

# NEUROSCIENCES & comportements

NOV. 2010

## MILIEU INTERIEUR ET SYSTEME NEUROVEGETATIF

### Sommaire

CHAPITRE I.	HOMEOSTASIE DU MILIEU INTERIEUR
CHAPITRE II.	SYSTEMES NERVEUX SOMATIQUE ET AUTONOMES
CHAPITRE III.	ANATOMIE DU SYSTEME NERVEUX ENTERIQUE
CHAPITRE IV.	QUELQUES REFLEXES VISCERAUX
CHAPITRE V.	NEUROTRANSMISSION DU SYSTEME VEGETATIF
CHAPITRE VI.	CONTROLE DU SNV PAR LE SYSTEME NERVEUX CENTRAL

## CHAPITRE IV. QUELQUES REFLEXES VISCERAUX

### Plan du chapitre IV (en construction)

<a href="#">CHAPITRE 1. L'ARC REFLEXE MEDULLAIRE AUTONOME</a>
<a href="#">CHAPITRE 2. LES CONNEXIONS SEGMENTAIRES DES EFFERENCES AUTONOMES AVEC LES AFFERENCES MUSCULAIRES</a>
<a href="#">CHAPITRE 3. REGULATION NEURONALE DE L'EMISSION D'URINE</a>
<a href="#">CHAPITRE 4. CONTROLE DE LA PRESSION ARTERIELLE</a>

### RÉGULATION DE L'ACTIVITÉ DES EFFECTEURS DU SYSTÈME NERVEUX AUTONOME PAR LE SNC : MOELLE ET TRONC CÉRÉBRAL

Nous savons maintenant que l'activité propre des organes innervés par le système autonome, peut être augmentée ou réduite lorsqu'on excite les terminaisons ortho- ou parasympathiques qui leur parviennent. De tels effets sont mis en œuvre dans la régulation de la digestion, de la circulation, de la température corporelle ou dans le contrôle du fonctionnement de la vessie. Les régions du tronc cérébral et de la moelle qui se chargent de ces régulations se nomment centres (par exemple centre vasomoteur et cardiaque, centre de la miction). Un centre est un assemblage localement circonscrit de neurones ayant un effet spécifique sur un organe ou un système d'organes. Les divers centres autonomes sont étroitement reliés entre eux ; on peut donc les identifier par stimulation, enregistrement, ablation, mais leur morphologie reste imprécise. C'est pourquoi, lorsque nous parlons de centres autonomes, nous n'envisageons que l'acception fonctionnelle du mot.

Nous allons décrire quelques circuits réflexes impliqués dans la régulation autonome.

### L'ARC REFLEXE MEDULLAIRE AUTONOME.

La connexion la plus simple entre afférences et efférences autonomes se trouve au niveau des segments de la moelle. Le circuit ainsi constitué se nomme arc réflexe autonome. La *figure 1* représente une section transversale de la moelle avec, à gauche, l'arc réflexe autonome et, à droite, pour comparaison, l'arc réflexe somatique le plus simple : le réflexe monosynaptique d'étiré -ment. Le neurone efférent de l'arc réflexe autonome est le neurone postganglionnaire ; il transmet son activation aux effecteurs autonomes ; son soma est situé en dehors de la moelle comme vous le savez : il se trouve dans un ganglion sympathique. Le corps cellulaire du neurone efférent pour l'arc réflexe somatique (c'est-à-dire le soma du motoneurone) est situé, comme vous le savez aussi, dans la corne ventrale de la moelle.

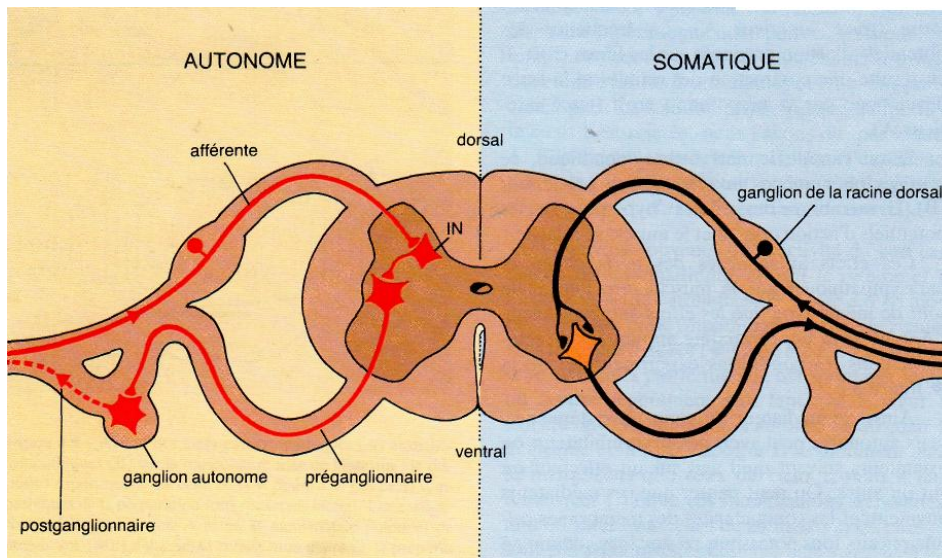


Figure 1 - Arc réflexe autonome (en rouge) comparé à l'arc réflexe monosynaptique : IN, interneurone.

Les fibres afférentes de l'arc réflexe autonome sont aussi bien viscérales que somatiques ; elles pénètrent dans la moelle par les racines dorsales.

Deux neurones au moins s'interposent entre le neurone afférent et le neurone postganglionnaire : un interneurone (IN sur la *figure 1*) et le neurone préganglionnaire. L'arc réflexe monosynaptique, pour sa part, ne possède aucun neurone interposé entre la fibre afférente et le motoneurone. Ainsi, le plus simple des arcs réflexes autonomes possède au moins deux synapses : une dans la moelle et une dans le ganglion (la synapse reliant le neurone préganglionnaire et le neurone postganglionnaire). Le plus simple des arcs réflexes somatiques ne possède qu'une synapse entre le neurone afférent et le neurone efférent.

### LES CONNEXIONS SEGMENTAIRES DES EFFERENCES AUTONOMES AVEC LES AFFERENCES VISCERALES ET SOMATIQUES

Dans les cas de phénomènes pathologiques au niveau des viscères (par exemple chole-cystite ou gastrite) on observe que les muscles de la paroi abdominale au niveau du site atteint sont contractés. La surface cutanée (dermatome) innervée par les afférences et les efférences du segment médullaire auquel correspond l'organe malade, rougit. Le « mal d'estomac » causé par des contractions convulsives des intestins, peut être soulagé ou même éliminé par un changement de température (par exemple à la suite d'une application de cataplasmes) sur le dermatome appartenant au même segment médullaire que la partie en cause.

Il est aisé d'en déduire que les afférences viscérales et somatiques sont en connexion avec les efférences autonomes et somatiques au niveau des segments de la moelle. La *figure 2* représente une section transversale de la moelle sur laquelle apparaissent : 1) l'arc réflexe responsable du rougissement de la peau et de la contraction des muscles lorsque les processus pathologiques se manifestent par l'intestin ; 2) l'arc réflexe qui permet de soulager le « mal d'estomac » par modification de la température de la peau. On n'a pas figuré les interneurones de la matière grise de la moelle. En noir, on a représenté une afférence somatique de la peau et une efférence somatique vers les muscles squelettiques. En rouge on a représenté une afférence viscérale de l'intestin, une efférence autonome vers l'intestin et une efférence autonome vers un vaisseau sanguin cutané. Le rougissement de la peau est causé en effet par la dilatation des vaisseaux sanguins cutanés. Ainsi, des afférences viscérales des intestins peuvent être mises en rapport avec des efférences autonomes (orthosympathiques) vers les vaisseaux sanguins (réflexes viscéro-cutané ; c'est la voie 1 sur la *figure 2*). Si on décèle simultanément une contraction des muscles abdominaux au niveau de la région malade, on doit évidemment penser que des afférences viscérales des intestins peuvent se trouver mises en rapport avec les motoneurones assurant l'innervation des muscles abdominaux (réflexe viscéro-somatique ; c'est la voie 2 sur la *figure 2*). Le réchauffement de la peau engendre une inhibition des mouvements intestinaux, ce qui réduit la douleur ressentie. Un tel effet est presque certainement indirect ; il est lié à un réflexe dont les voies correspondent aux connexions segmentaires entre les afférentes des thermorécepteurs cutanés et les efférentes autonomes vers l'intestin (réflexe cutané-viscéral, c'est la voie 3 de la *figure 2*). Les efférences sympathiques de l'intestin se trouvent également excitées par les afférences viscérales intestinales (réflexe intestino-intestinal ; c'est la voie 4 de la *figure 2*). Ce dernier réflexe est particulièrement important à considérer dans les cas de chirurgie abdominale puisqu'il peut conduire à des immobilisations intestinales post-opératoires qu'il faut éviter.

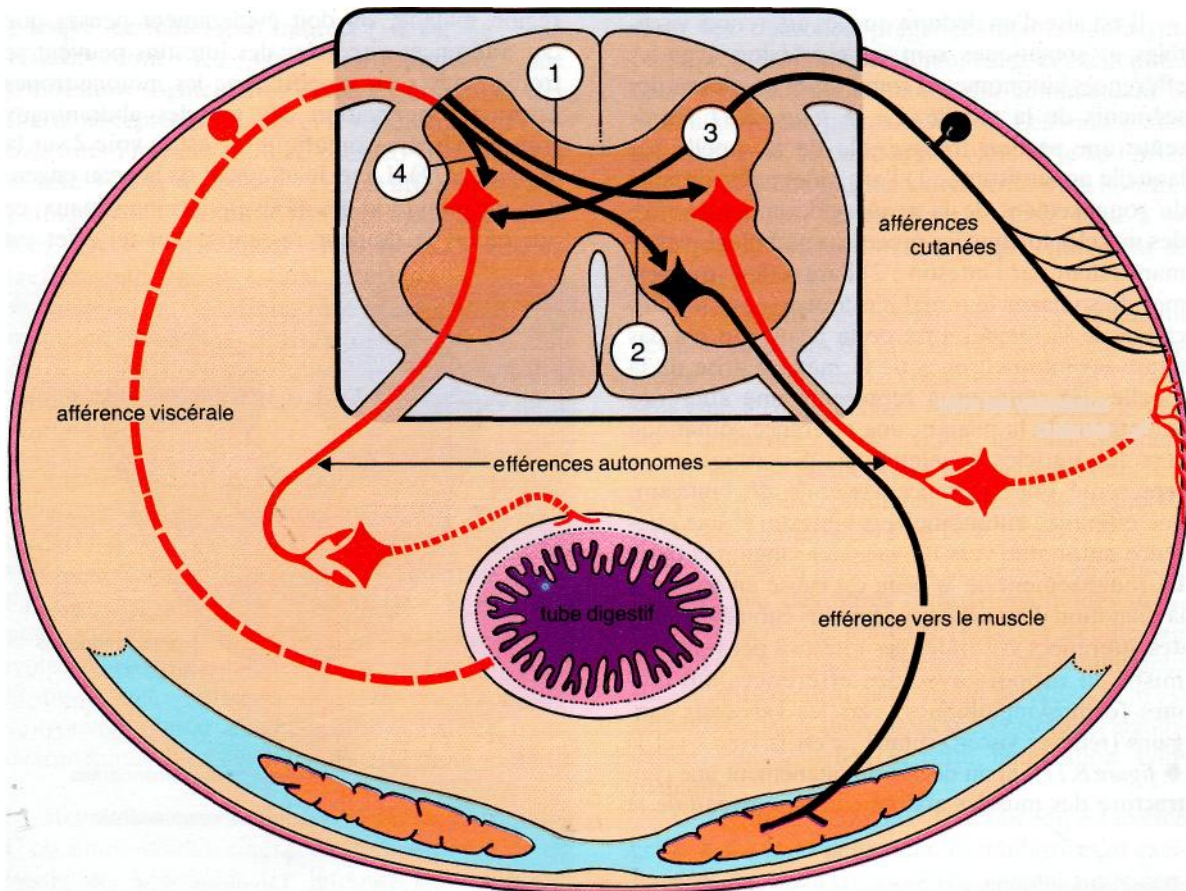


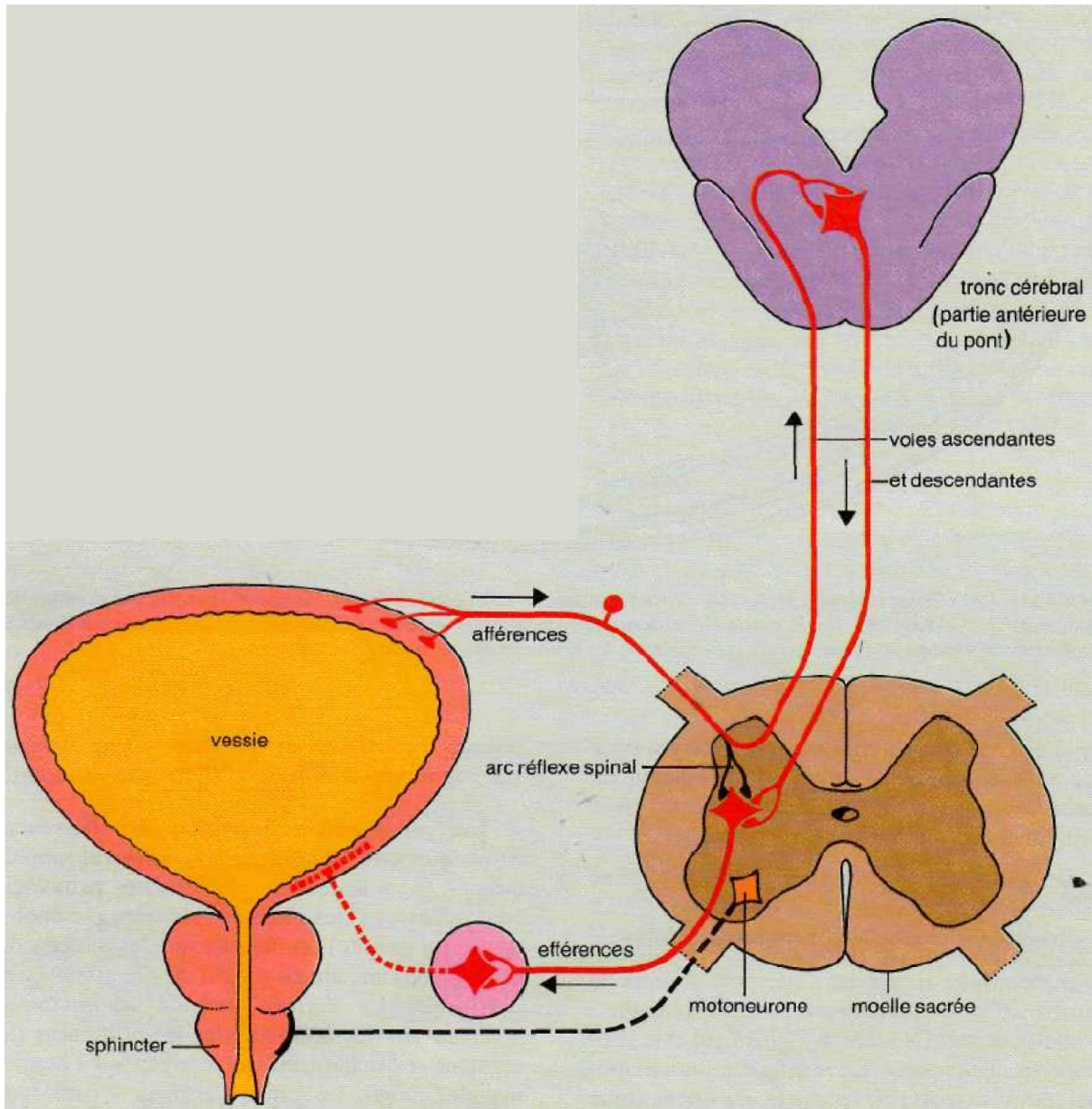
Figure 2 - Arcs réflexes constitués par les connexions synaptiques établies entre efférences autonomes et somatiques et entre afférences somatiques et viscérales dans la moelle. 1 - réflexe viscéro-cutané ; 2 - réflexe viscéro-somatique ; 3 - réflexe cutané-viscéral ; 4 - réflexe intestino-intestinal ; on n'a pas représenté les interneurones de la moelle.

Ces réflexes autonomes médullaires sont particulièrement nets chez les patients dont la moelle a été sectionnée accidentellement (paraplégiques. Deux mois environ après l'accident, la stimulation mécanique de la peau peut provoquer une sudation abondante, et violentes réactions vasculaires cutanées. Les relais de la moelle qui sont responsables de ces réactions, se trouvent continuellement inhibés par les voies descendantes chez les individus en bonne santé.

### REGULATION NEURONALE DE L'EMISSION D'URINE

C'est un muscle lisse qui constitue les parois de la vessie et, son sphincter interne. Le sphincter externe, lui, est un muscle strié, donc soumis au contrôle de la volonté (*figure 3*). Comme on l'a déjà dit, la vessie, même privée de ses nerfs, est capable de se vider spontanément lorsque son remplissage atteint une certaine limite. Le contrôle nerveux se superpose à ce phénomène d'autorégulation. Il est assuré par la portion du système parasympathique correspondant aux centres de la moelle sacrée, et de la région pontique antérieure du tronc cérébral. Le contrôle médullaire prédomine sans doute chez les très jeunes enfants. C'est au cours de la maturation que la région pontique antérieure assume la prépondérance.

Dans la *figure 3* on a représenté en rouge les voies du réflexe de miction chez l'homme adulte. Dans la paroi de la vessie, se trouvent les mécanorécepteurs qui en apprécient la distension. Les fibres afférentes qui en sont issues informent la moelle sacrée de l'état de remplissage de la vessie. Les faisceaux médullaires ascendants transmettent l'information au centre de miction situé dans la partie antérieure du pont. Un faisceau médullaire descendant issu de cette région excite alors les neurones préganglionnaires parasympathiques de la moelle sacrée. Ceux-ci excitent les neurones postganglionnaires qui commandent la musculature des parois vésicales. Les muscles lisses des parois se contractent alors et le sphincter interne se dilate par raccourcissement de l'urètre. Simultanément, le sphincter externe tend à se relâcher car les motoneurones qui l'innervent se trouvent inhibés.



*Figure 3 - Contrôle nerveux de la miction. L'arc réflexe parasympathique d'un animal dont l'encéphale est intact apparaît en rouge sur le schéma. Chez un animal spinal chronique ou chez un homme paraplégique, le fonctionnement vésical est sous le contrôle de l'arc réflexe médullaire. Afin de ne pas surcharger le schéma, on n'a pas représenté les interneurones. L'innervation orthosympathique de la musculature vésicale, qui dépend des deux premiers segments lombaires, n'a pas été non plus représentée (modifiée de Groat, Brain Res., 87, 201-13, 1975).*

Si la moelle d'un homme est accidentellement détruite au-dessus du niveau sacré, et que la paraplégie se manifeste, la vessie est d'abord paralysée. Une à cinq semaines après l'accident, la vessie commence à se vider automatiquement lorsqu'elle est pleine. Ceci signifie que la miction est passée sous commande réflexe de la moelle (voir réflexe médullaire de la *figure 3*).

Les muscles lisses de la vessie sont également innervés par des fibres orthosympathiques originaires de la moelle lombaire (non représentées sur la *figure 3*). Ces fibres ont un effet inhibiteur sur la musculature lisse de la vessie. On n'est cependant pas actuellement d'accord sur la signification fonctionnelle de cette innervation sympathique.

Le contrôle volontaire de la miction est exercé grâce à des voies descendantes inhibitrices et excitatrices issues du cortex. Elles agissent sur le centre pontique de la miction, sur les neurones préganglionnaires sacrés ne se du sur les motoneurones du sphincter externe. Ceci démontre l'organisation hiérarchique du contrôle de la miction (niveau des organes, niveau segmentaire médullaire, niveau du tronc cérébral et niveau cortical). Plus le niveau qui agit est haut, et mieux le contrôle du fonctionnement se trouve adapté aux besoins de l'organisme. Par exemple, le contrôle au niveau du pont assure le vidage total de la vessie. Les centres plus élevés encore interviennent dans des régulations permettant, soit une rétention vésicale, soit une accélération de la miction.

### CONTROLE DE LA PRESSION ARTERIELLE

Le système circulatoire est le système de transport du corps. Il assure en effet le transport de l'oxygène et des substances énergétiques vers les organes (SNC, organes internes, muscles, etc.) ; il assure également le transport des déchets vers les organes qui les expulsent. On divise habituellement le système circulatoire en deux sous-systèmes : la petite circulation (ou circulation pulmonaire) et la grande circulation (ou circulation systémique).

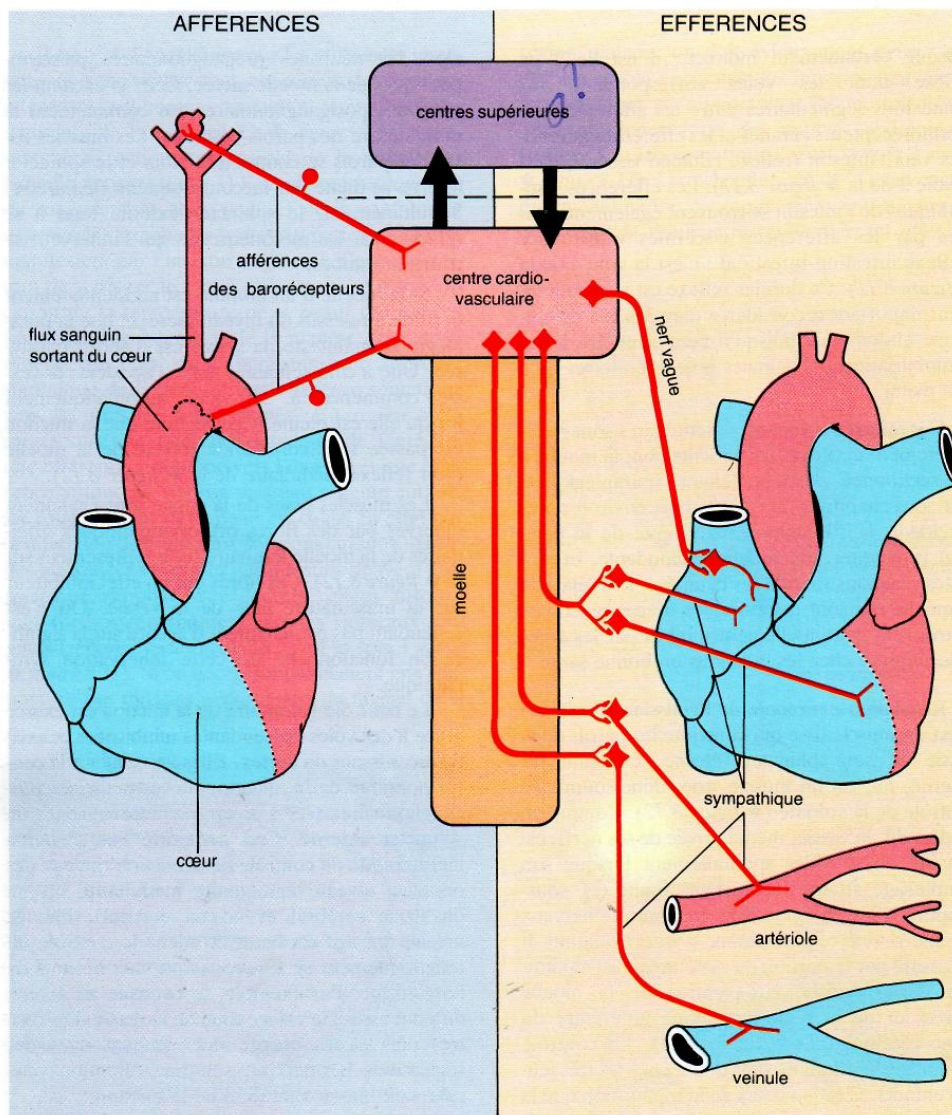


Figure 4 - Afférences et efférences relatives au centre cardiaque cardiovasculaire

La partie artérielle de la grande circulation comprend le ventricule gauche, les artères et les artérioles. Le cœur y puise le sang qui se répand alors dans le réseau capillaire (*figure .6*). Chez un sujet humain jeune en bonne santé, la pression artérielle moyenne est de 100 mm de Hg, c'est-à-dire environ 1/7 d'atmosphère. C'est de cette pression que dépend l'irrigation convenable des tissus par les capillaires. Le sang revient à l'oreillette droite par les veines dont les parois sont élastiques ; grâce à cette propriété, le système veineux contient environ 80% du volume total du sang. Le ventricule droit chasse le sang dans les poumons par la voie des artères pulmonaires ; c'est là que le sang se recharge en oxygène et perd son dioxyde de carbone, avant de revenir à l'oreillette gauche par l'intermédiaire des veines pulmonaires.

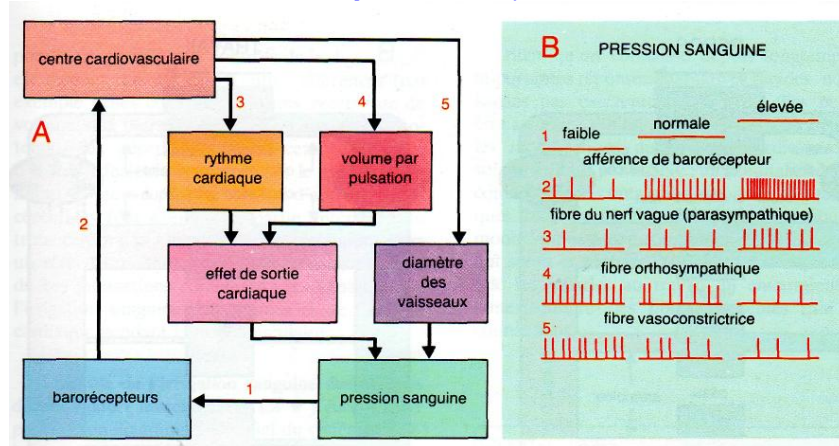


Figure 5 - Représentation diagrammatique de la régulation de la pression sanguine. « Volume de pulsation » indique la quantité de sang pompée par le cœur à chaque pulsation. « Effet de débit cardiaque » est le volume de sang pompé par le cœur en un temps déterminé (par exemple une minute). Les chiffres rouges renvoient aux cinq graphiques de B. (Modifié de Ruch et Patton, *Physiology and Biophysics*, Philadelphia and London, Saunders, 1965.) B - Diagramme représentant la décharge d'une fibre afférente des récepteurs de pression (2), d'une fibre cardiaque du nerf vague (3), d'une fibre du nerf orthosympathique cardiaque (4) et d'un neurone vasoconstricteur (5) lorsque la pression artérielle est normale, accrue ou diminuée (1) (modifié de Bushner : *Structure and Function in the Cardiovascular System*, Philadelphia London, Toronto, Saunders, 1972.)

Cœur, artères et veines sont tous innervés par le système autonome et constituent les /organes effecteurs du système neuronal qui assure la régulation circulatoire.

La figure 4 schématise les composants les plus importants du système de contrôle de la pression artérielle dans la grande circulation. La région cérébrale impliquée appartient au bulbe rachidien. On nomme cette région le centre cardio-vasculaire (centre vasomoteur et cardiaque). Ce centre peut fonctionner même en l'absence de liaisons avec les étages supérieurs du cerveau ; par exemple chez les animaux décérébrés. Ce sont les barorécepteurs des grosses artères (à gauche figure 4) qui envoient au centre cardio-vasculaire des informations sur la pression sanguine. Ils sont excités par le degré d'étranglement des récepteurs des parois vasculaires et informent donc à la fois sur la pression sanguine moyenne et sur les variations de pression accompagnant les pulsations cardiaques. Si la pression artérielle moyenne s'élève ou si l'amplitude des pulsations croît, le taux de décharge dans les afférences venant des barorécepteurs augmente. Si la pression moyenne diminue ou que l'amplitude des pulsations décroît, le taux de décharge des barorécepteurs faiblit. Les fibres des barorécepteurs sont des afférences viscérales.

Les plus importantes des efférences concernées par la régulation de la pression artérielle innervent le cœur et les artérioles (côté droit de la figure 4). Ces efférences arrosent leurs effecteurs avec des trains soutenus d'influx : elles sont toniquement actives. Comme vous le savez la fréquence des battements cardiaques et la force contractile développée par le cœur, sont accrues par la médiation des fibres orthosympathiques. Les fibres parasympathiques arrivant au cœur par le nerf vague (figure 4) n'affectent pas, elles, la fréquence des battements. Les artérioles ne sont innervées que par des fibres orthosympathiques, nommées fibres vasoconstrictrices, lesquelles contrôlent le diamètre des vaisseaux : un accroissement de l'activité sympathique contracte les vaisseaux ; une diminution les relâche.

Le diagramme de la figure 5A présente sous la forme d'une boucle de rétroaction, les éléments les plus importants de la régulation de la pression cardiaque. On le comparera avec profit au schéma semi-anatomique de la figure 4. La figure 5B montre les changements (compensatoires) du taux de décharge d'une fibre baroafférente (2), d'une fibre du nerf vague cardiaque (3), d'une fibre orthosympathique cardiaque (4), et d'une fibre vasoconstrictrice (5) quand on diminue (à gauche figure 5B) ou quand on accroît (à droite) la pression artérielle moyenne (1).

Un accroissement de la pression artérielle est signalé au centre cardio-vasculaire par une décharge accrue des fibres baro-afférentes (figure 5B, 2). Le centre cardio-vasculaire traduit cet événement de la manière suivante : il augmente l'activité des fibres parasympathiques cardiaques (figure 5B, 3) et réduit l'activité des fibres orthosympathiques (figure 5B, 4). Le rythme cardiaque et le volume de l'ondée sanguine correspondant à une contraction sont réduits, ce qui diminue le débit cardiaque (quantité de sang pompée par unité de temps). Simultanément, l'activité vaso-constrictrice sur les artérioles s'abaisse (figure 5B, 5) ; les artérioles se dilatent, la résistance périphérique à la progression du sang diminue et donc la quantité de sang débitée par le système artériel augmente. Les changements simultanés des trois paramètres (rythme cardiaque, volume de l'ondée sanguine et diamètre des artérioles) vont annuler l'augmentation de pression artérielle par quoi tout a commencé.

Une chute de la pression artérielle s'accompagne de phénomènes afférents et efférents, inverses des précédents (figure 5B à gauche). Les activités des afférences des barorécepteurs et des fibres parasympathiques décroissent, celles des fibres vasoconstrictrices s'accroissent. Le rythme cardiaque, le volume de l'ondée sanguine et le débit cardiaque augmentent, les artérioles se contractent et tout ceci compense la chute de pression. De tels événements se produisent dans les quelques secondes qui suivent la perturbation.

Le contrôle neuronal du système cardio-vasculaire comporte d'autres fonctions spécifiques telles que le contrôle du volume du liquide extracellulaire, le contrôle de la température corporelle et le contrôle de la digestion. Il est évident que ce sont d'autres afférences (par exemple celles correspondant aux récepteurs de volume, aux thermorécepteurs ou aux chémorécepteurs, aux récepteurs du faisceau intestinal) : autres effecteurs (par exemple le système veineux et le rein) et d'autres régions cérébrales (par exemple la partie antérieure du tronc cérébral et l'hypothalamus) qui jouent alors un rôle. Nous donnerons ci-dessous un exemple de ces interactions complexes : les variations de l'irrigation sanguine des organes et de l'activité cardiaque pendant l'effort musculaire.

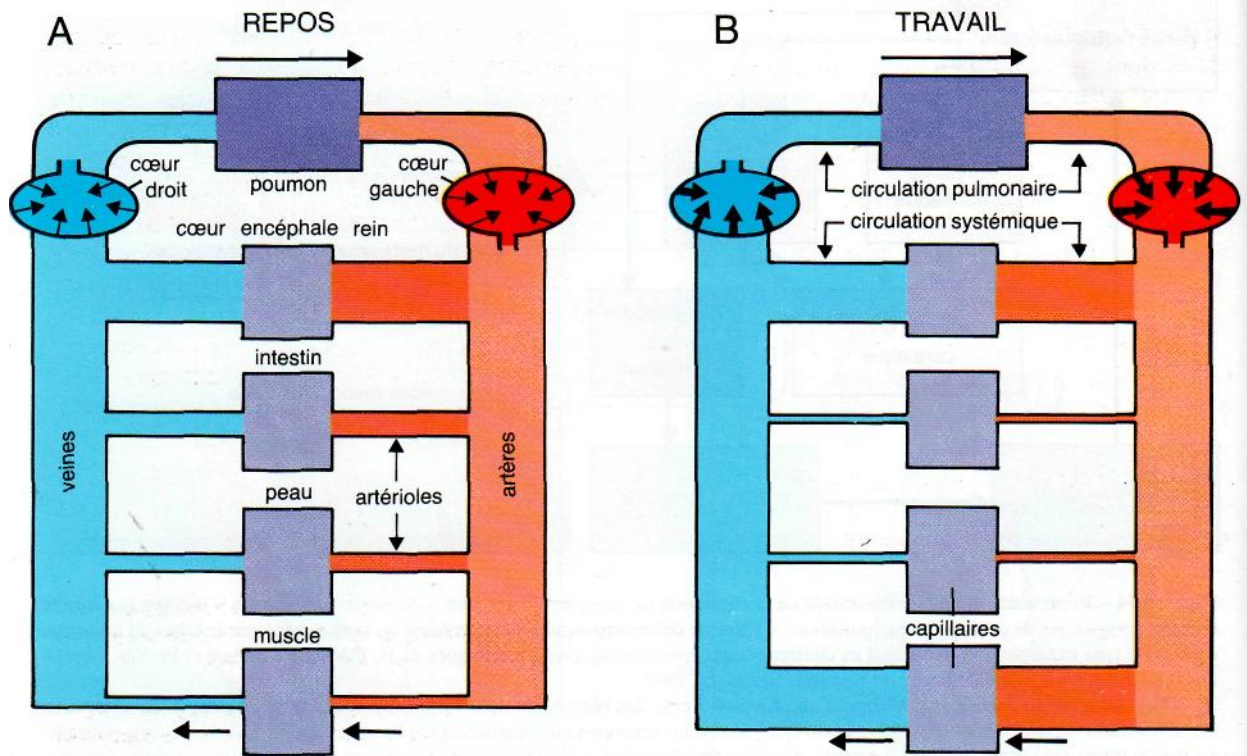


Figure 6 - Diagramme représentant les flux sanguins qui traversent les organes du corps dans les conditions de repos (A) et pendant le travail physique (B). Au milieu de chaque diagramme sont représentés les réseaux capillaires organiques. La largeur « des conduits » qui les alimentent (ce qui est en rouge représente les artérolas) est proportionnelle au flux de sang irriguant chacun des organes désignés dans chacune des deux conditions : repos et activité.

#### CONTROLE DE L'IRRIGATION SANGUINE DES ORGANES PENDANT L'EFFORT MUSCULAIRE

La figure 6A montre un diagramme complet du système circulatoire avec le système artériel à droite et le système veineux à gauche. Les moitiés droite et gauche du cœur ont été séparées. Entre les parties artérielle et veineuse, sont représentés les irrigations capillaires des organes les plus importants : poumons, cœur, cerveau, reins, viscères, peau et une musculature squelettique). L'épaisseur des flèches dessinées dans le cœur droit et gauche indique l'importance du débit cardiaque (le volume de sang pompé par unité de temps). L'importance du flux sanguin irriguant les organes est schématisée par l'écartement des droites parallèles (tailles relatives des artérolas) qui unissent les organes aux gros vaisseaux.

Au repos, 35% environ du flux sanguin irrigue le muscle cardiaque, le cerveau et le rein ; 25% irrigue les viscères, 30% la peau et la musculature squelettique et 10% les autres tissus. Pendant un exercice musculaire, des changements interviennent (figure 6 B). Le débit cardiaque s'amplifie (épaississement des flèches dans le cœur droit et dans le cœur gauche) ; le flux sanguin se trouve réduit dans les intestins et la peau, par suite d'une constriction des artérolas de ces organes ; mais il est fortement accru dans les muscles squelettiques. Le muscle cardiaque lui-même reçoit davantage de sang ; le cerveau reçoit à peu près la même quantité ou un peu plus de sang ; le rein reçoit à peu près la même quantité ou un peu moins de sang. Parmi tous ces changements, ce sont ceux qui interviennent au niveau des muscles squelettiques et cardiaque qui sont les plus importants. Il est bon de noter que de telles modifications fonctionnelles du système cardio-vasculaire se mettent en place dans les quelques secondes qui suivent le début du travail musculaire.

Bien qu'on connaisse depuis longtemps ces importantes réponses adaptatives rapides, nous ne savons pas exactement comment elles peuvent être assurées. Il n'est pas impossible de penser que les modifications du système cardio-vasculaire soient induites par le SNC, en simultanéité avec la commande de contraction des muscles squelettiques. Mais il est également possible d'attribuer ces modifications à une commande nerveuse centrale qui serait la réponse du SNC à des informations que les muscles au travail lui enverraient, par l'intermédiaire des fibres afférentes que nous connaissons.