

# Le système nerveux : Structure et fonctions

---

Le **système nerveux** assure, avec le système endocrinien, le **contrôle de la plupart des fonctions de l'organisme**. Le système nerveux contrôle surtout le côté dynamique de ces fonctions, comme la contraction musculaire, ou les sécrétions des glandes exocrines et endocrines, alors que le système endocrinien contrôle surtout l'activité métabolique.

Ce système recueille des informations en provenance du corps et de l'environnement à l'aide de **récepteurs** spécialisés. Ensuite, elles sont transmises par des **fibres afférentes** (« qui vont vers ») vers les **centres nerveux supérieurs**. Ces informations sont traitées et stockées. Enfin, ce système répond par des **fibres efférentes** (« qui partent de ») avec des réactions adaptés.

## I – Vue d'ensemble du système nerveux.

Le système nerveux chez l'homme est composé de différentes parties.

### I – 1 – Le système nerveux central et périphérique.

Le **système nerveux** est divisé en fonction de sa structure en système nerveux périphérique et système nerveux central.

- Le **système nerveux central** (SNC) est composé du cerveau et de la moelle épinière.
- Le **système nerveux périphérique** (SNP) est constitué des autres nerfs ou cellules nerveuses qui ne font pas partie des deux structures précédentes. Ces nerfs relient la périphérie avec le système nerveux central.

### I – 2 – Le système nerveux volontaire et végétatif.

Selon leur **fonction** et leur **mode de commande**, on différencie :

- Le **système nerveux volontaire** (ou somatique), qui dirige tous les processus sous le contrôle de la conscience et de la volonté (ex : contraction des muscles).
- Le **système nerveux végétatif** (ou autonome) qui dirige principalement les fonctions des organes internes. Il est peu influençable par la volonté. On distingue le système nerveux végétatif **sympathique** et le **parasympathique**.

## II – Le tissu nerveux.

Le tissu nerveux est composé de deux types de cellules différentes : les neurones et les cellules gliales.

### II – 1 – Le neurone.

Les **neurones** sont les **cellules nerveuses** proprement dites. Ils possèdent les mêmes structures de base et sont contrôlés par les gènes de la même manière que les autres cellules de l'organisme. Ils sont constitués d'une membrane, d'un cytoplasme, et d'un noyau avec la particularité de présenter un corps cellulaire et des prolongements cellulaires.

Le corps cellulaire a une forme d'étoile. Il est le siège de la **synthèse des neurotransmetteurs**, molécules qui permettent la transmission de l'influx nerveux d'une cellule à une autre.

On observe deux types de prolongements (ou appendices) qui sont les dendrites et les axones :

- Les **dendrites** sont de courtes excroissances ramifiées du cytoplasme. Ce sont des appendices récepteurs, c'est-à-dire qu'ils reçoivent les stimuli des cellules adjacentes et les transmettent au corps cellulaire.
- Les **axones** sont des excroissances longilignes du cytoplasme. Il est unique et a la capacité de conduire l'influx nerveux du corps neuronal vers la périphérie, c'est-à-dire vers les synapses.

Ainsi les axones transmettent en général leur influx aux dendrites du neurone suivant. Pour cela, l'extrémité de l'axone se ramifie en de nombreuses **synapses** qui représentent les zones d'échanges essentielles pour les communications entre les neurones (libérations des neurotransmetteurs).

### II – 2 – Les cellules de gliales.

Les **cellules de gliales** ne sont pas capables de déclencher ou de transmettre des influx nerveux, mais elles remplissent des fonctions de protection, d'alimentation et d'immunologie du neurone. Elles constituent la neuroglie.

Les principales cellules de gliales du système nerveux périphérique sont les cellules de Schwann qui fabriquent une protéine, la myéline. Cette dernière entoure les neurones formant la gaine de myéline, qui augmente la vitesse de propagation de l'influx nerveux.

## III – La physiologie du neurone.

Les **neurones** ont des propriétés caractéristiques qui leur permettent d'assurer leur rôle de contrôle et de coordination. Ces propriétés sont en grandes parties dues à la capacité de **dépolarisation de la membrane**.

En effet, la membrane cellulaire est électronégative à l'intérieur et électropositive à l'extérieur. Cette particularité est due par la capacité de maintenir une concentration différente d'ions de part et d'autre, avec une prédominance des ions K<sup>+</sup> à l'intérieur et des ions Na<sup>+</sup> à l'extérieur. Ce déséquilibre ionique induit l'apparition d'un potentiel dit potentiel de repos qui est indépendant de toute stimulation et qui caractérise la membrane. Sa valeur est de -90millivolts.

Les neurones ont la capacité d'inverser pendant une courte période cette polarité et de revenir ensuite à l'état basal, ce qui constitue la dépolarisation.

### III – 1 – L'excitabilité et la conduction de l'influx nerveux.

#### III – 1 – 1 – L'excitabilité.

Toute stimulation qui dépasse un certain seuil nommé seuil d'excitation, provoque l'inversion du potentiel de membrane et génère **un potentiel d'action**. Ce potentiel est créé par la brusque entrée d'ions Na<sup>+</sup> à l'intérieur de la cellule à la suite d'une modification de la perméabilité de la membrane (du par un neurotransmetteur, pression brutale...). La valeur de ce potentiel d'action est comprise entre 0 et 35 millivolts.

Après la dépolarisation, le potentiel de membrane se refait. Dans un premier temps, on observe une sortie d'ions K<sup>+</sup>. Ensuite, on observe une « pompe » membranaire Na/K qui permet le retour au potentiel de repos (ATPases sortie de Na<sup>+</sup> et entrée de K<sup>+</sup>).

Le temps nécessaire à la reconstitution du potentiel de repos après une excitation est la période réfractaire, pendant laquelle la cellule ne peut être excitée, empêchant ainsi une remontée du potentiel d'action vers le corps cellulaire.

#### III – 1 – 2 – La conduction.

La **conduction** constitue la capacité du neurone de propager l'excitation. Cette excitation est unidirectionnelle et se propage le long de l'axone à une vitesse d'environ 100m/s. Elle arrive ensuite à la synapse.

La vitesse de conduction est proportionnelle au diamètre des fibres mais elle augmente avec la présence de la gaine de myéline. En effet, pour les fibres amyélinisées, l'excitation est continue le long de l'axone. Par contre, pour les fibres myélinisées, la gaine de myéline offre une isolation électrique. Par conséquent, le potentiel d'action saute de nœud en nœud (les nœuds de Ranvier) augmentant la vitesse de conduction (de 5 à 50 fois plus rapide).

#### III – 1 – 3 – Les maladies observées.

- La sclérose en plaques correspond à des processus auto-immuns qui attaquent les gaines de myéline. Par conséquent, la transmission de l'excitation est plus lente voir interrompue.
- L'épilepsie correspond à des crises convulsives due à une excitation incontrôlée et synchrone de nombreuses cellules dans une zone déterminée du cerveau. La forme la plus connue est la crise du grand mal caractérisée par une perte de

connaissance et des mouvements incontrôlés des membres (déclencher par une inflammation cérébrale par ex).

### III – 2 – La transmission de l'influx nerveux.

La transmission de l'influx nerveux peut se faire entre deux neurones par une **synapse**, ou d'un neurone à une fibre musculaire par une synapse modifiée appelée plaque motrice.

Dans ce cours concernant uniquement le système nerveux, nous ne détaillerons que la synapse.

La synapse est la jonction entre deux neurones. C'est le lieu de contrôle de la transmission et notamment de la direction de la circulation de l'influx nerveux. Les deux membranes neuronales formant la synapse ne sont pas équivalentes :

- La **membrane présynaptique** appartient à l'axone du neurone transmetteur. Elle forme une dilatation appelée bouton synaptique, qui contient des vésicules synaptiques remplies de neurotransmetteurs. Lorsqu'un potentiel d'action arrive à ce niveau, la membrane des vésicules s'unit à celle du bouton, libérant les neurotransmetteurs (exocytose).
- Les molécules qui sont libérées se trouvent dans un espace séparant les deux neurones, appelé **fente synaptique**.
- L'autre membrane est la **membrane postsynaptique**, qui appartient au neurone récepteur. Sur cette membrane se trouve des récepteurs, qui sont des molécules protéiques capables de se lier de manière spécifique aux neurotransmetteurs. Cela entraîne des modifications de la membrane neuronale qui peuvent être caractérisée par une augmentation du potentiel de membrane (hyperpolarisation) soit par une diminution de ce potentiel (dépolarisation).

On observe ainsi différents types de synapses dû aux neurotransmetteurs et les types de récepteurs. Ce sont les synapses excitatrices (dépolarisation de la membrane postsynaptique) et les synapses inhibitrices (hyperpolarisation de la membrane postsynaptique).

### III – 3 – Les neurotransmetteurs.

Ce sont des **substances messagères** qui sont **libérées par le neurone présynaptique** et qui ont une action soit excitatrice, soit inhibitrice sur la membrane post-synaptique. Ces molécules sont surtout des acides aminés.

- **Glutamate** : neurotransmetteur excitateur le plus fréquent dans le SNC participant aux fonctions d'apprentissage et de mémorisation.
- **Acétylcholine** : elle est principalement excitatrice et sert pour la transmission de l'influx nerveux des neurones efférents vers les muscles.
- **Noradrénaline** : surtout neurotransmetteur excitant qui participe au niveau du SNC à l'éveil et contrôle de l'attention. Il est également présent au niveau du système nerveux végétatif.
- **Sérotonine** : elle agit sur la température du corps, le sommeil.
- **Dopamine** : neurotransmetteur excitateur qui commande l'élaboration des mouvements.

- **GABA** (acide gammaaminobutyrique) est le principal neurotransmetteur inhibiteur des cellules postsynaptiques.

#### **IV – Structure et organisation générale du système nerveux.**

##### **IV – 1 – Structure fonctionnelle du système nerveux.**

Dans le **système nerveux central**, les **corps de neurones** forment la **substance grise**, et les **prolongements** forment la **substance blanche**.

- Dans la moelle, la substance grise se situe en position centrale et la substance blanche est située à l'extérieur.
- En remontant le SNC, la substance grise se retrouve morcelée (niveau du tronc cérébral par exemple).
- Enfin, au niveau des hémisphères cérébraux, la substance grise se trouve à la surface formant le cortex, alors que la substance blanche se trouve en profondeur.

Dans le système nerveux périphérique, le corps de neurones peut être indépendant (paroi de certains organes) ou regroupé en **ganglions nerveux**. Leurs prolongements forment des **nerfs**.

Les nerfs qui ont pour origine les noyaux de la substance grise situés dans le tronc cérébral sont des nerfs crâniens. Ceux dont l'origine se trouve dans la substance grise de la moelle osseuse sont les nerfs spinaux.

On distingue du point de vue fonctionnel dans le SNC et SNP :

- Des neurones dont le rôle est de recueillir les informations et de les retransmettre qui sont **les neurones sensitifs**.
- Des neurones dont le rôle est de commander une action à un autre organe qui sont les **neurones moteurs ou effecteurs**.
- Il existe parfois entre ces deux types de neurones, des **neurones intercalaires** qui permettent la transmission de l'influx nerveux.

Ainsi on observe par la même occasion, des nerfs sensitifs (aux **fibres peu myélinisées**) et des nerfs moteurs (aux **fibres myélinisées**).

L'activité nerveuse est souvent initiée par une stimulation sensitive en provenance des récepteurs. Ces derniers peuvent être isolés, intégrés à la structure des tissus ou groupés dans des structures complexes comme les organes de sens (œil, oreille interne...).

Pour les nerfs sensitifs, l'influx nerveux circule de la périphérie vers les structures centrales. Le premier neurone qui reçoit l'information, se trouve le plus souvent dans un ganglion situé à proximité des structures nerveuses centrales (ganglion spinal ou ganglions sensitifs des nerfs crâniens). Dans le système nerveux central, la conduction continue par les fibres de la substance blanche vers les structures nerveuses supérieures, jusqu'au cortex. Cet ensemble constitue les voies ascendantes, sensitives.

Quel que soit le type d'information, elle est conduite vers une structure de la substance grise du SNC qui fait office de centre de commande. L'influx nerveux généré est acheminé par les fibres descendantes, motrices, puis passent par les nerfs moteurs vers la structure qu'ils commandent.

## IV – 2 – Organisation du système nerveux.

### IV – 2 – 1 – Généralités sur le cerveau.

Le cerveau est habituellement divisé en **hémisphères cérébraux, diencephale, tronc cérébral et cervelet.**

#### IV – 2 – 1 – 1 – Les hémisphères cérébraux.

Les Hémisphères cérébraux ou télencéphale présentes une surface très accidentée, avec des replis profonds (scissures) ou plus superficiels (circonvolutions). Les scissures réparent les lobes frontal, pariétal, temporal et occipital.

##### - La **substance grise** :

Le **cortex** représente une couche fine de substance grise qui recouvre la totalité de la surface du télencéphale et contient 70% de l'ensemble des neurones du cerveau. Dans cette zone siègent des regroupements de neurones qui possèdent des fonctions identiques et qui forment des aires corticales accolées les unes aux autres. On observe 10 aires corticales différentes ayant une fonction précise :

- L'aire sensitive.
- L'aire motrice.
- L'aire associative frontale.
- L'aire temporo-pariéto-occipitale.
- L'aire limbique.
- L'aire visuelle.
- L'aire auditive.
- L'aire de la compréhension du langage.
- L'aire de Broca (responsable de la formation des mots et du langage parlé).
- L'aire de Wernicke (responsable de la désignation des objets par les mots).

Dans la démence, la mort de neurones entraîne essentiellement la perte progressive des fonctions du télencéphale. La forme la plus fréquente est la maladie d'Alzheimer, débutant par des troubles de la mémoire, la dépendance puis la mort.

Les noyaux sous-corticaux se trouvent à la base des hémisphères. La principale formation sous corticale est le système limbique, responsable de la genèse des sentiments, des émotions, de certains reflexes innées, du fonctionnement des instincts (sexuel, alimentaire...), du réglage des rythmes biologiques...

- **La substance blanche.**

La substance blanche du télencéphale est composée de faisceaux de fibres nerveuses qui relient différentes parties du cerveau entre elles.

- Les fibres commissurales sont transversales et relient les deux hémisphères. La commissure la plus importante est le corps calleux.
- Les fibres d'association conduisent les influx à l'intérieur d'un hémisphère.
- Les fibres de projection conduisent les excitations des différentes parties du corps vers le télencéphale et inversement.

#### IV – 2 – 1 – 2 – Le diencephale.

Le **diencephale** est la zone de jonction entre le télencéphale et le tronc cérébral. Les composants principaux sont le thalamus, l'hypothalamus auquel est reliée l'hypophyse.

- Le **thalamus** est composé principalement de substance grise. Toutes les informations sensorielles en provenance de l'environnement ou de l'intérieur de l'organisme remontent par des faisceaux ascendants vers le thalamus. Elles y sont alors rassemblées, mises en relation et interprétées avant d'être transmises, par des faisceaux de projection, au télencéphale où elles sont transformées en sensations conscientes.
- L'**hypothalamus** est la partie la plus inférieure du diencephale qui est située sous le thalamus. Il reçoit des informations de toutes les voies ascendantes et descendantes. Il peut détecter la présence dans le sang de certaines molécules biologiques et réagir en conséquence. Certains neurones de l'hypothalamus ont la propriété de pouvoir répondre à une stimulation (nerveuse ou chimique) soit par une sécrétion de neurotransmetteurs ou d'autres de substances, les hormones.
- L'**hypophyse** reçoit les sécrétions provenant de l'hypothalamus par les vaisseaux sanguins. C'est une glande à sécrétion interne (glande endocrine), qui est le centre de commande de la majeure partie de l'activité des autres glandes endocrines.

#### IV – 2 – 1 – 3 – Le cervelet.

Le **cervelet** est un complexe de neurones et de fibres situé en dehors des circuits directs ascendants et descendants. Il a un rôle essentiel dans la coordination de l'activité motrice et dans le maintien de l'équilibre, en relation avec l'appareil vestibulaire et l'oreille interne.

#### IV – 2 – 1 – 4 – Le tronc cérébral.

Le **tronc cérébral** est formé de trois étages.

- Le **mésencéphale** qui est le segment intermédiaire entre la limite supérieure du pont et du diencephale.
- Le **pont** qui a pour fonction principale d'assurer la connexion avec le cervelet.
- Le **bulbe rachidien** qui est la partie inférieure du tronc cérébral et donc la zone de transition avec la moelle épinière.

De cette structure émergent les 12 paires de nerfs crâniens qui quittent le SNC au dessus de la moelle osseuse. Ces nerfs font partie du SNP. On observe les nerfs crâniens sensoriels (I, II, VIII) qui conduisent les stimuli en provenance des organes des sens, les nerfs crâniens somatiques moteurs (III, IV, VI, XI, XII), et les nerfs crâniens mixtes (V, VII, IX, X qui sont composés de différentes fibres (motrices volontaires, sensorielles).

#### IV – 2 – 2 – La moelle épinière.

Elle est située à l'intérieur de la colonne vertébrale. Elle est constituée de substance grise qui est le centre de commande de nombreux réflexes. Les fibres nerveuses qui viennent vers la moelle et qui la quittent forment les 31 nerfs rachidiens (ou spinaux), qui sont des nerfs mixtes contenant des fibres sensibles et motrices, somatiques et végétatives.

Dans la substance grise, les neurones ont une disposition particulière. Les neurones sensitifs se trouvent dans la partie postérieure, les neurones moteurs dans la partie antérieure, les neurones végétatifs dans la partie centrale et latérale.

#### V – 2 – 3 – Les structures nourricières et de protections du SNC.

Le fragile tissu nerveux du cerveau et de la moelle épinière est protégé par les structures osseuses que sont la boîte crânienne et le canal rachidien. Une protection supplémentaire est apportée par trois structures de tissu conjonctif, les méninges.

De l'extérieur vers l'intérieur, on trouve la dure-mère, l'arachnoïde et la pie-mère. Entre l'arachnoïde et la pie-mère se trouve un espace rempli par un liquide cébrospinal (LCS) qui protège le cerveau des coups et des mouvements brusques.

### V – Quelques aspects sur la physiologie du système nerveux.

#### V – 1 – Les réflexes.

Les **réflexes** sont des **réactions aux stimuli indépendantes de la volonté**. Ils surviennent très rapidement dans des situations où une activité consciente prendrait trop de temps.



### V – 1 – 1 – L'arc reflexe.

Un récepteur recueille le stimulus. Ce dernier est transmis par des fibres nerveuses sensibles vers un centre reflexe au niveau du SNC (ex : moelle épinière). C'est à ce niveau que la réponse sera déclenchée. En effet, des fibres nerveuses motrices transmettent la réponse reflexe vers un organe cible (effecteur) comme par exemple un groupe musculaire.

On observe souvent la présence de neurones intercalaires lors de ces reflexes.

### V – 1 – 2 – Les reflexes végétatifs.

La musculature lisse des organes internes est également commandée par des mécanismes reflexes. Ils sont transmis par le système nerveux végétatifs et sont appelés reflexes végétatifs. Les principales actions du système nerveux végétatif sympathique et parasympathique sont résumées dans le tableau suivant.

	<b>Sympathique</b>	<b>Parasympathique</b>
Rythme cardiaque	Augmentation	Diminution
Tension artérielle	Augmentation	Diminution
Muscles lisses des bronches	Bronchodilatation	Bronchoconstriction
Péristaltisme	Diminution	Augmentation
Sécrétions digestives	Diminution	Augmentation
Pupille	dilatation	contraction

### VI – 2 – Le Sommeil et les biorythmes.

Le sommeil est une phase de récupération essentielle à la vie jouant un rôle important pour le métabolisme énergétique et hormonal.

#### VI – 2 – 1 – Les phases du sommeil.

On peut différencier plusieurs phases au cours du sommeil.

- **La phase du sommeil paradoxal** avec des mouvements rapides des globes oculaires. Pendant cette phase, le pouls et la respiration sont accélérés et irréguliers, la pression artérielle varie, le tonus musculaire est diminué et les rêves sont fréquents.
- **La phase du sommeil orthodoxe**, qui est plus calme et sans mouvements oculaires. Les fonctions végétatives diminuent et les rêves sont rares. Cette phase est divisée en différents stades (stade d'endormissement, sommeil léger, moyen et profond).

Ces phases du sommeil paradoxal et orthodoxe alternent environ de trois à cinq fois au cours de la nuit, les phases du sommeil orthodoxe devenant plus courtes au fur et à mesure que la nuit avance.

On peut remarquer que les nouveau-nés ont besoin d'environ 16 heures de sommeil par jour. Chez les adultes, la durée est de 8 heures et passe à 6 heures en vieillissant.

### **VI – 2 – 2 - Les troubles du sommeil.**

Les troubles de l'endormissement et du sommeil peuvent survenir à n'importe quel âge, et mettent en danger l'état de santé de la personne en cas de chronicité. Les premières causes mises en avant par la recherche sont des causes physiques (douleur, fièvres), psychique (ex : stress, dépression) ou médicamenteuses. Les somnifères bien qu'ils soient fréquemment utilisés ne constituent pas une bonne solution.

### **VI – 2 – 3 – Les biorythmes.**

Il existe chez les personnes en bonne santé une alternance de phases de sommeil et d'éveil au cours des 24 heures, selon un rythme appelé rythme circadien. Des nombreuses fonctions physiques et psychiques suivent ce rythme.

Ce rythme est commandé par des zones où se trouvent des noyaux au niveau du thalamus (éventuellement avec une participation de l'épiphyse). Il dépend de la lumière, expliquant les difficultés d'adaptation du travail en équipe dans les usines, surtout du travail de nuit.