

Introduction :

L'étude d'un comportement, ex. le comportement de recherche d'eau suite à une sensation de soif, montre que les organes d'un même organisme peuvent communiquer entre eux par une autre voie que sanguine : c'est la communication nerveuse. Cette communication se trouve perturbée si un organe du système nerveux (centre ou nerf) se trouve lésé. Le système nerveux est donc l'appareil responsable de cette communication.

Deux questions s'imposent :

- Quelle est la structure du système nerveux ?
- Comment le système nerveux assure-t-il la communication nerveuse entre organes ?

I-Structure du système nerveux**A- Structure macroscopique (organisation) du système nerveux :**

L'élève doit distinguer :

1) D'après la localisation des organes :

a- Le système nerveux central (ensemble des centres nerveux situés dans des boîtes osseuses). On distingue :

- L'encéphale situé dans la boîte crânienne. Il comprend cerveau, cervelet, bulbe...
- La moelle épinière située dans la colonne vertébrale.

b- Le système nerveux périphérique : ensemble des nerfs reliant les centres nerveux aux différents organes. On distingue :

- 12 paires de nerfs crâniens attachés à l'encéphale ;
- 31 paires de nerfs rachidiens attachés à la moelle épinière.

2) D'après l'orientation des nerfs :

a- Système nerveux de relation ou sensorimoteur dont les nerfs sont dirigés vers les organes périphériques (muscles squelettiques et organes de sens).

b- Système nerveux végétatif ou système nerveux autonome dont les nerfs sont dirigés vers les organes internes. Il est régulateur des fonctions vitales (circulation, respiration...). On distingue :

- Système nerveux orthosympathique : stimulateur ;
- Système nerveux parasymphathique : modérateur.

B- Structure microscopique (histologie) du système nerveux :

Une coupe faite à différents niveaux du système nerveux montre qu'il est formé de deux substances :

- Une substance grise, localisée essentiellement au niveau des centres nerveux ;
- Une substance blanche, localisée dans les centres (centrale) ou dans les nerfs (périphérique).

1) Structure microscopique de la substance grise :

Une coupe faite au niveau de la substance grise montre au microscope :

a- des corps cellulaires avec :

- Une forme ramifiée ;
- Deux types de prolongements cytoplasmiques : les dendrites, qui au niveau de la substance grise de la moelle épinière sont courtes et ramifiées et un axone par corps cellulaire, qui au niveau de la substance grise de la moelle épinière est long et au diamètre constant.
- Des organites cytoplasmiques caractéristiques : noyau clair avec un nucléole bien visible ; des neurofibrilles ; un corps de Nissl (accumulation d'ergastoplasme).

b- des cellules gliales : nombreuses et petites se trouvent entre les corps cellulaires.

2) Structure de la substance blanche centrale :

La substance blanche montre au microscope, des éléments cylindriques : les fibres nerveuses. Chaque fibre est constituée d'un cylindraxe (axone ou dendrite) entouré d'une gaine de myéline de nature lipidique. La couleur de la substance est due à l'absence des corps cellulaires et la présence de la myéline blanche.

3) Structure microscopique de la substance blanche périphérique :

Le nerf est un ensemble de faisceaux de fibres nerveuses séparées par un tissu conjonctif. Chaque fibre nerveuse périphérique est constituée d'un cylindraxe (axone ou dendrite) entouré d'une gaine de myéline doublée extérieurement par une gaine de Schwann.

Remarque : La gaine de myéline correspond à un enroulement membranaire de la cellule gliale qui reste à distance dans la substance blanche centrale et qui s'applique contre la gaine de myéline formant la gaine de Schwann dans la substance blanche périphérique.

4) Relation entre corps cellulaires de la substance grise et fibres de la substance blanche :

L'expérience de dégénérescence Wallérienne, les observations cliniques (cas de la poliomyélite) ... ont montré que les fibres nerveuses de la substance blanche ne sont que des prolongements cytoplasmiques, enveloppées par des gaines, des corps cellulaires de la substance grise, l'ensemble formant le neurone.

Le neurone est donc l'unité structurale du tissu nerveux. Les cellules gliales, au service des neurones, assurent plusieurs fonctions : nutrition, soutien, protection, phagocytose des cellules mortes, isolant électrique.

II-Physiologie du système nerveux

Le système nerveux est constitué essentiellement de neurones. Comprendre fonctionne le système nerveux, revient à déterminer les propriétés du neurone.

Lorsqu'on met à nu et on excite le nerf sciatique on constate la contraction du muscle gastrocnémien. Le nerf et par suite le neurone et excitable, conducteur et transmetteur du message nerveux.

A- Excitabilité :

S'exciter, c'est passer d'un état de repos à un état actif sous l'effet d'une stimulation efficace.

1- L'excitation efficace :

- L'excitant peut être de nature chimique, thermique, mécanique, électrique... On préfère le courant électrique : il n'abime les structures vivantes et on peut varier facilement, l'intensité et la durée ;
- Une excitation efficace doit avoir une intensité supérieure ou égale à une valeur seuil ou rhéobase (intensité liminaire), une durée suffisante et se présenter sous forme d'une variation brusque de l'intensité.
- On utilise l'oscilloscope pour étudier les propriétés du neurone : Toute déviation du spot lumineux observée sur l'écran indique la présence d'une d.d.p. entre les deux électrodes réceptrices. La déviation se fait vers la plaque reliée à l'électrode la plus électropositive.

2- Etat de repos :

a) **Définition** : c'est la d.d.p (polarité) membranaire en absence de toute excitation.

b) **Mise en évidence** : On le met en évidence en plaçant les deux électrodes réceptrices d'un oscilloscope de part et d'autre de la membrane cytoplasmique.

c) **Origine** : La polarité membranaire de repos est due à l'inégale répartition des ions, due à un équilibre dynamique entre :

- la diffusion passive des ions à travers les canaux de fuite (entrée de Na^+ et sortie de K^+) ; et
- un transport actif par la pompe ionique (rejet de Na^+ et récupération de K^+).

3- Etat actif du neurone : Il est caractérisé par l'émission et la propagation d'un Pa. constituant le signal élémentaire du message nerveux.

a) **Définition du potentiel d'action** : C'est la variation brusque et rapide avec inversion de la polarité membranaire suite à une excitation efficace.

b) **Origine du potentiel d'action** :

Excitation efficace → modification de la polarité membranaire de repos : On enregistre un potentiel local d'amplitude proportionnelle à l'intensité de l'excitation et qui atteint dans ce cas le seuil du potentiel d'action situé à environ -50 mV → ouverture des canaux voltage dépendants (CVD) à Na^+ → entrée massive de Na^+ d'où **dépolarisation** de la membrane (nouveau voltage d'environ $+ 30 \text{ mV}$) → fermeture des CVD à Na^+ et ouverture des CVD à K^+ → sortie massive de K^+ d'où **repolarisation**.

L'ouverture prolongée des CVD à K^+ entraîne la sortie excessive de K^+ responsable de **l'hyperpolarisation**.

4- Comparaison entre potentiel local et potentiel d'action :

	Potentiel local	Potentiel d'action
Points communs	Ce sont des variations de la polarité membranaire suite à une excitation.	
Différences	Il est enregistré au point d'excitation quelque soit l'intensité de la stimulation; Son amplitude augmente avec l'intensité : Il est graduable Son amplitude diminue avec la distance (il s'amortit avec la distance) : Il ne se propage pas : (il ne constitue pas le message nerveux) : Il est à décroissement spatial.	Il n'est enregistré qu'à partir d'une intensité seuil ; Le potentiel d'une fibre obéit à la loi du tout ou rien ; Il se propage en gardant les mêmes caractéristiques (il se régénère lui même en gardant amplitude et durée constantes : il constitue le message nerveux).

5- Périodes réfractaires :

Pendant et suite à l'émission d'un potentiel d'action, la fibre nerveuse (la cellule vivante en général), reste un certain temps (environ 10 ms) inexcitable : c'est la période réfractaire.

Durant les phases du potentiel et quelques millisecondes après (phase de restauration), la perméabilité membranaire se trouve perturbée c'est pourquoi toute nouvelle stimulation est sans effet.

6- Cas d'une excitation naturelle :

L'excitant naturel agit sur le récepteur correspondant situé au niveau d'un organe de sens.

Le **récepteur sensoriel** correspond à une terminaison dendritique modifiée et a pour rôles :

Informé le centre nerveux sur la présence de l'excitant correspondant : le récepteur est un site **transducteur** ; il transforme l'énergie de l'excitant naturel correspondant en énergie électrique (potentiel de récepteur) à l'origine d'une émission de potentiels d'action au niveau du site générateur (1^{er} nœud de Ranvier):

Informé le centre sur l'intensité du stimulus par **modulation** (= variation) de **fréquence** des potentiels émis.

B - Conduction des messages nerveux :

1- Mécanisme de la conduction :

Le potentiel d'action se propage, le long d'une fibre nerveuse, de la manière suivante :

- a- présence d'un Pa. en un point A de la fibre ;
- b- attraction entre charges opposées voisines : création d'un champ électrique ;
- c- des **courants locaux** s'établissent entre la zone dépolarisée et les zones voisines;
- d- modification de la polarité membranaire (diminution de la négativité interne) qui atteint le seuil dans les zones voisines ;
- e- ouverture des canaux VD de Na⁺ et entrée massive de Na⁺ dans les zones non réfractaires ;
- f- un nouveau potentiel, identique au précédent prend alors naissance et se propage à son tour.

Rq- Le Pa, né au niveau du récepteur, se propage dans un seul sens : dendrite → corps cellulaire → axone. Dans le cas expérimental, le Pa, né au milieu de la fibre, se propage dans les deux sens.

2- Les deux types de conduction :

La naissance d'un Pa. est liée à l'entrée massive de Na⁺ à travers les CVD qui s'ouvrent suite à la variation de la polarité membranaire. Les canaux voltage dépendants sont :

- a- répartis sur toute la longueur de la **fibre sans myéline** (amyélinisée), c'est pourquoi le Pa. se propage par des **circuits locaux** à faible vitesse ;
- b- localisés au niveau des nœuds de Ranvier uniquement pour une **fibre myélinisée**, c'est pourquoi le P.a. se déplace d'un nœud à l'autre par des **mouvements saltatoires**.

C- Transmission des messages nerveux

Elle se fait au niveau d' synapse, zone de jonction entre un neurone et une autre cellule (nerveuse ou musculaire).

1- Mécanisme de la transmission nerveuse au niveau d'une synapse neuro-neuronique :

- a- Arrivée d'un Pa. au niveau de la terminaison axonique (bouton synaptique) ;
- b- Ouverture des CVD de Ca⁺⁺ → entrée massive de Ca⁺⁺ dans la fibre présynaptique ;
- c- Exocytose du neurotransmetteur ;
- d- Fixation du neuromédiateur sur les sites récepteurs correspondants de la membrane post synaptique ;
- e- Changement de la perméabilité post-membranaire → ouverture des canaux chimiodépendants (CCD) et flux ionique (entrant ou sortant) ;
- f- Modification de la polarité de la membrane post synaptique (PPS) ;
- g- La fibre post synaptique produit un antimédiateur qui dégrade le médiateur et libère la membrane post synaptique. Il permet à la fibre présynaptique de récupérer les produits de dégradation pour reformer son médiateur.

Rq : Contrairement à la conduction du Pa. qui se fait par attraction entre charges opposées (phénomènes électriques), la transmission se fait par intervention d'un neurotransmetteur (phénomènes chimiques). Les phénomènes chimiques sont plus lents que les phénomènes électriques, c'est pourquoi le message nerveux est retardé par le franchissement des synapses (délai synaptique).

2- Les deux types de synapses :

Après ouverture des canaux chimiodépendants, le flux ionique qui va avoir lieu peut :

- a- diminuer la négativité interne et la positivité externe (c'est le cas d'une entrée de Na^+ par exemple). Le PPS enregistré à ce niveau a un effet dépolarisateur. Il rapproche la polarité membranaire du seuil et facilite la naissance d'un Pa. à son niveau : C'est un PPS excitateur ou PPSE (**synapse excitatrice**) ;
- b- augmenter la négativité interne et la positivité externe (c'est le cas d'une entrée de Cl^- ou d'une sortie de K^+). Le PPS enregistré à ce niveau a un effet hyperpolarisateur. Il éloigne la polarité membranaire du seuil et s'oppose à la naissance d'un Pa. à son niveau : C'est un PPS inhibiteur ou PPSI (**synapse inhibitrice**).

3 –Réponse du neurone postsynaptique :

Le même neurone post synaptique reçoit un très grand nombre de terminaisons axoniques. Les différents PPS obtenus en réponse à l'activation simultanée ou répétitive de plusieurs de ces synapses peuvent s'additionner. Cette sommation peut se faire :

- a- au niveau du cône axonique, entre des PPS de différentes synapses (d'origine différente) activées simultanément : C'est la **sommation spatiale** ;
- b- au niveau de la synapse, entre des PPS successifs lorsque la même terminaison axonique est excitée de façon répétitive avec un intervalle de temps, entre les excitations, inférieur à la durée d'un PPS : C'est la **sommation temporelle**.

4-Intégration :

Le neurone post synaptique reçoit un grand nombre de boutons synaptiques. Certains sont excitateurs d'autres sont inhibiteurs. Le neurone post synaptique intègre les différents PPS au niveau du cône axonique. Si la résultante est un PPSE d'amplitude supérieure au seuil du Pa. Il y a ouverture des CVD à Na^+ , naissance et propagation d'un Pa. Si la résultante est un PPSE d'amplitude inférieure au seuil du potentiel ou un PPSI, le neurone post synaptique reste au repos.

III- Relation entre la structure et les fonctions du neurone

Structure	Fonction
1- Présence de : Terminaisons dendritiques transformées en récepteurs capable de transduction sensorielle; Récepteurs membranaires au niveau des dendrites et du corps cellulaire.	Réception des messages à partir des excitations naturelles ; Réception des messages à partir des neurones présynaptiques.
2- Présence de prolongements cytoplasmiques (axone ou dendrites) protégés par des gaines et constituant des fibres.	Propagation des messages nerveux.
3- Présence de vésicules chargées en neurotransmetteurs au niveau des terminaisons axoniques (boutons synaptiques).	Transmission des messages nerveux.
4- Présence d'un corps axonique avec une émergence axonique riche en CVD.	Intégration des messages présynaptiques avec possibilité d'émission de Pa. postsynaptiques (site générateur).