

THERMOREGULATION

ASPECTS

NEUROPHYSIOLOGIQUES



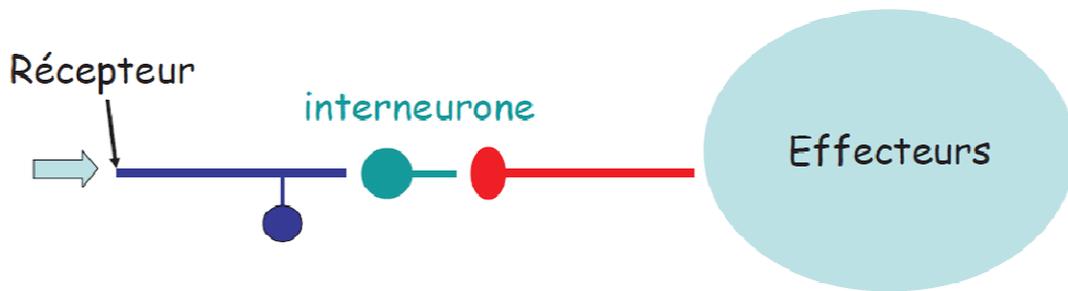
# I) GENERALITES

## 1. Rappel : notion de réseau nerveux.

Un récepteur produit un message nerveux sensitif **afférent** en réponse à stimulus du milieu.

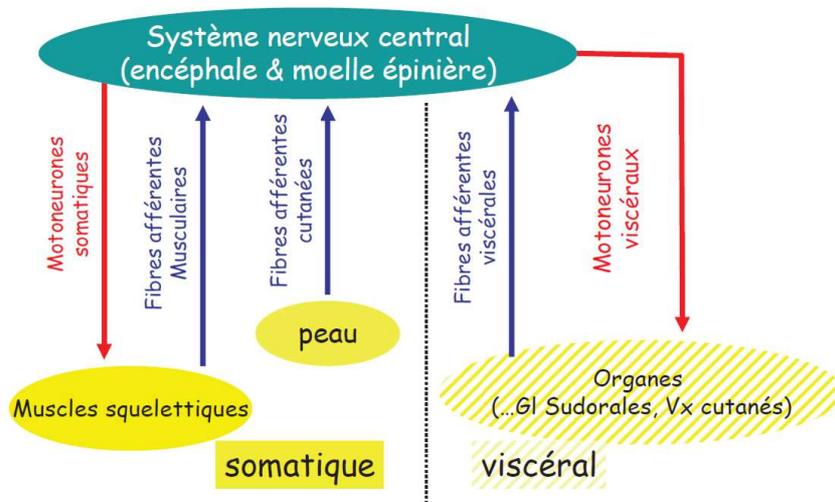
Des fibres sensitives somatiques (peau, muscles) ou viscérales (organes, glandes, vaisseaux...) transmettent au SNC par l'intermédiaire d'un interneurone.

Le SNC produit un message **efférent** qui est ensuite véhiculé jusqu'à un effecteur par une fibre efférente ou motoneurone somatique ou viscéral.



## 2. Système nerveux périphérique

### a. Organisation générale.



## b. Classification des fibres nerveuses.

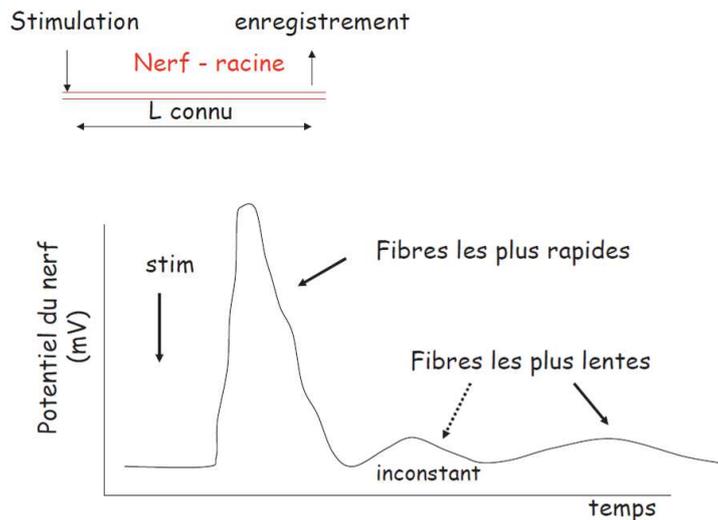
### Deux groupes principaux.

- Rapides → Grosses fibres myélinisées
- Lentes → Petites fibres myélinisées et fibres amyéliniques.

### Critère : vitesse de conduction.

- Temps mis par le potentiel d'action pour parcourir une longueur de fibre connue (> 6cm)
  - Stimulation d'un tronc nerveux.
- Le potentiel recueilli est un potentiel complexe de nerf (somme des PA unitaires)

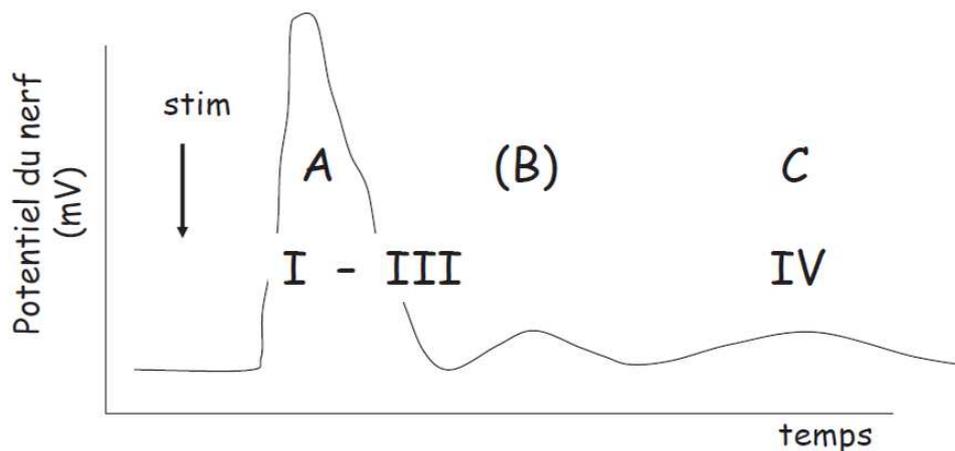
### Mesure de la vitesse de conduction



### Deux classifications

**Mitchell** → Fibres afférentes musculaires (Fibres I à IV)

**Erlanger & Gasser** → Autres fibres. (Fibres A, (B), et C)

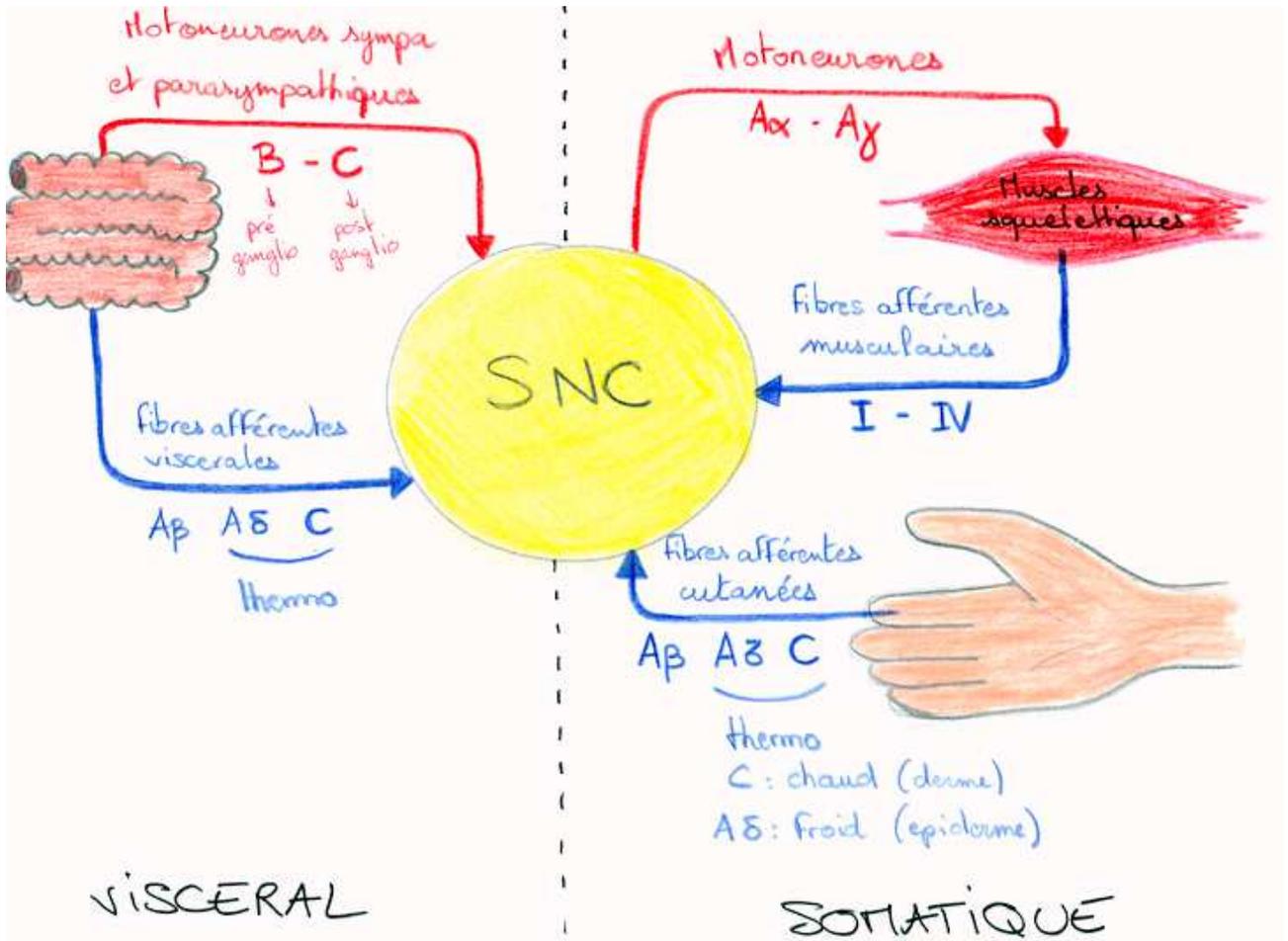
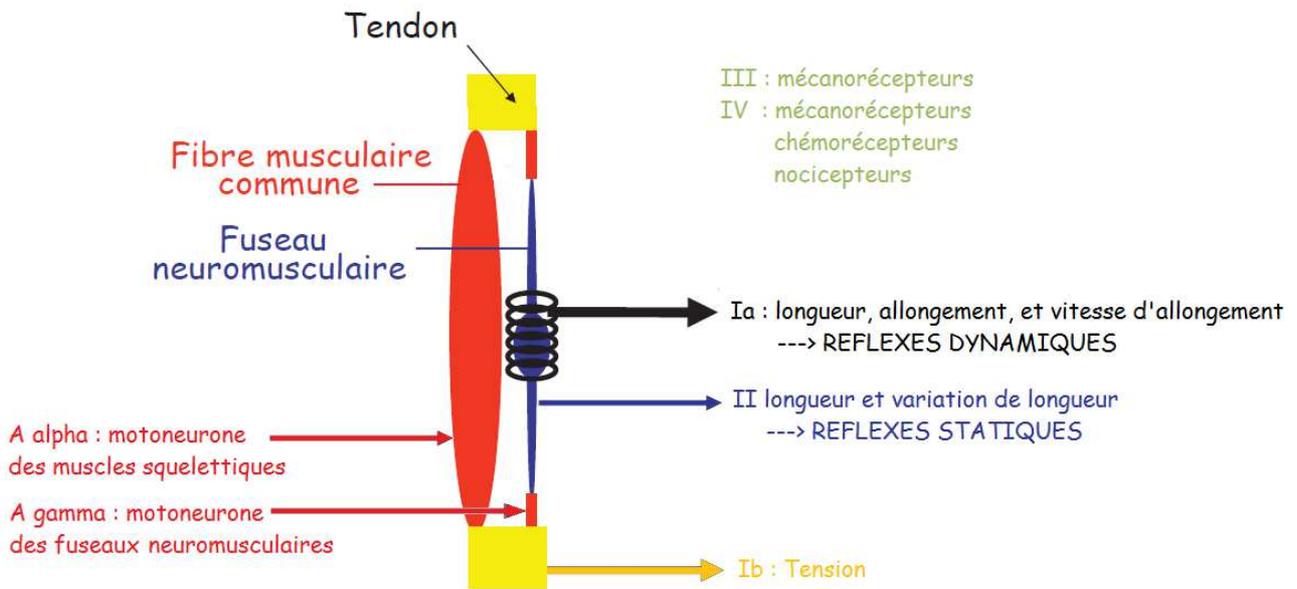


## FIBRES AFFERENTES MUSCULAIRES : CLASSIFICATION DE MITCHELL

	TYPE DE FIBRE	DIAMETRE	VITESSE	RECEPTEUR	STIMULUS	ROLE
<b>Ia</b>	Grosses fibres myélinisées	10 - 20 $\mu\text{m}$	80 - 120 m/sec	Fuseaux neuromusculaires (Terminaisons annulo-spirales)	Longueur du muscle Allongement Vitesse d'allongement	Tonus musculaire Proprioception Kinesthésie Contrôle de la posture
<b>Ib</b>				Organes tendineux de golgi	Tension	Réflexes <u>dynamiques</u>
<b>II</b>				Fuseaux neuromusculaires (Terminaison en bouquet)	Longueur du muscle Variation de longueur	Tonus musculaire Proprioception Kinesthésie Lutte antigravitaire = Réflexes <u>statiques</u> .
<b>III</b>	Petites fibres myélinisées.	1 - 5 $\mu\text{m}$	5 - 50 m/sec	Mécanorécepteurs	?	Mécanorécepteurs (débit sanguin) Métaborécepteurs Nocirécepteurs
<b>IV</b>	Fibres amyéliniques.	1 $\mu\text{m}$	< 5 m/sec	Mécano et chémorécepteurs (métabolites) Nocirécepteurs (douleur)		

## AUTRES FIBRES : CLASSIFICATION DE ERLANGER ET GASSER

GROUPE	TYPE DE FIBRE	DIAMETRE	VITESSE	RECEPTEUR	STIMULUS	ROLE
<b>A<math>\alpha</math></b>	Grosses fibres myélinisées	10 - 20 $\mu\text{m}$	80 - 120 m/sec	Muscles squelettiques		<b>Fibres efférentes</b>
<b>A<math>\gamma</math></b>				Fuseaux neuromusculaires		
<b>A<math>\beta</math></b>				Mécanorécepteurs (peau, poumon)		
<b>A<math>\delta</math></b>		1 - 5 $\mu\text{m}$	5 - 50 m/sec	Mécanorécepteurs Thermorécepteurs (peau, voies aériennes supérieurs) Nocirécepteurs		
<b>C</b>	Petites fibres amyéliniques.	1 $\mu\text{m}$	< 5 m/sec	Mécanorécepteurs Thermorécepteurs (peau, voies aériennes sup)		
<b>C</b>	Petites fibres amyéliniques.	1 $\mu\text{m}$	< 5 m/sec	Motoneurons préganglionnaires (Système Nerveux Autonome)		

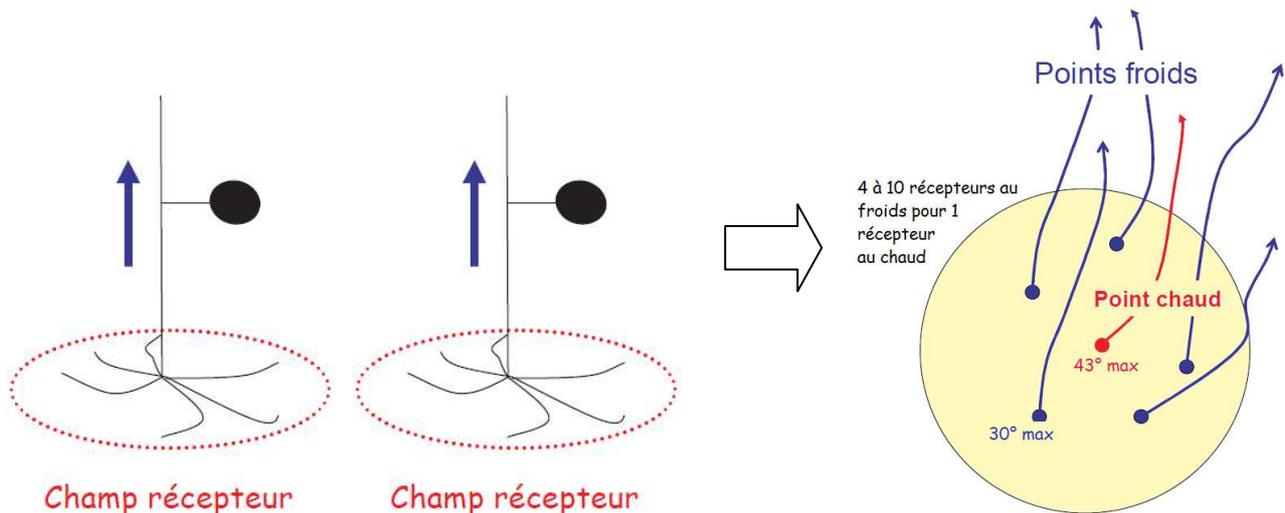


## II) VOIE AFFERENTE : LES THERMORECEPTEURS

### 1. Deux types de thermorécepteurs

	Récepteurs au froid	Récepteurs au chaud.
Terminaisons nerveuses	Libres	Libres
Type de fibres	Petites fibres myélinisées A $\delta$	Fibres amyéliniques de type C
Vitesse	5 – 15 m.s <sup>-1</sup>	1m.s <sup>-1</sup>
Localisation prédominante	Epiderme Face : 16 à 19 / cm <sup>2</sup> (front) Main : 1 à 5 / cm <sup>2</sup>	Derme Face et main : 0,4 / cm <sup>2</sup> $\approx$ 1 récepteur au chaud pour 4 à 10 récepteurs au froid.
Activité maximale (état stable)	30°C	43°C

Modalité discontinue : les champs ne se recouvrent pas.



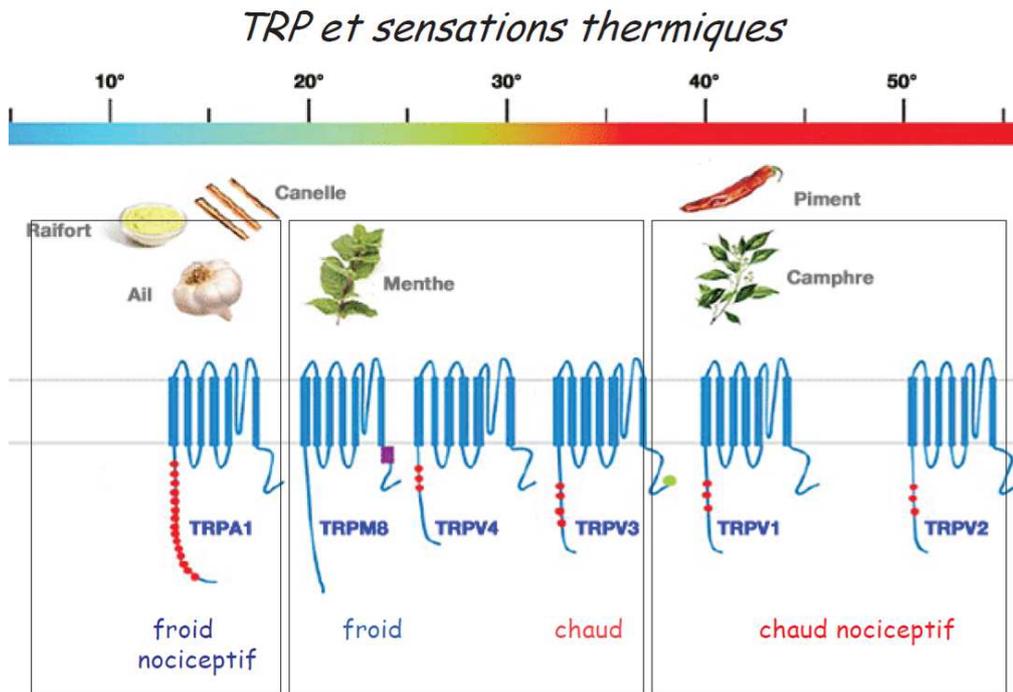
Les champs récepteur font moins de **1mm<sup>2</sup>**. Il y a des territoires cutanés **sans** thermorécepteurs.

## 2. Transduction.

### Les TRP : Transient Receptor Potential.

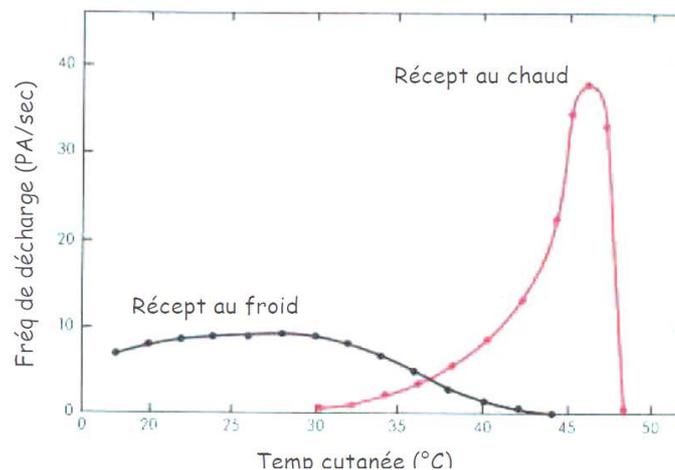
Les TRP sont des canaux ioniques thermosensibles qui transmettent l'information thermique du monde extérieur vers le domaine cellulaire. Ils sont exprimés dans des neurones sensoriels répondant à des températures qui étendent des valeurs tolérées à nociceptives.

### Protéine canal cationique (Ca)



## 3. Réponse des thermorécepteurs.

### a. réponse statique (état stable)



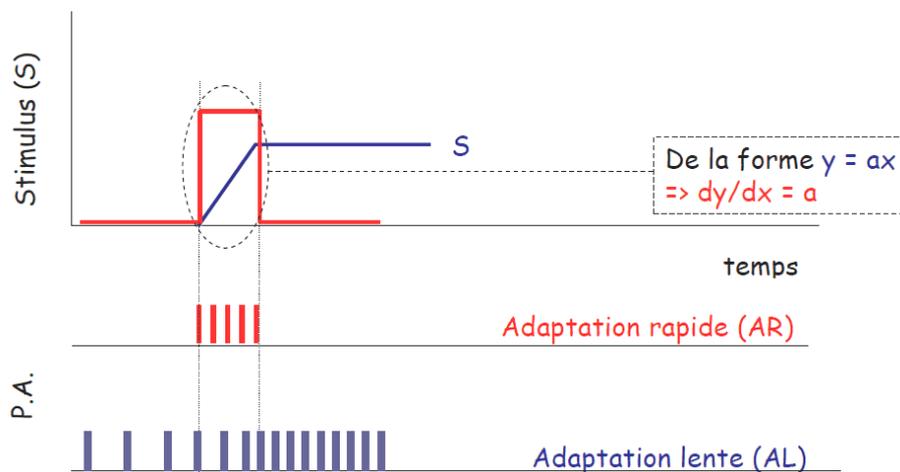
## b. réponse dynamique (en cas de variation du stimulus)

### Adaptation :

Propriété que possède un récepteur de **réduire sa fréquence de décharge** alors que l'intensité de la stimulation reste constante.

Récepteur / adaptation	Réponse.
<b>Pas d'adaptation</b> (récepteur d'adaptation lente)	→ réponse proportionnelle.
<b>Adaptation complète</b> (récepteur d'adaptation rapide)	→ Réponse différentielle
<b>Adaptation incomplète</b>	Ce sont les plus fréquents. → Mélange les deux types de réponse.

### Description :



Un récepteur d'adaptation lente reconnaît l'intensité d'un stimulus.

Un récepteur d'adaptation rapide reconnaît la vitesse des variations du stimulus.

**Intérêt général :** Signaler un changement d'état et filtrer les informations inutiles.

### Pour la sensibilité thermique

- La réponse proportionnelle est médiocre.
- Importance de la température cutanée
- Adaptation incomplète +++
- Détection des changements de température
- **Neutralité thermique = adaptation maximale des récepteurs.**

### III) Mécanismes centraux.

#### 1. Organisation général du transfert des messages cutanés

**Le neurone afférent primaire (SNP) recueille l'information et l'envoie dans le SNC.**

Dans le SNC il y a un relai (au niveau de la moelle pour la douleur ou la sensibilité thermique) dont la fonction est de **transférer** mais également de **filtrer** l'information. Par exemple pour des messages comme la douleur c'est bien de pouvoir le minimiser.

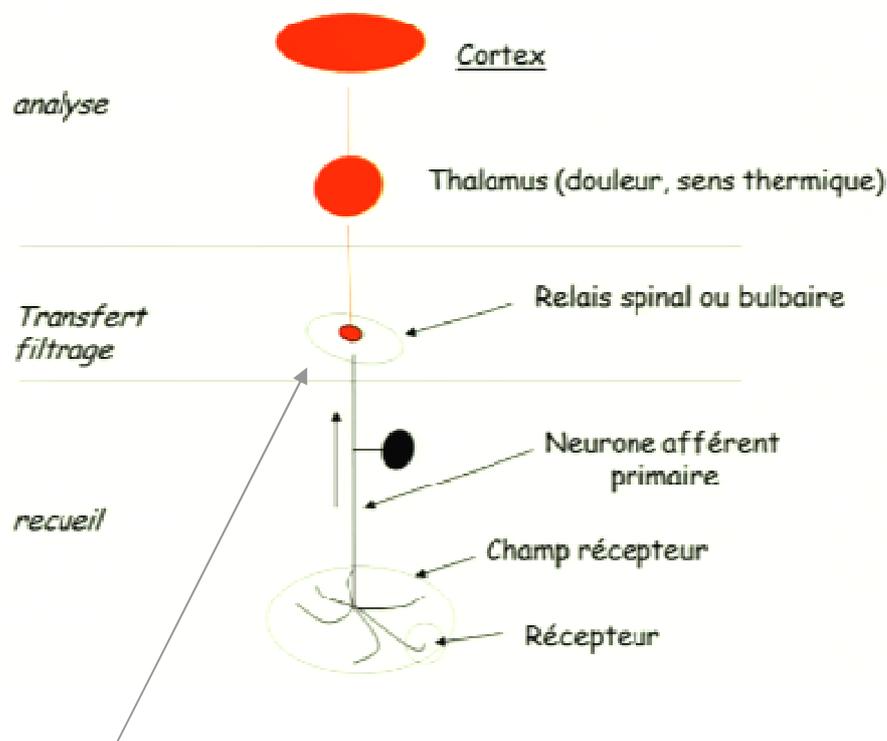
**La seule manière de modifier le message c'est d'intercaler des synapses.**

Là y'en a qu'une de représentée, mais il peut y en avoir plusieurs qui offriront autant de possibilité de contrôle du message.

**Ensuite un autre relai au niveau du thalamus :**

C'est l'organe qui filtre et analyse l'essentiel des afférences nerveuses destinées au cortex cérébral, et en particulier pour la douleur et la sensibilité thermique.

**Enfin, le cortex.**

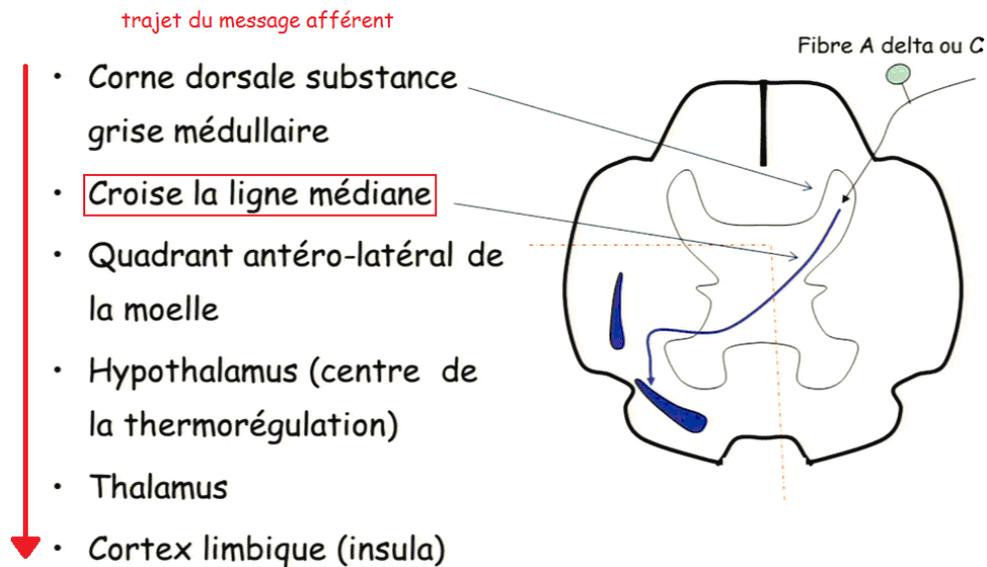


**!/ ATTENTION !/** : le petit neurone central **croise** la ligne médiane. Toutes les informations qui proviennent de l'hémicorps droit sont projetées dans le cortex à gauche. Si on a des troubles de la sensibilité à droite, il faut rechercher des lésions corticales à gauche ou inversement. Ca vaut pour les messages afférents et les messages efférents.

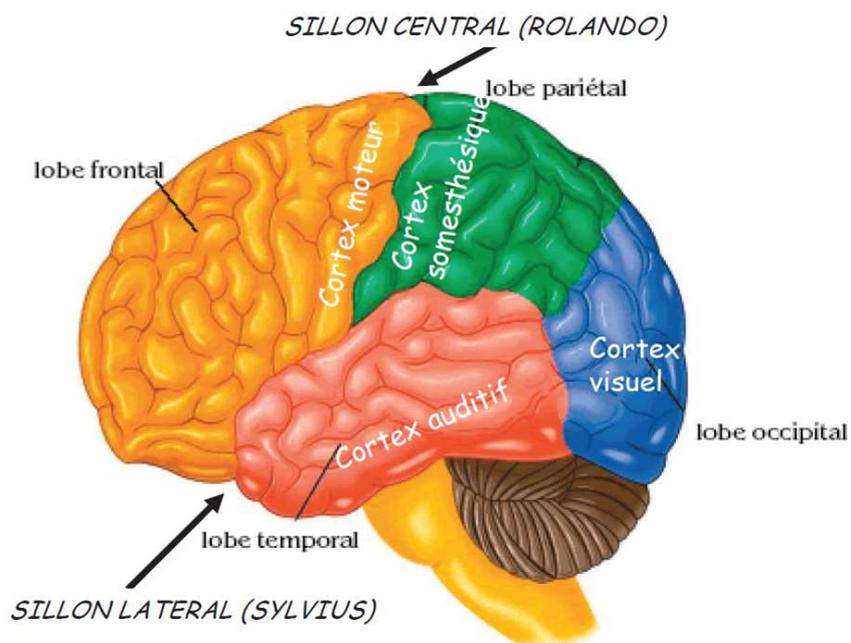
## 2. Voie commune douleur / sensibilité thermique

**On parle de thermo-algésie.**

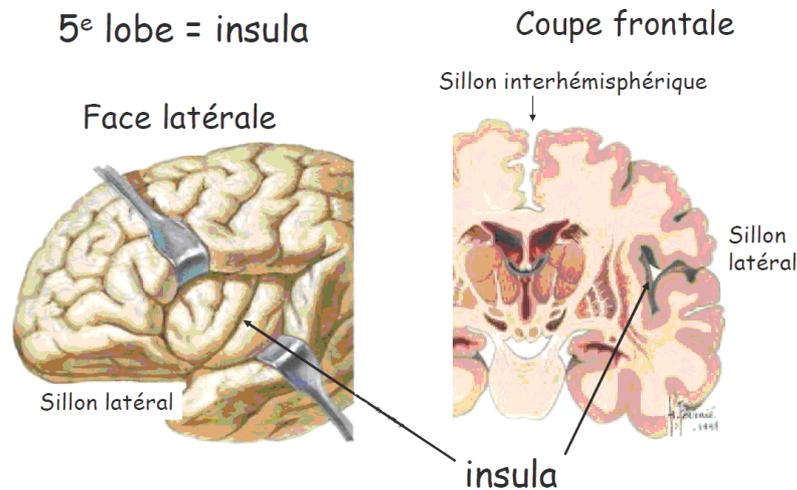
Les afférences A $\delta$  et C (sensation thermique ou douleur) sont véhiculées par le même système au niveau central. Ces fibres sensibles se terminent au niveau de la substance grise médullaire, puis un interneurone croise la ligne médiane et se retrouve dans le cadran antéro-latéral de la moelle. Ensuite ca monte jusqu'au thalamus, puis dans le cortex limbique (insula)



## 3. Cortex cérébral : 5 lobes



Pour voir le cinquième lobe, l'insula ou cortex primitif, il faut récliner la face latérale du cortex. C'est là que seront analysées les sensations thermiques.



#### 4. La sensation thermique

##### a. Température cutanée opérationnelle

Comprise entre 20 et 44°C.

En dessous de 17° et au dessus de 44°C → sensation douloureuse.

##### b. Une sensation relative à trois facteurs.

La sensation thermique est relative à la température cutanée, la surface stimulée, et la vitesse de changement de température.

- **La température cutanée** : En fonction de la température cutanée, un objet d'une même température peut entraîner une sensation de chaud ou de froid.
- **La surface cutanée**. La sensation augmente avec la surface stimulée (sommation spatiale d'un plus grand nombre de fibres afférentes).
- **La vitesse des changements de température** :

Il y a une sensation si la variation est rapide. Si la variation est lente il peut y avoir un écart thermique très important sans sensation thermique.

**Corollaire : la sensation disparaît rapidement sur la température reste stable.**

## IV) VOIE VISCERALE EFFERENTE : SNA

La voie essentielle (grosso merdo 80%) qui va permettre de mettre en jeu ces différentes réponses à la stimulation thermique, c'est le système autonome. Les autres 20% c'est probablement le fait de bouger volontairement pour se réchauffer.

### 1. Rappel sur la motricité somatique.

#### a. Principes

**Deux pièces osseuses mises en mouvement par deux muscles squelettiques.**

- Le muscle agoniste (fléchisseur) se contracte, exerce une force qui se traduit en déplacement.
- Le muscle antagoniste (extenseur) se contracte pour faire le déplacement inverse.

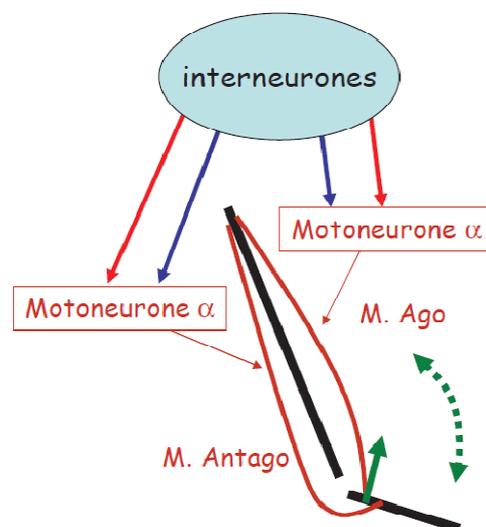
**Leur innervation est excitatrice** : motoneurones  $\alpha$  (grosses fibres myélinisées rapides)

**Les interneurones permettent la contraction alternative :**

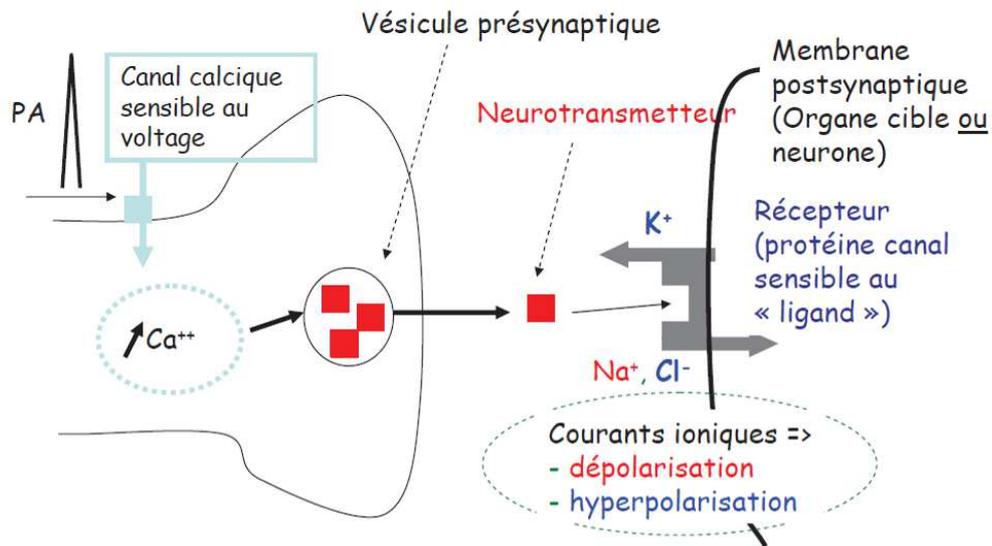
- Pour le mouvement
- Le motoneurone excitateur stimule l'agoniste et inhibe l'antagoniste ou l'inverse.

**Ils permettent également la contraction simultanée :**

- Pour les postures
- Excitation simultanée de l'agoniste et de l'antagoniste (commande posturale)



**b. neurotransmission.**



Même principe pour les muscles lisses et les muscles squelettiques...

Activation de canaux calciques sensibles au voltage.

Augmentation du calcium intra-cellulaire

- Libération de neurotransmetteurs via des vésicules synaptiques
- Récepteurs sensibles au neurotransmetteur (protéines canal sur l'organe cible)
- Ouverture / fermetures de canaux ioniques

	Neurotransmetteur	Récepteur	Effet membranaire	Effet physiologique
<b>Plaque motrice</b>	Acétylcholine	Récepteurs Nicotiniques musculaires (RNm)	Dépolarisation	Contraction.

**IMPORTANT : L'effet physiologique dépend de la nature du récepteur.**

**Pour le SNA ca va être un peu différent parce qu'il y a deux neurones en séries (il faut rajouter une synapse.)**

## 2. La motricité viscérale

Réguler le fonctionnement d'un viscère. On peut les assimiler à des organes creux dont la paroi doit pouvoir se dilater ou se contracter. (stockage, péristaltique,

### a. Fonction générale.

#### Muscles lisses.

Des muscles lisses se situent **dans la paroi** d'un viscère et leur rôle est d'accommoder un *volume* ou un *débit* (stockage, péristaltisme...) Pour cela ils vont se **contracter** ou se **dilater**.

Cette paroi a une double innervation qui va lui permettre

- de se contracter (innervation excitatrice)
- de se dilater (innervation inhibitrice)

Tout cela est possible grâce à des interneurones. Les centres nerveux analysent les informations afférentes et provoquent des réponses mais c'est bon on l'a déjà dit.

Exemple : mécano et chémorécepteurs au niveau de l'estomac.

#### Idem pour les glandes sécrétoires.

- excitation : augmentation de la sécrétion
- inhibition : diminution de la sécrétion.

### b. deux innervations différentes

**Le système sympathique** : « **fight or flight** » → se battre ou prendre la fuite.

C'est une innervation excitatrice tournée vers la production de réponses dans le cas d'urgence

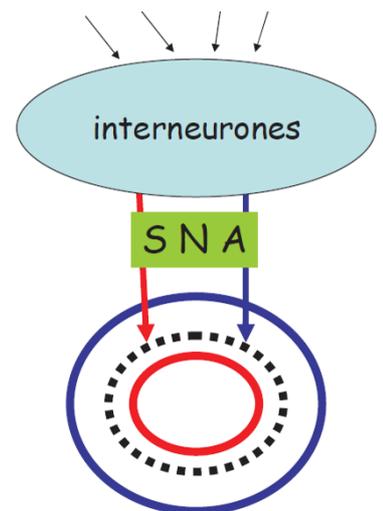
Hausse du rythme cardio respiratoire, amener du sang vers les muscles...

**Le système parasympathique** : « **rest and digest** » → Le repos et la digestion

C'est une innervation inhibitrice tournée vers le repos et le métabolisme.

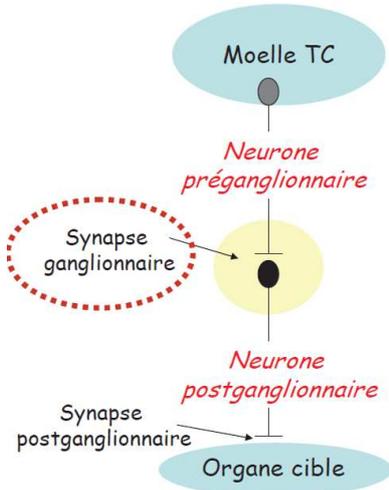
Ce sont des généralités qui traduisent des cas de mise en jeu caricaturales et extrêmes de ces systèmes. La mise en jeu se fait par le SNC. C'est qu'intervient l'analogie avec la motricité somatique c'est-à-dire que parfois il faudra utiliser le sympathique et inhiber le parasympathique, et parfois utiliser le parasympathique et inhiber le sympathique.

**Les deux ne peuvent pas grand-chose seuls, mais sont complémentaires !**



**c. Unité fonctionnelle du système nerveux autonome.**

Comme on l'a vu précédemment, pour les motoneurone  $\alpha$ , entre le SNC et l'organe cible, il y a un corps cellulaire, la plaque motrice, et un seul axone.



Dans le système nerveux autonome, **il y a 2 neurones en séries** entre la moelle et les muscles lisses ou les glandes.

Il y a donc un neurone préganglionnaire, une synapse ganglionnaire

Et un neurone post ganglionnaire.

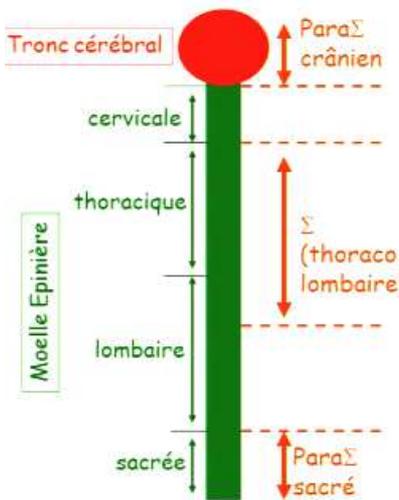
La synapse post ganglionnaire fait la communication entre le neurone post ganglionnaire et l'organe cible.

**d. La synapse ganglionnaire : cholinergique**

	Neurotransmetteur	Récepteur	Effet membranaire	Effet physiologique
<b>Synapse ganglionnaire</b>	Acétylcholine	Récepteurs Nicotiniques neuronaux (RNn)	Dépolarisation	excitation.

e. L'anatomie fonctionnelle.

Dans le SNC, 5 étages qui donnent naissance à différents neurones préganglionnaires:



**AUCUN SYSTEME SYMPATHIQUE D'ORIGINE CRANIENNE !!**

**PAS DE SYSTEME VEGETATIF D'ORIGINE CERVICALE !!**

On parle du contingent *sympathique thoraco lombaire continu.*

On parle du contingent *parasymphatique crânio sacré discontinu*

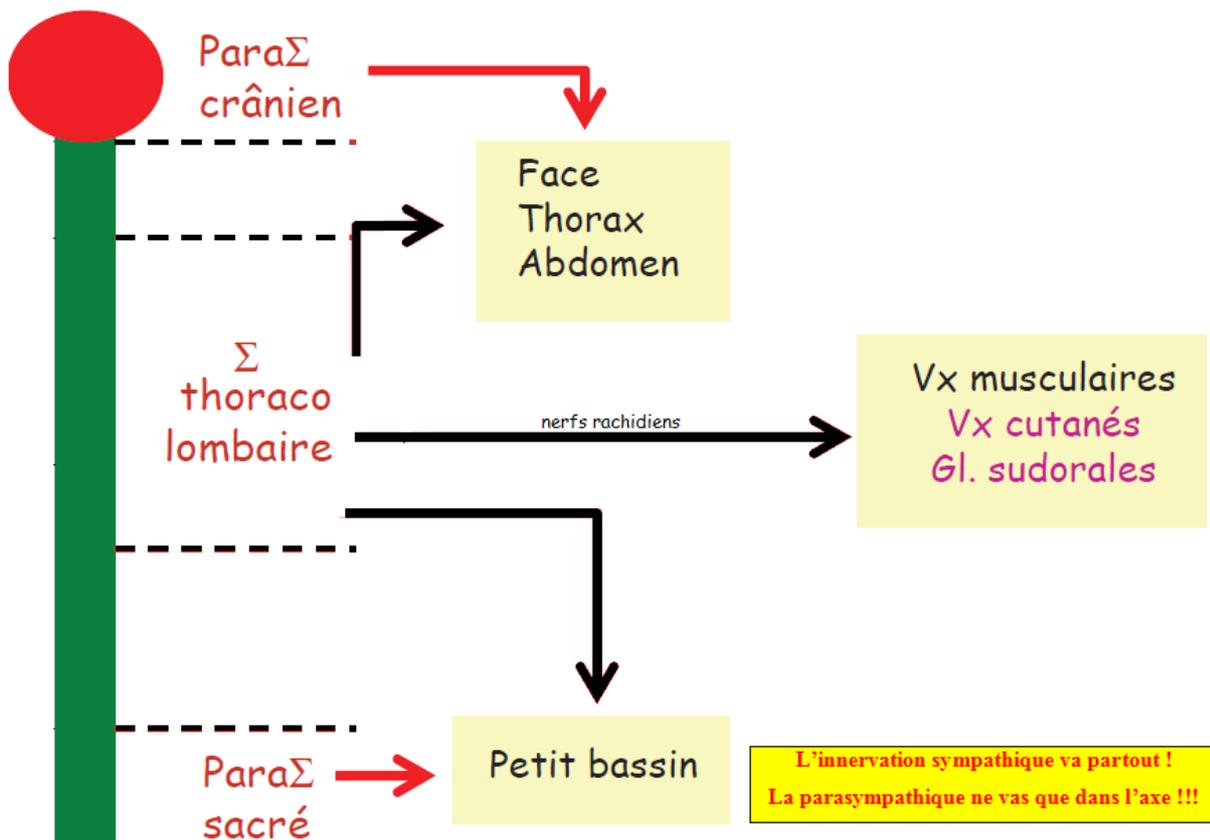
**La distribution générale :**

Les organes qui sont dans l'axe (→ face thorax abdomen petit bassin...)

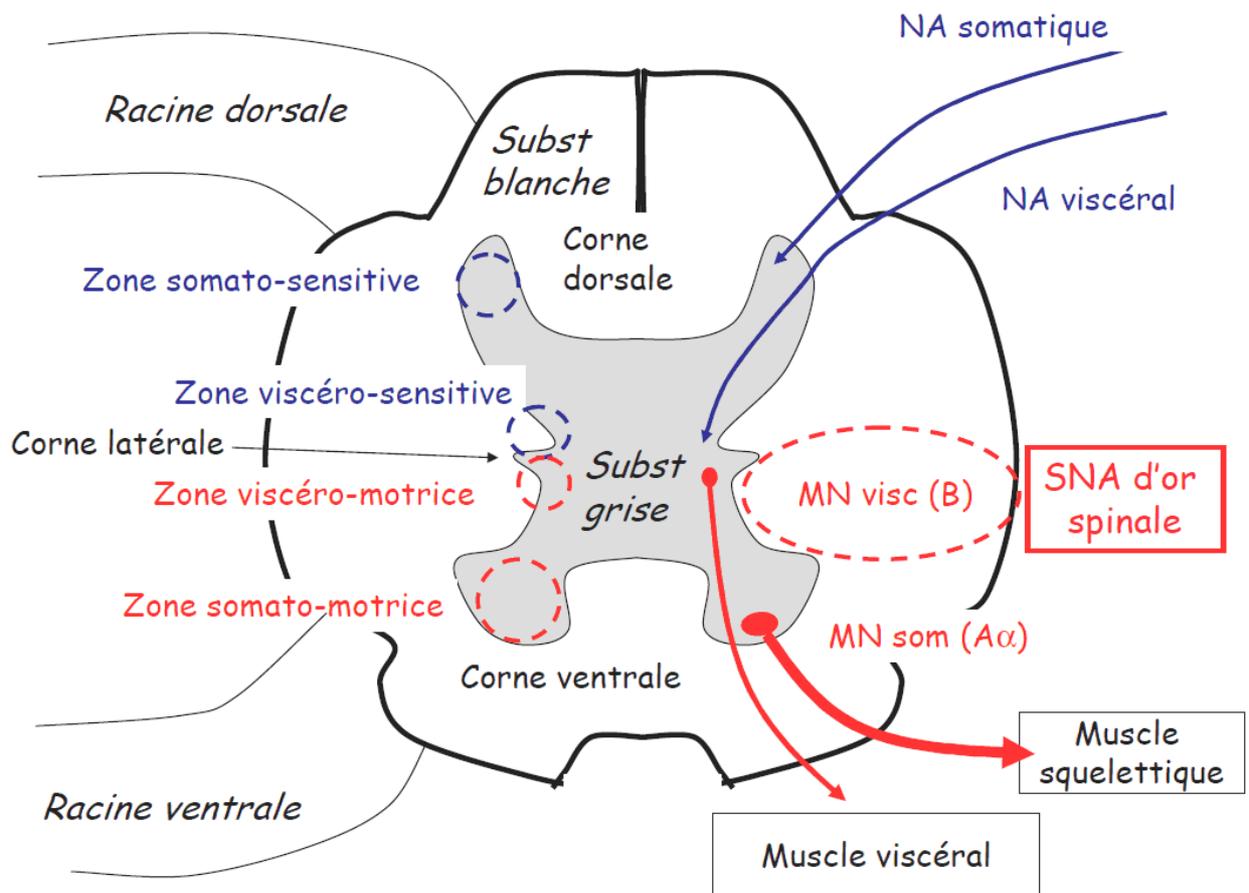
→ Innervation végétative sympathique ET parasymphatique.

Les vaisseaux musculaires, cutanés et les glandes sudorales (thermorégulation+++)

→ Innervation **UNIQUEMENT** sympathique via des fibres motrices qui empruntent le chemin des nerfs rachidiens.



Dans le plan transversal (coupe de la moelle épinière)



### 3. Système parasympathique

#### a. Organisation.

Long neurone pré ganglionnaire **extra viscéral**

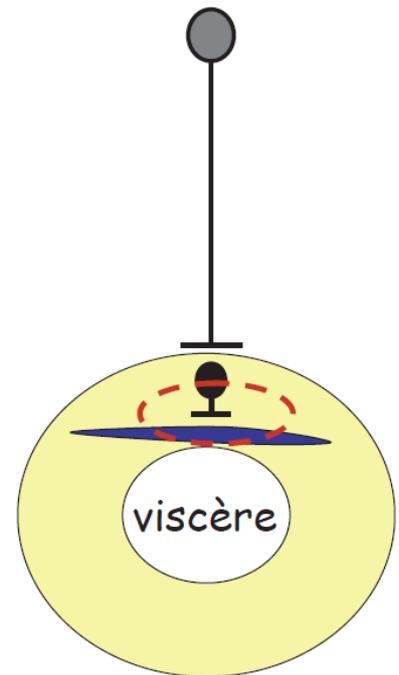
Petit ganglion **intra viscéral**.

#### Le contingent crânien :

- Colonne viscéromotrice du tronc cérébral.
- Chemin par des nerfs crâniens dont le nerf vague
- Distribution dans la face (œil, glandes salivaires)

#### Le contingent sacré :

- Colonne viscéro motrice
- Destinée au petit bassin.



**PAS DE FIBRES PARASYMPATHIQUES**

**VERS LA PEAU OU LES VAISSEaux DES MUSCLES SQUELETTIQUES**

#### b. La synapse post ganglionnaire est cholinergique

	Neurotransmetteur	Récepteur	Effet membranaire	Effet physiologique
<b>Synapse post ganglionnaire parasympathique</b>	Acétylcholine	Muscarinique RM 3	Dépolarise	Contraction
		Muscarinique RM 2	Hyperpolarise	Relaxation bradycardie

### c. Spécificité de mise en jeu physiologique

Conçu pour une mise en jeu locale (fonctionnement d'organe).

Le but est de conserver l'énergie :

- faciliter l'absorption des nutriments
- stimuler la motricité et les sécrétions digestives

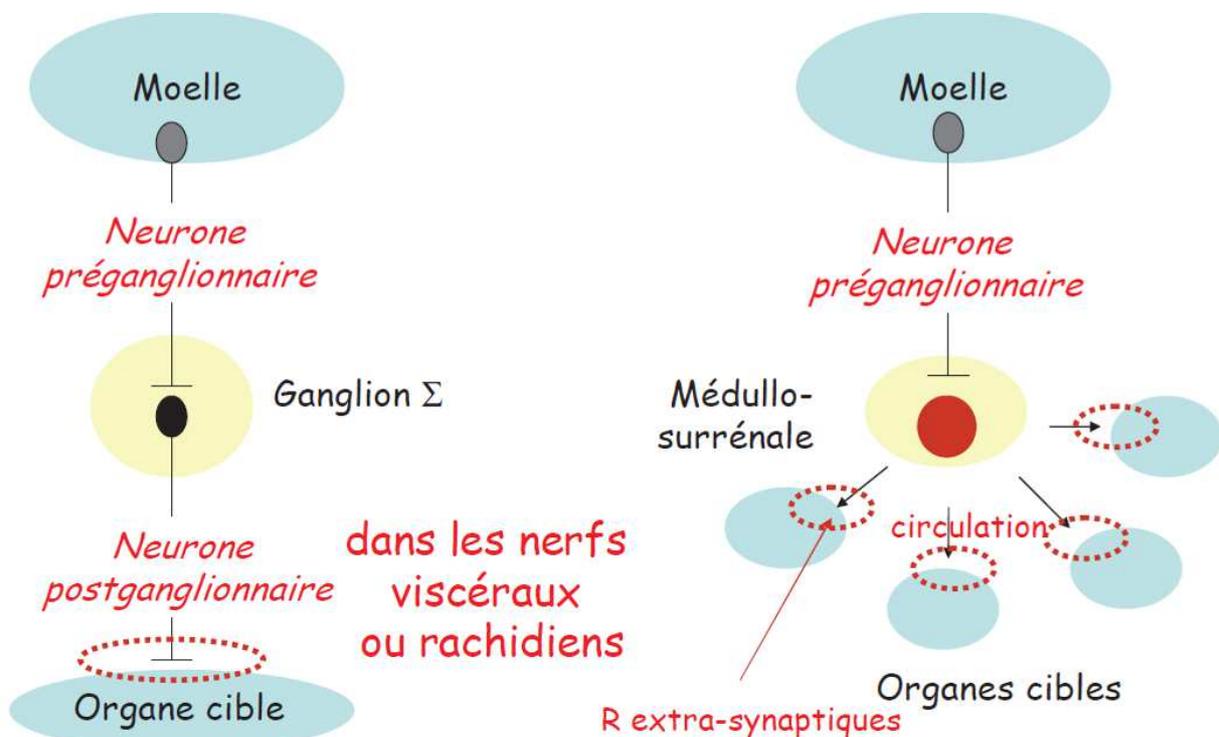
Assurer le fonctionnement des organes en période d'activité minimale (typiquement : hibernation)

- baisse de la fréquence et du débit cardiaque
- fermeture de la pupille.

La mise en jeu globale du parasympathique ne serait d'aucune utilité, comme c'est le cas pour le sympathique, on va le voir.

## 4. Système sympathique

### a. organisation.



**b. synapses post ganglionnaires adrénériques**

	Neurotransmetteur	Récepteur	Effet membranaire	Effet physiologique
<b>Synapse post ganglionnaire sympathique</b>	Noradrénaline	Alpha 1	Dépolarise	Contraction
		Beta 1		Tachycardie
	Adrénaline	Beta 2	Hyperpolarise	Relaxation

**c. Spécificité de mise en jeu physiologique**

Conçu pour une mise en jeu **GLOBALE**.

Typiquement en réponse au stress, la colère ou la peur, la stimulation sympathique provoque une tachycardie, le débit sanguin augmente, et prépare l'organisme au combat, ou à la fuite.

Rôle du SNC +++

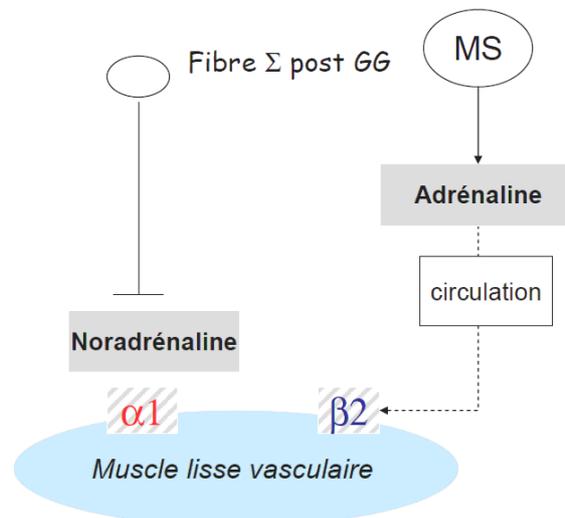
- centres végétatifs du tronc cérébral
- hypothalamus.

**5. Systèmes viscéraux impliqués dans la thermo régulation.**

**a. Muscle lisse vasculaire**

**Vaisseaux des muscles squelettiques :**

Innervation uniquement sympathique on l'a vu, adrénérique avec des récepteurs alpha1 et beta2.



## Muscle lisse vasculaire cutané

Important pour la thermorégulation ! C'est ça qui règle la conductance thermique. Pour isoler l'écorce il faut contracter les vaisseaux cutanés.

Innervation exclusivement sympathique, adrénérique, avec seulement des récepteurs  $\alpha_1$ .

### Existence d'un tonus sympathique :

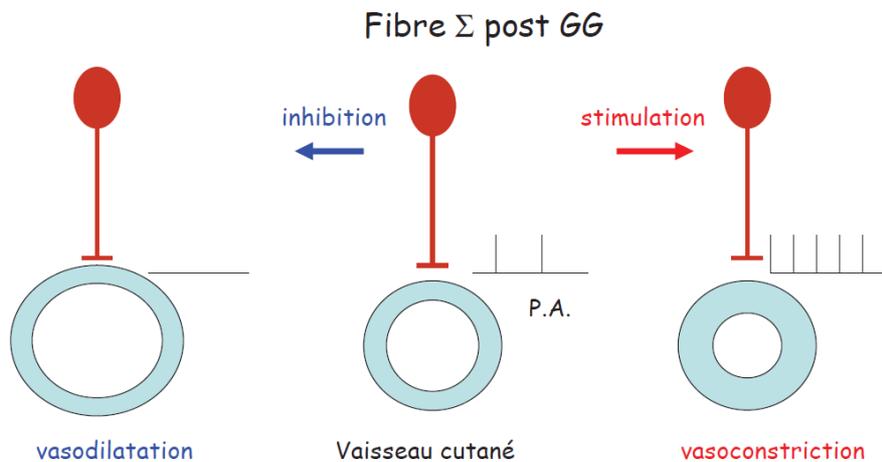
En l'absence de toute stimulation dans des conditions de neutralité thermique, on a une décharge, des potentiels d'action au niveau des fibres post ganglionnaires sympathiques. Ça maintient un degré de contraction du vaisseau cutané.

S'il y a une stimulation

→ Augmentation des PA dans le système sympathique PGG → vasoconstriction

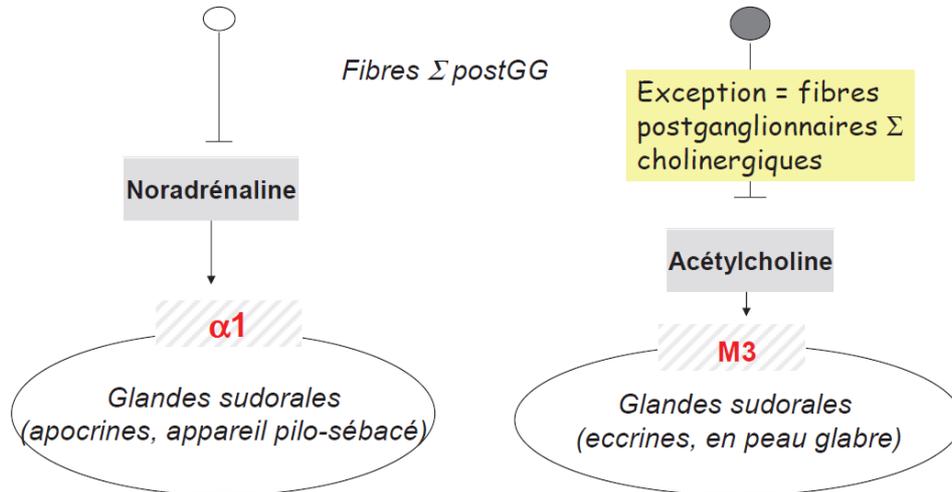
S'il y a une inhibition

→ Suppression du tonus → vasodilatation.



## b. Glandes sudorales

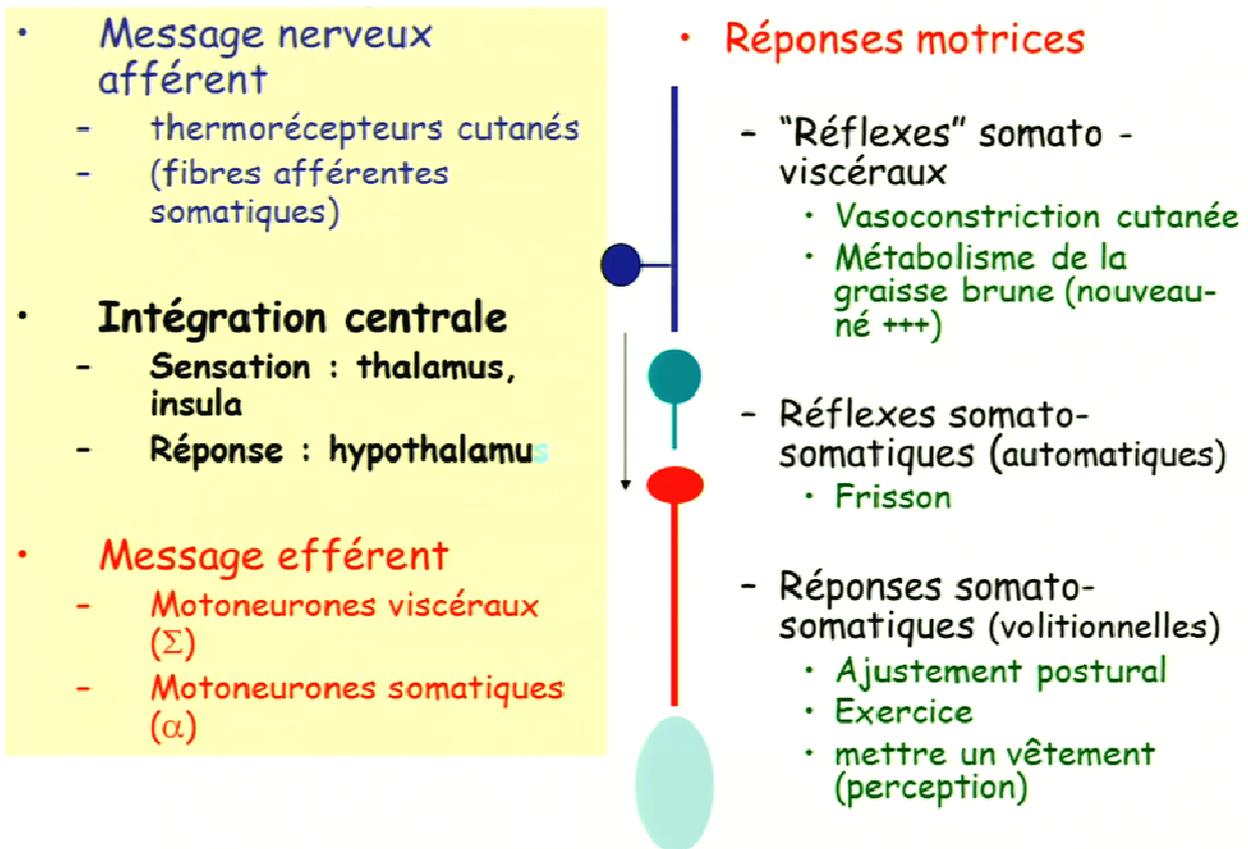
Exception importante : les glandes sudorales sont innervées par des fibres adrénérgiques ET cholinergiques → Récepteurs Alpha 1 et M3



## V) Exemple de mise en jeu du réseau nerveux (réponse au froid)

Les thermorécepteurs périphériques sont branchés sur l'écorce et tentent de prévenir les variations de température centrale. Mais des fois on n'y arrive pas.

Alors : mise en jeu d'un deuxième type de thermorécepteurs qui « goutent » la température du sang au niveau du noyau.



### Rôle des thermorécepteurs dans le réflexe de plongée.

Lors d'une immersion en eau froide (thermorécepteurs du visage) une série de réponses qui comportent principalement un ralentissement du débit cardiaque (bradycardie) et une redistribution des organes qui en ont besoin (cœur, cerveau, surrénale).

### Réponse somatique : une apnée (conséquence → asphyxie)

- Prévenir la noyade (protéger les voies aériennes).

### Réponse viscérale : réflexe de défense (protection)

- Lutter contre le froid.
- Préserver l'apport l'O<sub>2</sub> aux organes vitaux.

	NT	Récepteur	Effet mb	Effet physiolo
Plaque motrice	Ach	Nicotinique (musc = RNm)	dépolarise	Contraction
Synapse GG	Ach	Nicotinique (neur = RNn)	dépolarise	Excitation
Synapses postGG para $\Sigma$	Ach	Muscarinique RM 3	dépolarise	Contraction
	Ach	Muscarinique RM 2	hyperpolarise	Relaxation Bradycardie
Synapses postGG $\Sigma$	<u>Nor</u> / Adr*	Alpha 1 Beta 1	dépolarise	Contraction Tachycardie
	Nor / <u>Adr</u> *	Beta 2	hyperpolarise	Relaxation

Important: l'effet physiologique dépend de la nature du récepteur