

PARTIE III
ASPECTS DU FONCTIONNEMENT DES
CENTRES NERVEUX

Chapitre 7

LES PROPRIETES INTEGRATRICES DES CENTRES NERVEUX A PARTIR D'UN EXEMPLE : LE REFLEXE DE POSTURE

Un être vivant, d'après les lois de la pesanteur, devrait être incapable de rester debout, or la posture est assurée chez tout être vivant.

Problématique : Quels sont les mécanismes permettant d'expliquer le maintien de la posture chez un individu ?

I. LA POSTURE EST POSSIBLE GRACE A UN REFLEXE : LE REFLEXE MYOTATIQUE OU REFLEXE DE POSTURE

1°) Le réflexe peut être mis en évidence grâce à des expériences très simples :

Utilisation d'un maillet à réflexe sur le genou, sur le tendon d'Achille, ...

2°) Le réflexe myotatique est une contraction :

- C'est une **contraction involontaire d'un muscle squelettique en réponse à son propre étirement**.
- Le réflexe myotatique est à l'origine d'un état de contraction permanent que l'on appelle **tonus musculaire**.

II. LE REFLEXE MYOTATIQUE NECESSITE DES SUPPORTS :

1°) L'arc réflexe : le circuit emprunté par le réflexe myotatique :

L'**arc réflexe** est constitué des structures suivantes : récepteur, nerf sensitif, centre nerveux (C.N.), nerf moteur, effecteur.

2°) Récepteurs et effecteurs :

- **Les récepteurs du réflexe myotatique sont des fuseaux neuro-musculaires**. Ce sont des ensembles de fibres musculaires transformées situées au cœur du muscle et autour duquel s'enroulent des terminaisons dendritiques de neurone.
- **Les effecteurs sont des fibres musculaires striées**. Une fibre musculaire striée est une cellule à plusieurs noyaux ; elle est constituée de nombreux éléments contractiles appelés myofibrilles.

3°) Le centre nerveux est une structure orientée :

Il existe un sens de circulation.

4°) Les nerfs sont les voies de circulation :

- *Voies afférentes* : ce sont des terminaisons nerveuses des neurones sensitifs dont les corps cellulaires sont situés dans les ganglions rachidiens (au niveau de la racine dorsale du nerf rachidien). Elles s'enroulent autour des fibres du fuseau neuro-musculaire.
- *Voies efférentes* : ce sont les axones des neurones moteurs dont le corps cellulaire se trouvent dans les cornes ventrales de la substance grise. Un neurone moteur peut innerver (= être en

contact avec) plusieurs fibres musculaires striées. L'ensemble des fibres innervées par un seul neurone constitue l'**unité motrice** de ce neurone. Le jonction entre un neurone et une fibre neuro-musculaire est un synapse portant le nom de **jonction neuro-musculaire** ou **plaque motrice**.

5°) Le réflexe myotatique est un réflexe monosynaptique :

Entre le récepteur et l'effecteur , il n'y a qu'un seul relais entre 2 nerfs, qu'une seule synapse nerf-nerf (donc la jonction neuro-musculaire) c'est donc un **réflexe monosynaptique**.

III. LES MUSCLES EFFECTEURS ONT UNE ACTIVITE COORDONNEE :

1°) Il existe un antagonisme musculaire :

- 2 muscles antagonistes ne se contractent jamais en même temps. Quand le muscle stimulé se contracte, le muscle antagoniste se relâche (voire s'étend)
- *Comment est-ce possible ?* Il y a stimulation du moto-neurone du muscle stimulé et inhibition du moto-neurone innervant le muscle antagoniste. C'est l'**innervation réciproque**.

2°) La réponse motrice est régulée par différentes voies :

- A l'aide d'une expérience, on remarque que plus le muscle est contracté, moins le réflexe myotatique est important, on voit donc que **l'activité des neurones moteurs peut aussi être régulée par les C.N. supérieurs (l'encéphale)**
- Le neurone moteur fournit une réponse qui résulte de **la somme des activations et des inhibitions qu'il reçoit**.
- Le neurone moteur réalise l'**intégration** des messages nerveux.

Chapitre 8

LE FONCTIONNEMENT DES NEURONES

Problématique : Par quels mécanismes les neurones transmettent-ils un stimulus capté par un récepteur jusqu'aux effecteurs ?

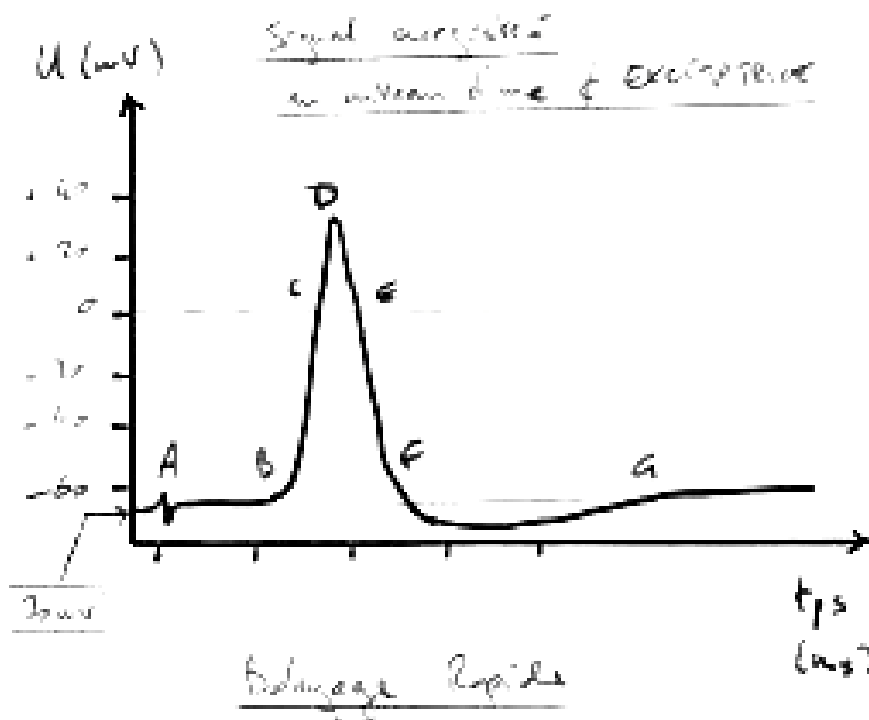
I. LE NEURONE VEHICULE UN MESSAGE NERVEUX CONSTITUÉ DE SIGNAUX ELECTRIQUES

Qu'est ce qu'un message nerveux ?

1° L'activité électrique peut être enregistrée :

- Toutes les cellules sont chargées électriquement. On enregistre une différence de potentiels (DDP) appelé potentiel membranaire de repos, variable selon le type de cellule mais toujours négative (car le milieu intérieur est chargé négativement par rapport à l'extérieur)
- Seules certaines cellules modifient leur DDP quand elles sont stimulées et on enregistre alors un potentiel d'action (PA).

2° LE PA est le signal élémentaire du message nerveux :



Sur un enregistrement de PA, on peut remarquer / calculer :

- L'artefact de stimulation (A)
- Le temps de latence (AB)
- La dépolarisation (= approche de 0) (BC)
- L'inversion de la polarité (CD)
- La repolarisation (DEF)
- L'hyperpolarisation (FG)
- Le retour au potentiel de repos (G)

3°) Le PA obéit à la loi du tout ou rien :

a) Seuil de dépolarisation :

- le PA n'apparaît qu'à partir d'une certaine intensité, qui est appelée **le seuil d'excitation**
- **Le seuil de dépolarisation concerne la valeur de dépolarisation qui doit être franchie pour obtenir un PA.**
- Si le seuil de dépolarisation, le PA apparaîtra plus vite.

b) Amplitude :

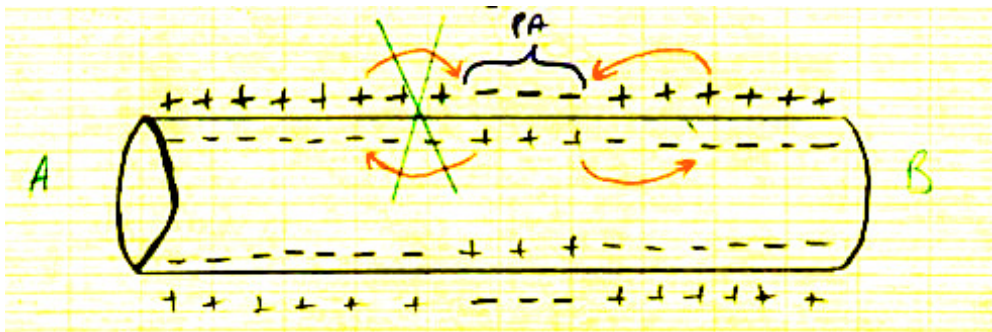
- le PA a toujours la même amplitude qu'elle que soit l'intensité de stimulation supraliminaire.
- **Le PA est là toujours en entier, jamais à moitié, c'est la loi du « tout ou rien ».**

4°) Le PA n'apparaît pas en période réfractaire :

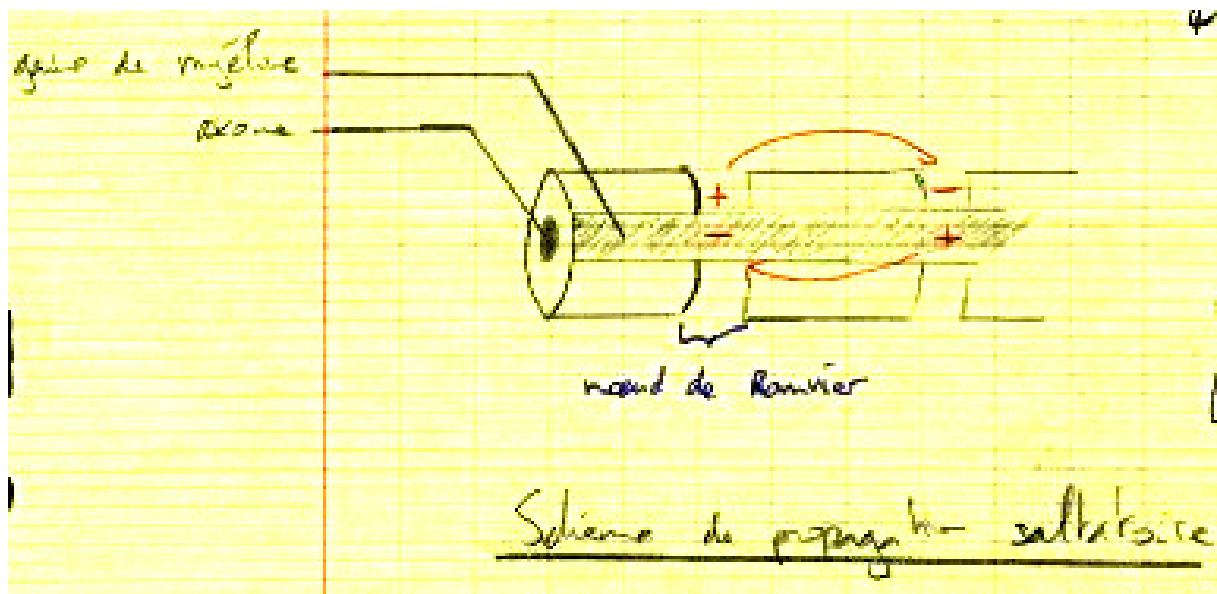
- **Période réfractaire : c'est l'intervalle de temps pendant lequel une fibre nerveuse est inexcitable c'est-à-dire ne peut répondre à une dépolarisation par un PA.**
- Cette période empêche la dépolarisation permanente de la membrane qui ne permettrait plus au neurone de distinguer 2 PA et, par ce biais, de véhiculer le message.

5°) Le PA se propage sans modification le long de la fibre nerveuse :

- Le PA ne se déplace pas mais se propage, il est régénéré de proche en proche et **sa propagation est unidirectionnelle** grâce à la période réfractaire.



- **La vitesse de propagation du message nerveux varie** de 1 à 100 m/s. Elle dépend de la conductivité des milieux, du diamètre des fibres (de 1 à 3 microns : $v=1\text{m/s}$, de 15 à 20 microns : $v=100\text{m/s}$) et surtout de la présence ou non de la **gaine de myéline (propagation saltatoire)**.



II. LE PA APPARAÎT AU NIVEAU D'UN RECEPTEUR SENSORIEL

1°) Le récepteur sensoriel réagit à un stimulus spécifique

- Le récepteur sensoriel est un capteur spécialisé à réagir avec une extrême sensibilité à un stimulus spécifique.
- Il existe des récepteurs spécialisés pour chacun des 5 sens.

2°) Le stimulus est converti en un potentiel de récepteur :

- A chaque fois que l'on stimule, on enregistre une modification de la DDP du neurone, c'est une dépolarisation locale appelée **potentiel de récepteur (PR)**.
- Il est graduable selon l'activité du stimulus : il est **proportionnel à la stimulation**.

3°) Le PR peut engendrer un PA :

Quand le PR dépasse le seuil de polarisation on peut enregistrer un PA.

4°) Le message nerveux est codé en fréquence de PA :

- Si l'intensité de stimulation augmente, la fréquence de PA augmente aussi.
- A chaque intensité de stimulation correspond une fréquence de PA, le message nerveux est donc **codé en fréquence de PA**.

III. LE MESSAGE NERVEUX EST TRANSMIS D'UNE CELLULE A UNE AUTRE GRACE A UNE SYNAPSE.

1°) Le message électrique est transformé en un message chimique : le neurotransmetteur :

- Dans le bouton synaptique se trouvent de nombreuses vésicules contenant des neurotransmetteurs. Lors de l'arrivée d'un message nerveux, le neurotransmetteur est libéré par exocytose (après fusion des vésicules avec la membrane plasmique)
- La quantité de neurotransmetteur libérée est proportionnelle à la fréquence des PA du message.

2°) Le neurotransmetteur se fixe sur des récepteurs spécifiques de la membrane post synaptique

3°) Le neurotransmetteur engendre un potentiel post synaptique (PPS)

Il y a deux types de PPS :

- Les **PPSE** : excitateurs, à l'origine d'une dépolarisation.
- Les **PPSI** : inhibiteurs, à l'origine d'une hyperpolarisation.

4°) Le neurotransmetteur a une action limitée :

- **Dans le temps** : Le neurotransmetteur est détruit par des enzymes pour libérer les récepteurs et permettre à un nouveau message d'arriver.
- **Dans l'espace** : le neurotransmetteur a un effet **localisé**.
- Ces 2 points permettent une modulation très fine de l'activité du neurone post synaptique.

5°) Autres caractéristiques de la transmission synaptique :

- La transmission synaptique est **localisée** et **lente** (0,1m/s)

- La synapse présente une **polarité fonctionnelle** : la transmission synaptique est **unidirectionnelle**.
- Elle transforme un message électrique en message chimique transformé à son tour en message électrique.

IV. CHAQUE NEURONE EST UNE UNITE DU TRAITEMENT DE L'INFORMATION :

Comment un neurone transmet-il tous les PPS qui lui parviennent ?

1°) Sommation spatiale :

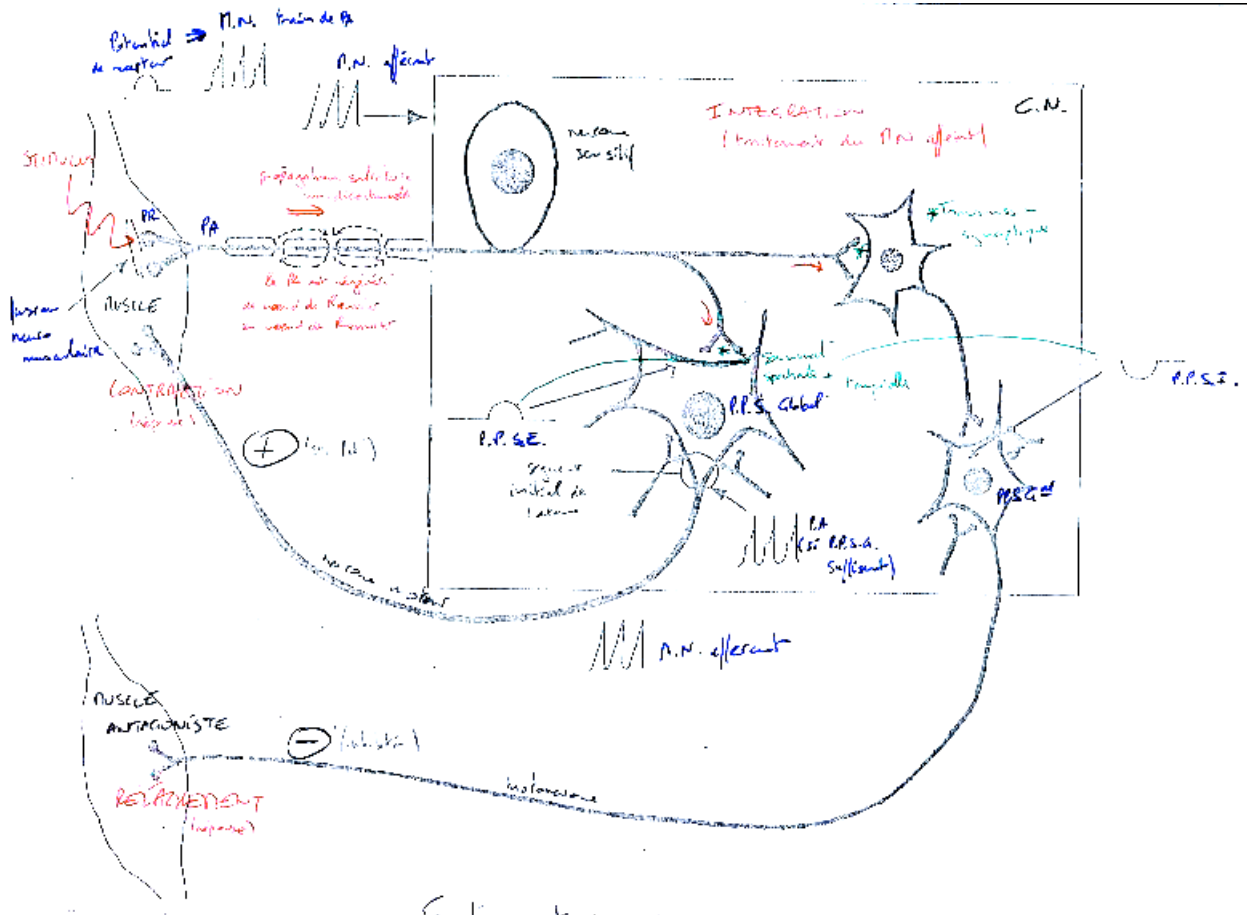
- Un PA présynaptique donne un PPSE d'environ 1 mV d'amplitude alors que le seuil de dépolarisation pour engendrer un PA est d'environ 50 mV.
- Comme le corps cellulaire ainsi que les dendrites sont recouverts par des milliers de boutons synaptiques, ils reçoivent de nombreux PPS.
- **Tous ces PPS s'additionnent pour donner une PPS global**, qui peut engendrer un PA (si le seuil de dépolarisation est dépassé)

2°) Sommation temporelle :

- Au niveau d'un seul bouton synaptique, arrive un train de PA. Prenons l'exemple d'un train de 2 PA : le 1^{er} PA de ce train engendre un PPS, le 2nd aussi.
- **Si la fréquence est suffisamment élevée, le 2nd PPS arrivera avant la disparition du 1^{er} de sorte qu'il se greffera sur le 1^{er} PPS.**

3°) Sommation algébrique et naissance du message au niveau du segment initial de l'axone :

- Le PPS global est enregistré au niveau du corps cellulaire et peut donner naissance à un PA dans le segment initial de l'axone, région la plus excitable du neurone c'est-à-dire là où le seuil de dépolarisation est le plus faible.
- **Le PPS global résulte de la somme algébrique de tous les PPSI, de tous les PPSE provenant de la sommation spatiale et à la sommation temporelle.**
- Le PPS global est codé en amplitude pour donner un message nerveux codés en fréquence de PA.



Fonctionnement du système nerveux au niveau cellulaire lors du réflexe myotatique