

CHAPITRE 1 NEURONE ET FIBRE MUSCULAIRE: LA COMMUNICATION NERVEUSE

Le système nerveux intervient dans le contrôle de nombreuses actions dans l'organisme nécessitant un délai court ou très court pour leur mise en œuvre (perception, mouvements réflexes ou volontaires ... 📖).

L'observation de ces actions peut servir d'outil diagnostique pour apprécier l'intégrité du système neuromusculaire : ainsi en est-il du réflexe achilléen, exemple de réflexe myotatique.

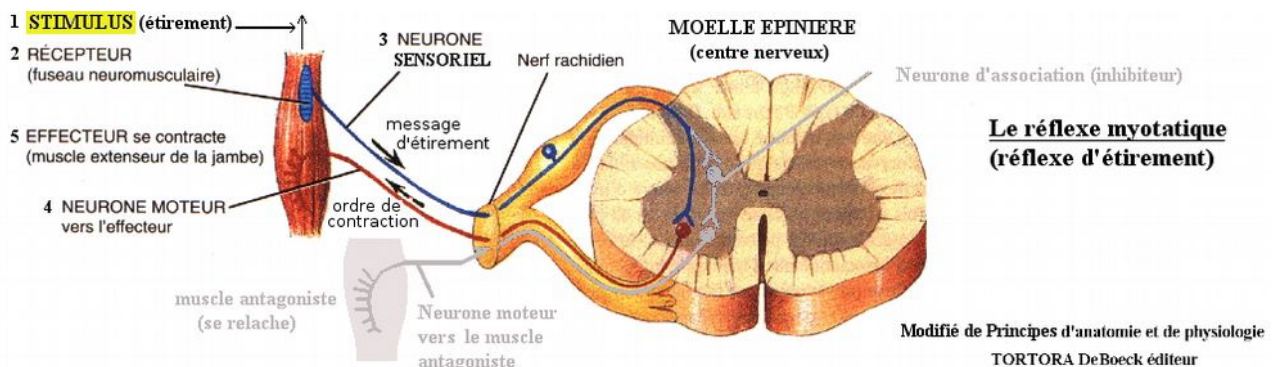
1.1 La commande réflexe du muscle, exemple du réflexe myotatique

Lorsqu'on étire un muscle (par exemple un poids dans la main qui provoque l'allongement du muscle du bras) celui-ci se **contracte** 📖 spontanément en réaction (il se raccourcit 📖). Ce **réflexe** (réaction musculaire involontaire) tend à ramener le muscle à sa longueur initiale et assure en particulier le tonus musculaire nécessaire au maintien de la posture (exemple de phénotype comportemental) : il est appelé réflexe **myotatique** (ou réflexe d'étirement).



Le réflexe myotatique met en jeu différents éléments qui constituent **l'arc-réflexe** 📖 📖.

- un **capteur** capable de détecter le changement de longueur du muscle (capteur de longueur = **fuseau neuromusculaire**).
- un **neurone sensoriel** amenant l'information produite par le fuseau en direction de la moelle épinière (centre nerveux).
- un **neurone moteur (motoneurone)** partant de la **moelle épinière** et amenant les ordres élaborés par la moelle vers les fibres musculaires.
- Les **fibres musculaires** connectées au neurone moteur effectuent la réaction (elles jouent le rôle **d'effecteur**).



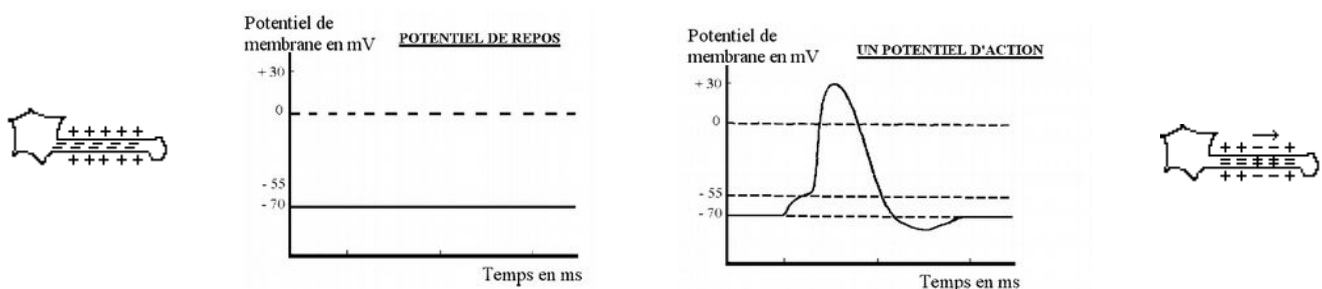
Le réflexe myotatique est un réflexe **monosynaptique** (une seule synapse **entre neurones** est mise en jeu entre le stimulus et la réponse). Attention, il existe également une synapse entre motoneurone et fibres musculaires.

1.2 Création et transport d'un message nerveux

1.2.1 Création et transport d'un message nerveux dans un neurone 📖

Au repos, l'intérieur du neurone est chargé négativement (-70 mV en moyenne), on parle de **potentiel de repos** 📖. Il faut noter que ce potentiel de repos existe dans toutes les cellules (en raison de différences de concentrations ioniques entre intérieur et extérieur de la cellule).

Après stimulation d'un neurone, cette charge est modifiée (des canaux s'ouvrent dans la membrane entraînant des déplacements d'ions), et cette modification se déplace le long de la cellule nerveuse, on parle de **potentiel d'action** 📖. Celui-ci existe dans les neurones et les cellules musculaires 📖.



Un potentiel d'action est une inversion transitoire de la différence de charge entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule (**potentiel membranaire**). Il se propage le long de la membrane cellulaire et déplace ainsi le message sous forme électrique (déplacement de charges). Au cours de sa propagation, le potentiel d'action conserve toutes ses caractéristiques. Après inversion, la membrane revient au potentiel de repos.

Les **messages nerveux** se traduisent au niveau d'une fibre nerveuse par des trains (des séries) de potentiels d'action, d'amplitude constante. L'intensité de la stimulation est codée par la fréquence des potentiels d'action (**codage électrique en fréquence**).

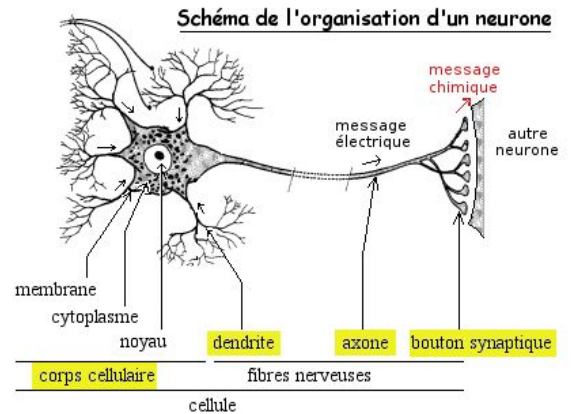
1.2.2 Transfert des messages d'un neurone à une autre cellule, le fonctionnement des synapses chimiques

Le message nerveux électrique **présynaptique** (codé en fréquence de potentiels d'action), est transmis d'un neurone à d'autres cellules (neurones ou cellules effectrices). La transmission se fait dans des zones spécialisées appelées **synapses**. Le message est généralement transféré sous forme de molécules, on parle de **synapse chimique**.

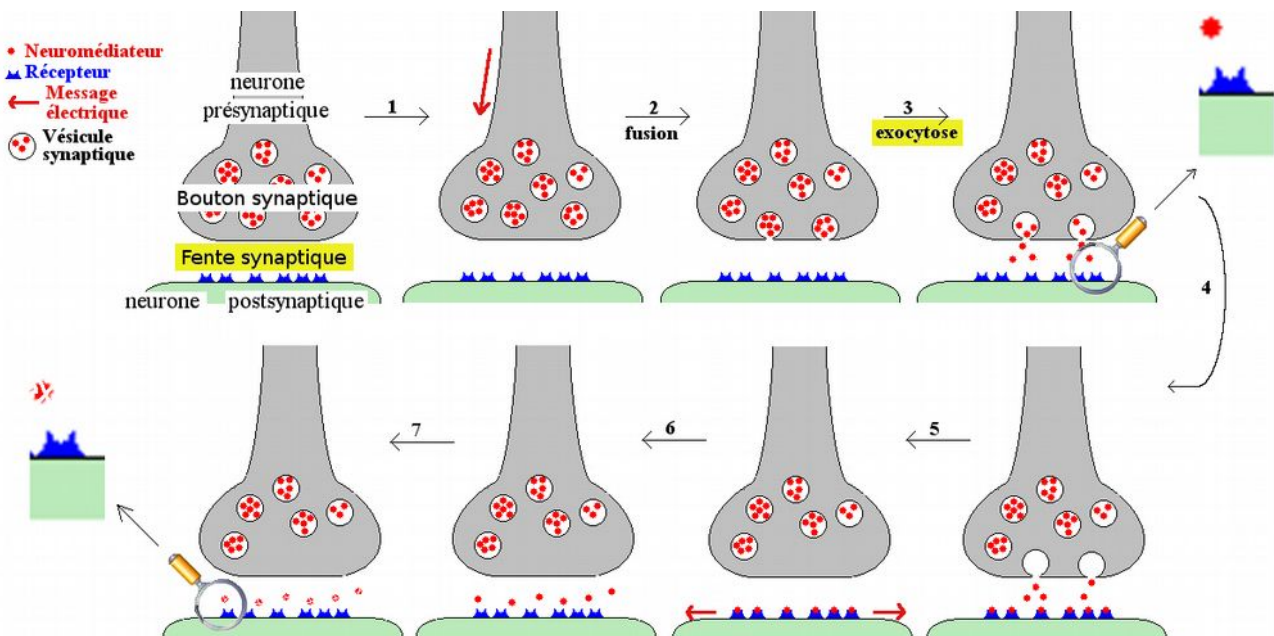
Le codage se fait sous forme d'une molécule spécifique appelée **neuromédiateur**. Cette fois, le message est codé en concentration de neuromédiateur (**codage chimique en concentration**).

Les molécules de neuromédiateur se fixent sur des **récepteurs membranaires post-synaptiques** de forme complémentaire à la leur. Cette fixation induit une modification de l'activité du **neurone post-synaptique**. Ce changement d'activité est à l'origine d'une nouvelle activité de la cellule post synaptique (message nerveux, contraction ... selon le type de cellule impliqué).

Les récepteurs postsynaptiques sont localisés sur certaines fibres nerveuses, les **dendrites**, ou sur le **corps cellulaire**. Par ailleurs, chaque cellule nerveuse a une fibre nerveuse disposant de synapses à son extrémité appelée **axone**. Cette organisation implique que le message ne peut se transmettre que d'une zone créant un message électrique (dendrite ou corps cellulaire) vers l'axone. La localisation des **vésicules pré-synaptiques** et des récepteurs membranaires post-synaptiques explique le sens de conduction du message nerveux.



Le fonctionnement d'une synapse chimique



Selon leurs formes, certaines molécules peuvent se fixer sur les récepteurs et les stimuler ou les bloquer (certains poisons ou médicaments par exemple). D'autre part, une mutation au niveau du gène codant pour le récepteur peut modifier sa forme et empêcher ainsi la fixation du neuromédiateur.

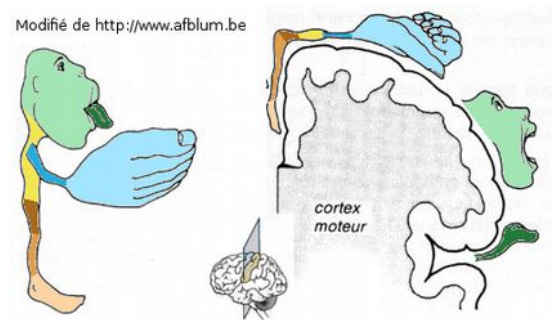
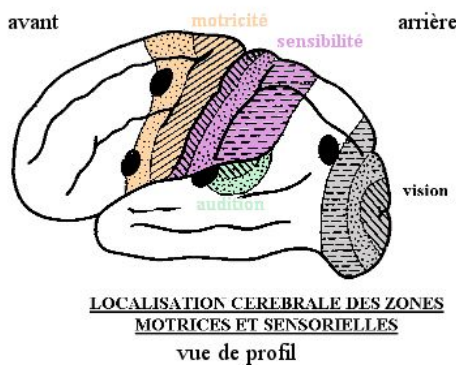
1.3 La commande volontaire du mouvement.

Si le réflexe myotatique sert d'outil diagnostique pour identifier d'éventuelles anomalies du système neuromusculaire local, il n'est pas suffisant car certaines anomalies peuvent résulter de problèmes touchant le système nerveux central et se traduire aussi par des dysfonctionnements musculaires. Ainsi, les mouvements volontaires sont contrôlés par l'**encéphale** (dans la boîte crânienne).

1.3.1 Cerveau et mouvement volontaire

L'exploration du cortex cérébral permet de découvrir les **aires motrices** spécialisées à l'origine des mouvements volontaires. La coordination des différentes aires permet de réaliser des mouvements efficaces 🗨️ 🗨️. A noter que pour un certain nombre de commandes, l'hémisphère gauche commande le corps droit et inversement 📖 .

Organisation de l'aire motrice primaire Coupe verticale de face

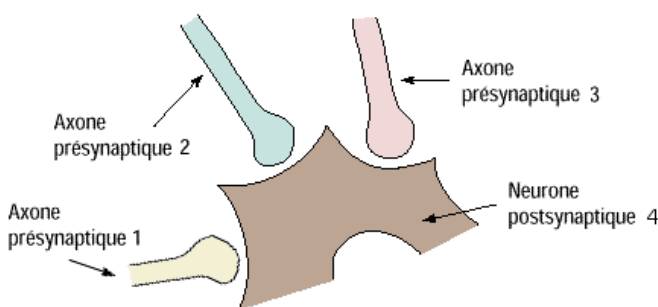
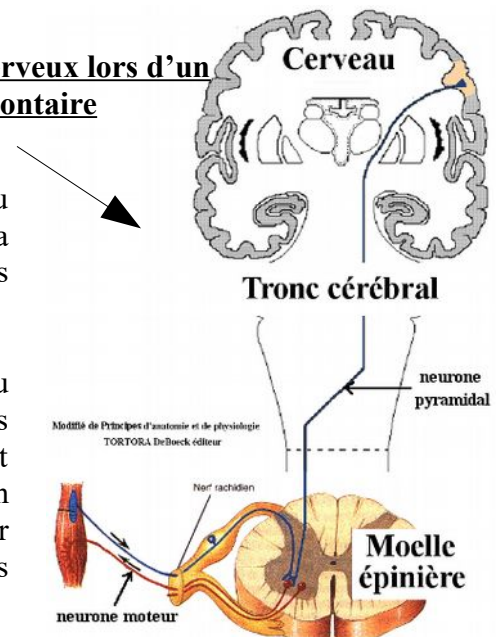


Le trajet du message nerveux lors d'un mouvement volontaire

1.3.2 Du cerveau à la moelle épinière

Les messages nerveux moteurs qui partent du cerveau cheminent par des faisceaux de neurones qui descendent dans la moelle jusqu'aux moto-neurones. C'est ce qui explique les effets paralysants des lésions médullaires (de la moelle).

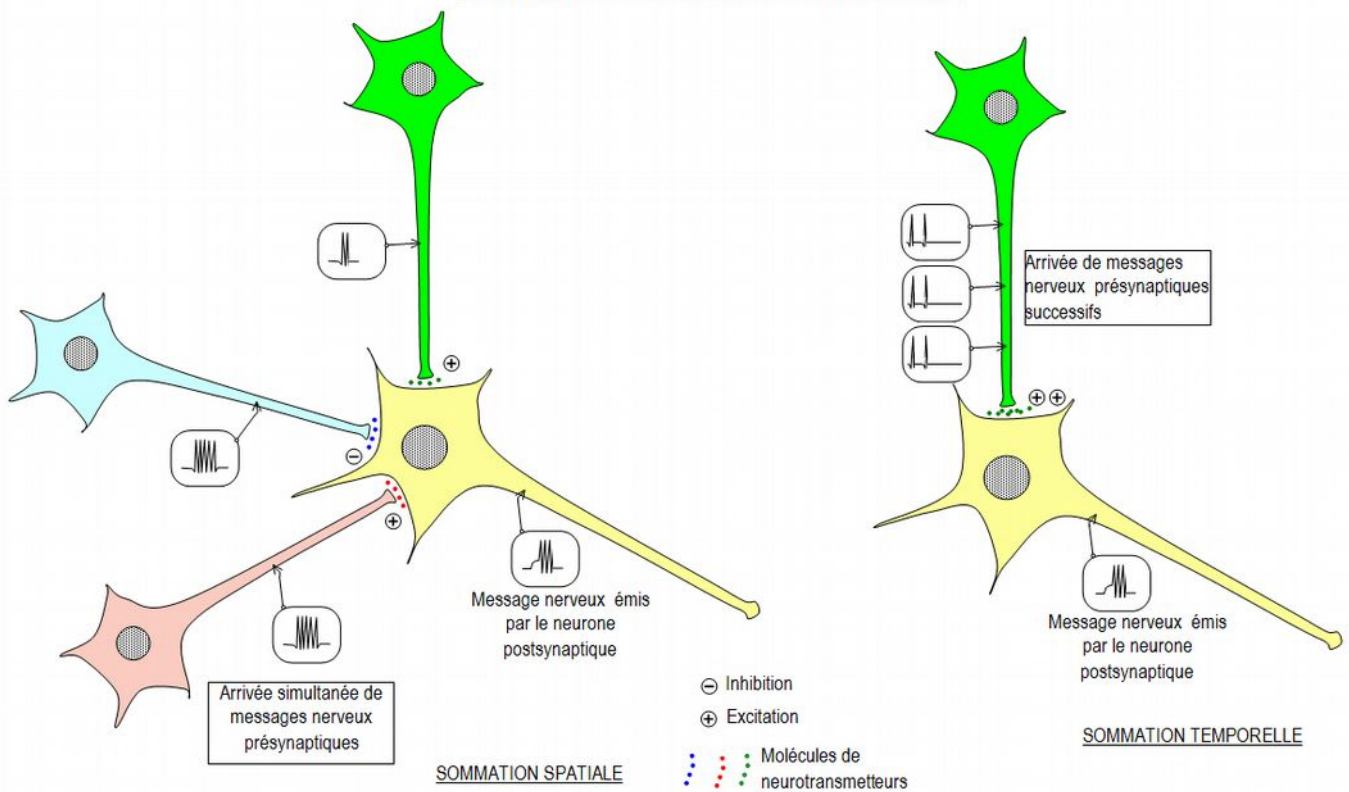
Le corps cellulaire du moto-neurone reçoit des informations au niveau de synapses de différentes provenances (provenant des muscles et contrôlant les réflexes, provenant du cerveau et contrôlant les mouvements volontaires) qu'il **intègre** sous la forme d'un message moteur unique. Il y a **sommation** des messages reçus pour produire une réponse unique 🗨️. La volonté peut ainsi prendre le pas sur le réflexe (et inversement).



Intégration des messages reçus par un motoneurone : le principe sur l'exemple de la sommation spatiale

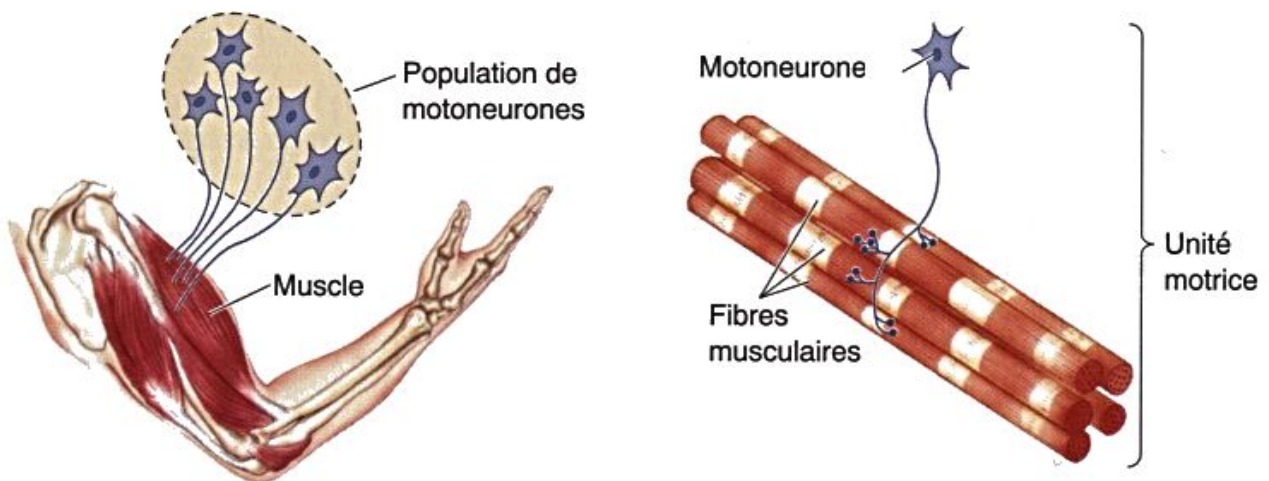
Potentiels reçus séparément			Sommation
1	2	3	4
+++			+++
+	+	+	+++
++		+	+++
+			+
+	-	+	+
+++	---	+	+
Potentiels d'action présynaptiques			Potentiel postsynaptique

Sommation spatiale et temporelle



1.3.3 De la moelle épinière au muscle


Chaque fibre musculaire reçoit le message d'un seul motoneurone (mais un motoneurone innerve plusieurs fibres musculaires = une **unité motrice**). Au niveau musculaire, le message est constitué d'un neuromédiateur précis, **l'acétylcholine**. La fixation de l'acétylcholine sur les fibres musculaires provoque des **potentiels d'action musculaires**.

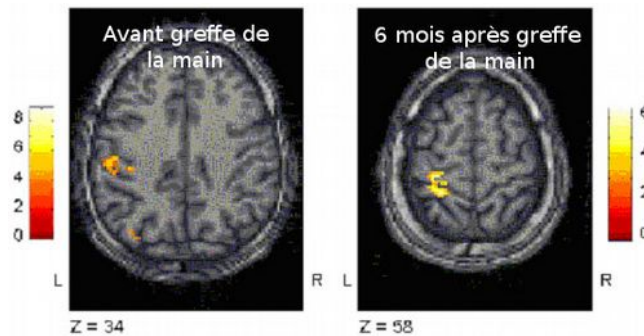


Action des motoneurones sur le muscle

1.4 Motricité et plasticité cérébrale, l'évolution des capacités motrices individuelles avec les apprentissages.

1.4.1 Mise en évidence de la plasticité du cerveau

Le système nerveux central peut récupérer ses fonctions motrices après une lésion limitée à une petite partie du cortex moteur (accident, tumeur, opération, vieillissement) ou après modification de l'appareil moteur (amputation, greffe ...). Cette capacité de récupération met en évidence la **plasticité** des zones motrices. Elle peut également être mise en évidence lors d'accidents touchant la capacités de mouvements (amputations, greffes) .

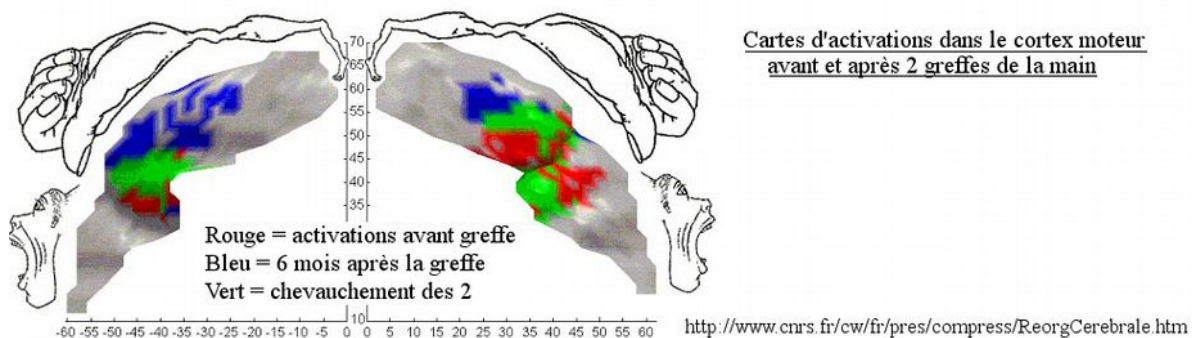


Mise en évidence de la plasticité cérébrale par comparaison de cartes d'activation du cortex moteur d'un patient greffé de la main contrôlant les mouvements de la main

(<http://www.cnrs.fr/cw/fr/pres/compress/ReorgCerebrale.htm>).

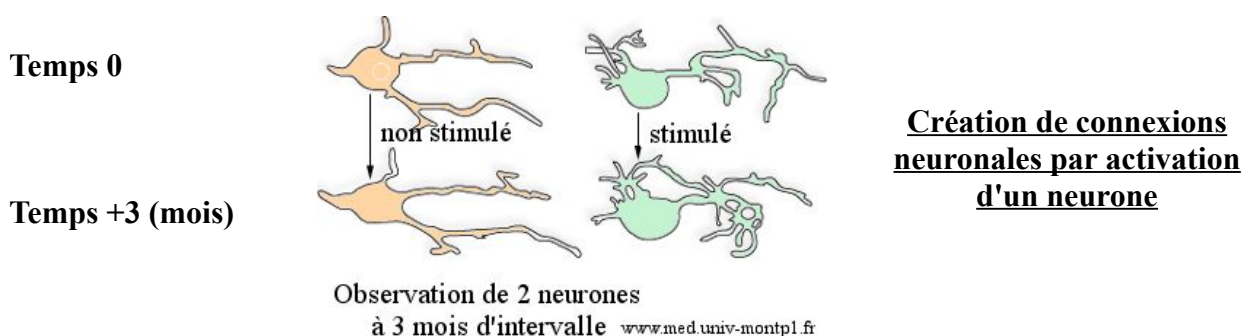
1.4.2 Les conséquences de la plasticité au niveau cérébral

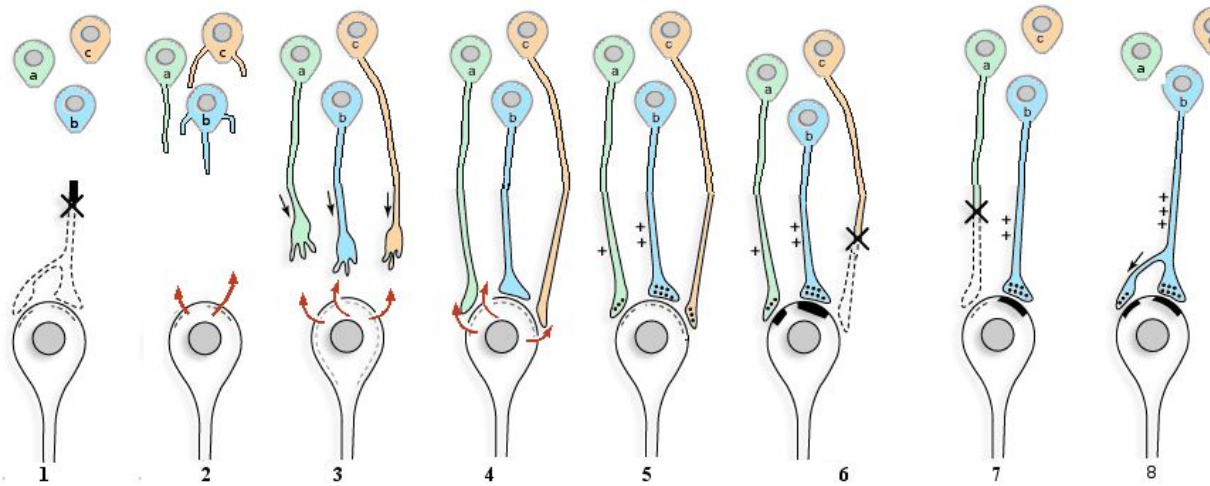
La comparaison des **cartes motrices** de plusieurs individus montre des différences importantes. Loin d'être innées, ces différences s'acquièrent au cours du développement, de **l'apprentissage** des gestes et de **l'entraînement**. Les capacités de remaniements se réduisent tout au long de la vie, de même que le nombre de cellules nerveuses. C'est donc un capital à préserver et entretenir.



1.4.3 Les mécanismes de la plasticité au niveau neuronal

L'activité neuronale interne ou déclenchée par l'environnement a une influence sur les **connexions synaptiques**. L'activité d'une personne crée de nouvelles connexions, Il y a **stabilisation** des connexions existantes qui fonctionnent et **dépression** de celles non ou peu utilisées. Cela entraîne une **plasticité neuronale** permettant une adaptation à l'environnement (apprentissage de conduite par exemple). Cette plasticité a une influence sur son **phénotype**. On peut parler de **plasticité structurale** (la structure nerveuse est modifiée) et de **plasticité fonctionnelle** (le fonctionnement et les fonctions disponibles sont modifiés).





Schématisation d'un modèle de la plasticité neuronale

↖ facteurs de croissance nerveux

+ activité faible

++ activité moyenne

+++ activité forte

X destruction de connexions

- 1 mort d'un neurone (tumeur, accident) ou destruction d'une connexion (absence d'activité)
- 2 libération de facteur de croissance par le neurone ayant perdu ses connexions
- 3 création de fibres nerveuses en direction de la zone de production de facteur de croissance
- 4 établissement de connexions
- 5 stabilisation de connexions par l'activité (création de synapses)
- 6 7 destruction des connexions par l'activité insuffisante (les moins utilisées)
- 8 multiplication des connexions les plus utilisées par l'axone

Le principal facteur déterminant les capacités d'un cerveau est donc l'usage de ce cerveau, les activités mises en œuvre. Dans ce domaine, **l'acquis** est plus important que **l'inné**.

En conclusion, le fonctionnement du système nerveux est donc systématiquement sous contrôle d'un **centre nerveux** : moelle épinière pour certains réflexes innés, encéphale pour les mouvements volontaires et les réflexes acquis (écriture ...). Sa grande souplesse permet une adaptation à une très grande variété de situations.

Neurone et fibre musculaire : la communication nerveuse

Table des matières

CHAPITRE 1 NEURONE ET FIBRE MUSCULAIRE: LA COMMUNICATION NERVEUSE.....	1
1.1 La commande réflexe du muscle, exemple du réflexe myotatique.....	1
1.2 Création et transport d'un message nerveux.....	1
1.2.1 Création et transport d'un message nerveux dans un neurone &.....	1
1.2.2 Transfert des messages d'un neurone à une autre cellule, le fonctionnement des synapses chimiques.....	2
1.3 La commande volontaire du mouvement.....	3
1.3.1 Cerveau et mouvement volontaire.....	3
1.3.2 Du cerveau à la moelle épinière.....	3
1.3.3 De la moelle épinière au muscle.....	4
1.4 Motricité et plasticité cérébrale, l'évolution des capacités motrices individuelles avec les apprentissages.....	5
1.4.1 Mise en évidence de la plasticité du cerveau.....	5
1.4.2 Les conséquences de la plasticité au niveau cérébral.....	5
1.4.3 Les mécanismes de la plasticité au niveau neuronal.....	5