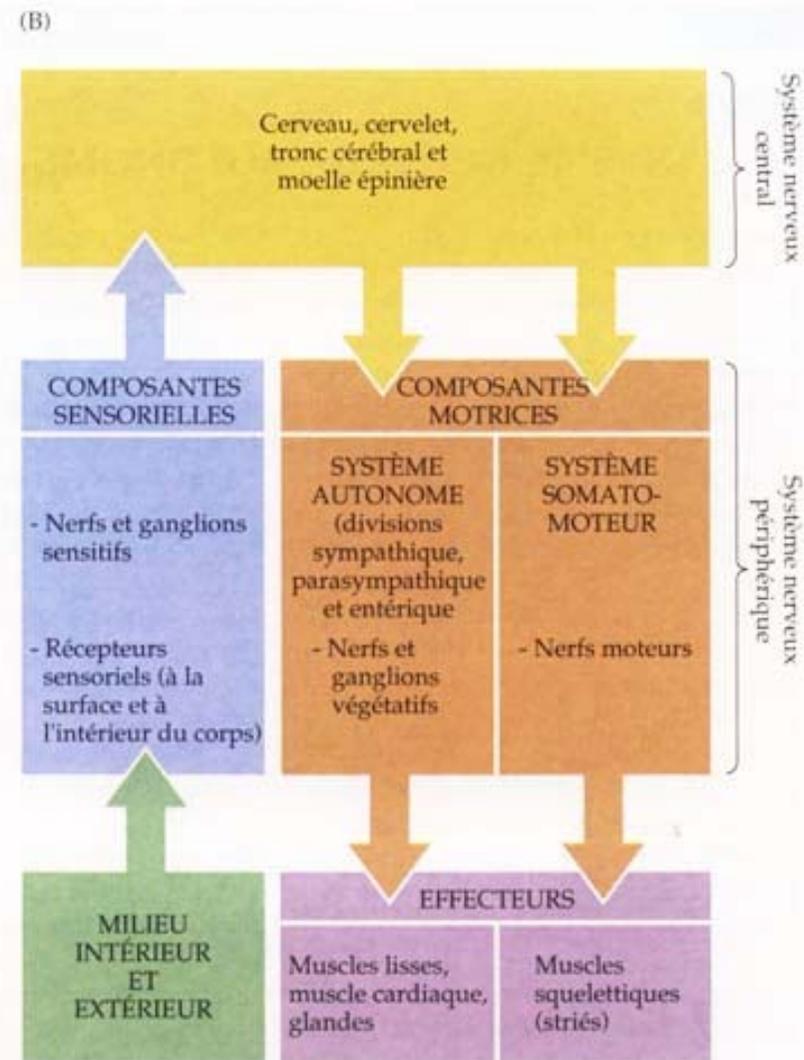
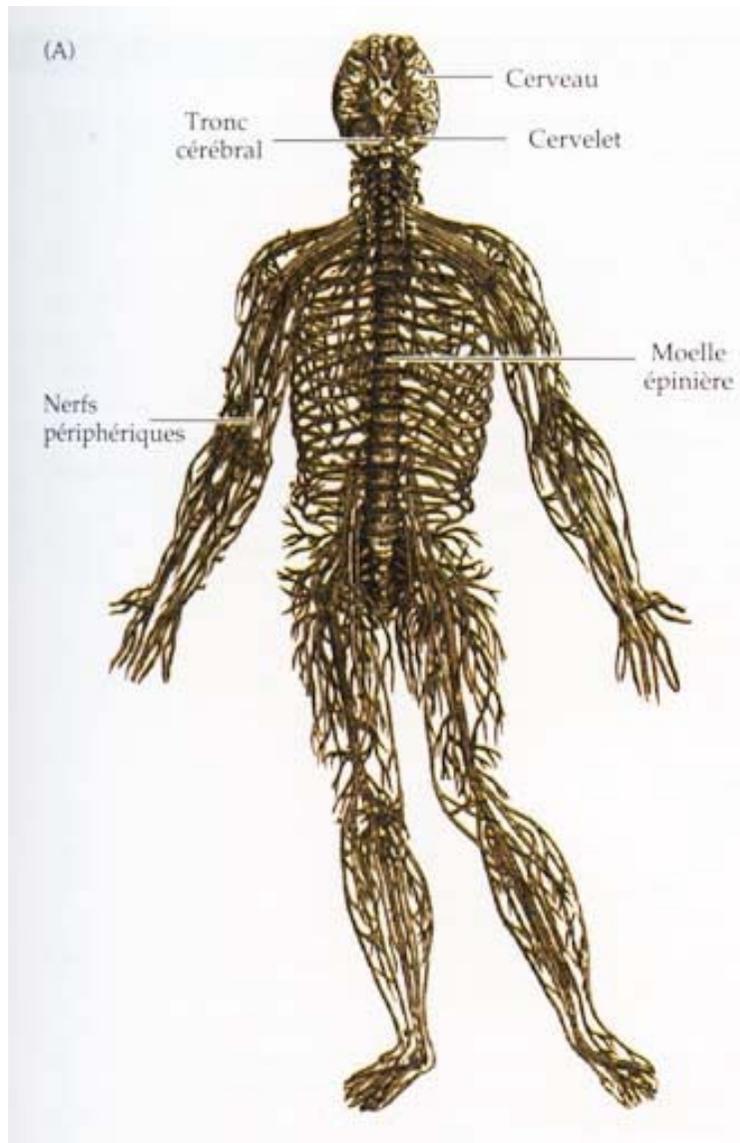
- l'**encéphale**, qui est intracrânien
- la **moelle épinière**, qui est intra-rachidienne.

L'encéphale comprend lui-même plusieurs parties: le cerveau, le tronc cérébral et le cervelet.

Avant propos

DIVISIONS DU SYSTEME NERVEUX

2. **Le système nerveux périphérique**, représenté par les nerfs qui se détachent du névraxe. Ces nerfs sont groupés en **nerfs crâniens** et **nerfs rachidiens**. Il se subdivise en une composante motrice (qui comprend le système nerveux autonome et le système somatique) et sensorielle.
3. **Le système nerveux autonome** ou neuro-végétatif. Il se subdivise lui-même en **sympathique** et en **parasympathique**.



LE SYSTEME NERVEUX VEGETATIF

A. GENERALITES

- Le fonctionnement du système nerveux végétatif est **indépendant de la volonté**. Il règle et **coordonne** le fonctionnement des organes, bien qu'il ne soit pas à l'origine de ce fonctionnement. Il ne fait que **adapter** aux besoins de l'organisme.

LE SYSTEME NERVEUX VEGETATIF

A. GENERALITES

- La plupart des organes possèdent un **système nerveux intrinsèque** ou intrapariétal, qui commande leur **activité motrice** ou **sécrétoire** et un **système nerveux extrinsèque**, qui peut moduler cette activité propre de l'organe par stimulation ou inhibition.
- Anatomiquement et fonctionnellement, le système nerveux végétatif est constitué de deux parties à **action opposée**: le système nerveux **(ortho)sympathique** et le système nerveux **parasympathique**

LE SYSTEME NERVEUX VEGETATIF

B. VOIES AFFERENTES (OU DE LA SENSIBILITE VEGETATIVE)

- Les **récepteurs** sont situés dans la paroi des organes. Ils enregistrent l'état fonctionnel de ces organes ou la composition du milieu intérieur.
- Le **neurone sensitif** est situé dans un **ganglion sensitif**. Il est relié au récepteur périphérique par des **dendrites** et au centre nerveux du tronc cérébral ou de la moelle épinière par un **axone**.

Caractéristiques des voies sensibles du SNV

Il existe 2 types de fibres sensibles :

- Les **fibres afférentes primaires**. Les corps cellulaires se situent dans les **ganglions sensitifs rachidiens** et dans les **ganglions sensitifs des nerfs crâniens**. Les axones afférents se projettent vers le SNC.
- Les **fibres afférentes entériques**. Les corps cellulaires sont dans les **ganglions entériques**. Les axones des fibres afférentes envoient les informations vers les **ganglions prévertébraux** (sympathique) et **régulent les réflexes** splanchniques.

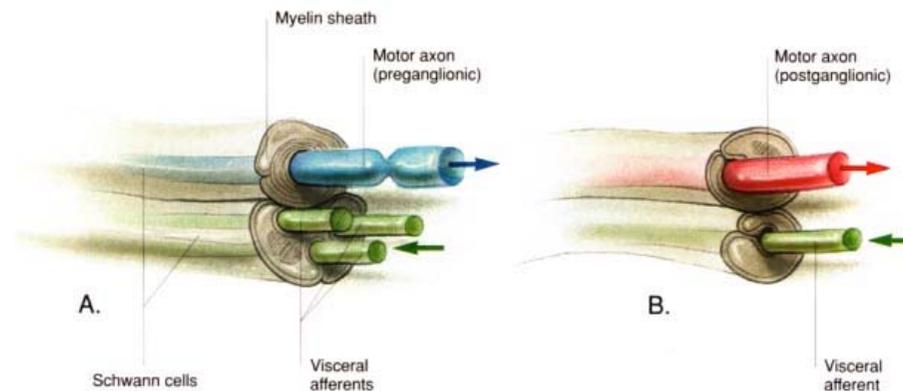
La plupart des signaux sensitifs ne sont pas perçus de façon consciente.

Les fibres afférentes sont majoritairement non myélinisées

Caractéristiques des voies sensibles du SNV

Axones sensitifs du SNV :

- Les nerfs sympathiques et parasympathiques sont des **nerfs mixtes** (sensitifs et moteurs)
 - A) nerf parasympathique avec un axone moteur préganglionnaire (efférence) et trois axones sensitifs (afférence).
 - B) nerf sympathique avec un axone moteur et un axone sensitif



Voies sensibles du SNV : Récepteurs viscéraux

Récepteurs à la distension

Barorécepteurs : terminaisons libres localisées dans la paroi des organes creux (vx sanguins)

Autres récepteurs à la distension : organes creux (distension) et paroi des poumons (inflation et déflation).

Voies sensibles du SNV : Récepteurs viscéraux

Chémorécepteurs :

Détectent une variété de molécules dans le sang et l'environnement interne.

- **Récepteurs à l'oxygène** : régulent la ventilation et le débit sanguin.
- **Chémorécepteurs** : réagissent aux produits du métabolisme anaérobie et déclenchent une réponse cardiovasculaire afin d'augmenter le débit sanguin.
- **Osmorécepteurs** : localisés dans l'hypothalamus. Ils stimulent la sécrétion de vasopressine.
- **Glucorécepteurs** : localisés dans l'hypothalamus. Ils régulent le comportement alimentaire.
- **Nocicepteurs et récepteurs thermiques** : terminaisons libres des neurones sensitifs primaires. Ils réagissent à des modifications « non-physiologique ».

LE SYSTEME NERVEUX VEGETATIF

C. CENTRES VEGETATIFS

- C'est au niveau des centres que sont mis en rapport les neurones sensitifs et les neurones moteurs, par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs interneurons.

1. Centres inférieurs

- Ces centres ont une activité propre. Ils sont situés dans le tronc cérébral et la moelle épinière. Ils constituent d'autre part la voie finale commune vers les centres végétatifs situés plus haut dans l'axe cérébro-spinal (hypothalamus).
- Les centres sympathiques sont situés dans la moelle dorso-lombaire. Les centres parasympathiques sont groupés aux deux extrémités de la moelle: au niveau du plancher du 4ième ventricule et dans la moelle sacrée.
- Les centres inférieurs sont soumis à l'activité des centres supérieurs.

LE SYSTEME NERVEUX VEGETATIF

2. Centres supérieurs ou cerveau végétatif

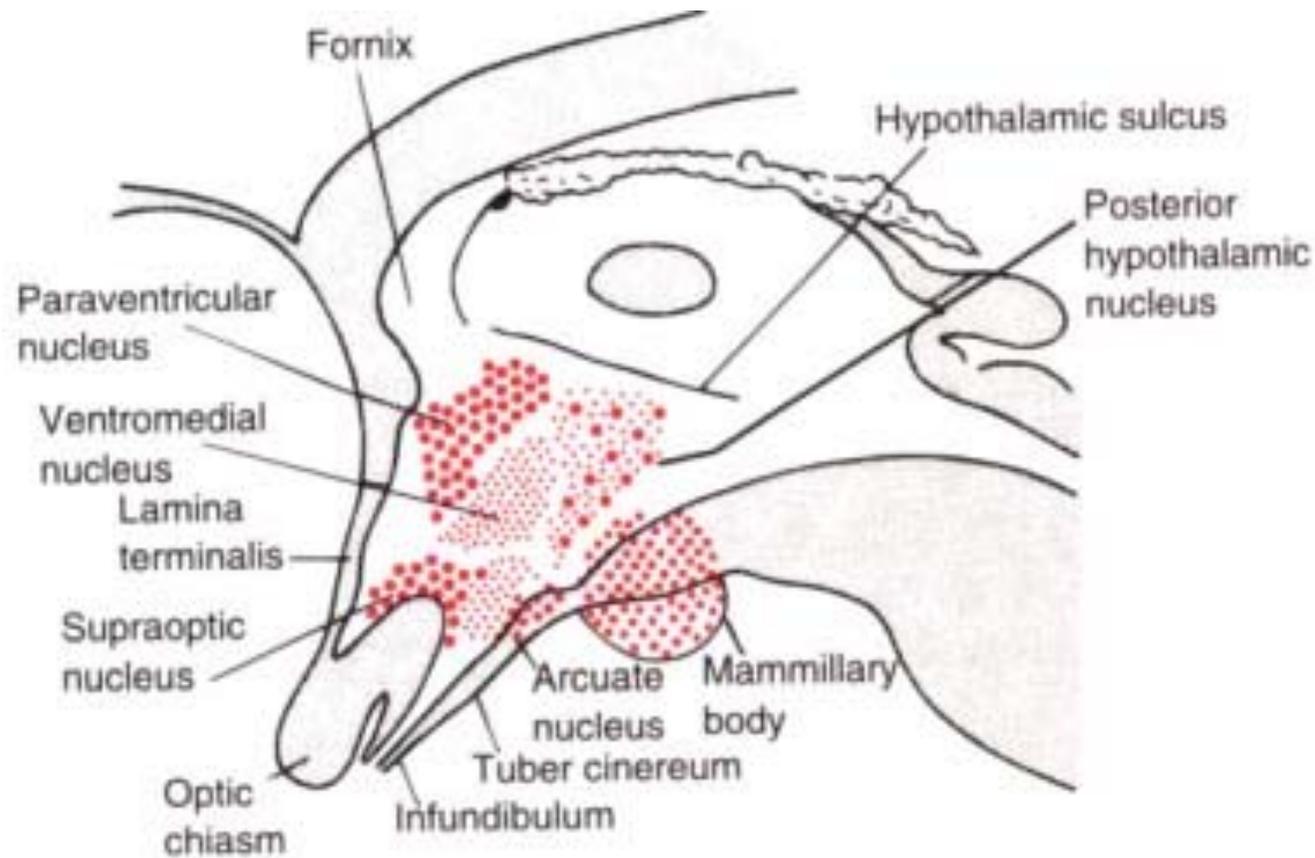
- Ils sont situés à la base du cerveau, dans le **diencéphale**. Ces centres forment une région extrêmement réduite au niveau du plancher du 3ème ventricule, en-dessous du thalamus. C'est l'**hypothalamus**.

3. Connexions de l'hypothalamus

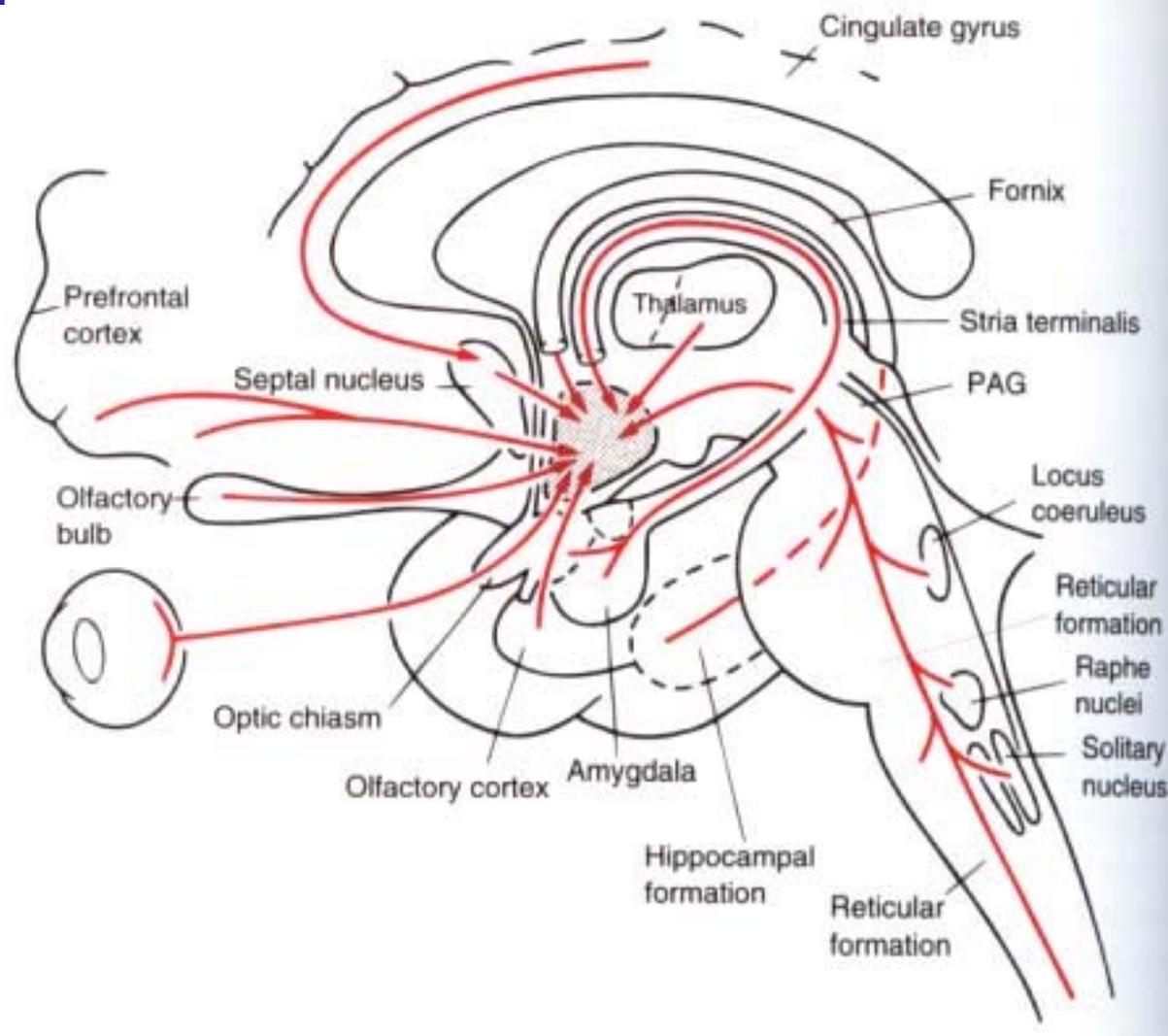
L'hypothalamus est relié:

- - aux centres supérieurs du **cortex cérébral**
- - aux voies de la **sensibilité végétative**
- - aux voies de la **motricité végétative**, par l'intermédiaire des centres inférieurs
- - aux **glandes exocrines** par l'intermédiaire de l'hypophyse, à laquelle l'hypothalamus est rattaché par la tige pituitaire.

Principaux noyaux de l'hypothalamus

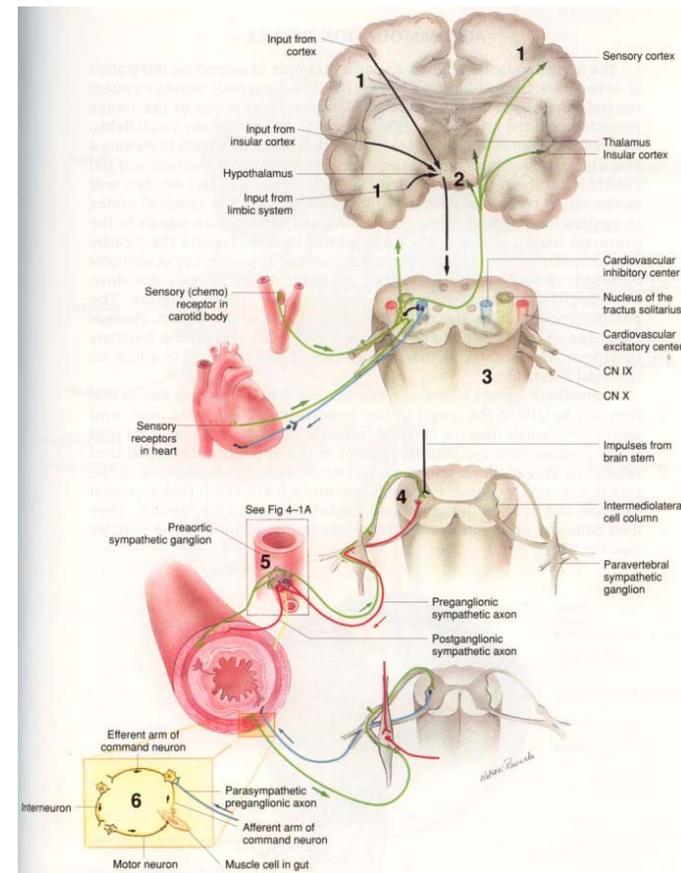


Connexions afférentes de l'hypothalamus



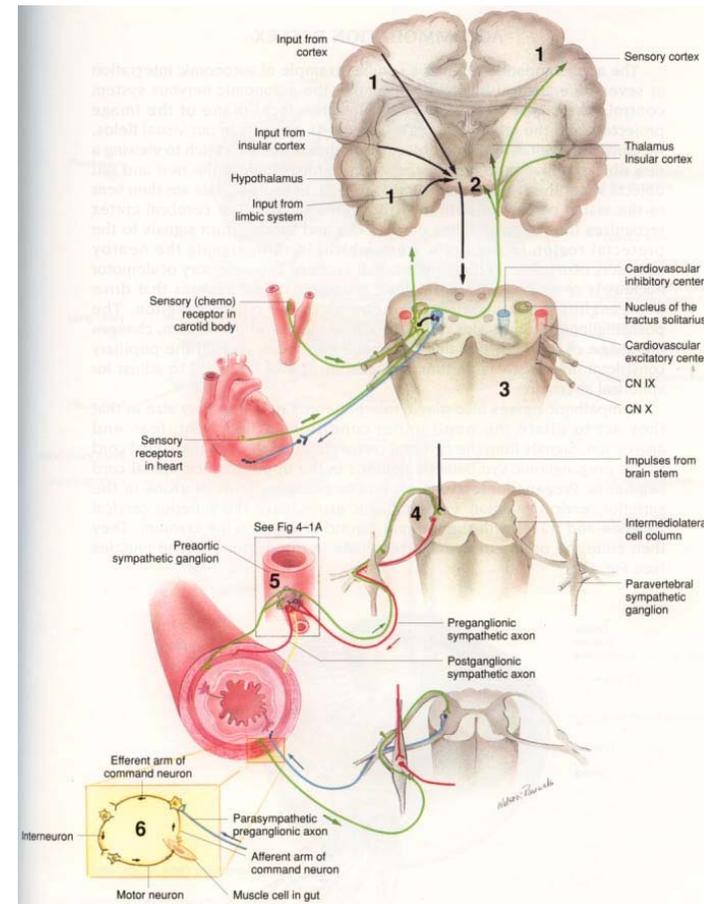
Composantes intégrées du SNA

1. Le cortex cérébral et une partie du système limbique agissent pour produire des composantes comportementales en réponse à une demande du SNA et en fonction de l'environnement.



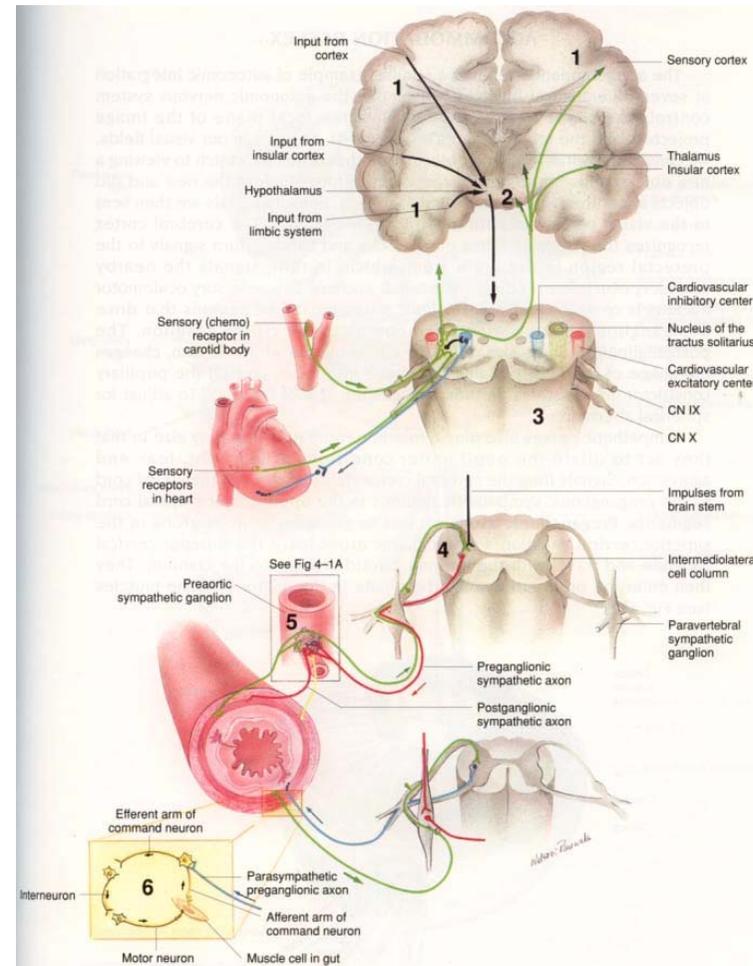
Composantes intégrées du SNA

2. L'hypothalamus agit pour produire et intégrer des réponses comportementales, autonomiques et endocrines dont le but d'assurer la survie de l'individu et de l'espèce.



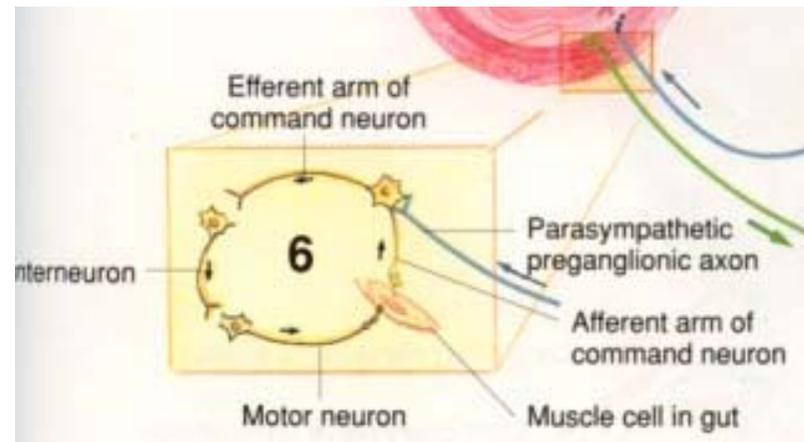
Composantes intégrées du SNA

3. La formation réticulée et le bulbe rachidien régulent l'activité de certains organes (centres cardiaque et respiratoire)
4. Les neurones autonomiques moteurs préganglionnaires modulent les réflexes
5. Les neurones autonomiques moteurs postganglionnaires intègrent les activités réflexes.

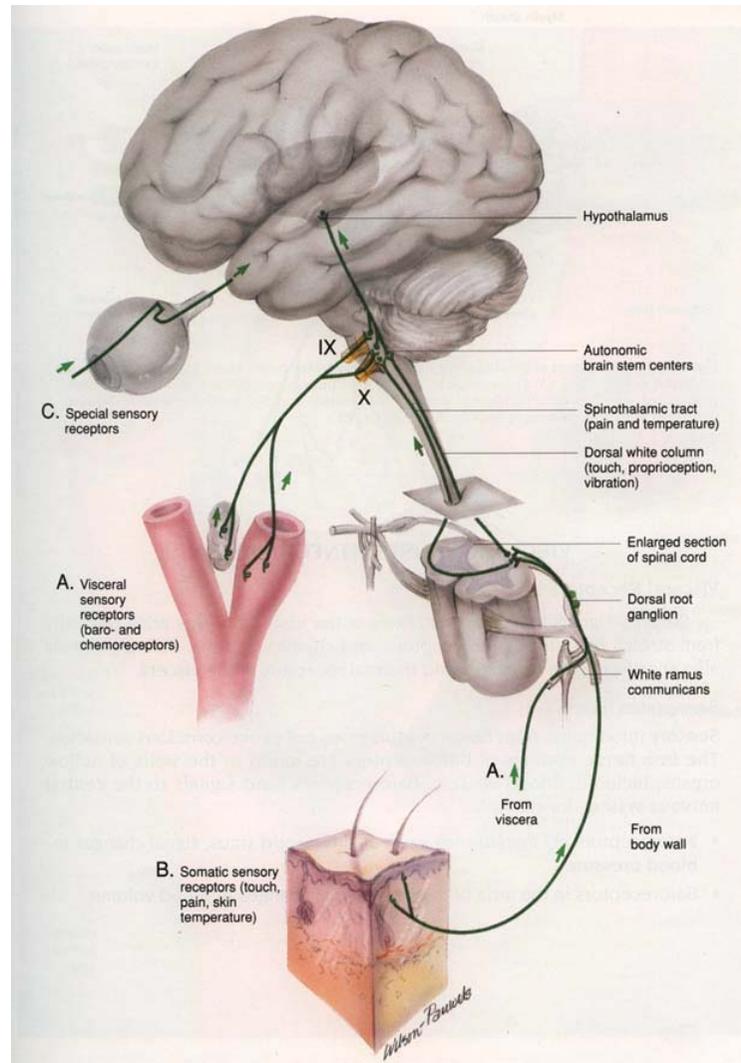


Composantes intégrées du SNA

4. Les neurones autonomiques moteurs **préganglionnaires** modulent les réflexes



Voies afférentes sensibles



LE SYSTEME NERVEUX VEGETATIF

D. VOIES EFFERENTES

1. Le neurone effecteur

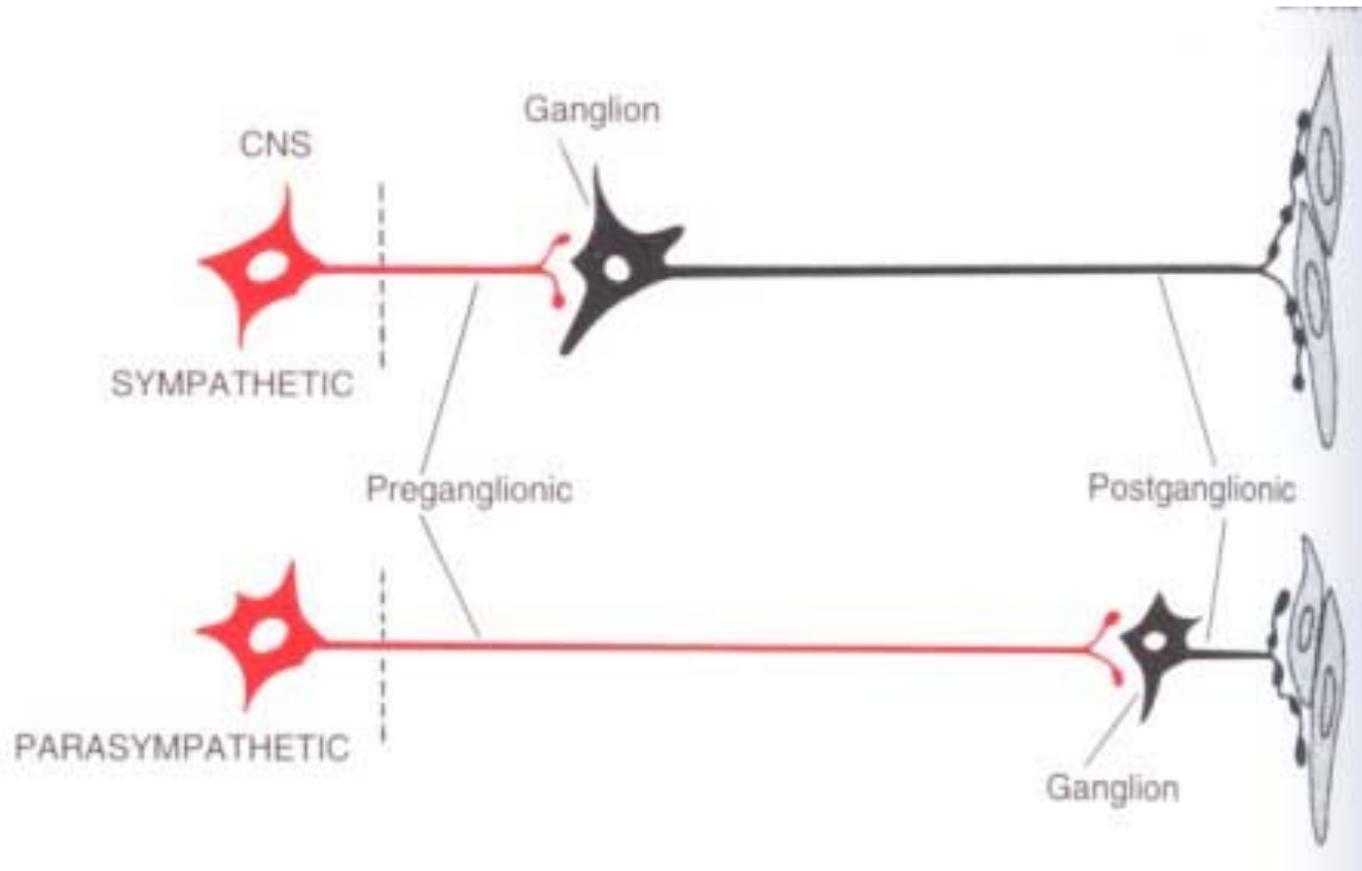
- Le **neurone effecteur** est situé dans un **ganglion végétatif**, en dehors de l'axe cérébrospinal. Il est relié à l'effecteur périphérique par son axone. Celui-ci est soit annexé aux nerfs somatiques (crâniens ou rachidiens), soit annexé aux artères qui alimentent ces organes (plexus végétatif).
- Le **ganglion végétatif** est relié aux centres nerveux du tronc cérébral et de la moelle épinière par les axones myélinisés des neurones **préganglionnaires**. Ces axones rejoignent le ganglion végétatifs en suivant soit la racine motrice (antérieure) d'un nerf rachidien, soit un nerf crânien.

LE SYSTEME NERVEUX VEGETATIF

2. *Effecteurs périphériques*

- Situés dans la paroi des organes, ils modifient l'état fonctionnel des organes. Il y a deux effecteurs principaux:
 - a) **les muscles lisses** qui sont munis de deux types de récepteurs suivant l'organe auquel ils appartiennent: récepteurs alpha et bêta qui entraînent des réponses différentes.
 - b) **les cellules glandulaires** exocrines.

Voies efférentes du SNV



Le système sympathique

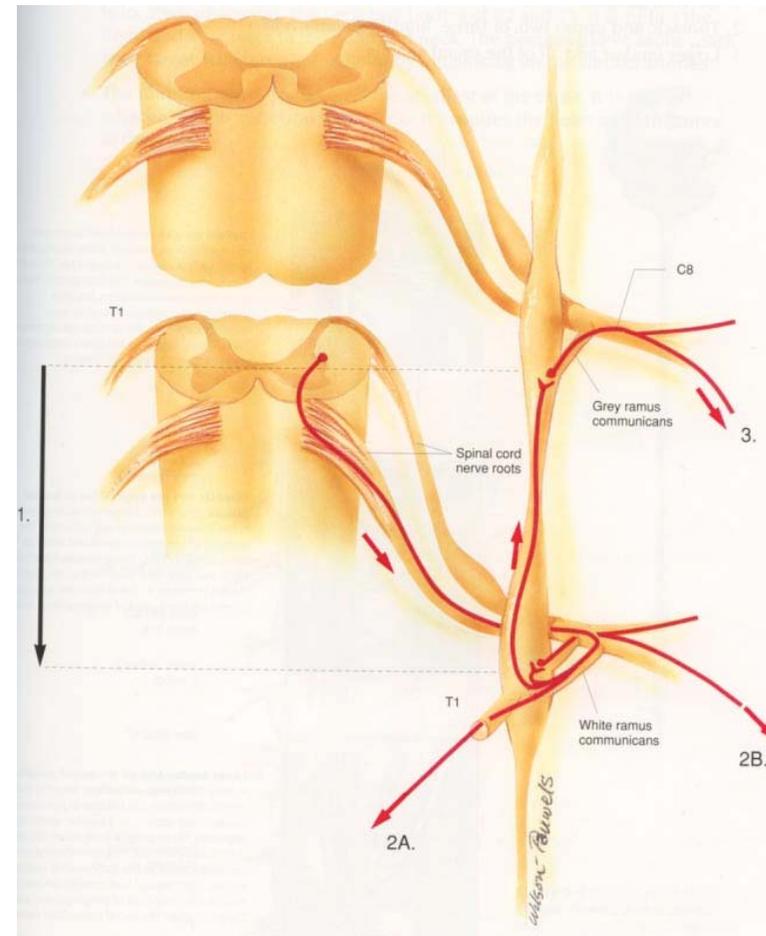
E. PARTICULARITES DU SYSTEME SYMPATHIQUE

1. Les voies efférentes

- Les voies efférentes sont des voies à **deux neurones**, le premier d'entre eux étant le **neurone préganglionnaire**, dont l'axone myélinisé chemine d'abord dans la racine antérieure du nerf rachidien. Puis, par un rameau communicant blanc, cet axone gagne le ganglion et y établit une synapse avec **le neurone ganglionnaire**. Cette synapse est de type **cholinergique**: son médiateur est l'acétylcholine.

Le système sympathique

- Le **neurone ganglionnaire** possède un axone non myélinisé qui quitte le ganglion pour atteindre l'organe auquel il est destiné par plusieurs voies possibles:
 - soit par **les rameaux communicants gris** vers la racine antérieure du nerf rachidien dorso-lombaire. Elles cheminent ensuite dans celui-ci, devenu nerf mixte (somatique et végétatif). Ces fibres sont destinées aux **territoires cutanés et musculaires**;



Le système sympathique

- soit par les **nerfs splanchniques** ou nerfs végétatifs vers les **plexus végétatifs** thoracique, abdominal et pelvien qu'ils quittent pour rejoindre les organes;
- soit par **la tunique externe des vaisseaux carotidiens** et de leurs collatérales et terminales vers les **plexus céphaliques**.

Le système sympathique

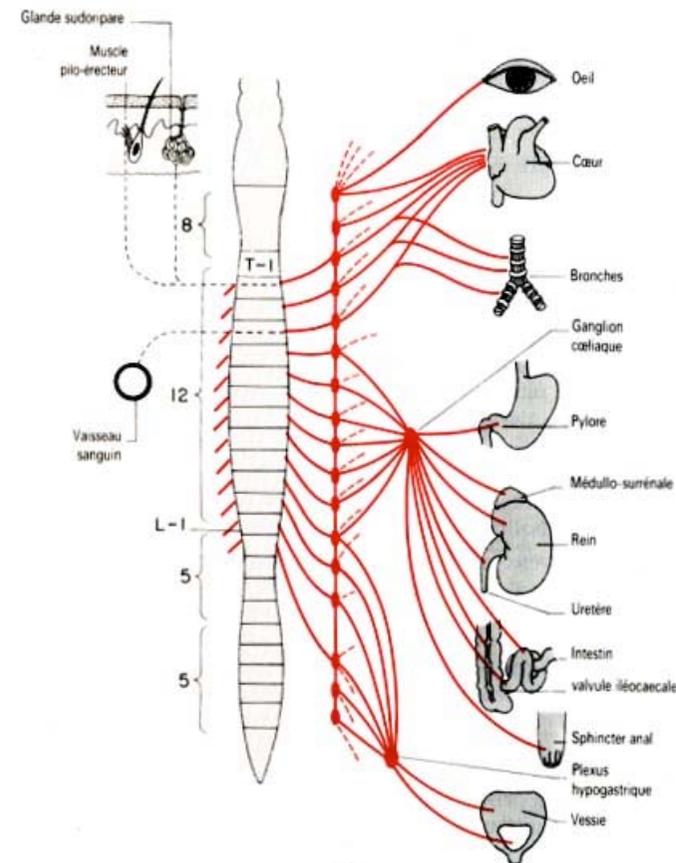
2. Chaînes sympathiques

- Les **ganglions sympathiques** sont interconnectés et forment ensemble de part et d'autre de la colonne dorso-lombaire, une **chaîne de ganglions paravertébraux**. Chaque chaîne sympathique est située à la partie postérieure du thorax et de la cavité abdominale, en arrière du péritoine. Elle se prolonge vers le haut par les **ganglions cervicaux**. Elle se prolonge vers le bas par les **ganglions sacrés**.

Le système nerveux sympathique

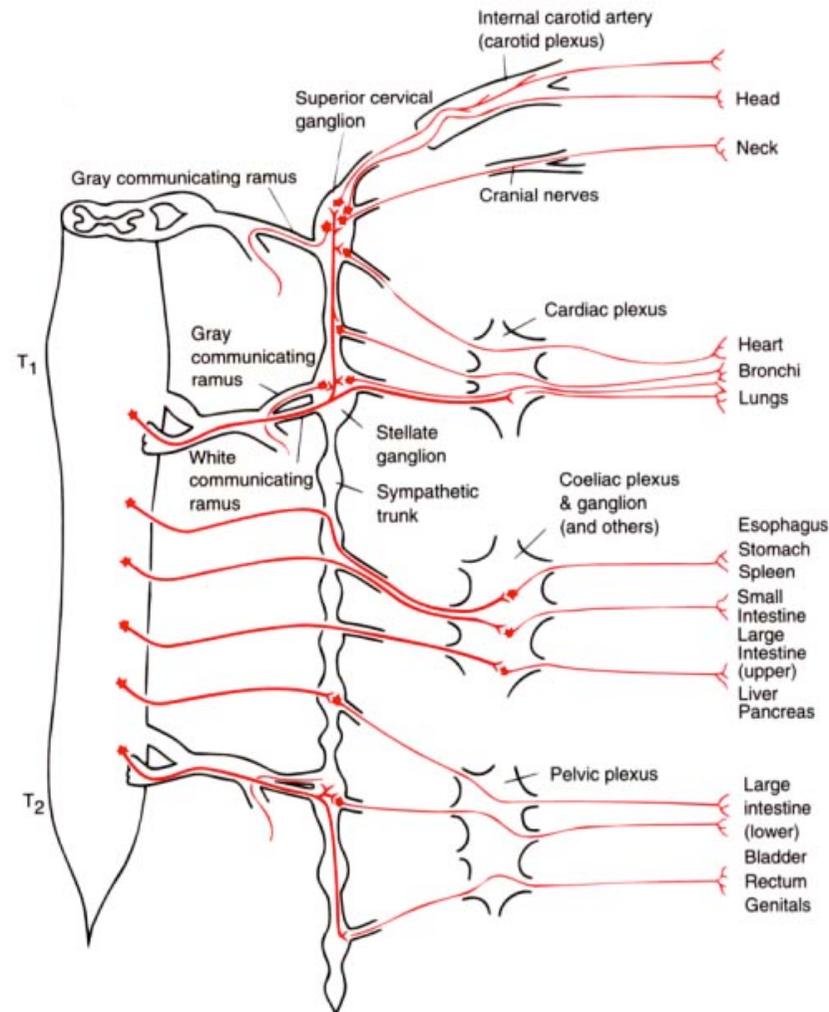
Les fibres nerveuses
préganglionnaires quittent
les segments thoraco-
lombaires de la moelle et se
dirigent vers les ganglions
sympathiques où elles
forment des synapses avec
les neurones
postganglionnaires.

Les neurones
postganglionnaires
innervent les organes
effecteurs.



Le système nerveux sympathique

THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM



Le système sympathique

3. Plexus végétatifs

- Au voisinage des organes, les fibres postganglionnaires forment un réseau dense appelé **plexus**, avec présence de **relais ganglionnaires**. Dans ce réseau viennent aussi se jeter des fibres de nature **parasymphatique**. Les **nerfs végétatifs moteurs** quittent ces plexus pour rejoindre les différents organes.
- On peut distinguer **6 plexus végétatifs**:
 1. **céphalique**, qui innerve l'œil, les glandes lacrymales et salivaires et la muqueuse nasale;
 2. **cardiaque**, destiné au cœur;
 3. **bronchopulmonaire** qui entre dans les poumons et innerve les bronchioles;
 4. **épigastrique**, qui se distingue au système digestif;
 5. **lombo-aortique** ou **mésentérique**, allant lui aussi au système digestif;
 6. **hypogastrique**, pour les organes pelviens (rectum, vessie, organes génitaux).

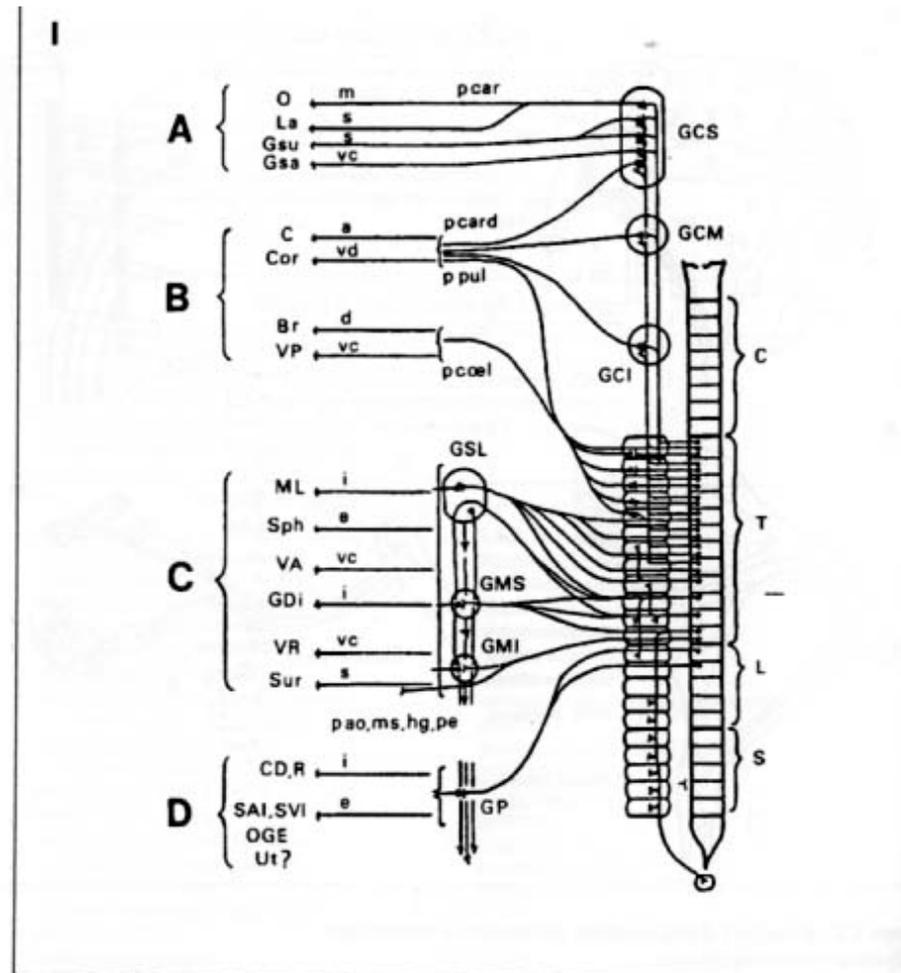


Figure 1.3 : Schéma de la distribution des innervations ortho- et parasymphatique vers les effecteurs.

I. Innervation orthosymphatique

Domaine A : O, œil ; La, glande lacrymale ; Gsu, glandes sudoripares ; Gsa, glandes salivaires.

Domaine B : C, cœur ; Cor, coronaires ; Br, bronches ; VP, vaisseaux pulmonaires.

Domaine C : ML, muscles lisses ; Sph, sphincters ; VA, vaisseaux abdominaux ; GDl, glandes digestives ; vaisseaux rénaux ; Sur, surrénales.

Domaine D : CD, R, colon descendant, rectum ; SAI, SVI, sphincter anal interne, sphincter vésical interne ; OGE, organes génitaux externes ; Ut, utérus.

pcar, plexus carotidien ; pcard, plexus cardiaque ; ppul, plexus pulmonaires ; pcoel, plexus cœliaque ; pao, plexus aortique ; (p) ms, plexus mésentérique supérieur ; (p) hg, plexus hypogastrique ; (p) pe, plexus pelvien.

GCS, GCM, GCI, GSL, GMS, GMI, GP, respectivement, ganglion cervical supérieur, moyen, inférieur (étoilé), semi-lunaire (coeliaque), mésentérique supérieur, mésentérique inférieur et pelvien ; CLV, chaîne latérovertébrale ; C, T, L, S, respectivement, segments spinaux cervicaux, thoraciques, lombaires et sacrés.

Le système sympathique

4. Effecteurs

- La connexion entre la terminaison nerveuse sympathique et l'effecteur musculaire ou glandulaire est **adrénergique**, les médiateurs chimiques qui y sont sécrétés sont des **catécholamines** (**adrénaline et noradrénaline**).
- La même substance peut cependant provoquer contraction ou relâchement des muscles lisses suivant le type de récepteurs que ces cellules musculaires portent sur leur membrane. Si le récepteur réagit à l'adrénaline en provoquant une **contraction des cellules musculaires lisses**, on l'appelle **récepteur alpha**. Si le récepteur réagit à l'adrénaline en provoquant une **relâchement des cellules musculaires lisses**, on l'appelle **récepteur bêta**. **Au niveau du coeur**, ce sont des récepteurs bêta, mais sous l'action de l'adrénaline, ils provoquent une augmentation de fréquence et de force de contraction au myocarde.

Le système orthosympathique

5. Médullo-surrénale

- Certaines fibres préganglionnaires sympathiques se terminent dans la partie médullaire de la glande surrénale. Ces terminaisons nerveuses **cholinergiques** (acétylcholine) **stimulent les cellules chromaffines** de la médullosurrénale qui **libèrent une décharge de cathécholamines** dans le sang. Cette glande endocrine augmente et **amplifie** donc considérablement l'action du système sympathique sur l'organisme.
- Cette glande peut être assimilée à un ganglion du système sympathique au sein duquel les neurones post-ganglionnaires se sont différenciés en cellules endocrines.

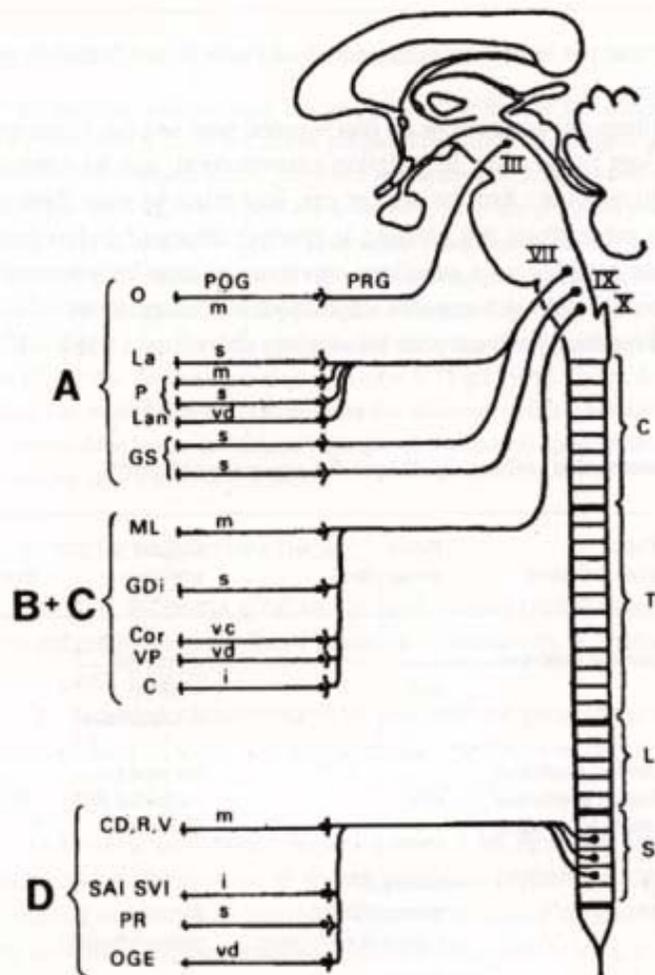
LE SYSTEME NERVEUX VEGETATIF

F. SYSTEME PARASYMPATHIQUE

1. Voies efférentes

- Les voies efférentes du système parasympathique sont également **des voies à deux neurones**. L'axone myélinisé du neurone préganglionnaire gagne le ganglion parasympathique en cheminant soit avec certains nerfs crâniens, soit avec les nerfs rachidiens sacrés.

II



II. Innervation parasympathique

Domaine A : O, œil ; La, glande lacrymale ; P, région palatine ; Lan, langue ; GS, glandes salivaires.

Domaine B + C : ML, muscles lisses thoracoabdominaux ; GDi, glandes digestives ; Cor, coronaires ; Vp, vaisseaux pulmonaires ; C, cœur.

Domaine D : CD, R et V, colon descendant, rectum, vessie.

SAI, SVI, sphincter anal interne et vésicule interne ; PR, glandes prostatiques ; OGE, organes génitaux externes.

Pour l'ensemble des deux schémas : m, action motrice ; s, sécrétrice ; vd, vasodilatatrice ; vc, vasoconstrictive ; i, inhibitrice ; a, accélératrice ; d, dilatatrice ; e, excitatrice.

Le système parasympathique

1. Voies efférentes

- Les ganglions parasympathiques sont situés près (plexus végétatif) ou dans la paroi de l'organe et loin de la moelle épinière. La synapse ganglionnaire est de type cholinergique: son médiateur est l'acétylcholine.
- L'axone postganglionnaire sort du ganglion et son trajet est court pour atteindre son lieu de destination. Elle se jette dans un des plexus déjà décrit ou reste intrapariétale si le ganglion est intrapariétal.

Le système parasympathique

2. Nerf vague ou pneumogastrique (X)

- Seul le nerf X assure l'innervation des organes thoraciques et abdominaux. Il forme l'équivalent pour le parasympathique de la chaîne des ganglions sympathiques pour l'orthosympathique.

3. Les plexus végétatifs

- Les plexus végétatifs du système parasympathique sont identiques à ceux du système sympathique.

Le système parasympathique

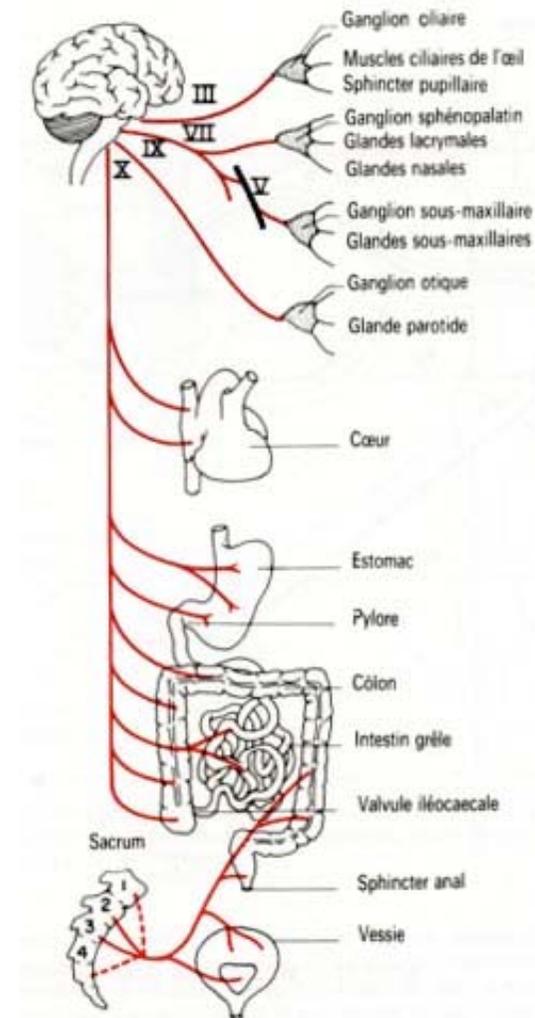
4. Effecteurs

- La connexion entre la terminaison nerveuse parasympathique et l'effecteur musculaire ou glandulaire est **cholinergique**: le médiateur est l'acétylcholine. Bien que l'acétylcholine, tout comme l'adrénaline, puisse provoquer la contraction ou le relâchement des fibres musculaires lisses suivant le type de récepteur que porte leur membrane, les récepteurs parasympathiques n'ont pas encore été subdivisés comme les récepteurs sympathiques.

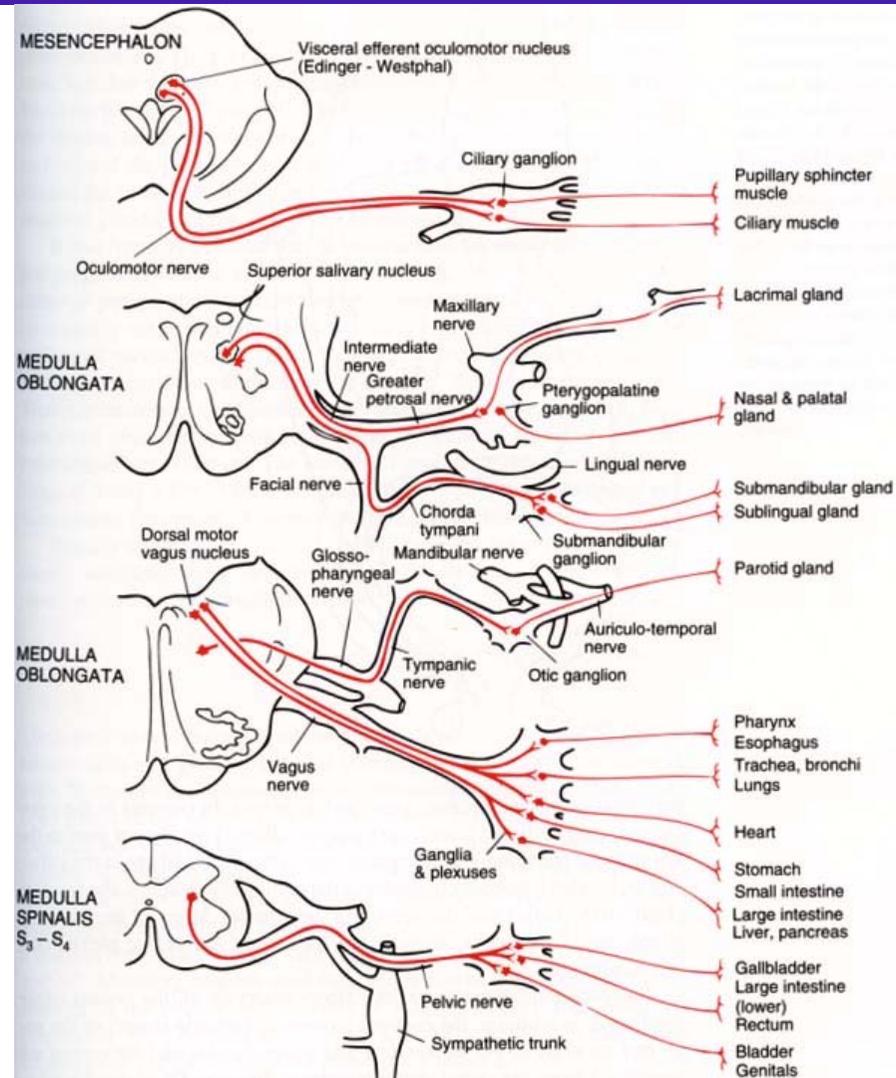
Le système nerveux parasympathique

Les fibres nerveuses **préganglionnaires** quittent le SNC par des nerfs crâniens et sacrés.

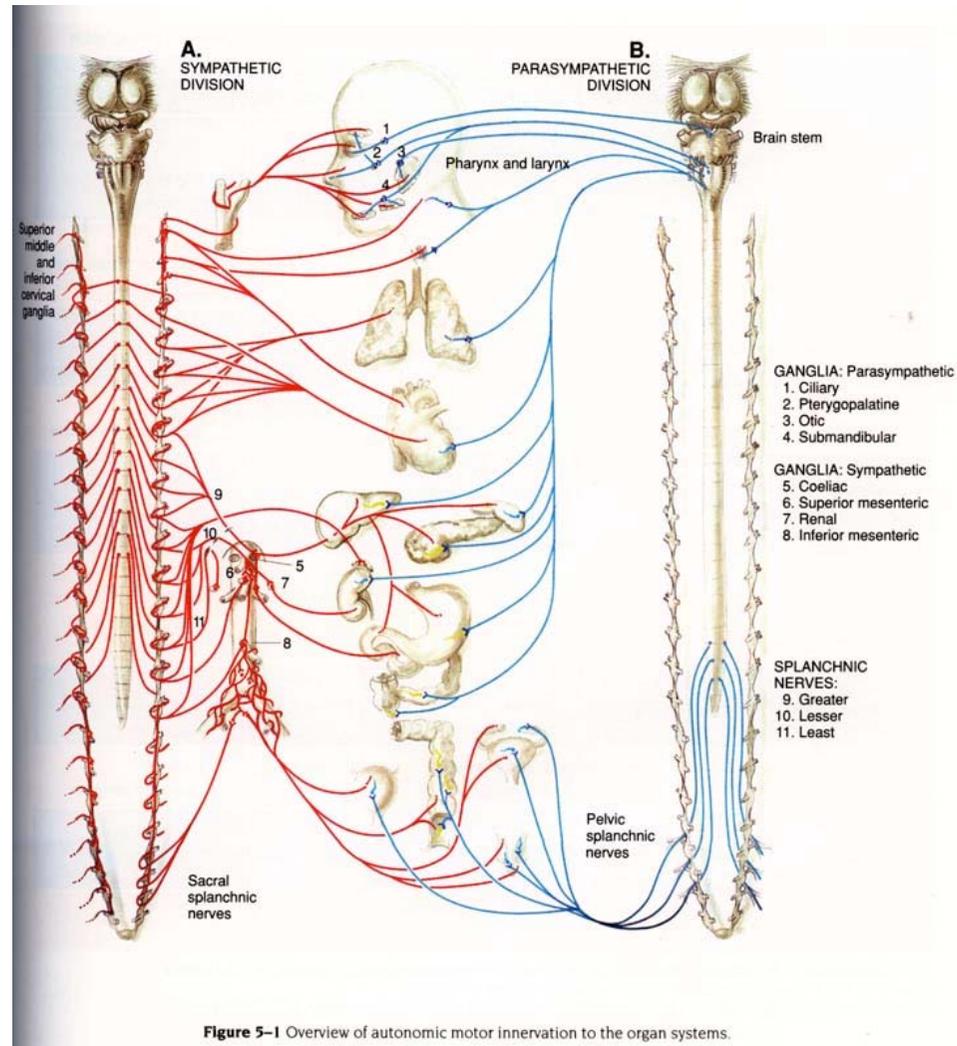
Ils forment des connexions synaptiques avec des neurones **postganglionnaires** courts dans ou près des organes effecteurs.



Le système nerveux parasymphatique



Voies efférentes du SNV



LE SYSTEME NERVEUX VEGETATIF

1. Rôle du système sympathique ou de défense

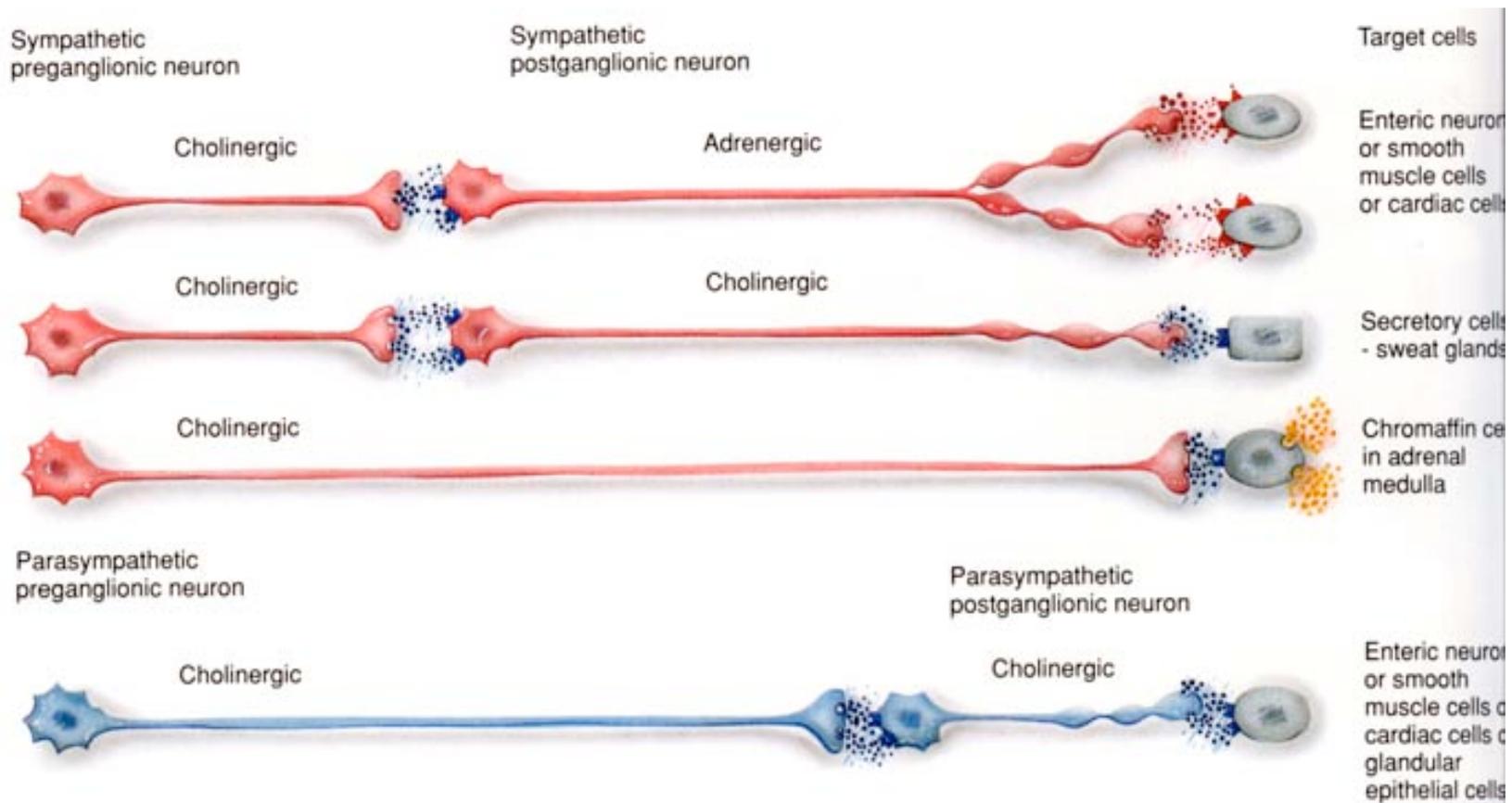
- Le système orthosympathique a avant tout un rôle de **défense**. Il favorise l'action dirigée vers l'extérieur plutôt que le travail interne de l'organisme. **Il est stimulé dans les états d'excitation émotionnelle et d'agression** (stress), c'est-à-dire dans les conditions qui nécessitent une défense. Il favorise l'effort bref et intense en stimulant la circulation et la respiration.

LE SYSTEME NERVEUX VEGETATIF

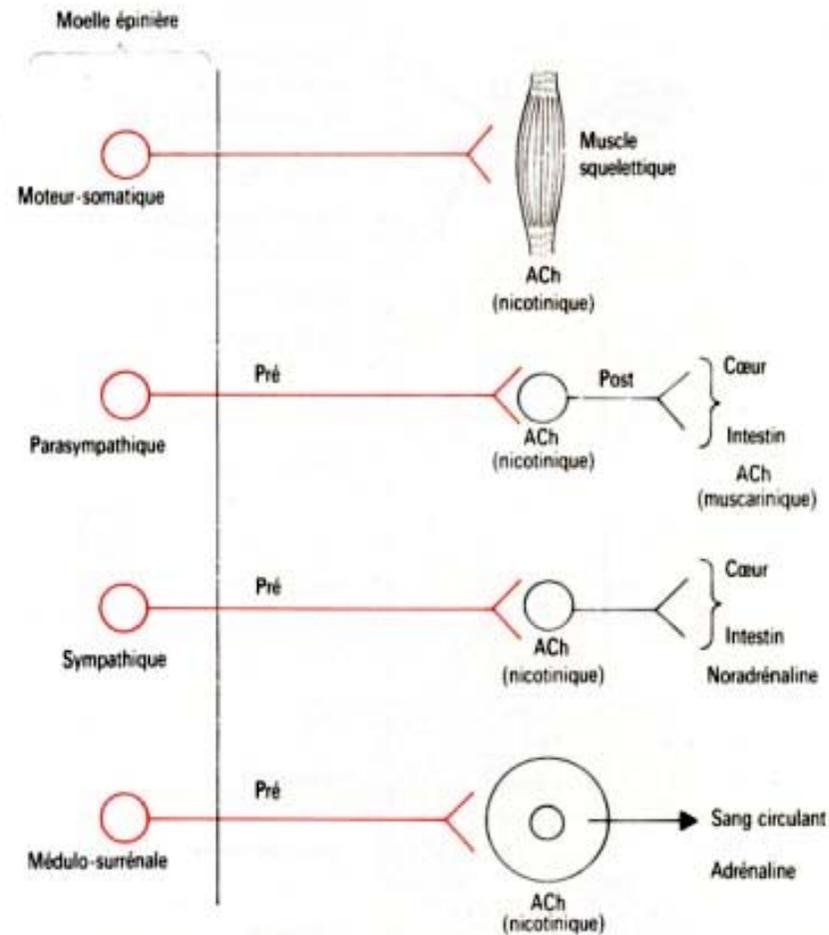
2. Rôle du système parasympathique ou de récupération

- Le système parasympathique concerne **la récupération de l'organisme et la vidange des organes creux**. Il favorise le travail interne de l'organisme en le mettant au repos, en favorisant la digestion et en assurant le mécanisme de vidange de l'organisme par la progression des aliments dans le tube digestif, la défécation et la miction. Il est stimulé pendant le sommeil.
- Son action sur la circulation et la respiration, toutes deux mises au repos, est opposée à celle de l'orthosympathique.

Médiateurs et cibles du SNV



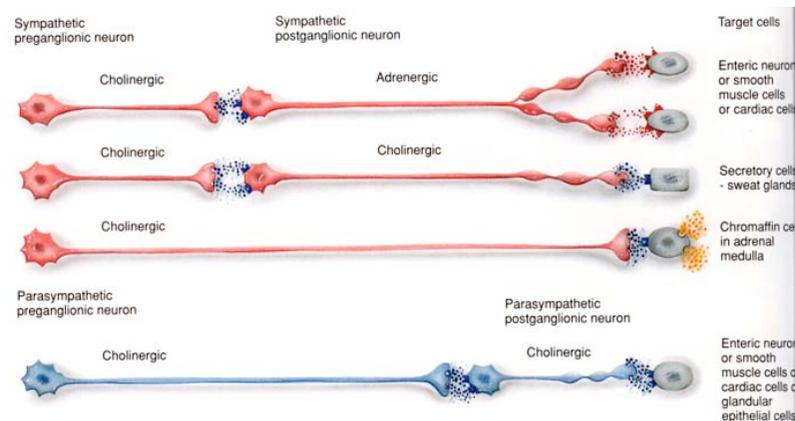
Médiateurs et cibles du SNV



Médiateurs et cibles du SNV

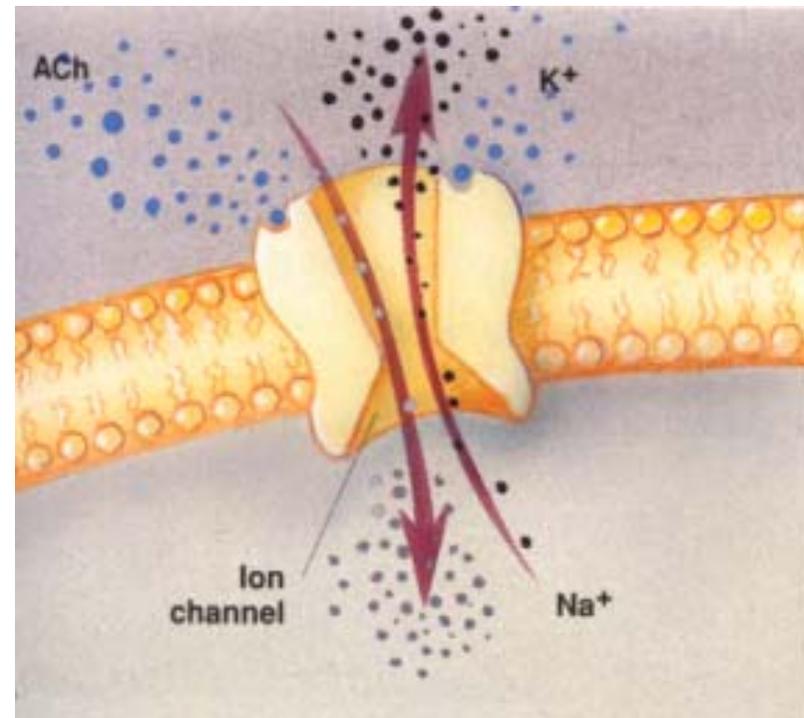
Principaux récepteurs adrénergiques et cholinergiques exprimés par les neurones postggl et les cellules effectrices

- Récepteurs **adrénergiques** : $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\beta 1$ et $\beta 2$. Chaque récepteur à une distribution spécifique dans les tissus et une action différente sur les cellules effectrices.
- Récepteurs **cholinergiques** : muscariniques ou nicotiniques.



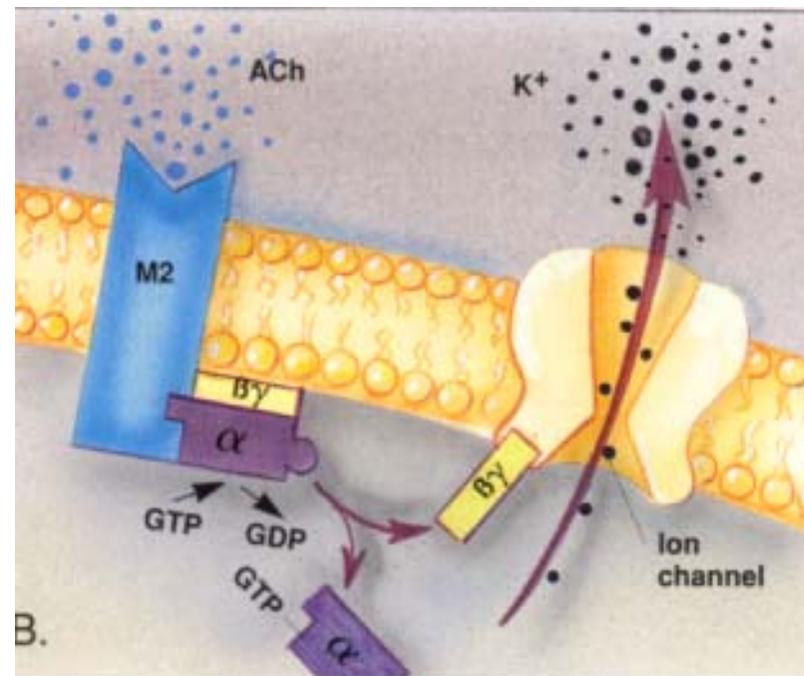
Médiateurs et cibles du SNV

- Les RACHN sont localisés au niveau des ganglions autonomes (transduction du signal entre neurone pré- et postggl).

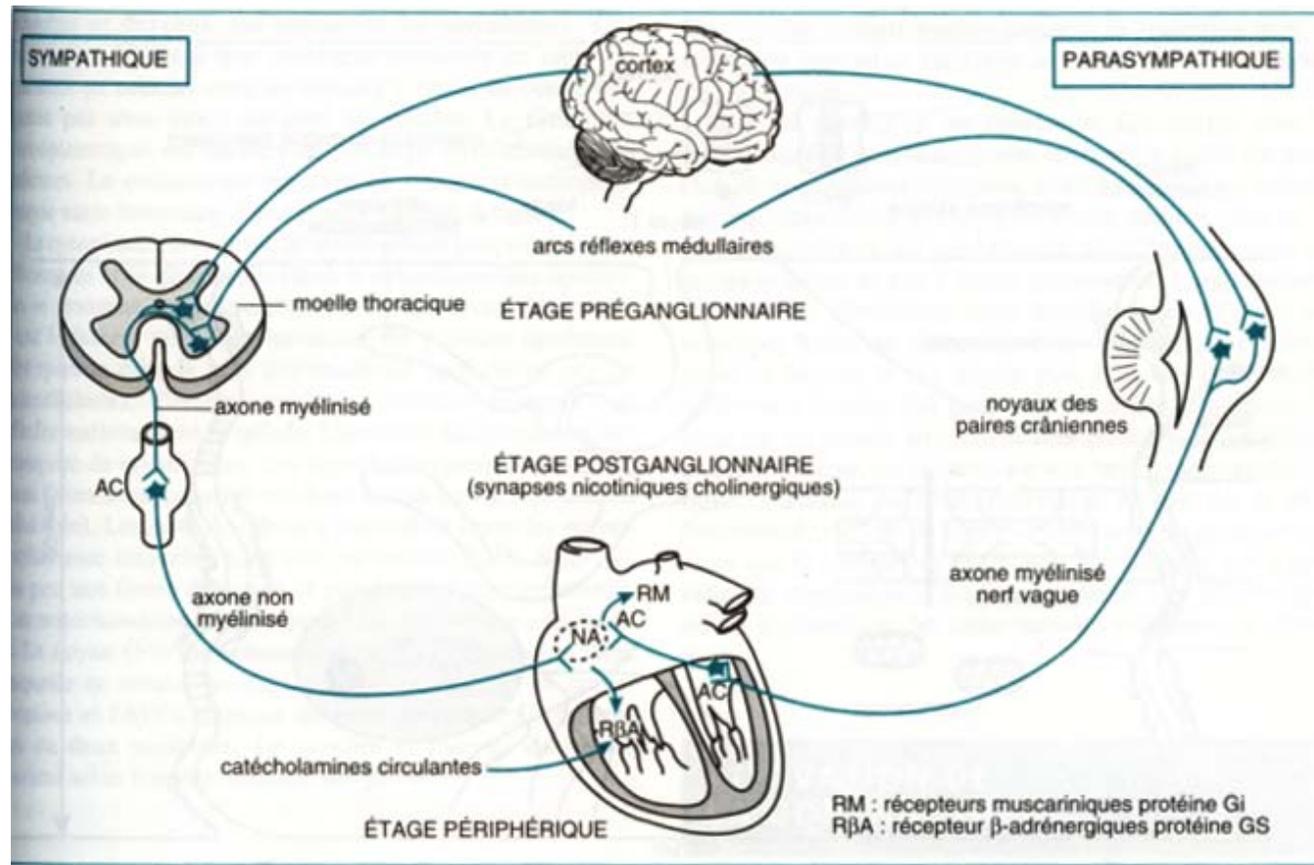


Médiateurs et cibles du SNV

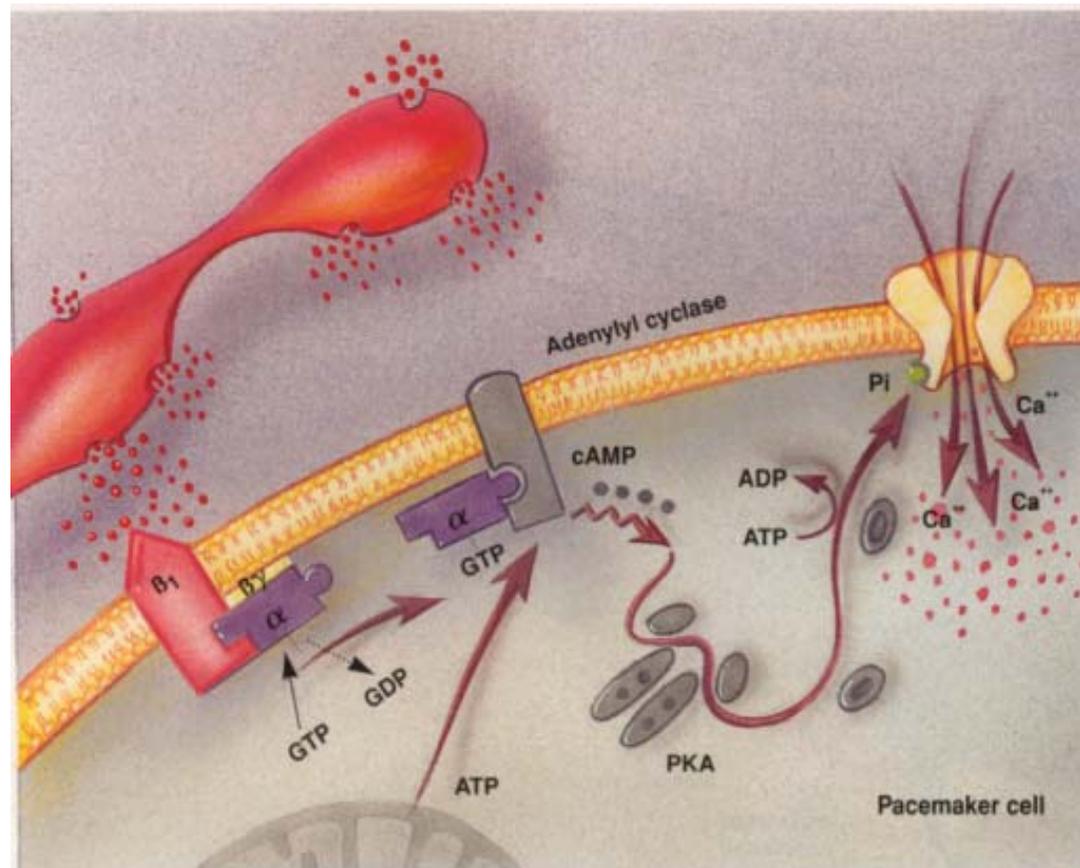
- Les **RACHM** interviennent dans la transduction des signaux émis par les cellules postggl (actions des nerfs parasympathique).
- Ces récepteurs sont aussi impliqués dans l'**innervation sympathique des glandes sudoripares**.



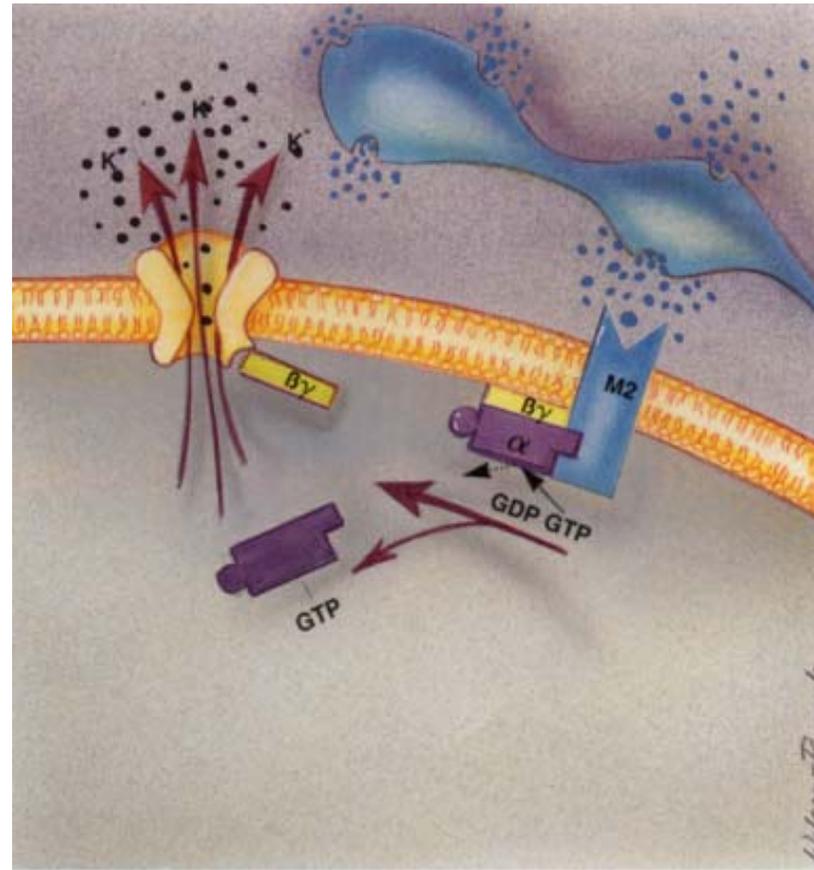
Innervation cardiaque et tissu de conduction



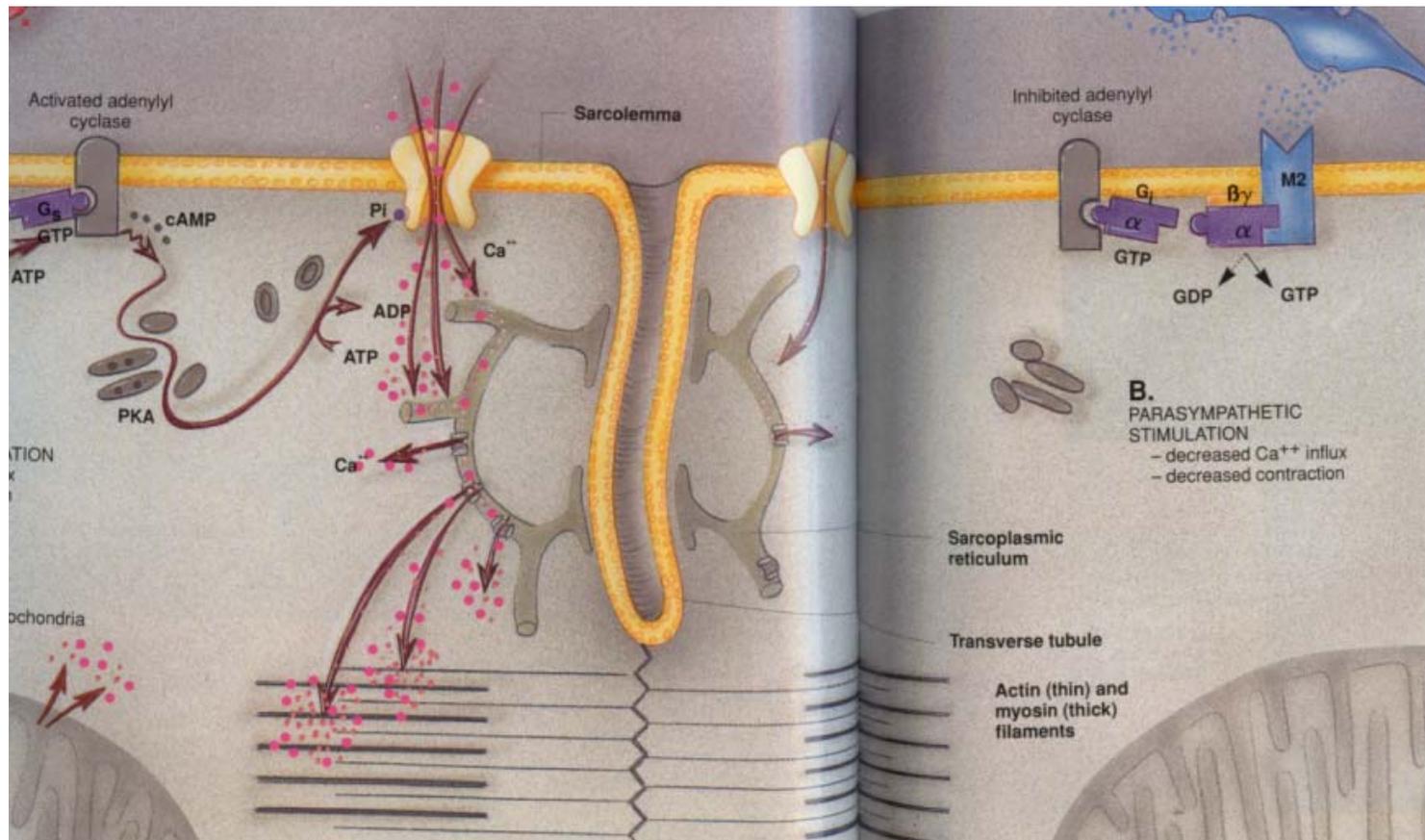
La stimulation sympathique augmente la fréquence des PA dans les cellules autorythmiques



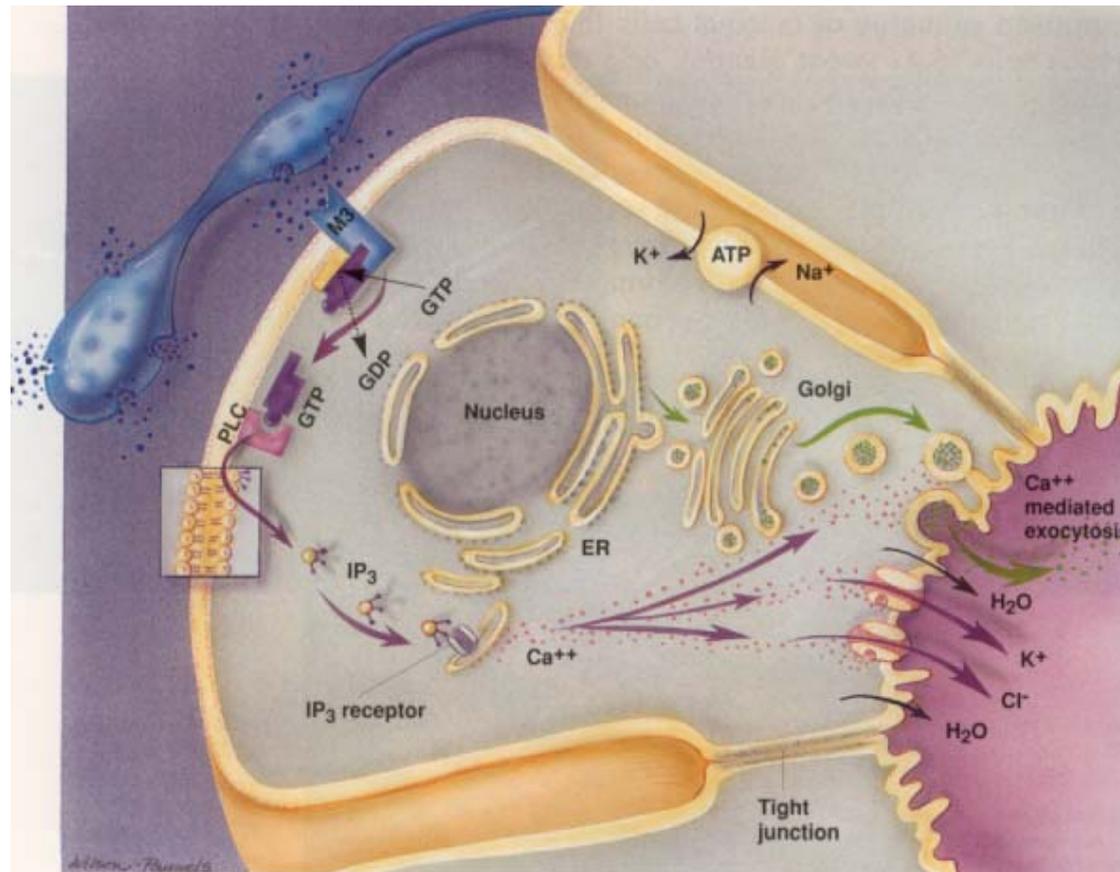
La stimulation parasympathique diminue la fréquence des PA dans les cellules pacemaker



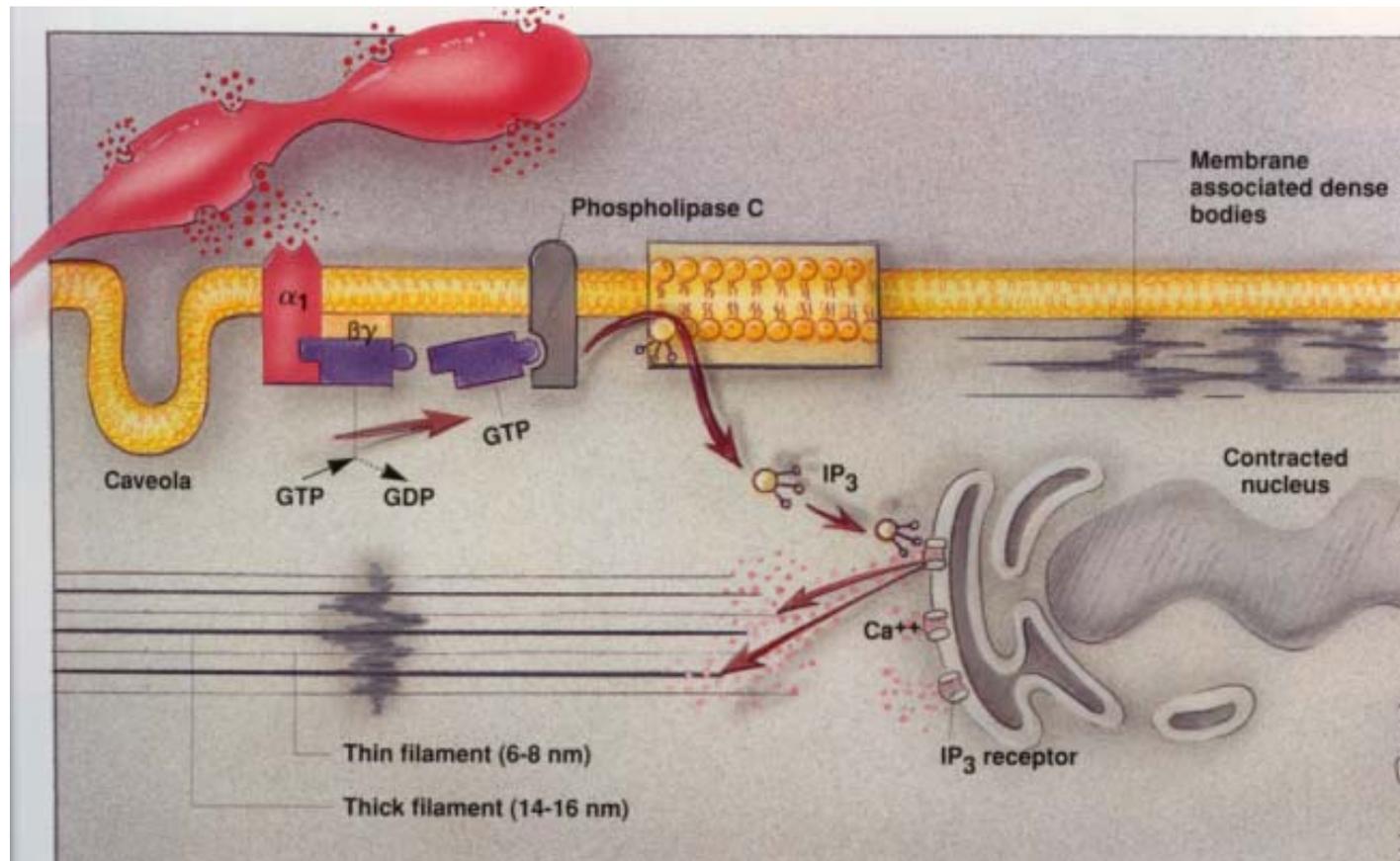
Action sympathique et parasympathique sur les cardiomyocytes



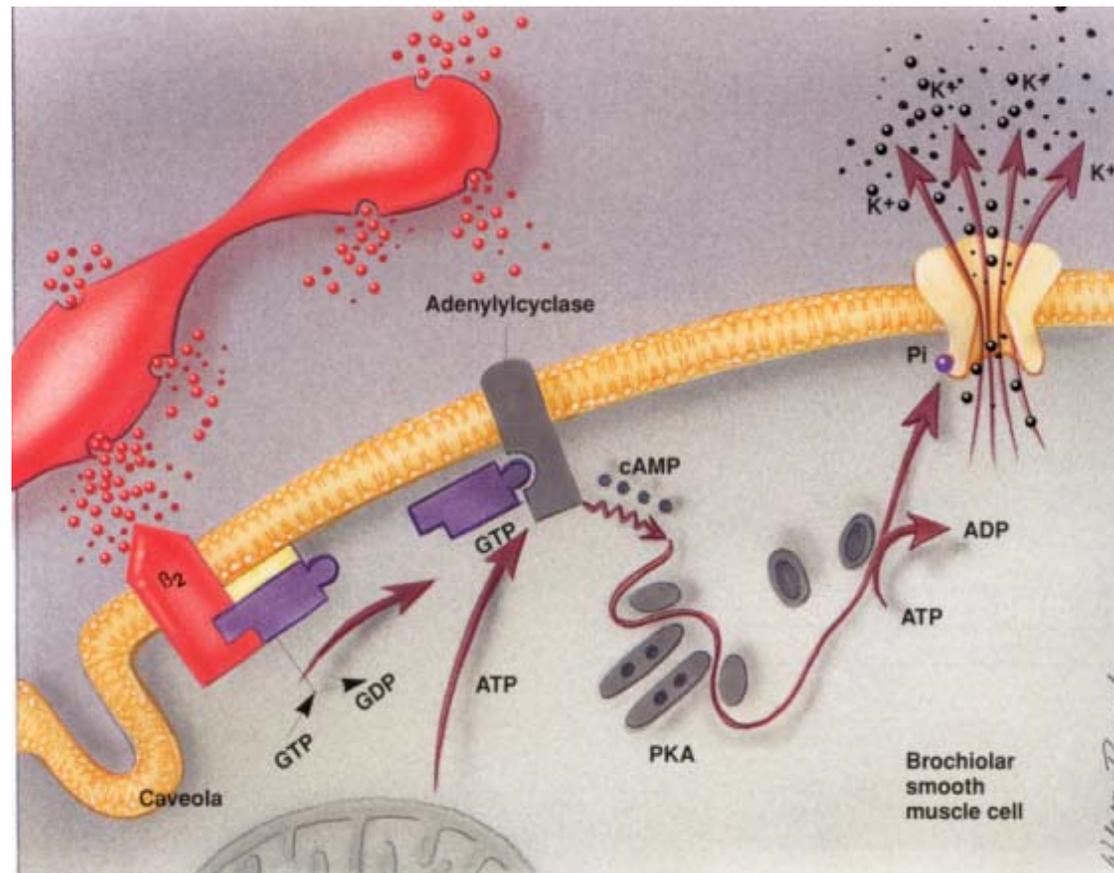
Action des nerfs parasympathiques sur les cellules exocrines



Les nerfs sympathiques provoquent une contraction des CML des vaisseaux sanguins par l'IP₃



Les nerfs sympathiques relaxent les CML des bronches par augmentation du flux K^+



Transmitter	Receptor	Target Cells	Second Messenger	Effects
Adrenaline	α_1	Vascular smooth muscle cells	IP_3	$\uparrow [Ca^{2+}]_i$, muscle contraction
Adrenaline	α_2	Ganglionic presynaptic terminals	cAMP	$\downarrow [Ca^{2+}]_i$, inhibition of transmitter release
Adrenaline	β_1	Cardiac myocytes	cAMP/ G_S	$\uparrow [Ca^{2+}]_i$, increased force of contraction
Adrenaline	β_1	Cardiac pacemaker cells	cAMP	$\uparrow Ca^{2+}$ conductance, more rapid membrane depolarization, increased rate of generation of action potentials
Adrenaline	β_2	Coronary and pulmonary smooth muscle cells	cAMP	$\uparrow K^+$ conductance, hyperpolarization of cell membrane, decreased transmission of action potential leading to muscle relaxation
	Nicotinic	Postganglionic neurons	none	Depolarization of postsynaptic membrane, synaptic transmission
	Muscarinic	Bladder smooth muscle cells	unknown	$\uparrow [Ca^{2+}]_i$, smooth muscle contraction
	Muscarinic (M2)	Cardiac myocytes	cAMP	$\downarrow [Ca^{2+}]_i$, decreased force of contraction (negative inotropic effect)
	Muscarinic (M2)	Cardiac pacemaker cells	$G_i \beta\gamma$ subunit	$\uparrow K^+$ conductance, hyperpolarization of the membrane, slower generation of action potentials
	Muscarinic (M3)	Secretory cells	IP_3	$\uparrow [Ca^{2+}]_i$, K^+ , Cl^- and H_2O efflux into lumen, Ca^{2+} -dependent exocytosis from secretory granules
	Muscarinic	Vascular smooth muscle/endothelial cells	unknown	Vasodilation probably via release of NO from endothelial cells.

Le système nerveux entérique

- **SNE** : système nerveux extrinsèque
- **SNI** : système nerveux intrinsèque ou entérique

