

PARTIE III – NEUROPHYSIOLOGIE ET IMPLANTS À GENCIVE

CHAPITRE 14

Organisation générale du système nerveux

L'ESSENTIEL	357
<hr/>	
LE SYSTÈME NERVEUX PÉRIPHÉRIQUE	358
<hr/>	
Les neurones sensitifs	359
Les neurones moteurs	360
La conduction de l'information	363
Les synapses	366
LE SYSTÈME NERVEUX CENTRAL	366
<hr/>	
LA SOMESTHÉSIE	373
<hr/>	
BIBLIOGRAPHIE	375
<hr/>	

L'essentiel

L'occlusion est la clé du succès à long terme en implantologie et se résume souvent à l'utilisation d'un "papier bleu" en demandant simplement au patient de "serrer les dents". Or l'occlusion n'est pas simplement ce contact dento-dentaire ; c'est, par la présence de capteurs sensitifs d'une sensibilité très fine, les récepteurs desmodontaux, la mise en œuvre de mécanismes faisant intervenir le nerf trijumeau, nerf le plus complexe de l'organisme. Cette approche neurophysiologique de l'occlusion, qui sera abordée au chapitre suivant, nécessite certains rappels sur le système nerveux et son organisation générale, facilitant ainsi cette approche.

Le système nerveux est organisé en 2 éléments principaux :

- le système nerveux périphérique, qui est soit sensitif, soit moteur.

L'information sensitive est perçue par des récepteurs qui transforment des signaux physiques (température, pression, sollicitations mécaniques) en un signal électrique qui aboutit au système nerveux central. Cette information peut être transmise à très grande vitesse (jusqu'à 120 m/s) pour l'information proprioceptive ou à faible vitesse (0,5 m/s) pour des informations comme la "douleur de fond", avec tous les intermédiaires possibles.

L'information motrice est issue des centres supérieurs et commande de manière très fine la contraction musculaire en transitant par des neurones spécialisés (les motoneurones) qui aboutissent à la plaque motrice du muscle. En fonction de la finesse du mouvement, il peut y avoir un neurone par fibre musculaire pour les mouvements les plus précis, et jusqu'à un neurone pour plusieurs centaines de fibres pour les muscles de la locomotion, par exemple ;

- le système nerveux central, qui, par ses multiples noyaux recouverts par le cortex coordonnant leur action, agit comme le processeur d'un ordinateur, analyse l'information reçue par les voies sensitives et génère une réaction motrice adaptée. La réponse peut être réflexe, automatique ou consciente, selon les centres sollicités. Le noyau le plus important de ce système est le noyau sensitif du trijumeau qui, par de multiples interneurones, est en connexion avec l'ensemble des autres noyaux sensitifs et moteurs de ce système. Et un des capteurs principaux de ce système ultrasensible n'est autre que le récepteur desmodontal.....

Il existe de plus un système nerveux dit "autonome" régissant toutes les actions involontaires de l'organisme.

Le système nerveux est organisé en 2 éléments principaux : le système nerveux périphérique, qui est soit récepteur (sensitif), soit effecteur (moteur), et le système nerveux

central [FIG. 14-1]. Il existe, en complément, un système nerveux autonome, régissant l'activité inconsciente de nos organes, qui ne sera que peu évoqué ici.

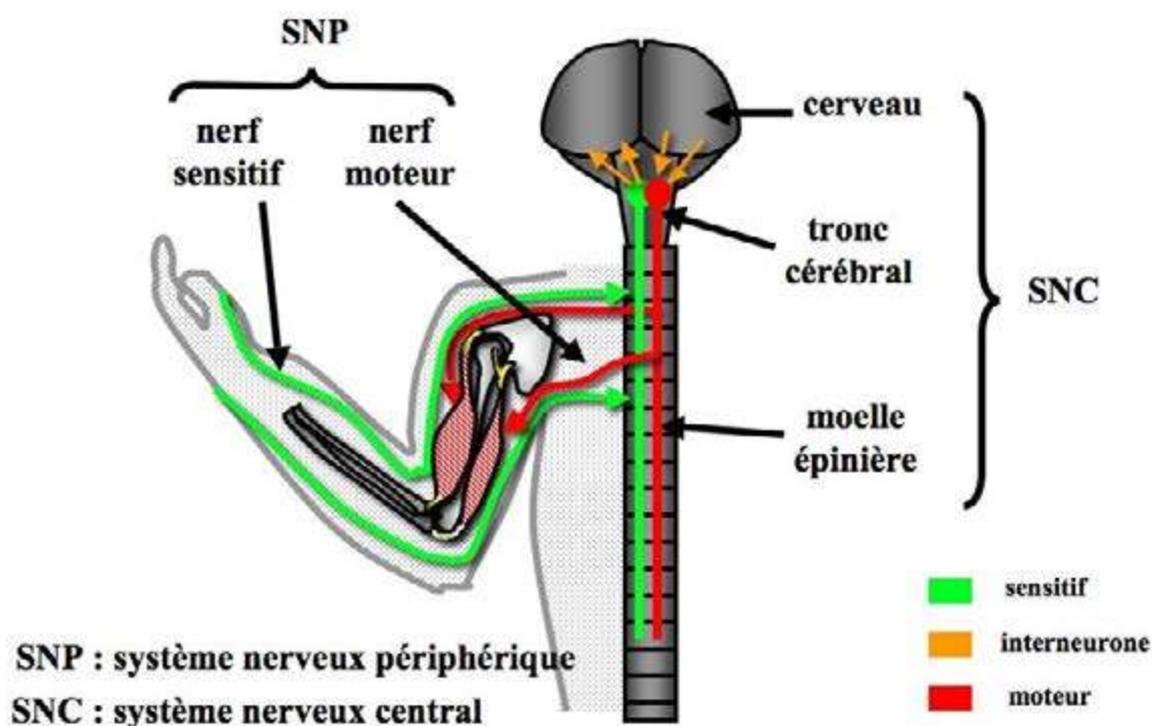


Figure 14-1 : Le système nerveux central comprend le cerveau, le tronc cérébral et la moelle épinière. Le système nerveux périphérique comprend les neurones sensitifs, les neurones moteurs, ainsi que les ganglions contenant les corps cellulaires de ces neurones.

Le système nerveux périphérique

Le système nerveux périphérique comprend les récepteurs, les nerfs crâniens, rachidiens et leurs ganglions. Ce système est soit sensitif (voies afférentes), soit moteur (voies efférentes).

L'information sensitive est perçue par un récepteur qui transforme des signaux physiques (température, pression, tension mécanique...) en un signal nerveux transmis sous

forme de trains de potentiel d'action (Vibert, 2011).

L'information motrice est issue des centres supérieurs et aboutit aux muscles par un neurone moteur, ou motoneurone, et une plaque motrice. Un neurone est toujours constitué d'un axone et d'un corps cellulaire [FIG. 14-2].

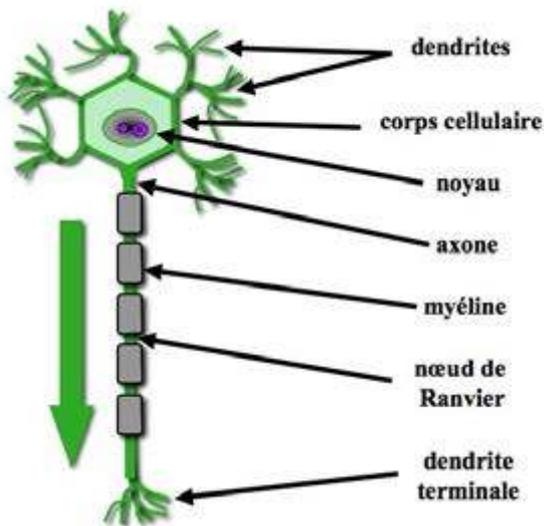


Figure 14-2 : Schéma type d'un neurone. Qu'il soit sensitif ou moteur, un neurone est une cellule, toujours constituée d'un corps cellulaire comprenant le noyau et de nombreux corpuscules, corps sur lequel s'insèrent des dendrites chargées de "capter" l'information émise soit par un récepteur, soit par un autre neurone et de la transmettre par un axone se terminant par une dendrite transmettant l'information. Les neurones périphériques, représentés ici, sont recouverts d'une gaine de myéline régulièrement interrompue par des nœuds de Ranvier.

Il existe différentes formes de neurones, pyramidaux, piriformes, bipolaires, multipolaires et en "T", munis ou non d'une gaine de

myéline, mais toujours avec un corps cellulaire [FIG. 14-3].

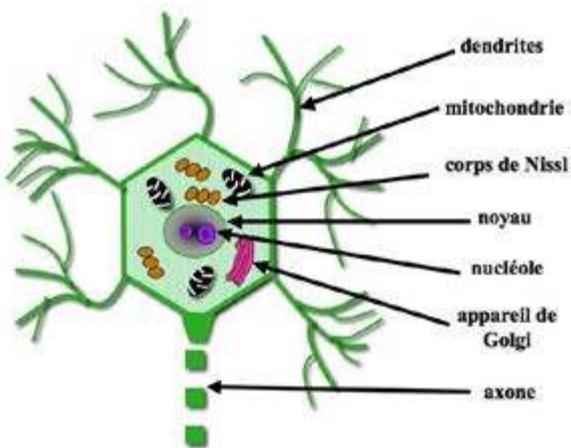


Figure 14-3 : Le corps cellulaire d'un neurone, situé dans un ganglion (spinal ou rachidien), contient un noyau, des corps de Nissl (cisternes de réticulum endoplasmique granuleux ; Sebillé, 2011), un appareil de Golgi (empilement de sacules, lieu de transfert et de tri des molécules ; Rambourt *et al.*, 1990), des mitochondries (apporteuses d'énergie ; Bandiera *et al.*, 2012) et de nombreuses neurofibrilles (cytosquelette assurant le soutien et la forme de la cellule ; Julien, 2000).

La myéline est une substance constituée principalement de lipides dont les couches alternent avec des couches de protéides (Bartolami *et al.*, 2012). De façon générale, la myéline sert à isoler et à protéger les fibres

nerveuses. Elle est synthétisée par les cellules de Schwann dans le système nerveux périphérique et par les oligodendrocytes dans le système nerveux central (Oguievetskaia *et al.*, 2005).

La gaine de myéline améliore les propriétés électriques de l'axone et permet une vitesse

de conduction plus élevée du signal (jusqu'à 120 m/s...).

Les neurones sensitifs

Les neurones transmettant l'information sensitive sont des neurones dits en "T", tradui-

sant leur morphologie particulière [FIG. 14-4].

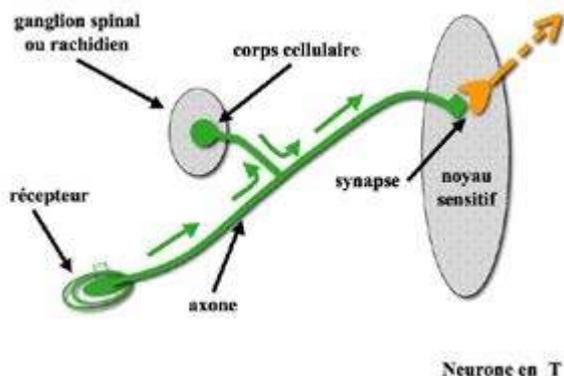


Figure 14-4 : L'information sensitive, qui est issue d'un récepteur, chemine le long de l'axone, diverge vers le corps cellulaire du neurone contenu dans un ganglion, puis retourne vers l'axone principal et arrive au noyau sensitif concerné. Ces voies sont dites "ascendantes". L'information est alors "traitée" par ce noyau (équivalant au processeur d'un ordinateur...) et transmise aux centres supérieurs par de très nombreux interneurons (en orange).

Il existe 4 types de fibres nerveuses sensibles, selon la classification Erlanger-Gasser : A-alpha, A-bêta, A-delta et C [FIG. 14-5].

Les fibres sensibles

type de fibre nerveuse	classification Erlanger-Gasser	information véhiculée	myéline	diamètre (µm)	vitesse de conduction (m/s)
Ia, Ib	A-alpha	proprioception	myélinisée	13-20	80-120
II	A-bêta	toucher	myélinisée	6-12	35-90
III	A-delta	douleur mécanique et thermique	myélinisée	1-5	5-40
IV	C	douleur de fond, chimique	non myélinisée	0,2-1,5	0,5-2

Figure 14-5 : Les différentes fibres nerveuses sensibles. Les fibres A-alpha (Ia, Ib) véhiculent uniquement la sensibilité proprioceptive fine. Les fibres A-bêta (II) véhiculent la sensibilité tactile, mais aucune information douloureuse, sauf si elles sont stimulées au-delà d'un certain seuil. Les fibres A-delta (III) sont des fibres dont la stimulation donne une douleur bien localisée, précoce. Les fibres C (IV) sont des fibres nerveuses dont la stimulation donne une douleur "de fond" mal localisée, de caractère désagréable, relativement tardive.

Conséquences cliniques

Les neurones sensitifs couplés aux récepteurs dentaires et desmodontaux sont des fibres A-bêta à transmission très rapide. Une sollicitation (carie, pression, etc.) induira une réponse presque immédiate.

Les neurones moteurs

Lorsque l'information sensitive a été "traitée" par le système nerveux central au niveau réflexe, automatique ou conscient, un ou plusieurs noyaux moteurs sont activés afin de

générer une réponse musculaire par les voies "descendantes", ou motoneurons. Les corps cellulaires des motoneurons sont situés soit dans le tronc cérébral, soit dans la corne ven-

trale de la substance grise de la moelle épinière. Les fibres nerveuses descendantes sont divisées en 2 grands groupes selon qu'elles appartiennent aux voies de la motricité volontaire (voies dites pyramidales) ou de la motricité automatique ou réflexe (voies extrapyramidales).

Il existe 3 types de motoneurones (Sebille, 2011) :

– les motoneurones alpha $A\alpha$ (diamètre : 10 à 18 μm , vitesse de conduction : 80 m/s) qui

innervent les fibres musculaires striées responsables de la contraction ;

– les motoneurones gamma $A\gamma$ (diamètre : 2 à 8 μm , vitesse de conduction : 20 m/s) qui innervent les fuseaux neuromusculaires, ajustant ainsi la sensibilité du muscle à l'étirement ;

– les motoneurones bêta $A\beta$ (diamètre 6 à 12 μm) qui innervent les 2 types de fibres.

Conséquences cliniques

Les muscles masticateurs sont innervés par des fibres rapides A-alpha et des fibres plus lentes A-gamma.

L'information arrive au muscle par l'intermédiaire de la plaque motrice, zone de jonction synaptique de l'axone du nerf mo-

teur avec une fibre musculaire, permettant la transmission neuromusculaire et la contraction du muscle [FIG. 14-6].

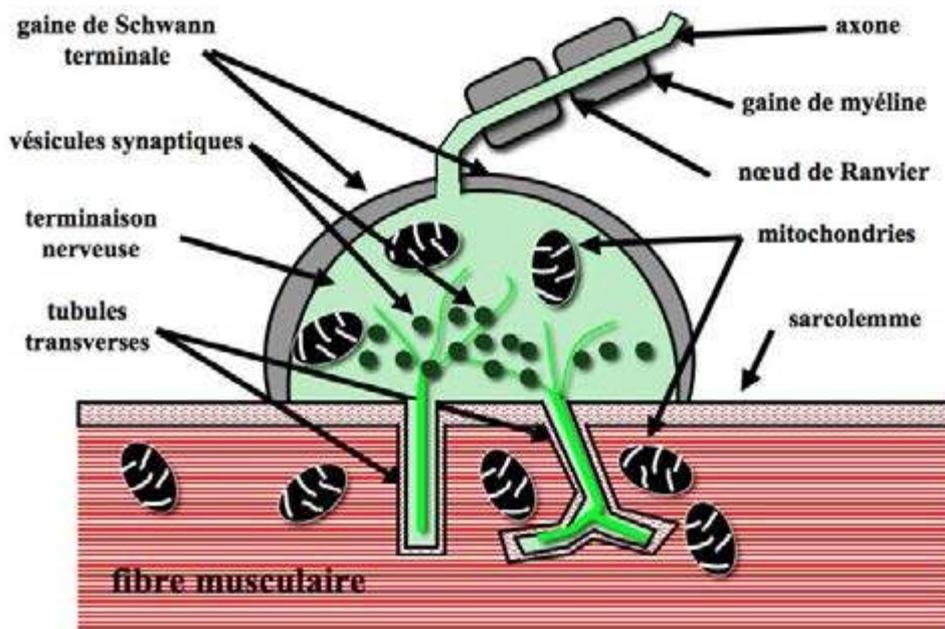


Figure 14-6 : Représentation schématique d'une plaque motrice. L'influx arrive par l'axone à la terminaison nerveuse, ou plaque motrice. Les tubules transverses sont des invaginations du sarcolemme (membrane de la cellule musculaire) dans la fibre musculaire conduisant l'influx au plus près des myofibrilles. Ce sont des récepteurs à acétylcholine (neurotransmetteur) laissant passer les ions Na^+ et K^+ . Les vésicules synaptiques sont de petits compartiments présynaptiques des neurones, stockant l'acétylcholine, qui est susceptible d'être libérée à la suite de l'arrivée d'un potentiel d'action dépolarisant. Cette transmission nécessitant beaucoup d'énergie, il y a de nombreuses mitochondries, organites intracellulaires dont la fonction principale est de fournir aux cellules l'énergie dont elles ont besoin pour assurer leur survie et les fonctions qu'elles doivent accomplir.

Il existe 4 phases bien différenciées au cours de la contraction d'une cellule musculaire

type (Sebille, 2011) :

- l'excitation ou la stimulation, qui correspond à l'arrivée du message nerveux sur la fibre musculaire par la plaque motrice ;
- le couplage excitation-contraction, qui regroupe l'ensemble des processus permettant

de transformer le signal nerveux reçu par la cellule en un signal intracellulaire vers les fibres contractiles ;

- la contraction proprement dite ;
- la relaxation, qui est le retour de la cellule musculaire à l'état de repos physiologique.

Un motoneurone peut contrôler plusieurs fibres musculaires. L'ensemble motoneurone

- fibres musculaires sous son contrôle forme alors une unité motrice [FIG. 14-7].

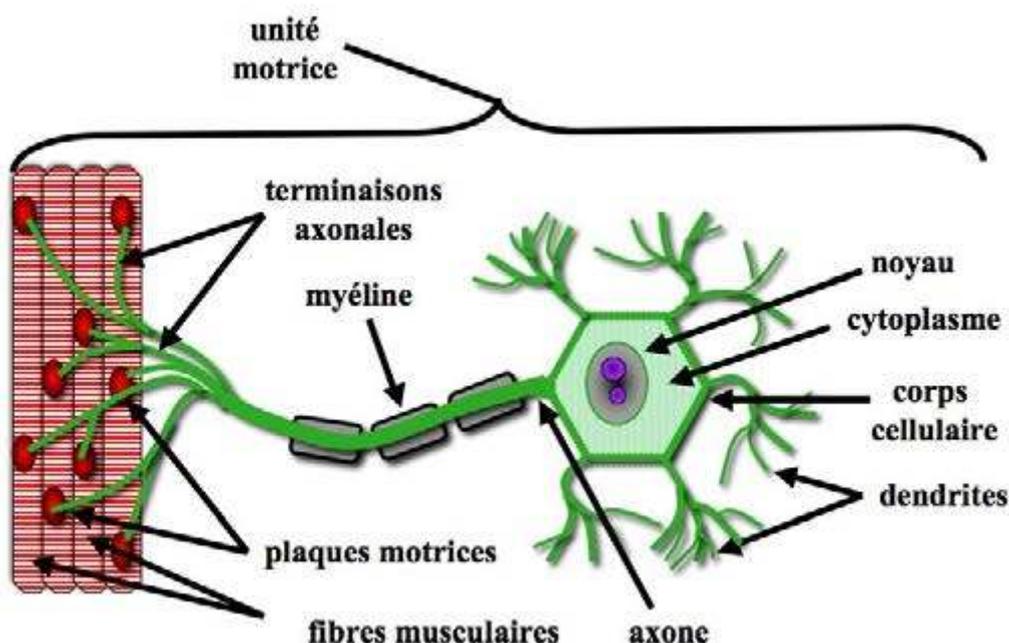


Figure 14-7 : À la différence des cellules en “T” des nerfs sensitifs, le corps cellulaire d'un motoneurone est le point de départ de l'axone, qui est muni d'une gaine de myéline (substance blanche) et de nœuds de Ranvier. En fonction de la précision du mouvement, l'axone se distribue en un plus ou moins grand nombre de terminaisons axonales dont dépend également le diamètre du neurone : plus le diamètre de son axone est grand et plus le nombre de fibres musculaires qu'il innerve est important.

La taille des unités motrices est proportionnelle à la précision du mouvement lié au muscle envisagé : par exemple, les muscles du globe oculaire contrôlant des mouvements très fins sont composés de très petites unités motrices (3 à 4 fibres musculaires pour un motoneurone). En revanche, les unités mo-

trices du temporal, par exemple, contrôlant des mouvements puissants et relativement moins précis, comprennent une centaine de fibres musculaires pour un motoneurone, et celles du quadriceps près de 2 000 (Hug, 2018)...

Conséquences cliniques

Les unités motrices des muscles de la mastication comprennent un nombre limité de fibres musculaires, assurant la précision du mouvement.

Les fibres musculaires sont soumises à une sommation temporelle, c'est-à-dire qu'une stimulation prolongée sera la conséquence d'une série de stimulations brèves, les seules

possibles, aboutissant à la contraction maximale de la fibre musculaire. De même, la puissance musculaire dépendra du nombre de fibres recrutées (Woda, 1983).

La conduction de l'information

La fonction majeure des neurones est de produire et de conduire des potentiels d'action, c'est-à-dire des signaux électriques (Girault, 1999). Leur axone peut avoir une longueur supérieure au mètre chez l'homme.

Comme toutes les cellules, les neurones portent une charge électrique par rapport au milieu qui les entoure, car les ions (sodium, Na^+ , potassium, K^+ , ou chlorure, Cl^-) sont répartis inégalement de part et d'autre de la membrane cellulaire. Il existe des "pompes", sortes de protéines faisant entrer les ions potassium à l'intérieur des cellules tout en expulsant les ions sodium. La membrane de la

cellule étant légèrement perméable aux ions potassium, ces derniers ont tendance à ressortir de la cellule, entraînant une polarisation négative de l'intérieur par rapport à l'extérieur des cellules, c'est-à-dire une différence de potentiel de repos négative (environ à -70 , -60 millivolts dans les neurones).

À l'arrivée d'un potentiel d'action, le potentiel de membrane passe de -70 à -40 millivolts, entraînant l'ouverture des canaux sodium (protéines formant des pores dans la membrane du neurone et laissant passer sélectivement les ions sodium) [FIG. 14-8].

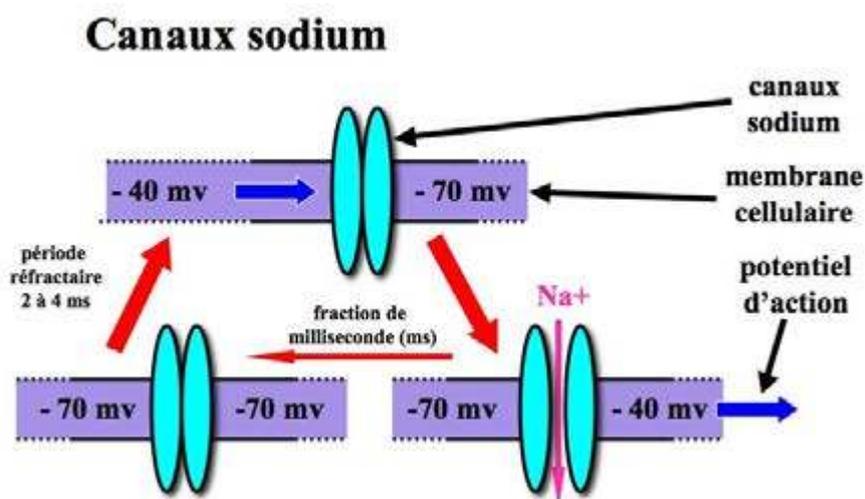


Figure 14-8 : Les canaux sodium (Na^+) sont des canaux "voltage dépendants". Ils seraient à 2 portes dans la mesure où ils peuvent présenter 3 états : fermé, ouvert et inactivé. Le seuil d'ouverture des canaux Na^+ expliquerait le seuil de dépolarisation de l'axone. L'entrée massive du Na^+ à l'intérieur de l'axone est responsable de la dépolarisation brusque de la membrane lors de l'arrivée du potentiel d'action. La période réfractaire de l'axone serait due à l'inactivation des canaux Na^+ . L'ouverture retardée des canaux potassium (K^+) est responsable de la repolarisation de l'axone à la fin du potentiel d'action. (D'après Alberts *et al.*, 1994)

Les ions sodium pénètrent massivement dans la cellule, entraînant une diminution locale du potentiel de membrane, ou dépolarisation, qui entraîne l'ouverture d'autres canaux sodium situés à proximité, et ainsi de suite, propageant le potentiel d'action. Les canaux à sodium se referment ensuite très rapidement et le potentiel de membrane retourne à sa valeur de repos. Girault (1999) indique

qu'après chaque potentiel d'action, il y a une phase transitoire, nommée "période réfractaire", pendant laquelle le neurone ne peut plus être excité. Pendant cette période, les canaux sodium ne peuvent s'ouvrir à nouveau, phénomène renforcé par l'hyperpolarisation due à l'ouverture des canaux potassium. Ce mécanisme explique que la propagation du potentiel d'action soit uni-

directionnelle : le potentiel ne peut se déplacer que dans la direction où il y a des canaux sodium encore “frais”, prêts à s’ouvrir, alors

que vers l’amont, les canaux sont transitoirement inexcitables [FIG. 14-9].

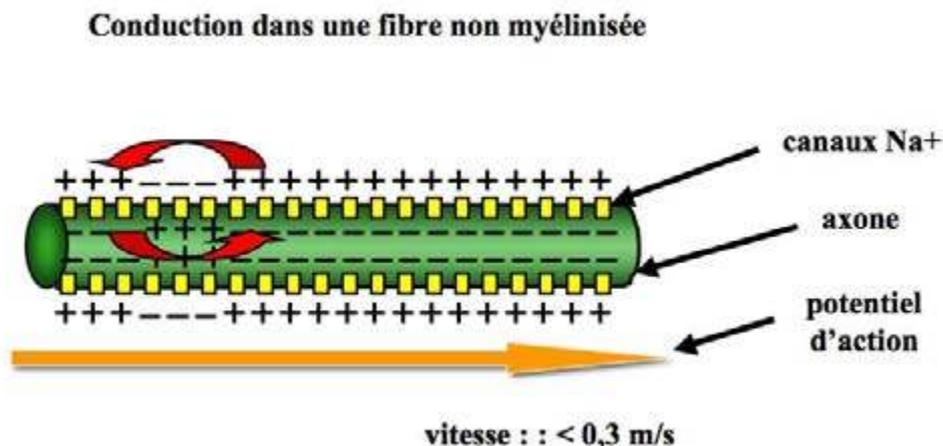


Figure 14-9 : L’arrivée d’un potentiel d’action (PA) se traduit par la dépolariation de la membrane cellulaire de l’axone, qui occasionne l’ouverture des canaux sodium, laissant entrer cet ion dans la cellule. Cette ouverture est très brève et le signal, le PA, se déplace ainsi de canal sodium en canal sodium, déplacement lent. Le diamètre de l’axone influence cette vitesse de propagation : plus ce diamètre est grand, plus les courants locaux engendrés par le PA en un point sont importants et plus ils entraînent l’ouverture de canaux sodium éloignés, augmentant la vitesse de propagation du PA. (D’après Oguievetskaia, 2005)

La gaine de myéline permet une très nette accélération de la propagation du potentiel d’action (Timmler, 2019). Cette gaine est formée par des cellules gliales myélinisantes qui s’enroulent autour de l’axone (Arroyo *et al.*, 2000 ; Lubetski *et al.*, 2003) : cellules de Schwann dans le système nerveux péri-

phérique et oligodendrocytes dans le système nerveux central [FIG. 14-10]. De nombreuses molécules, dont la paranodine, assurent l’adhésion des cellules de Schwann sur l’axone (Filbin *et al.*, 1991 ; Menegoz *et al.*, 1997 ; Charles *et al.*, 2002).

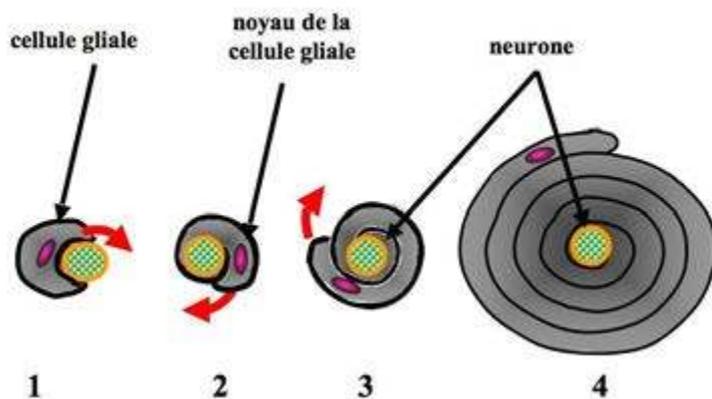


Figure 14-10 : Parallèlement à la formation d’un neurone du système nerveux périphérique, une cellule gliale (cellule qui forme l’environnement des neurones), la cellule de Schwann, vient progressivement entourer son axone, le plus souvent dans la période qui suit la naissance. Lorsque le manchon de myéline est formé, les couches inférieures sont essentiellement constituées des restes de membrane cellulaire, alors que les couches supérieures forment la gaine de myéline véritable. Il peut y avoir jusqu’à 300 couches de membrane... Une seule cellule de Schwann recouvrant environ 1 millimètre d’axone, il en faut des centaines de milliers pour les nerfs des membres inférieurs, longs parfois d’un mètre...

Ce manchon de protection ressemble à la gaine isolante d'un fil électrique, ce qui augmente pour partie la vitesse de conduction de l'influx nerveux, car il n'existe aucune "fuite électrique" entre l'intérieur et

l'extérieur de l'axone (Ishibashi, 2006). Les cellules formatrices de myéline sont séparées les unes des autres par des espaces appelés nœud de Ranvier [FIG. 14-11].

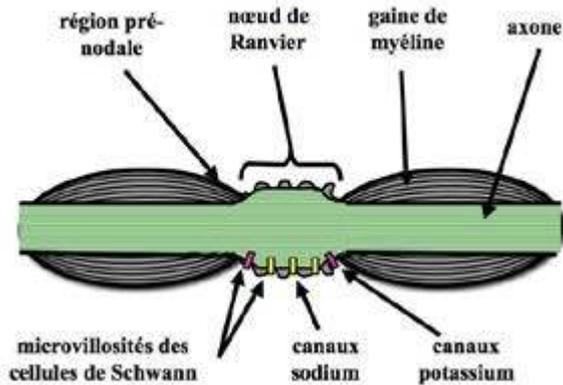


Figure 14-11 : Représentation schématique d'un nœud de Ranvier. Du nom de son découvreur (Louis Antoine Ranvier, 1835-1922), les nœuds de Ranvier ne sont pas une interruption de la gaine de myéline, qui conserve seulement une membrane munie de microvillosités à ce niveau. Cette membrane comprend de nombreux canaux sodium, permettant par leur ouverture la propagation du potentiel d'action. Les canaux potassium sont plutôt localisés dans la région pré-nodale.

C'est au niveau de ces nœuds que le signal électrique est en contact avec la substance intercellulaire environnante (Girault 1999 ; Girault *et al.*, 2002). Sur les portions de myéline, il n'y a pas de contact entre le signal électrique et l'environnement extérieur ; le signal effectue alors de grands sauts (Devaux, 2014). C'est ce que l'on appelle la conduction "saltatoire" [FIG. 14-12]. Le temps de transmission est ainsi considéra-

blement diminué ; il est de 10 à 100 fois plus rapide que pour une fibre non myélinisée (Oguievetskaia *et al.*, 2005). De plus, la gaine de myéline permet des économies d'énergie : un nombre restreint de pompes à sodium, grandes consommatrices d'énergie, suffit à établir la concentration nécessaire en ions sodium.

Conduction « saltatoire » dans une fibre myélinisée : 10 à 120 m/s

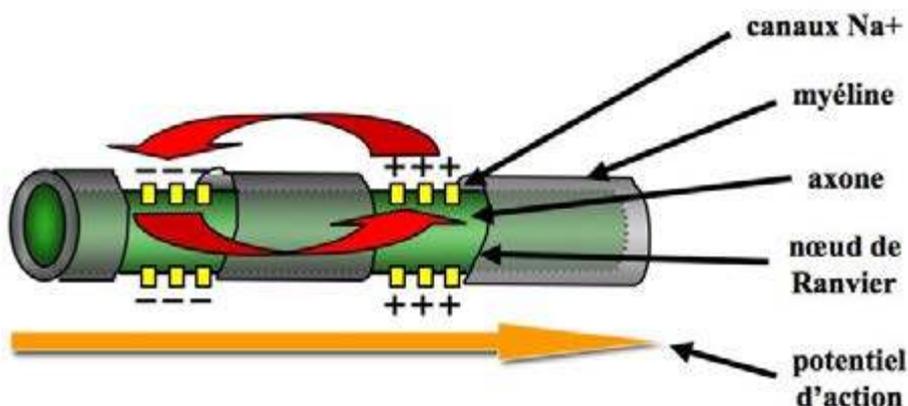


Figure 14-12 : Au lieu d'être répartis de façon homogène le long de la membrane axonale, comme dans les fibres non myélinisées, les canaux sodium sont rassemblés au niveau des nœuds de Ranvier. Ainsi, lorsque la membrane axonale d'un nœud de Ranvier est dépolarisée, un très grand nombre de canaux sodium s'ouvrent simultanément, produisant un potentiel d'action (PA) et des courants locaux de grande amplitude. Ces courants locaux se propagent jusqu'au nœud voisin, où ils déclenchent un PA par ouverture des canaux sodium. Ainsi, le PA "saute" d'un nœud au suivant, raccourcissant le temps de transmission. (D'après Oguievetskaia, 2005)

Les synapses

La transmission de l'influx d'un neurone à l'autre se fait par l'intermédiaire d'une synapse (Trautmann *et al.*, 2003), rarement

électrique (ou *gap junctions*) et le plus souvent chimique, utilisant des neurotransmetteurs [FIG. 14-13].

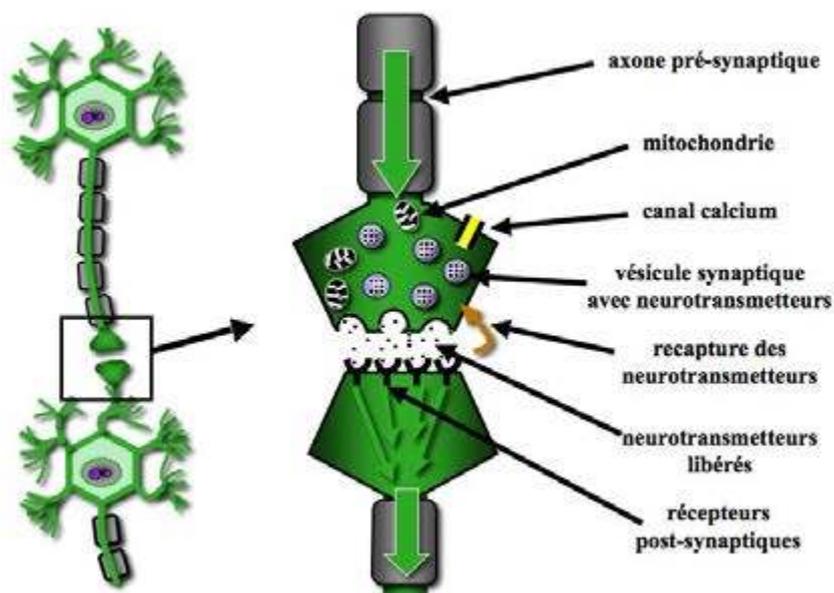


Figure 14-13 : Représentation schématique d'une synapse chimique. Les neurotransmetteurs (essentiellement de l'acétylcholine) sont stockés dans des vésicules situées dans l'extrémité pré-synaptique du neurone, en forme de bulbe. Les ions calcium entrent dans la cellule par des canaux spécifiques, ce qui déclenche l'exocytose, c'est-à-dire que les vésicules contenues dans le cytoplasme sont enveloppées par la membrane de cette cellule pour être rejetées vers l'extérieur. Les vésicules viennent exciter des récepteurs spécifiques de la membrane du neurone post-synaptique, entraînant un passage d'ions et déclenchant la transmission de l'influx. Les vésicules sont ensuite recapturées dans l'extrémité pré-synaptique. Cette transmission demande beaucoup d'énergie, fournie par les nombreuses mitochondries.

Delmas (1975) indique que l'espace entre les 2 neurones, ou fente synaptique, mesure en moyenne 20 μm et que le passage de l'influx n'est pas immédiat, mais demande un délai dit "synaptique" de 0,5 millième de seconde. Les articulations synaptiques sont très nombreuses, plusieurs centaines pour un même neurone. Chaque neurone est ainsi soumis à de multiples influences, les unes agissant

dans le sens de la facilitation, d'autres dans le sens de l'inhibition du neurone concerné (Woda, 1983).

La transmission synaptique est unidirectionnelle, "polarisée" : elle n'a lieu que de l'élément pré-synaptique, qui contient le neurotransmetteur, vers l'élément post-synaptique, à la surface duquel se trouvent les récepteurs du neurotransmetteur.

Le système nerveux central

Le système nerveux central comprend la moelle épinière (transmission des messages nerveux entre le cerveau et le reste du corps, mais aussi lieu d'intégration) et l'encéphale qui est constitué [FIG. 14-14] :

- du cervelet (permet la coordination des mouvements du corps et le contrôle du fait que "ce qui est réalisé est bien ce qui était prévu, en comparant les demandes de mou-

vements aux mouvements réellement réalisés" [Vibert, 2011]....);

- du système limbique comprenant, entre autres (Kötter *et al.*, 1997) :

- * le thalamus (réception et analyse des informations avant leur transmission aux hémisphères cérébraux);

- * l'hypothalamus (sécrétion des hormones et régulation du système nerveux végétatif);
- * l'hypophyse (glande qui régule les autres glandes de l'organisme);

– et des hémisphères cérébraux (conscience de nos sensations/émotions, développement des facultés intellectuelles et motricité volontaire), formant 80 % de cet organe comprenant 10 milliards de neurones...

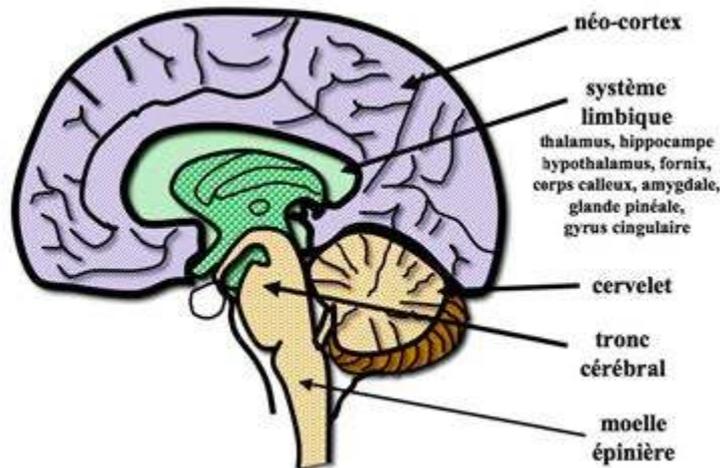


Figure 14-14 : Le système nerveux central est constitué de différents éléments pouvant se décomposer en un système primitif comprenant la moelle épinière et le cervelet, un système plus évolué, le système limbique et un système appartenant aux mammifères dits "supérieurs", le néocortex. Entre la moelle épinière et le système limbique se situe le tronc cérébral.

La moelle épinière est la première composante du système nerveux central [FIG. 14-15]. Sa partie dorsale (postérieure) est essen-

tiellement sensitive ; sa partie ventrale, motrice.

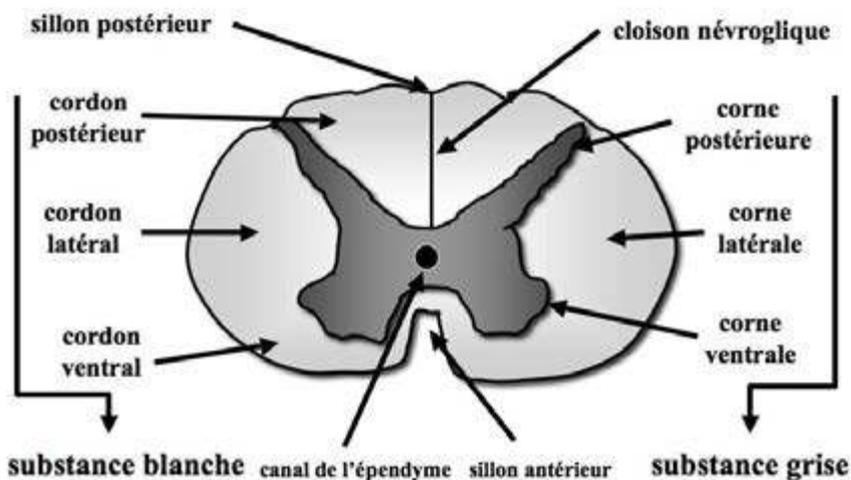


Figure 14-15 : La moelle épinière, vue en coupe, est constituée de segments (d'où l'adjectif "segmentaire") et comprend une substance blanche, composée de faisceaux de neurones myélinisés, substance grasse blanche, d'où sa couleur (Fields, 2005), et d'une substance grise, principalement formée des corps cellulaires des cellules nerveuses. La substance blanche est un lieu de circulation des informations, alors que la substance grise en permet aussi la circulation, mais également l'intégration pour les mouvements réflexes.

Le tronc cérébral, trait d'union entre la moelle et le cerveau proprement dit, est constitué dans son ensemble par de volumineux

cordons blancs à direction longitudinale (Delmas, 1975). Il est situé entre le trou occipital et la tente du cervelet. Il constitue la

zone de passage de nombreuses voies sensibles et motrices. Au niveau du tronc cérébral, la substance grise prédomine (substance

réticulée) et se présente en amas qui sont les noyaux d'origine des nerfs crâniens [FIG. 14-16].

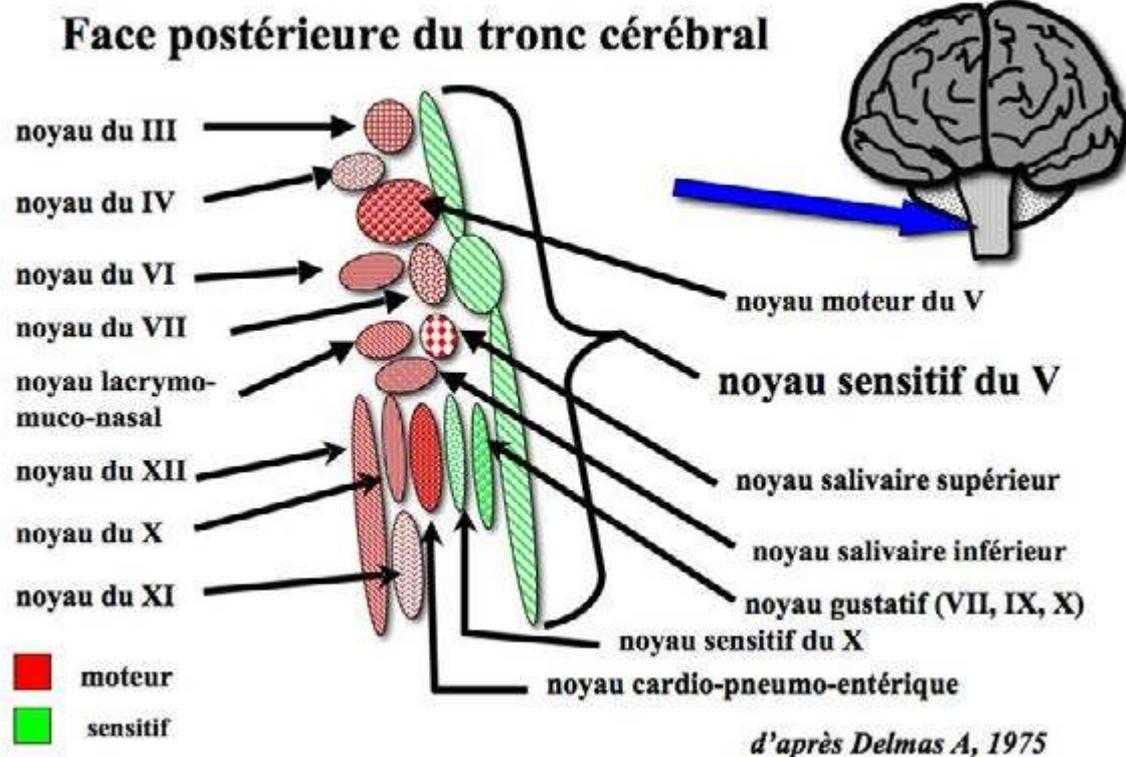


Figure 14-16 : Représentation schématique de la face postérieure du tronc cérébral montrant que le noyau sensitif du trijumeau occupe toute la longueur et est en contact avec les noyaux sensitifs et surtout moteurs de la plupart des nerfs crâniens. De très nombreux interneurons relient tous ces noyaux, permettant une interaction entre eux. Par exemple, une information arrivée sur le noyau sensitif du trijumeau peut déclencher une action motrice sur le nerf facial (VII), en particulier sur l'orbiculaire des lèvres qui en dépend, mais également sur le nerf spinal (XI) régissant le muscle sterno-cléido-mastoïdien, entre autres...

Conséquences cliniques

Les noyaux sensitifs et moteurs concernant la sphère bucco-dentaire sont localisés dans le tronc cérébral et très interconnectés. Un message issu de récepteurs dentaires ou desmodontaux peut induire des réponses sur des noyaux variés, rendant le diagnostic difficile en l'absence de connaissances fondamentales...

Ce système comprend différentes aires en relation avec les fonctions motrice, sensitive et surtout les fonctions d'association assurant l'intégration des activités des autres aires du cortex liées à des fonctions telles que le rai-

sonnement, la mémoire et le jugement. Il faut considérer le système limbique comme le "chef d'orchestre" de la plupart des fonctions du cerveau [FIG. 14-17].

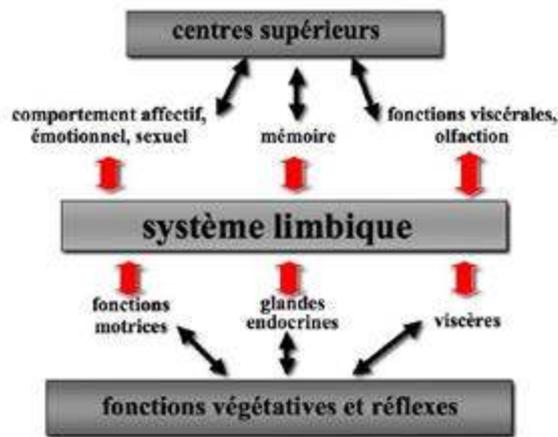


Figure 14-17 : Le système limbique doit être considéré comme une interface entre la vie cognitive des centres supérieurs et la vie végétative liée au système nerveux primitif, réflexe et autonome. Il joue un rôle très important dans diverses émotions comme l'agressivité, la peur, le plaisir, la souffrance morale, ainsi que dans l'élaboration de la mémoire. Cette notion de système unique est actuellement remise en cause, mais est encore très utile au plan didactique...

Cette organisation est le fruit de l'évolution de l'espèce humaine, originaire d'une infime cellule issue des océans (3,5 milliards

d'années...) pour aboutir à l'être éminemment complexe que nous sommes [FIG. 14-18].

Phylogénèse

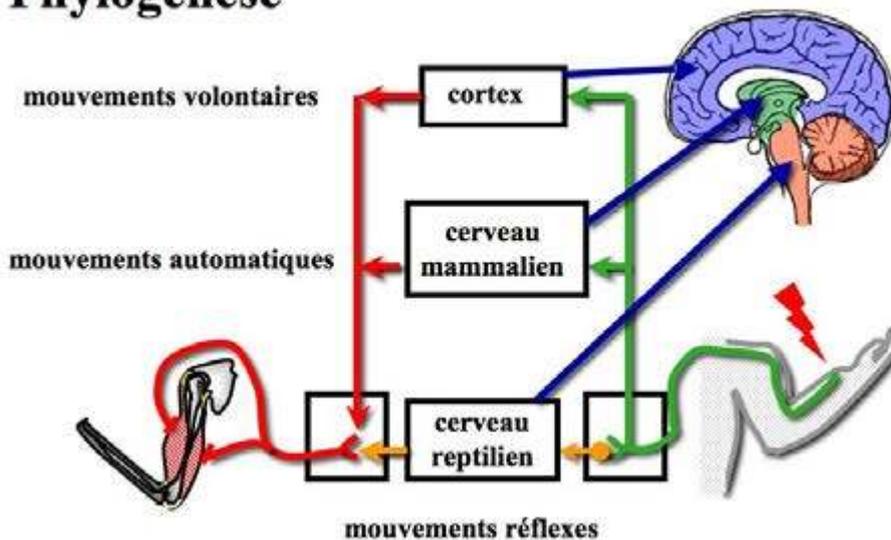


Figure 14-18 : La classification de McLean (1970), très discutée, mais très didactique, est basée sur la phylogénèse (science permettant de reconstituer l'évolution des organismes vivants) du cerveau humain. Le cerveau reptilien serait apparu il y a 400 millions d'années, gérant les seuls réflexes indispensables à la survie, date qu'il faut aujourd'hui reculer de 1 à 2 milliards d'années... Le cerveau mammalien ou limbique serait apparu avec les mammifères, gérant toutes les fonctions automatiques de l'organisme, ainsi que la mémoire et les émotions. Enfin, le cerveau humain daterait, selon l'auteur, de l'apparition des australopithèques (4 millions d'années, MA) avec le cortex, permettant l'émergence de la pensée et de la conscience. Des fossiles récemment trouvés, comme Toumaï, permettent de reculer cette apparition vers 7 MA, et bien plus en considérant les premiers singes comme étant nos ancêtres.

Il existe 3 niveaux d'intégration des messages issus des récepteurs sensitifs :
 – la voie réflexe [FIG. 14-19] utilisant les centres segmentaires de la moelle épinière et

généralisant des mouvements réflexes immédiats de protection de base issus de notre état primaire, "reptilien" (quoique les reptiles aient des cerveaux déjà bien développés...);

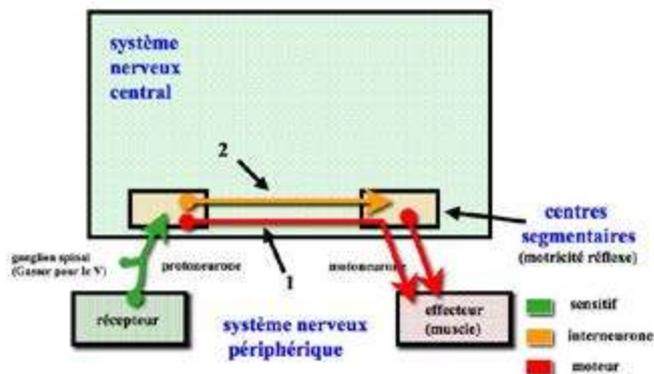


Figure 14-19 : La voie réflexe est une réponse instantanée et non réfléchie à une stimulation. C'est le stade primitif du fonctionnement cérébral. Cette voie est le plus souvent plurisynaptique (2, vert, orange, rouge), rarement monosynaptique (1, vert, rouge).

Conséquences cliniques

La morsure de la langue entraîne un réflexe immédiat d'arrêt de la contraction musculaire...

Il est exceptionnel qu'un réflexe soit seulement monosynaptique. Même pour les réflexes les plus simples, des neurones excita-

teurs ou inhibiteurs entrent en jeu, modulant la réponse effectrice (musculaire) [FIG. 14-20].

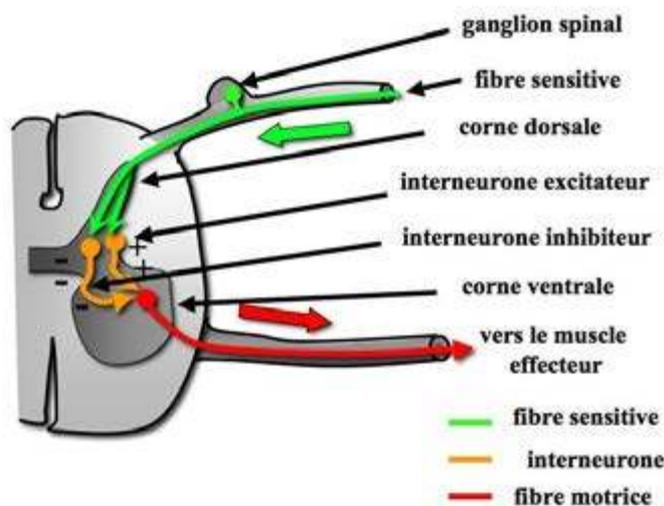


Figure 14-20 : Au niveau segmentaire (moelle épinière), de nombreux interneurones sont présents et modulent la transmission du message en l'amplifiant ou en l'atténuant, n'en faisant pas un mouvement seulement réflexe, mais déjà contrôlé par des structures nerveuses aptes à en moduler l'intensité.

– la voie automatique [FIG. 14-21] utilisant les centres suprasegmentaires sous-corticaux de l'encéphale (Catani *et al.*, 2013). C'est la voie la plus utilisée, permettant de nombreuses fonctions dites "automatiques" comme la mastication, qui met en jeu des mécanismes d'une complexité extrême permettant, en fonction de l'appréciation de la texture du bol alimentaire, d'adapter la force des muscles de la manducation,

l'insalivation, le nombre de cycles et, lorsque ce bol est correctement préparé, de déclencher un mouvement encore plus complexe qui est la déglutition. Ces fonctions sont dites "automatiques" car elles ne font pas appel à la conscience, c'est-à-dire à la perception par le sujet de ces mouvements, permettant ainsi la mastication (inconsciente) tout en tenant une conversation (consciente) ;

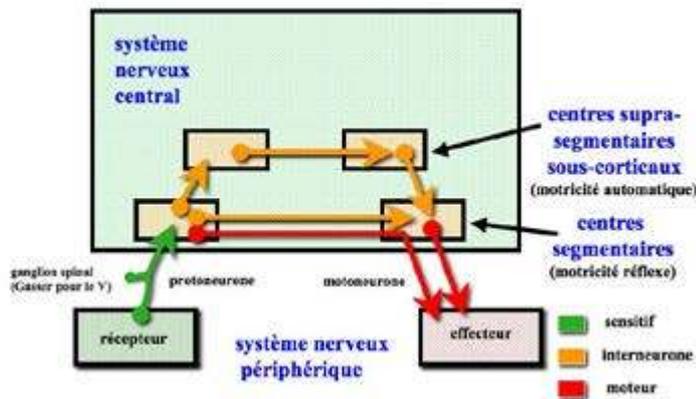


Figure 14-21 : La voie automatique permet des fonctions parfois très complexes comme la mastication, la déglutition et même la marche sans avoir “conscience” de ces fonctions qui s’adaptent “automatiquement” à toutes les circonstances “habituelles” de notre environnement.

Les informations sensibles empruntent les voies ascendantes de la moelle épinière et les

ordres moteurs les voies descendantes de cette structure [FIG. 14-22] ;

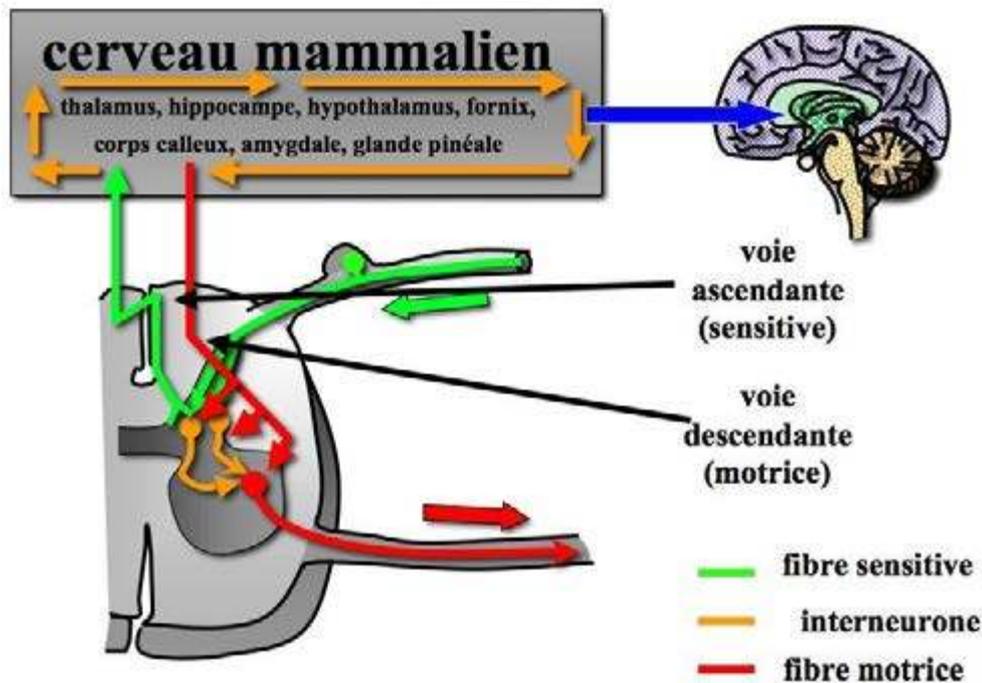


Figure 14-22 : Cette représentation schématisée montre que les informations sensibles, après un relais au niveau de la substance grise de la moelle épinière, décussent (changent de côté) et empruntent les voies sensibles ascendantes (spinothalamiques, colonnes dorsales, lemnisque médian). Ces voies aboutissent au niveau du thalamus, noyau qui a principalement une fonction de relais et d’intégration des afférences sensibles et sensorielles et des efférences motrices, ainsi que de régulation de la conscience, de la vigilance et du sommeil. Les ordres moteurs empruntent les voies descendantes (faisceaux corticospinal, réticulospinal, vestibulospinal, entre autres).

Conséquences cliniques

La mastication et la déglutition sont des actions essentiellement automatiques.

– la perception de la sensation par le cortex [FIG. 14-23] lorsque, par exemple, une sensation habituellement automatique alerte le cortex, comme un goût particulièrement

agréable (ou désagréable...) ou lors de la marche (à 90 % automatique...) en présence d’un obstacle inhabituel. Le cortex, normalement envahi par des sensations qu’il génère

(imagination, pensée, etc.), prend soudainement conscience de l'obstacle et active la motricité volontaire permettant de l'éviter.

Après quelques pas, le cortex reprend son activité propre, et la marche son automaticité ;

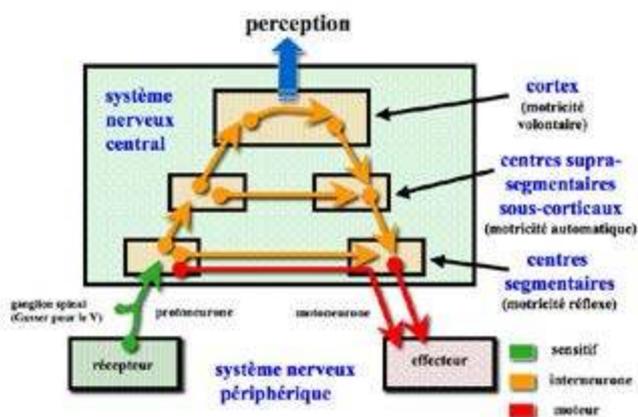


Figure 14-23 : La voie de la perception est la voie ultime, mettant en jeu toutes les fonctions du cerveau : réflexion, intelligence, association et bien d'autres...

Les interactions entre les différents étages du système nerveux central sont incessantes,

activant en permanence les milliards de neurones présents [FIG. 14-24] ;

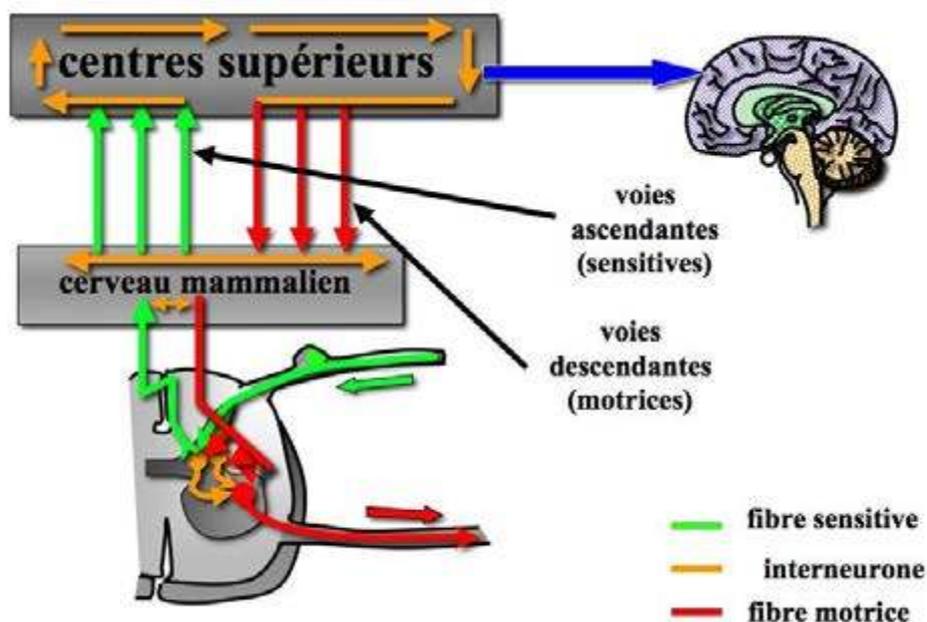


Figure 14-24 : Le système nerveux central fonctionne comme un tout, avec des allers et retours incessants entre ses différents niveaux. La division du cerveau en 3 parties de McLean (1970), si elle est satisfaisante au niveau de la phylogenèse, ne l'est plus en considérant le grand nombre d'interneurones réunissant ces 3 éléments et leurs possibilités de communication. Chaque neurone possède en moyenne une dizaine de dendrites, soit, pour 10 milliards de neurones, plus de 100 milliards de connexions...

Conséquences cliniques

Le système nerveux central organise et coordonne la réponse aux informations fournies par les récepteurs selon des voies réflexe, automatique ou volontaire. Le mouvement de fermeture de la bouche combine ces 3 réactions.

Il existe dans le système nerveux central de très nombreux interneurons, la plupart inhibiteurs, situés entre les gros neurones excitateurs du cortex cérébral (Delmas, 1975). Au-delà de leur rôle de “freins” de l’activité cérébrale, permettant d’éviter un emballement progressif des influx nerveux entre les neurones excitateurs qui produirait un véritable “orage électrique” dans le cerveau (comme dans la crise d’épilepsie), ces interneurons inhibiteurs révèlent une diversité de nature, de forme, de connectivité et de fonction

beaucoup plus complexe que ce que l’on croyait (Markram *et al.*, 2004 ; Ciceri *et al.*, 2014). Ces neurones utilisent le GABA (acide gamma-aminobutyrique, régulateur de l’anxiété) comme neurotransmetteur, substance qui a un effet “apaisant” sur l’activation des gros neurones excitateurs, de la même manière que les benzodiazépines ou l’alcool (Bacon *et al.*, 1990). Il existe également des interneurons excitateurs qui sécrètent du glutamate et des interneurons modulateurs qui sécrètent de l’acétylcholine.

Conséquences cliniques

L’alcool aurait un effet permettant de diminuer l’anxiété...
Cela dépend évidemment des doses...

La somesthésie

La somesthésie (la “sensibilité du corps”) constitue le système sensoriel de l’organisme, ensemble de différentes sensations (chaleur, froid, pression, douleur...) qui proviennent de plusieurs régions du corps (peau, tendons, articulations, viscères). Ces sensations sont élaborées à partir des informations fournies par les nombreux récepteurs sensitifs du système dit “somato-sensoriel”, récepteurs situés dans tous les tissus de l’organisme : revêtement cutané, conjonctif viscéral, capsule et ligaments articulaires.

On distinguera au sein de la somesthésie les sensibilités tactile, thermique et douloureuse, ainsi que la kinesthésie consciente, qui provient des articulations et fournit au sujet des indications sur les positions et les déplacements des différents segments corporels dans l’espace.

Il existe toutes sortes de récepteurs [FIG. 14-25] : terminaisons libres, disques de Merkel, corpuscules de Meissner, corpuscules de Krause, corpuscules de Pacini, corpuscules de Ruffini, fuseaux neuromusculaires et neurotendineux.

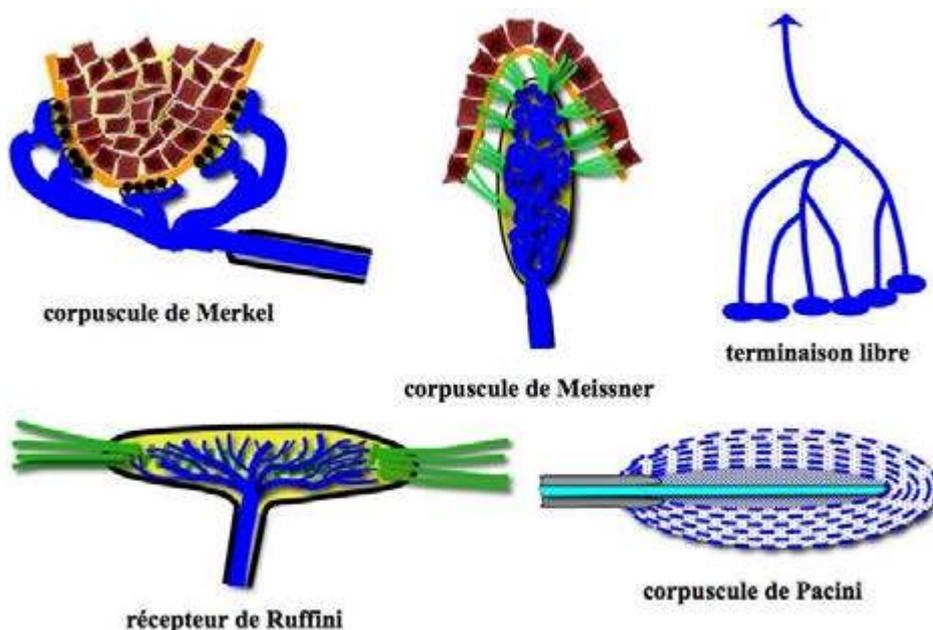


Figure 14-25 : Les différents récepteurs sensitifs, vus au chapitre 10 [FIG. 10-48 à 10-52]. La sensibilité à la pression est déclenchée par des appuis importants sur la surface de la peau et est captée par les disques de Merkel (superficiels) et les corpuscules de Ruffini (profonds). Ce sont des récepteurs à adaptation lente, actifs dès le début de la pression exercée et ne cessant de l'être qu'à la fin de celle-ci. La sensibilité au toucher est détectée par des récepteurs de vitesse comme les corpuscules de Meissner, particulièrement sensibles à la vitesse d'établissement du stimulus. Le toucher est également détecté par les terminaisons libres tapissant l'épithélium. La sensibilité à la vibration est le fait des corpuscules de Pacini, sensibles aux variations rapides d'intensité. Lorsqu'ils sont sollicités par un stimulus au-delà de leur physiologie habituelle, ces récepteurs déclenchent une douleur aiguë. Enfin, la sensibilité à la douleur de faible intensité est déclenchée par les terminaisons libres, dites aussi "terminaisons nociceptives".

Tous ces récepteurs, à partir de l'état des tissus de l'organisme, participent à l'élaboration des différentes sensations corporelles tactiles, thermiques, proprioceptives, kinesthésiques et nociceptives.

Comme on l'a vu, les informations perçues remontent aux centres supérieurs par les voies lemniscales pour la sensibilité tactile

fine, constituées de fibres de type "A-alpha" et "A-bêta", et les voies extra-lemniscals qui se divisent en deux : les voies néo-spino-thalamiques pour la sensibilité thermique, la sensibilité tactile grossière et la douleur vive, constituées de fibres "A-delta", et les voies paléo-spino-thalamiques pour la douleur dite "de fond", constituée de fibres de type "C".

Conséquences cliniques

Le corps humain forme un tout indissociable. Le découper en différentes spécialités comme le fait souvent la médecine est une hérésie au vu de l'interconnectivité de l'ensemble des organes...

Bibliographie

- Alberts A, Johnson A. Biologie moléculaire de la cellule. Paris, Flammarion, 1994.
- Arroyo EJ, Scherer SS. On the molecular architecture of myelinated fibers. *Histochem Cell Biol* 2000;113:1–18.
- Bacon E, Viennot F. Le système complexe des récepteurs GABA/benzodiazépine. *Med Sci* 1990;6:770-7.
- Bandiera S, Barrey E, Ernoult-Lange M *et al.* La mitochondrie. Un nouvel acteur de la régulation par ARN interférence. *Med Sci* 2012;28:23-6.
- Bartolami S, Tricaud N. Quand trop de myélinisation détruit la myéline. *Med Sci* 2012;28:341-3.
- Catani M, Dell'Acqua F, Thiebaut de Schotten M. A revised limbic system model for memory, emotion and behaviour. *Neurosci Biobehavioral Rev* 2013;37:1724-37.
- Charles P, Barbin G, Girault JA, Lubetzki C *et al.* Neurofascin is a glial receptor for the paranodin/Caspr-contactin axonal complex at the axoglial junction. *Curr Biol* 2002, 12(3):217-20.
- Ciceri G, Dehorter N. Organisation des lignées d'interneurones du cortex cérébral. *Med Sci* 2014;30:144-6.
- Delmas A. Voies et centres nerveux. 10^e édition. Paris, Masson, 1975.
- Devaux JJ. Nouveautés sur les mécanismes de formation des nœuds de Ranvier. *Rev Neurol* 2014;170:8-9-24.
- Fields RD. Myelination: an overlooked mechanism of synaptic plasticity? *Neuroscientist*, 2005;11:528-31.
- Filbin MT, Tennekoon GI. The role of complex carbohydrates in adhesion of the myelin protein. *Neuron* 1991;7:845–55.
- Girault JA. Les nœuds de Ranvier, le secret d'une conduction rapide. *Pour la science* 1999;323:1056-64.
- Girault JA, Peles E. Development of nodes of Ranvier. *Cur Opin Neurobiolo* 2002;12:476-85.
- Hug F. Le mouvement humain. De l'unité motrice à la force musculaire. *Med Sci* 2018;34:6-8.
- Ishibashi T *et al.* Astrocytes promote myelination in response to electrical impulses. *Neuron*, 2006;49:823-32.
- Julien JP. Le transport axonal des neurofilaments et pathologie neurodégénérative. *Med Sci* 2000;16(6,7):732-8.
- Kötter R, Stephan KE. Useless or helpful? The "limbic system" concept. *Rev Neurosci* 1997;8(2):139-45.
- Lubetski C, Charles P, Denisenko-Nehrbass N, Barbin G, Girault JA. Les jonctions paranodales des fibres myélinisées : site d'ancrage, lieu d'interactions. *Med Sci* 2003;19:22-4.
- Markram H, Toledo-Rodriguez M, Wang Y. Interneurons of the neocortical inhibitory system. *Nat Rev Neurosci* 2004;5:793-807.
- McLean PD, Guyot R. Les Trois Cerveaux de l'homme. Paris, Robert Laffont, 1970.
- Menegoz M, Gaspar P, Bert M *et al.* Paranodin, a glycoprotein of neuronal paranodal membranes. *Neuron* 1997;19:319-31.
- Miles TS, Nauntofte B, Svensson P. Clinical oral physiology. Copenhagen, Quint Int, 2004.
- Oguievetskaia K, Girault JA, Goutebroze L, Cifuentes-Diaz C. Contacts cellulaires des fibres myélinisées du système nerveux périphérique. *Med Sci* 2005;21(2):162-9.
- Rambourt A, Clermont Y. L'appareil de Golgi : apport de la microscopie électronique tridimensionnelle à l'étude de sa structure et de ses fonctions. *Med Sci* 1990;6:35-45.
- Salzer JL. Polarized domains of myelinated axons. *Neuron* 2003;40:297-318.
- Sebille A. Les neurones. *In* Vibert JF, Sebille A, Lavallard-Rousseau MC, Boureau F, Mazières L. Neurophysiologie. L'exploration fonctionnelle. Issy-les-Moulineaux, Elsevier Masson, 2011.

Timmler S, Simons M. Grey matter myelination. *Glia* 2019;67(11):2063-70.

Trautmann A, Revy P, Donnadiou E, Bismuth G. Synapses immunologiques et synapses neuronales, *Med Sci* 2003;19:429-36.

Vibert JF. Le fonctionnement du neurone. *In* Vibert JF, Sebille A, Lavallard-Rousseau MC, Boureau F, Mazières L. Neurophysiologie. L'exploration fonctionnelle. Issy-les-Moulineaux, Elsevier Masson, 2011.

Vibert JF, Sebille A, Lavallard-Rousseau MC, Boureau F, Mazières L. Neurophysiologie. L'exploration fonctionnelle. Issy-les-Moulineaux, Elsevier Masson, 2011.

Woda A. Abrégé de physiologie oro-faciale. Paris, Masson, 1983.

IMPLANTOLOGIE :

BASES FONDAMENTALES, CONSÉQUENCES CLINIQUES

TABLE DES MATIÈRES

I – L'OS

- 1 – L'os : composition, vascularisation, innervation [télécharger](#)
- 2 – L'os : remaniement et cicatrisation [télécharger](#)
- 3 – Les lois de Wolff [télécharger](#)
- 4 – L'ostéo-architecture [télécharger](#)
- 5 – La stimulation endostée [télécharger](#)
- 6 – La liaison os-implant [télécharger](#)
- 7 – Mise en charge des implants : bases fondamentales [télécharger](#)
- 8 – Bases fondamentales de la gestion des échecs d'intégration osseuse [télécharger](#)
- 9 – Les ennemis de l'os [télécharger](#)

II – LA GENCIVE

- 10 – La gencive : constitution, vascularisation, innervation [télécharger](#)
- 11 – La gencive : cicatrisation, pathologie [télécharger](#)
- 12 – La gencive péri-implantaire saine [télécharger](#)
- 13 – La gencive péri-implantaire pathologique [télécharger](#)

III – NEUROPHYSIOLOGIE ET IMPLANTS

- 14 – Organisation générale du système nerveux *à paraître en août 2021*
- 15 – Approche neurophysiologique de l'occlusion *à paraître en septembre 2021*
- 16 – Intégration neurophysiologique d'un implant dentaire *à paraître en septembre 2021*
- 17 – Modulation de la contraction musculaire en implantologie *à paraître en octobre 2021*

Ce contenu a été réalisé par Marc BERT et est diffusé par
/dentaire365/

Vous avez apprécié ce contenu ? Découvrez les livres de Marc BERT



Dépose et remplacement
d'un implant

Découvrir



Gestion pratique des
complications en implantologie

Découvrir



L'occlusion en implantologie

Découvrir



Comment « louper » un implant...
ou les clés de l'échec en implantologie

Découvrir



Petit dictionnaire ironique et politiquement
incorrect de l'art dentaire

Découvrir