

Les réflexes

Cours

Sommaire

I Les réflexes et les éléments fonctionnels de l'arc réflexe

- A Le réflexe myotatique
- B L'arc réflexe myotatique

II Le codage de l'information nerveuse

- A Le neurone
- B Le potentiel d'action, message nerveux élémentaire

III La transmission des messages nerveux

- A La transmission des messages nerveux par une synapse neuro-neuronale
- B La transmission des messages nerveux par une synapse neuromusculaire

RÉSUMÉ

Le réflexe myotatique sert d'exemple de relation nerveuse. Un arc réflexe comporte divers éléments fonctionnels et anatomiques identifiables. Les neurones sont les cellules différenciées qui assurent la genèse, la propagation et le codage de l'information nerveuse.

La transmission des messages nerveux est réalisée par des synapses.

I Les réflexes et les éléments fonctionnels de l'arc réflexe

Le réflexe myotatique est un exemple simple de relation nerveuse. Un muscle se contracte en réponse à son étirement. Les cinq éléments fonctionnels de l'arc réflexe myotatique (récepteur, voie sensorielle, centre nerveux, voie motrice, effecteur) sont identifiés.

A Le réflexe myotatique

Dans le réflexe myotatique, un muscle répond par une contraction à son propre étirement. Une fois l'activité réflexe terminée, le muscle se relâche.

DÉFINITION

Réflexe

Un **réflexe** est une réaction involontaire, stéréotypée, inéluctable de l'organisme en réponse à une stimulation.

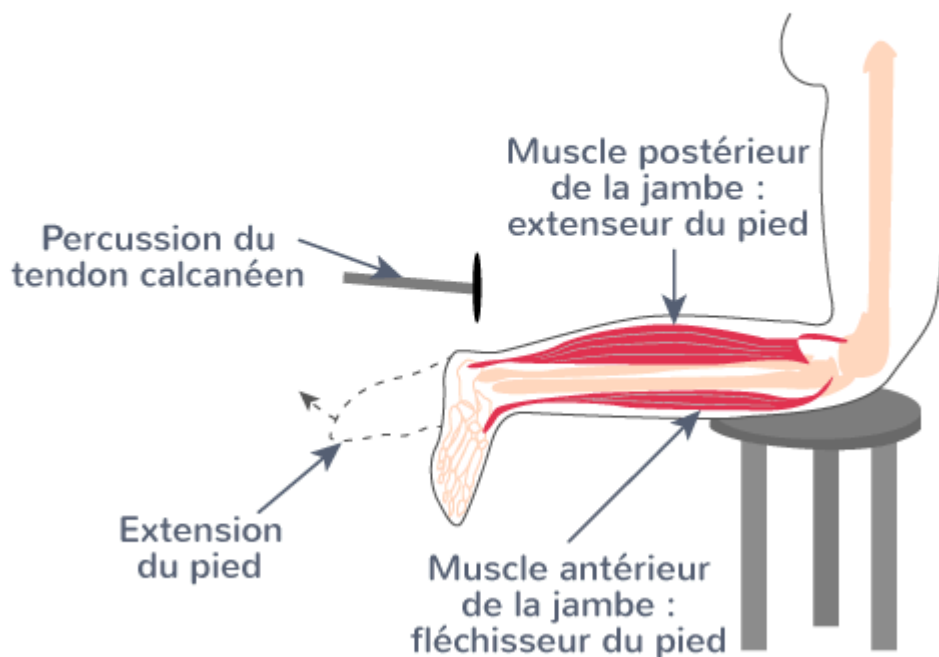
Réflexe myotatique

Un **réflexe myotatique** est une relation nerveuse provoquant la contraction involontaire d'un muscle en réponse à son propre étirement. Cette relation nerveuse est couramment utilisée dans le domaine médical, pour contrôler le bon fonctionnement de la moelle épinière.

EXEMPLE

Le réflexe calcanéen est un réflexe myotatique. Dans le réflexe calcanéen, il se produit une extension involontaire du pied en réponse à un coup porté sur le tendon calcanéen à l'aide d'un marteau à réflexes.

Le réflexe calcanéen



La stimulation consiste en un bref étirement du muscle postérieur de la jambe (extenseur du pied). La réponse est une contraction de ce même muscle, entraînant l'extension du pied. À l'inverse, au cours de cette réaction, le muscle antagoniste, c'est-à-dire ici le muscle antérieur, fléchisseur du pied, doit se relâcher. À l'issue de ce phénomène, les deux muscles reviennent à leur état d'origine (ce qui suppose un relâchement du muscle qui s'est contracté).

DÉFINITION

Muscles antagonistes

Deux **muscles antagonistes** entraînent chacun un mouvement opposé au niveau d'une même articulation. Un muscle extenseur et un muscle fléchisseur d'un même segment de membre sont antagonistes.

B L'arc réflexe myotatique

Un arc réflexe est un mécanisme composé de cinq éléments fonctionnels. Ceux de l'arc réflexe myotatique sont :

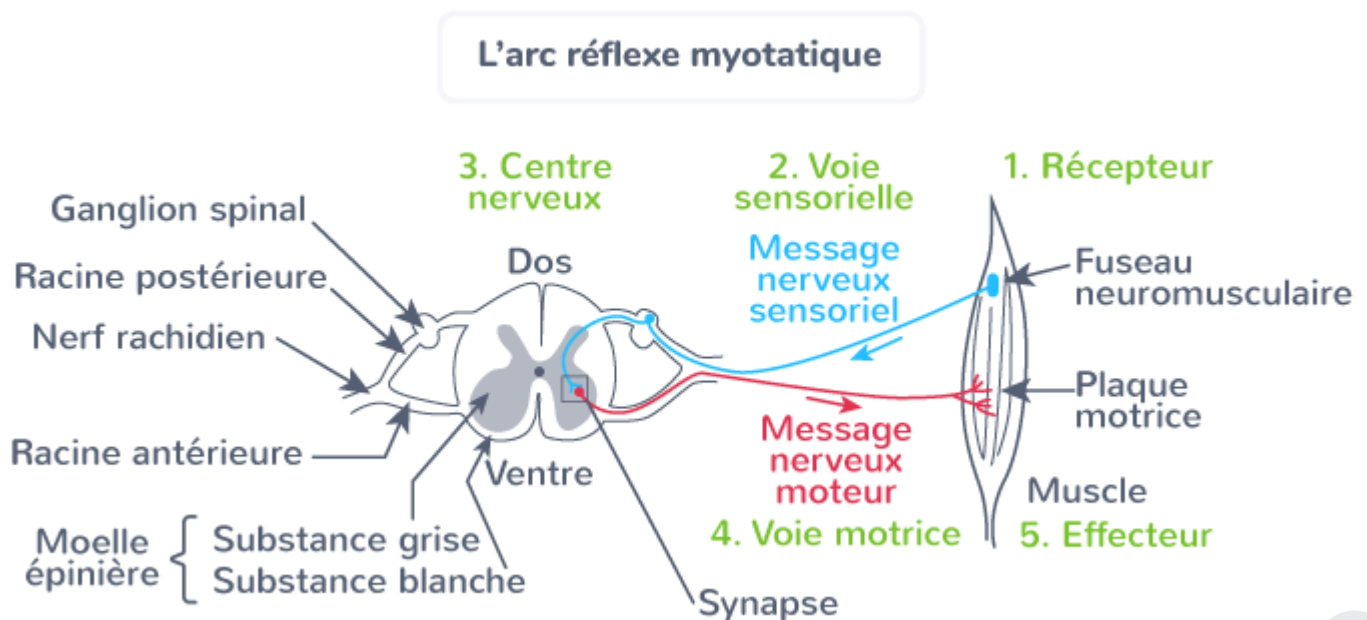
- les récepteurs sensoriels (fuseaux neuromusculaires) ;

- la voie nerveuse sensorielle ;
- le centre nerveux (la moelle épinière) ;
- la voie nerveuse motrice ;
- les effecteurs musculaires.

Le circuit nerveux mis en activité dans un réflexe est un arc-réflexe simple : le message nerveux « part » du muscle étiré, « passe » par la moelle épinière et « revient » au muscle qui se contracte alors.

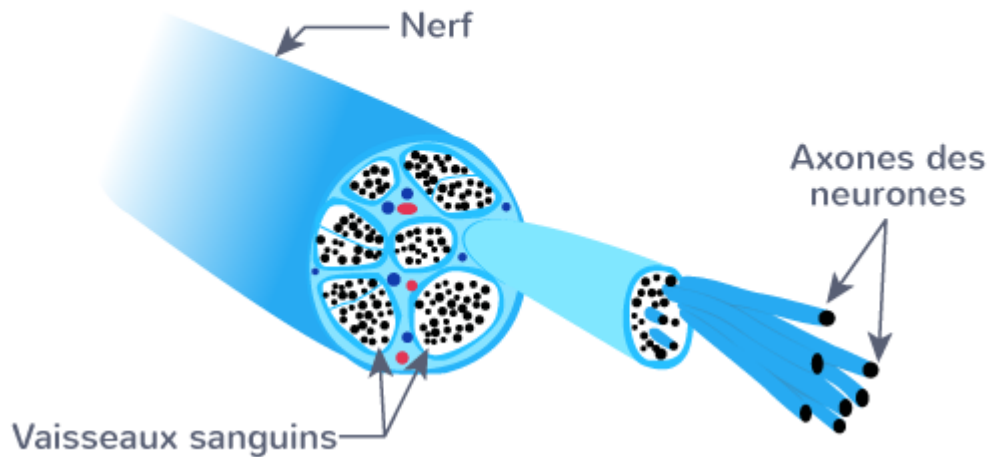
Cinq éléments fonctionnels constitutifs, caractéristiques d'un réflexe, peuvent être identifiés dans cette réaction nerveuse :

- Un récepteur : les fuseaux neuromusculaires situés dans le muscle et sensibles à son étirement.
- Une voie sensorielle : un nerf, puis la racine myotatique postérieure de ce nerf.
- Un centre nerveux : la moelle épinière, où le neurone sensoriel communique avec le neurone moteur.
- Une voie motrice, qui passe par la racine antérieure d'un nerf rachidien puis par ce nerf.
- Un effecteur musculaire : le muscle étiré.



Le message nerveux prend naissance au niveau des récepteurs, puis il circule dans le nerf et la racine postérieure. Une communication avec un neurone-moteur s'effectue au niveau de la substance grise de la moelle épinière. Le message moteur part alors en direction du muscle en empruntant la racine antérieure puis le nerf, jusqu'au muscle. Ce dernier reçoit l'ordre de contraction et se contracte donc en réponse à son étirement initial.

La structure d'un nerf



© Wikimedia Commons

II Le codage de l'information nerveuse

L'information nerveuse naît et circule dans des cellules différenciées : les neurones. Ces neurones sont organisés en réseau. On appelle stimulus la sensation captée par un récepteur sensoriel et qui devient un message nerveux élémentaire codé en fréquence de potentiels d'action.

A Le neurone

Le neurone est une cellule différenciée pour la genèse, la propagation et la transmission de messages. Ses caractéristiques structurelles et fonctionnelles, en particulier ses propriétés membranaires, sont à l'origine d'un potentiel de repos.

Les neurones sont les constituants essentiels du système nerveux. Ils sont associés à des cellules gliales qui les nourrissent et les protègent.

DÉFINITION

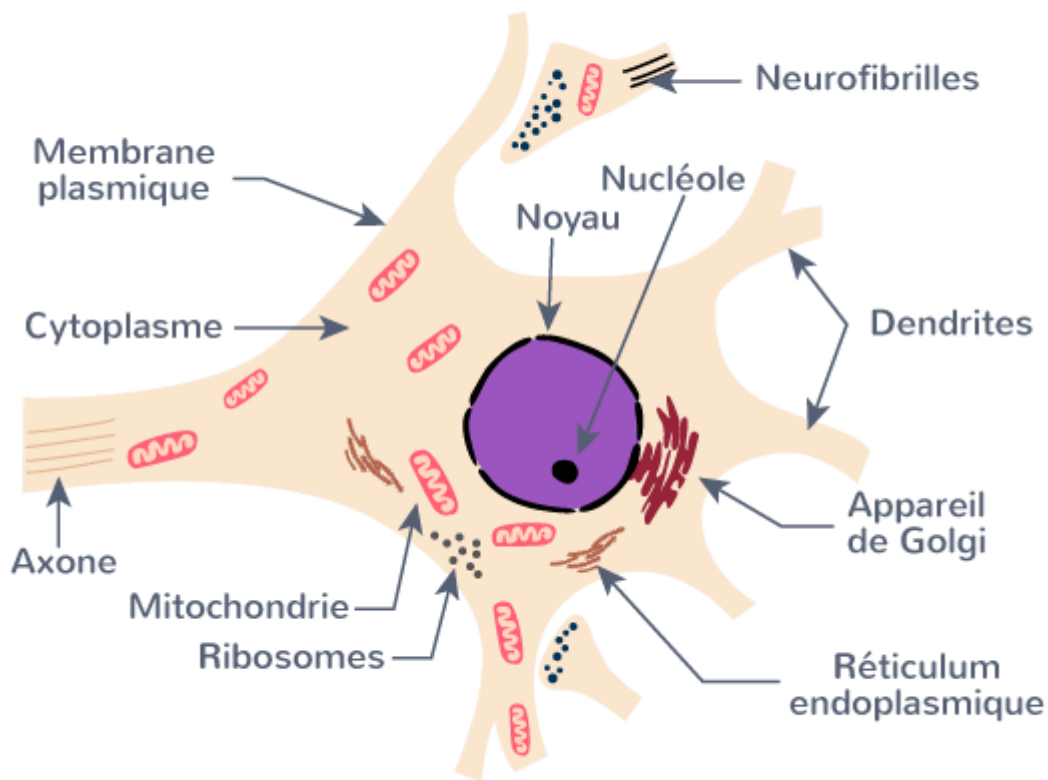
Neurone

Un **neurone** est une cellule différenciée dont les caractéristiques structurelles et fonctionnelles permettent l'ensemble du fonctionnement nerveux.

Un neurone contient les organites caractéristiques des cellules eucaryotes :

- le noyau, dans le corps cellulaire, contenant l'information génétique sous forme d'ADN ;
- les mitochondries productrices d'énergie ;
- les ribosomes et réticulum responsables de la synthèse des protéines et des molécules destinées à être sécrétées ;
- les fibres du cytosquelette qui donnent au neurone sa forme et qui structurent en particulier des prolongements : dendrites et axone ;
- la membrane plasmique limitant la cellule.

La structure du neurone



Dans un neurone, on distingue :

- un pôle récepteur d'informations : dendrites et corps cellulaire ;
- un pôle émetteur de messages : la base de l'axone.

De part et d'autre de la membrane plasmique, il existe une inégalité de répartition de divers ions. Cette différence de concentrations ioniques est à l'origine d'une répartition inégale des charges électriques, générant une polarité électrique de repos : le potentiel de repos.

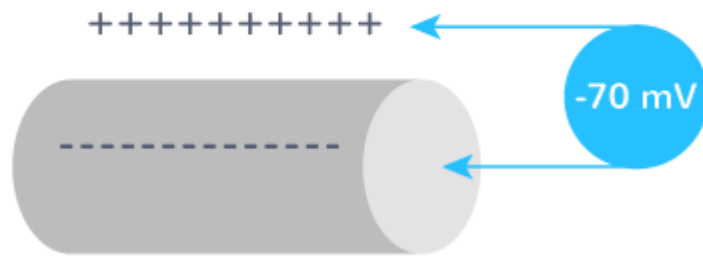
DÉFINITION

Potentiel de repos

Le potentiel de repos d'un neurone est la différence de potentiel transmembranaire qui existe dans un neurone, indépendamment de toute stimulation. Sa valeur moyenne est de l'ordre de -70 mV.

Le signe négatif de la valeur du potentiel de repos indique que l'intérieur du neurone est plus électronégatif que l'extérieur.

Le potentiel de repos d'un neurone



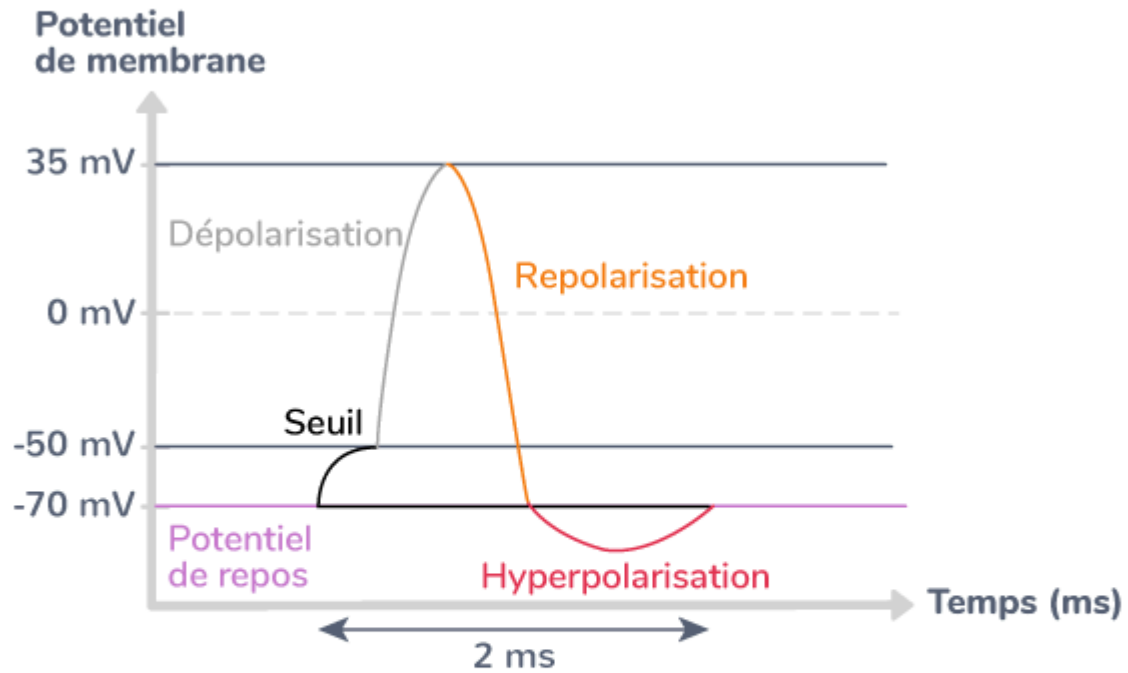
B Le potentiel d'action, message nerveux élémentaire

En réponse à une stimulation, un potentiel d'action peut naître et se propager le long des fibres nerveuses. Lors d'un potentiel d'action, on observe trois phases : la dépolarisation, la repolarisation et l'hyperpolarisation. Il existe un codage électrique en fréquence de l'intensité de la stimulation.

Le potentiel d'action est un phénomène bref. Le potentiel d'action est la conséquence de mouvements entrants (Na^+) puis sortants (K^+) d'ions : il y a donc des mouvements de charges électriques à travers la membrane plasmique de la cellule.

Au cours du potentiel d'action, on observe une inversion transitoire du potentiel électrique membranaire : durant 1 ms environ, l'intérieur devient plus électropositif que l'extérieur. On observe trois phases dans un potentiel d'action.

Un potentiel d'action nerveux



- 1) La dépolarisation : elle se caractérise par une modification de la polarisation membranaire qui, de l'état de repos (-70 mV), passe à +35 mV environ.
- 2) La repolarisation : le potentiel de membrane revient rapidement à la valeur initiale.
- 3) L'hyperpolarisation : le potentiel de membrane descend légèrement en dessous de sa valeur de repos (- 80 mV environ), avant de revenir au repos.



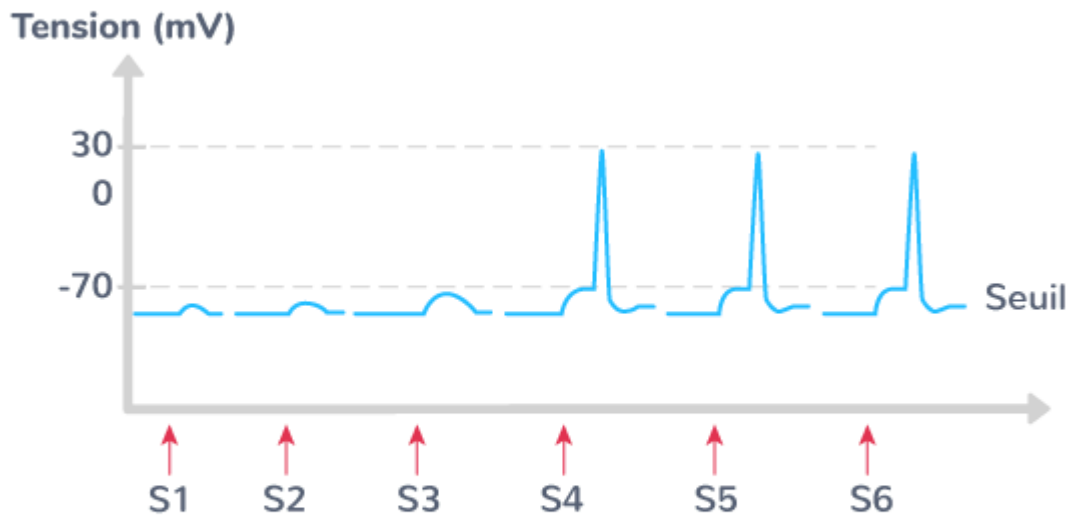
Si un neurone reçoit des stimulations d'intensité croissante, il ne répond pas par un potentiel d'action plus ample. Le potentiel d'action répond à la loi du « tout ou rien ». Cela signifie que :

- soit le potentiel d'action n'apparaît pas, parce que la stimulation a été trop faible ;
- soit il apparaît et alors il a toujours la même amplitude.

Un seuil doit être dépassé pour que le neurone se mette en activité.

Le codage de l'intensité des stimulations se fait par la fréquence à laquelle les potentiels d'action sont émis.

La loi du tout ou rien



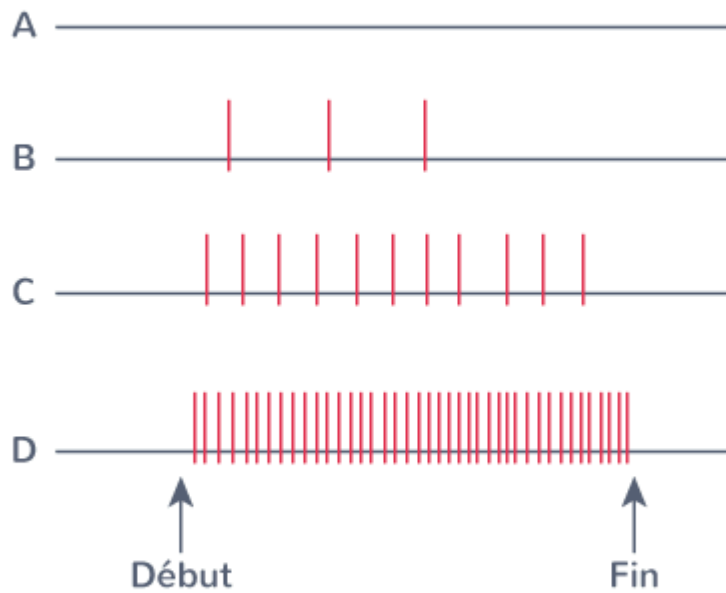
Les stimulations S1 à S6 sont d'intensité croissante. De S1 à S3, il n'y a pas d'apparition de potentiel d'action. À partir de S4, le seuil est dépassé, mais le potentiel d'action est toujours le même.

DÉFINITION

Codage électrique en fréquence

Le codage électrique en fréquence est la capacité des neurones à transformer l'intensité d'une stimulation en potentiels d'action émis à des fréquences variables.

Le codage en fréquence : réponses d'un fuseau neuromusculaire à un étirement



A : Étirement trop faible, pas de réponse du neurone
B à D : Étirement de plus en plus important
Chaque trait vertical représente un potentiel d'action.

Dès lors qu'il apparaît en un point du neurone, le potentiel d'action se propage, sans perdre d'amplitude, à une vitesse variant de 0,5 à 120 m/s environ.

III La transmission des messages nerveux

Les messages nerveux se transmettent :

- d'un neurone à l'autre par une synapse neuro-neuronale ;
- d'un neurone à une cellule musculaire par une synapse neuromusculaire.

Le signal est transmis par l'intermédiaire de substances chimiques, les neurotransmetteurs. Dans le cas de la synapse neuromusculaire, ce neurotransmetteur est l'acétylcholine.

A La transmission des messages nerveux par une synapse neuro-neuronale

La synapse neuro-neuronale est une zone de communication entre deux neurones par voie chimique. Un neurotransmetteur est libéré par le neurone pré-synaptique. Ce neurotransmetteur agit sur le neurone post-synaptique en se fixant sur des récepteurs membranaires spécifiques. Plus la libération de neuromédiateurs est importante, plus le message transféré est fort et plus le potentiel post-synaptique est élevé. C'est le codage biochimique en concentration de neurotransmetteur. Les potentiels post-synaptiques peuvent être excitateurs ou inhibiteurs.

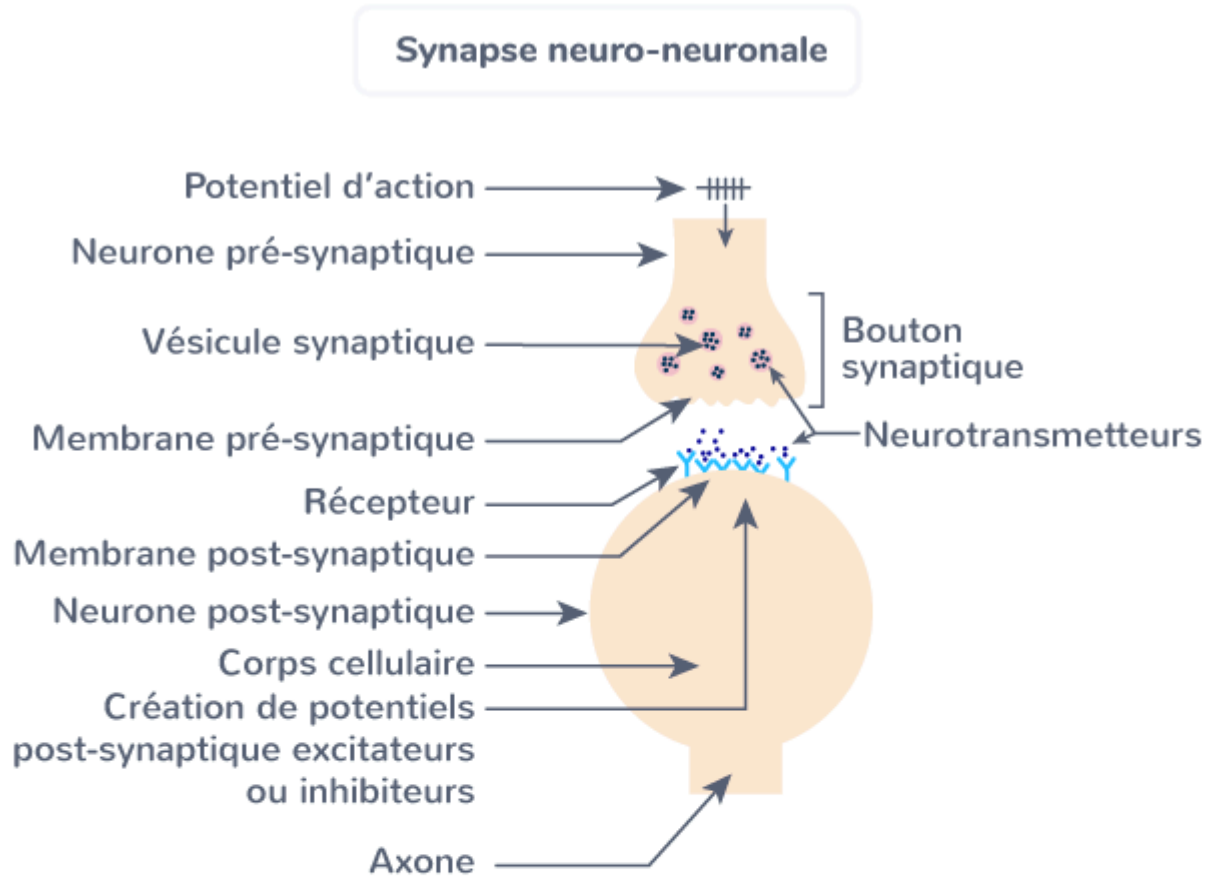
Les neurones permettent la propagation des messages nerveux sous forme de signaux électriques élémentaires, les potentiels d'action, codés en fréquence.

Mais entre deux neurones, c'est un autre mode de transmission des messages qui se produit. La transmission des messages nerveux se fait grâce à des synapses.

DÉFINITION

Synapse

Une synapse est une zone de communication entre neurones ou entre un neurone et un organe-cible (un muscle par exemple). La transmission des messages s'y produit grâce à des neurotransmetteurs.



- Les potentiels d'action parcourent la membrane du neurone pré-synaptique jusqu'à la synapse.
- Les neuromédiateurs contenus dans les vésicules synaptiques sont libérés dans la fente synaptique par exocytose.
- Les neuromédiateurs se fixent sur les récepteurs de la membrane du neurone post-synaptique.
- La fixation des neuromédiateurs sur leur récepteur déclenche la création de potentiels post-synaptiques qui parcourent la membrane du neurone post-synaptique et sont ensuite intégrés par ce dernier.



DÉFINITION

Codage biochimique en concentration

Le codage biochimique en concentration correspond au fait que les neurones sécrètent des quantités plus ou moins importantes de neurotransmetteurs au niveau synaptique, en fonction de l'intensité du message à

transmettre.

Les potentiels post-synaptiques peuvent être :

- excitateurs : ils favorisent l'apparition d'un potentiel d'action dans le neurone post-synaptique ;
- inhibiteurs : ils inhibent l'apparition d'un potentiel d'action.

Les synapses sont donc excitatrices ou inhibitrices.

B La transmission des messages nerveux par une synapse neuromusculaire

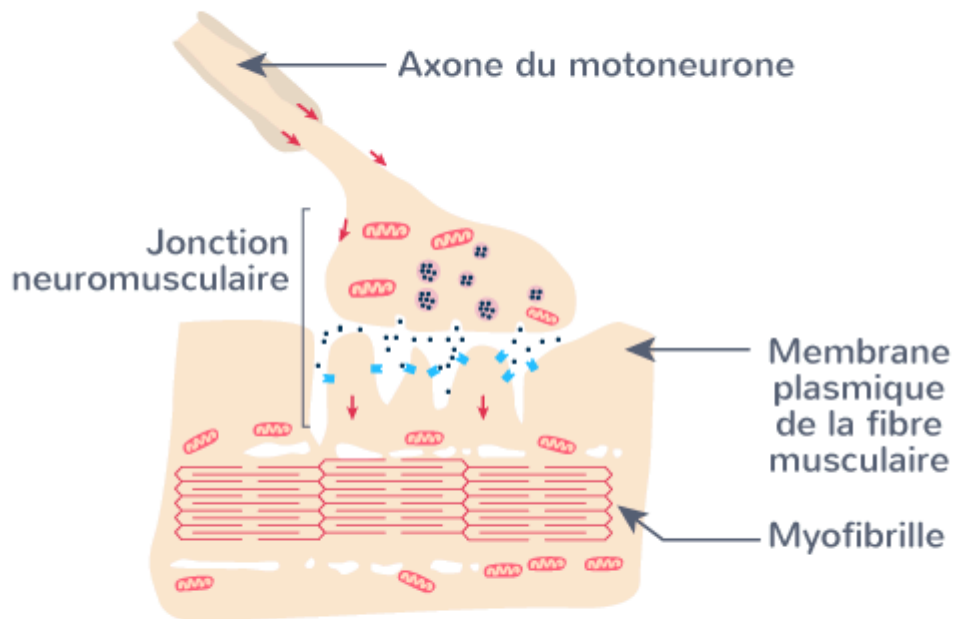
La synapse neuromusculaire est une synapse chimique. Le neurotransmetteur est l'acétylcholine. La fixation de l'acétylcholine sur la cellule musculaire entraîne des réactions qui aboutissent à l'élévation du taux intracellulaire de calcium. Ce phénomène déclenche la contraction musculaire.

La synapse neuromusculaire assure la transmission de l'ordre de contraction du neurone au muscle. Il s'agit d'une synapse chimique dont le neurotransmetteur est l'acétylcholine.

L'arrivée du potentiel d'action dans la terminaison du neurone-moteur provoque l'entrée de calcium dans ce neurone. Cela déclenche la sécrétion d'acétylcholine. Le neurotransmetteur diffuse l'acétylcholine dans la fente synaptique et se fixe sur des récepteurs localisés sur la membrane de la cellule musculaire. Un potentiel d'action musculaire apparaît et le muscle se contracte.

L'acétylcholine est rapidement dégradée dans la fente synaptique par une enzyme : l'acétylcholine-estérase. Après le déclenchement de la contraction musculaire, la disparition de l'acétylcholine entraîne le relâchement de ce muscle.

La synapse neuromusculaire



- Récepteur à l'acétylcholine
- Réticulum sarcoplasmique
- Message potentiel d'action

- Mitochondrie
- Vésicule synaptique
- Acétylcholine

