

NOUS VOUS RAPPELONS QUE LA DIFFUSION ET LA MISE À DISPOSITION DE NOTES DE COURS D'ÉTUDIANTS EST UNE ACTION BÉNÉVOLE ET QUE CE N'EST EN AUCUN CAS UN DÛ POUR LES ÉTUDIANTS.

LE BUT PREMIER DE CES NOTES DE COURS EST D'AIDER DES ÉTUDIANTS SALARIÉS OU DE CONSTITUER UN COMPLÉMENT AU COURS.

CES NOTES DE COURS NE REMPLACENT EN AUCUN CAS LES COURS DISPENSÉS À LA FACULTÉ.

DE PLUS, CES NOTES DE COURS PEUVENT COMPORTER DES ERREURS, DES CONTRESENS ET DES FAUTES D'ORTHOGRAPHE.

LES COURS SONT ANCIENS VOIRE OBSOLÈTES À L'HEURE ACTUELLE, ET ÉTANT DONNÉ LE MANQUE D'ÉTUDIANTS ACCEPTANT DE PARTAGER LEURS COURS, NOUS VOUS VOYONS DANS L'INCAPACITÉ DE VOUS TRANSMETTRE DES COURS PLUS RÉCENTS OU PLUS COMPLETS. DE CE FAIT, CELA SIGNIFIE QUE NOUS ACCEPTONS ÉVIDEMMENT LES COURS QUE VOUS POURIEZ ACCEPTER DE PARTAGER.

MERCI

EPSYLON

## Chapitre 1 : Le tissu nerveux

### 1) Tissu : Définition

Tissu : Ensemble de cellule de même type, regroupées pour accomplir une fonction donnée. Il existe plus d'une centaine de tissus, néanmoins, on peut les regrouper dans 4 classes, selon leur morphologie :

- ✚ **Le tissu épithélial (épithélium)** : Les cellules sont serrées les unes contre les autres. On parle de tissu de revêtement car on va trouver ce genre de tissu sur les surfaces qui séparent l'intérieur et l'extérieur de l'organisme (ex : l'épiderme de la peau, la surface des cavités intérieur ou extérieur comme les cavités nasales, les parois de l'estomac ou des vaisseaux sanguins).
- ✚ **Le tissu conjonctif (les plus abondant)** : Dans ce type de tissu, les cellules sont disjointes. C'est un tissu de remplissage c'est-à-dire qu'il fait le lien entre différents autres tissus (autour des organes, pour les protéger ou les isoler, Il remplit aussi un rôle nutritif. C'est souvent un tissu élastique (tendons, vaisseaux sanguins).
- ✚ **Le tissu musculaire (dans les muscles)** : On trouve ce genre de tissu dans les différents types de muscle (dans les muscles squelettiques attachés au squelette, dans les muscles lisses, dans les parois des viscères ou dans les vaisseaux et les muscles cardiaques). C'est un tissu excitable tout comme la 4<sup>ème</sup> classe de tissu.
- ✚ **Le tissu nerveux** :

### 2) Constitution et localisation

Le tissu nerveux est constitué de deux types de cellules :

- ✚ Les **neurones**
- ✚ Les **cellules gliales** : ce sont les plus abondantes (50 fois plus que les neurones). Ce sont des cellules de soutiens à la fois physiques et nutritifs.

Le tissu nerveux est localisé dans/entre dans la composition de nombreux organes et structures du système nerveux.

On distingue le système nerveux central et le système nerveux périphérique.

#### a. Le neurone : Unité structurale et fonctionnelle du système nerveux

La structure générale des neurones :

Un neurone possède la même structure de base que n'importe quelle autre cellule (une membrane plasmique, un cytoplasme contenant énormément d'organites cellulaires comme les ribosomes les mitochondries le noyau, le réticulum endoplasmique etc.) Il possède quelques caractères morphologiques, il est constitué d'un corps cellulaire d'où émerge de fins prolongements, ceux-ci sont appelés des dendrites et l'axone.

- Le **corps cellulaire (ou « soma »)** : Corps de la cellule. C'est à ce niveau là que vont se trouver la majorité des organites cellulaires. C'est aussi au niveau de ce soma que va se trouver toute la machinerie métabolique nécessaire à la vie de la cellule.
- Les **prolongements (ou « les neurites »)** désignent les deux types de prolongements : Les **dendrites** sont des prolongements courts du neurone. Lorsque ces dendrites sont très ramifiés, ils augmentent la surface d'échange/de fonctionnement. Le prolongement long, l'**axone** est le seul dans le neurone. Sa longueur varie d'un neurone à l'autre. Il émerge lui aussi du soma, d'une zone appelée **cône d'émergence ou cône axonique**. C'est une zone riche en microtubule (filament épais constituant le squelette de la cellule). Sa surface est lisse et il n'est pas rare de voir des collatérales (l'axone se divise en deux afin d'envoyer la même information à deux endroits différents). Il se termine par des **terminaisons axoniques**. Au bout de ces terminaisons, on observe des **boutons terminaux ou boutons synaptiques** (ce sont des renflements). Le plus souvent, lorsqu'ils sont très longs, ils sont recouverts d'une gaine isolante que l'on appelle **gaine de myéline**. Elle n'est pas continue sur toute la longueur de l'axone puisque par endroit il est laissé nu, ce que l'on appelle les **nœuds de Ranvier**. Cette gaine est fabriquée par les cellules gliales.

On peut classer les neurones en 3 groupes selon leur morphologie et suivant leurs neurites.

- ✚ Les **neurones unipolaires** : Il n'y a qu'un seul prolongement émergent du corps cellulaire. Ce prolongement se divise pour former les dendrites et l'axone.
- ✚ Les **neurones bipolaires** : Émergent du corps cellulaire. Nous avons alors deux prolongements, les dendrites et l'axone.
- ✚ Les **neurones multipolaires** : Ce sont les plus fréquents avec de nombreux prolongements.

- Le fonctionnement des neurones :

C'est une cellule excitable comme le tissu musculaire. Les neurones vont être sensibles aux variations de leur environnement et vont réagir en produisant un **influx nerveux**. Leur but/rôle est d'émettre un influx nerveux et de le transmettre (les neurones ne fonctionnent pas seul mais en réseau, néanmoins, les cellules d'un même réseau ne se touchent pas). La zone de communication entre les neurones s'appelle la **synapse**. Un seul neurone peut établir 20 milles synapses avec d'autres cellules. Une synapse peut être :

- ✚ **Axo-somatique** (de l'axone d'un neurone vers le soma d'un autre).
- ✚ **Axo dendritique** (de l'axone d'un neurone vers les dendrites d'un autre).
- ✚ **Axo-axonique**.

Ce sont des synapses **neuro neuronales**. Une synapse ne s'établit pas qu'entre deux neurones :

- ✚ Synapse **neuro musculaire** (entre un neurone et une cellule musculaire).

✚ Synapse **neuro glandulaire** (entre un neurone et une cellule glandulaire).

A l'intérieur d'un neurone, la transmission de l'influx nerveux se fait toujours dans le même sens, elle est **uni-directionnelle**. Il arrive par des dendrites passe dans le corps cellulaire puis dans l'axone puis transmis à d'autres neurones via les synapses. L'influx nerveux à l'intérieur du neurone est de nature électrique, en revanche, au niveau de synapses, le signe est le plus souvent de nature chimique puisqu'il se fait par l'intermédiaire de substances chimiques que l'on appelle les **neuro-transmetteurs** ou les **neuro-médiateurs**.

On distingue différentes catégorie fonctionnelles de neurones. Certaines vont véhiculer de l'information entrante et d'autres vont véhiculer de l'information sortante par rapport au système nerveux central.

*Ex : Je vous vois -> système nerveux périphérique via les nerfs optiques -> analyse au niveau du système nerveux central = entrant*

*Je veux me rapprocher de mon classeur -> Le système nerveux central décide qu'il veut se rapprocher -> envoi de l'information aux muscles = sortant*

Les **neurones sensitifs (ou afférents)** véhiculent l'information entrante du SNP (système nerveux périphérique) vers le SNC (système nerveux central). Ces neurones détectent les stimuli externes ou internes et les transmettent à la moelle épinière et au cerveau du SNC. Les **neurones moteurs (ou efférents)** véhiculent l'information sortante du SNC au SNP. Ils vont transmettre l'information provenant du cerveau et de la moelle épinière aux cellules des différents organes. Les interneurones, ils font le lien entre les neurones sensitifs et les neurones moteurs. Ils vont traiter l'information entrante/analyser/stocker. Ces **interneurones (ou neurone d'association)** vont aussi contribuer à la prise de décision et à l'élaboration de la réponse appropriée. Ils sont de loin les plus nombreux.

Les neurones sont des cellules que ne se reproduisent pas, ils ont une grande longévité. Ce sont des cellules qui ont un métabolisme très élevé et donc, ont besoin de beaucoup d'oxygène.

## b. Les cellules gliales (Névroglie)

Ce sont les cellules les plus nombreuses (elles sont en moyenne 50 fois plus nombreuses que les neurones). Elles sont à la fois un soutien nutritif et un soutien physique pour les neurones. Selon qu'on se trouve dans le SNC ou dans le SNP on trouvera des cellules gliales différentes.

✚ **Dans le SNC**, elles sont de 3 types :

- **Les Oligodendrocytes** : Les Oligodendrocytes vont être responsables de la formation de la gaine de myéline. Un même oligodendrocyte peut former la gaine de myéline de plusieurs axones.
- **Les Astrocytes** : Ils font le lien entre les neurones et les vaisseaux sanguins. Ils vont entourer le vaisseau sanguin et former une protection, une sorte de filtre qui permet les échanges entre les neurones et le sang tout en évitant le passage de substances qui pourraient être nocives pour les neurones. Les astrocytes font parti de la barrière hémato-encéphalique. Ils sont également importants pour la cicatrisation du tissu nerveux. Pour finir, les astrocytes ont un rôle nutritif puisqu'ils établissent le lien entre le sang et les neurones.
- **Les Microgliocytes ou Microglie** : Ce sont des cellules immunitaires spécialisées du SNC = Rôle de protection. Elles vont se transformer en phagocytes (les cellules mangeuses) pour aller manger les débris.

✚ **Dans le SNP** : On trouve uniquement les cellules de Schwann. Ici la gaine de myéline est formée pas ces cellules de Schwann. Cette cellule s'entoure autour de l'axone. Elles vont aussi avoir un rôle de protection puisqu'elles sont

capables de réaliser la phagocytose. Elles vont également jouer un rôle important dans la réparation des axones en favorisant la repousse de l'axone sectionné (elles produisent une substance).

A l'inverse des neurones, les cellules gliales sont capables de se reproduire. Lorsqu'un neurone meurt, les cellules vont se proliférer.

## Chapitre 2 : La communication neuronale

### 1) **Activité électrique des neurones : Le potentiel d'action**

Rôle des neurones : Générer et propager un influx nerveux. C'est une cellule excitable qui va réagir au moindre changement de son environnement en produisant un courant électrique. Ceci va être possible grâce aux protéines présentes dans la membrane plasmique de cette cellule.

**Rappel** : La membrane plasmique :

- ✓ Une couche de phospholipide amphiphile
- ✓ Du cholestérol
- ✓ Des protéines de surface et des protéines transmembranaires : Elles vont faire le lien entre l'extérieur et l'intérieur de la cellule notamment en permettant le passage/le transport de certaines substances.
- ✓ Quelques glucides liés à certains lipides (glycolipides) et à certaines protéines (glycoprotéines).

Le passage de substances à travers la membrane plasmique se fait par le transport passif ou actif.

- ✚ **La diffusion** : Déplacement des substances du milieu où elles sont le plus concentrées vers le milieu où elles y sont le moins. C'est un transport passif. Toutes les substances ne peuvent pas traverser les phospholipides dans ce cas, elles vont traverser la membrane via les protéines transmembranaires.
- ✚ **La diffusion facilitée** : Cette diffusion est également un transport passif. Par exemple, le glucose et les ions utilisent ce genre de transport. Les protéines transmembranaires qui transportent des ions sont appelées des canaux ioniques. Ces canaux ioniques sont spécialisés dans le transport d'un ion donné (ex : le canal ionique qui transporte  $K^+$  est appelé canal potassique).
- ✚ **Le transport actif** : Ce sont des protéines transmembranaires spécialisées dans le transport à contre-gradient (du moins concentré vers le plus concentré). Étant donné que ce n'est pas un déplacement naturel, ce transport demande de l'énergie (ATP). Ces protéines sont aussi appelées des pompes. La plus connue étant la pompe  $Na^+/K^+$  ATPase. Cette pompe est capable de transporter du  $Na^+$  et du  $K^+$ .

#### a. **Potentiel de membrane et potentiel de repos.**

Composition milieu extra cellulaire \*différent\* composition milieu intra cellulaire.

Le milieu extra cellulaire est très riche en  $Na^+$  et en  $Cl^-$  alors que le milieu intra cellulaire est très riche en  $K^+$  et en grosses protéines. Cette différence de composition conduit également à une différence de charge (différence de polarité), c'est-à-dire que le milieu intra cellulaire va plutôt être chargé négativement du fait de sa composition par rapport au milieu extra cellulaire qui lui va être chargé plutôt positivement. Le + et le - vont s'attirer et cela va provoquer des phénomènes électriques au niveau de la membrane. Ce phénomène est appelé le potentiel de

membrane (DDP = différence de potentiel). Si l'on mesure à l'aide de micro électrode placé dans chaque compartiment. La DDP entre ces deux compartiments, on enregistre une valeur de -70milli volt. Cette valeur est enregistrée chez un neurone non excité, au repos et c'est pourquoi on l'appelle le potentiel de repos.

- Potentiel de membrane d'un neurone au repos = potentiel de repos
- Potentiel de membrane d'un neurone excité = potentiel d'action.

## b. Potentiel d'action

Dans un neurone  $[Na^+]_{extra} > [Na^+]_{intra}$  et  $[K^+]_{extra} < [K^+]_{intra}$ . Les canaux ioniques peuvent se trouver en configuration ouverte ou fermée. Lorsque ceux-ci sont en configuration fermée, le milieu intra est négatif par rapport au milieu extra cellulaire qui lui est positif.

Lorsque le neurone reçoit un stimulus, les canaux ioniques  $Na^+$  et  $K^+$  s'ouvrent. Toutefois, les canaux  $Na^+$  sont très rapides à s'ouvrir, à l'inverse, les canaux  $K^+$  sont beaucoup plus longs. De ce fait, les canaux  $Na^+$  sont les premiers à s'ouvrir et à laisser passer les ions  $Na^+$ . Il se produit alors une entrée de  $Na^+$  dans la cellule. Autrement dit, une entrée de charge positive avec donc des conséquences sur la polarité cellulaire, le potentiel de membrane qui était de 70 milli volt devient de plus en plus positive. Il passe progressivement à 30 milli volt. Cette phase est appelée « phase de dépolarisation »

Les canaux potassique continuent à s'ouvrir lentement, il arrive un moment om les  $K^+$  peuvent traverser à leur tour la membrane. Eu vont avoir tendance à sortir de la cellule. Avec la sorti de  $K^+$  (sortie positive), cela va avoir des conséquences sur la cellule. Celle-ci redevient progressivement négative de 30 milli volt il est revenu à -70 milli volt : C'est la 2<sup>ème</sup> phase de potentiel d'action, la « phase de repolarisation »

Les canaux sodiques se sont fermés rapidement, les canaux potassiques, en revanche, sont très lents à se fermer. Les ions  $K^+$  continuent à sortir même une fois que le potentiel de membrane est revenu à - 70 milli volt. Ceci entraine le fait que l'intérieur de la cellule devient encore plus négatif, il passe de - 70 milli volt à - 80 milli volt. La cellule va devenir « hyperpolarisée ». Enfin, les canaux  $K^+$  se ferment et on a alors l'intervention de la pompe  $Na^+/K^+$  ATPase qui va restaurer les concentrations ioniques de part et d'autre de la membrane.

4 caractéristiques du potentiel d'action (PA) :

- ✚ Il faut atteindre un certain seuil de stimulation/dépolarisation (environ -50mV) pour qu'un PA se déclenche.
- ✚ Le PA répond à la loi du « tout ou rien ».
  - ✓ Sous le seuil – PAS de PA (« RIEN »)
  - ✓ A partir du seuil – un PA d'amplitude maximale et invariable (« TOUT »)
- ✚ Le PA se propage le long de la membrane, sans atténuation. Le message nerveux est codé en fréquence de PA. Un PA induit la dépolarisation du PA de la zone adjacente. (PA entraine PA de la zone d'à côté).

On distingue les stimulations par leur fréquence. Plus un stimulus est importante plus le PA sera important/fréquent.

- ✚ Les régions de la membrane qui sont ou viennent juste d'être le siège d'un PA sont en période réfractaire (2ms) : une 2<sup>ème</sup> PA ne peut pas déclenché au même endroit – l'influx nerveux est unidirectionnel.

La vitesse de propagation de l'influx nerveux (PA) dépend de :

- Du diamètre de la fibre nerveuse (grosse = rapide)
- Du caractère myélinisé ou non de cette fibre (myélinisé = rapide). La myéline

est un isolant qui empêche les échanges d'ions entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule. Autrement dit, les potentiels d'actions ne peuvent survenir qu'au niveau des nœuds de Ranvier. Les PA se propagent alors de nœud de Ranvier en nœud de Ranvier = Conduction Saltatoire.

## HODGKIN et HUXLEY – Prix Nobel de médecine et de physiologie en 1963

### 2) Communication chimique des neurones = synapse et neurotransmission

#### a. Synapse

Arrivé à l'extrémité de l'axone, l'influx nerveux doit passer d'une cellule à l'autre. Il doit alors franchir la zone de contact entre les deux cellules et cette région est appelée synapse. Il existe deux types de synapse :

- ✚ Synapses électriques : Les cellules sont physiquement reliées par des jonctions communicantes. Les PA peuvent alors passer d'une cellule à l'autre sans aucun problème seulement ces synapses ne sont pas fréquentes.
- ✚ Synapses chimiques : elles sont constituées de 3 parties.
  - ✓ Une partie pré-synaptique : Le bouton synaptique du 1<sup>er</sup> neurone
  - ✓ La fente synaptique : Espace entre les deux cellules (10-20nm)
  - ✓ Une partie post-synaptique : Membrane du 2<sup>ème</sup> neurone. Cette partie est riche en récepteurs.

La PA ne peut pas franchir la fente synaptique. Il ne pourra pas être transmis directement d'une cellule à l'autre. Il passe donc le relais à des messagers chimiques : Les neurotransmetteurs ou les neuromédiateurs. Ces neurotransmetteurs sont contenus dans de grosses vésicules qui sont stockés dans les boutons synaptiques. La libération de ces messagers chimiques est déclenchée par l'arrivée du PA. En effet, l'arrivée du PA provoque l'ouverture de canaux calciques. L'ouverture de ces canaux entraîne une entrée importante d'ions  $Ca^{2+}$  dans les cellules, elle provoque le déclenchement de l'exocytose (les vésicules se déplacent vers la membrane pré synaptique, fusionnent avec elle et déversent leur contenu dans la fente synaptique). Une fois libéré, les neurotransmetteurs diffusent à travers la fente synaptique et se fixent spécifiquement sur les récepteurs sur la membrane post synaptique. La fixation des neurotransmetteurs induit alors l'ouverture de canaux ioniques et donc le changement du potentiel de membrane post synaptique. Une fois que les neurotransmetteurs ont agis, ils se détachent des récepteurs, les canaux se ferment à nouveau, les neurotransmetteurs vont soit être dégradés dans la fente synaptique par des enzymes, soit, ils sont recaptés par le 1<sup>er</sup> neurone dans le but de le recycler ou de le dégrader ou alors, ils vont être captés par les cellules gliales pour être là aussi dégradés pour que d'autres PA puissent arriver. La fixation des neurotransmetteurs sur les récepteurs peut avoir deux effets.

- ✚ Un effet activateur : Quand la fixation du neurotransmetteur entraîne une faible dépolarisation de la membrane post-synaptique = PPSE (Potentiel Post Synaptique Excitateur) –  $Na^+$
- ✚ Un effet inhibiteur : Quand la fixation du neurotransmetteur entraîne une faible hyperpolarisation de la membrane post synaptique = PPSI (Potentiel Post synaptique Inhibiteur) –  $K^+$

Un neurone donné va être le siège à la fois de nombreux PPSE et PPSI. Ce neurone va donc faire la sommation de tous ces potentiels (PPSE et PPSI) et donc son potentiel de membrane à un moment donné est le résultat de ces sommations. Un PA ne sera induit que si le potentiel de membrane globale atteint le seuil, cela implique qu'il y a plus de PPSE et de PPSI.

## b. Les neurotransmetteurs (ou neuromédiateurs)

Ce sont des molécules de natures diverses (lipides, protéines...) fabriquées par les neurones et sécrétées par exocytose dans la fente synaptique. Ces molécules vont se fixer sur les récepteurs post-synaptiques puis s'en détacher pour être ensuite dégradées rapidement. Les neuromédiateurs les plus connus sont :

- ✓ **L'Acétylcholine** : sécrétée par les **neurones cholinergiques**. Impliquée dans l'éveil (+), l'attention (+), la colère (+), la mémoire (+)... et la concentration musculaire (+). Diminuée dans Alzheimer (les neurones cholinergiques sont dégradés).

\*(+)= stimulé

- ✓ **Catécholamine** composés de :
  - **Dopamine** : sécrétée par les **neurones dopaminergiques**. Impliquée dans le contrôle du mouvement (+) et de la posture, dans la modulation de l'humeur (+), dans la dépendance et la recherche du plaisir (+)... Diminue dans Parkinson
  - **Adrénaline et Noradrénaline** : sécrétée par les **neurones adrénergiques**. Impliquées dans l'éveil et l'attention (+), dans la modulation de l'humeur (+)... Egalement sécrétées par les glandes surrénales = hormones agissant sur divers organes.
- ✓ **Sérotonine** : sécrétée par les neurones **sérotoninergiques**. Impliquée dans le contrôle musculaire (+), dans le sommeil (+), l'humeur (+), l'appétit (-)... Prozac entraîne augmentation de sérotonine.
- ✓ **GABA (Acide Gamma-Aminobutyrique)** : sécrétée par les **neurones GABAergiques**. Principal neurotransmetteur (inhibiteur) du SNC et donc « tranquilisant » naturel du cerveau. Régule l'anxiété (-), la tonicité musculaire (-), le sommeil (+). Diminue lors de l'épilepsie.
- ✓ **Opiïdes endogènes** : sécrétés par les **neurones opioïdiques**. « Morphines naturelles » du cerveau. Effets semblables aux opiacés : régulent la douleur (-), procurent une sensation de bien être (endorphine du jogger, déclenche la dopamine et par conséquent cette sensation de dépendance à la course à pied).

## Chapitre 3 : Organisation générale du système nerveux

Deux grands systèmes de communications :

- Le système endocrinien (= hormones) = action lente et durable
- Le système nerveux = action rapide et brève

Système nerveux = SNC & SNP :

- SNC : Encéphale (boîte crânienne) + moelle épinière (colonne vertébrale)
- SNP : Nerfs (nerfs crâniens & nerfs rachidiens)
  - ➔ Détecter les modifications externes et internes = **Sensibilité**
  - ➔ Analyser les informations perçues = **Intégration**
  - ➔ Agir sur les organes internes (cœurs, vaisseaux, glandes...) et sur les muscles squelettiques = **Motricité**

### 1) Le système nerveux central = SNC (Névraxe)

Le système nerveux se forme très tôt durant le développement embryonnaire (à partir du feuillet ectoderme : peau et système nerveux).

→ Plaque neurale – Gouttière neurale – Tube neurale (avant = encéphale & après = moelle épinière) – système nerveux.

### a. La moelle épinière

La moelle épinière est un cordon blanc de 2cm de diamètre et environ 45cm de longueur (plus courte que la colonne vertébrale qui mesure environ 70cm). Elle est située et protégée dans un canal osseux (le canal rachidien), formé par l'empilement des vertèbres de la colonne vertébrale.

Cette moelle épinière présente 2 renflements :

- Un en haut au niveau cervical
- Un en bas au niveau lombaire

Elle est divisée en plusieurs segments et chaque segment donne naissance à 2 nerfs (un nerf droit et un nerf gauche = nerfs rachidiens). Quand on réalise une coupe transversale de la moelle épinière, on observe une zone grise au centre et une zone blanche autour = substance grise et substance blanche médullaires (de la moelle).

Cette substance grise est essentiellement constituée de corps cellulaires des neurones + dendrites + cellules gliales. La substance blanche est constituée d'axones myélinisés. De chaque côté de ces substances, on trouve les racines dorsales et les racines ventrales. Les fibres nerveuses (axones) qui véhiculent l'information entrante (sensitive) pénètrent dans la moelle épinière par la racine dorsale. Au niveau de cette racine se trouve un renflement appelé ganglion. Les axones qui véhiculent l'information sortante quittent la moelle épinière par la racine ventrale. La racine ventrale et la racine dorsale d'un même segment se rejoignent pour former un nerf.

La moelle épinière possède deux fonctions essentielles :

- Une fonction de **conduction** de l'information entrante ou sortante
- Une fonction dans ce qu'on appelle **l'activité réflexe**

→ La moelle épinière fait le lien entre la périphérie du corps et l'encéphale.

**L'information sortante** (*de l'encéphale vers la périphérie*): Information motrice volontaire et consciente & Information motrice involontaire et inconsciente.

**L'information entrante** (*de la périphérie vers l'encéphale*) : Information sensitive extéroceptive (ou superficielle) & Information sensitive proprioceptive (ou profonde) & Information sensitive intéroceptive (ou viscérale).

→ Un réflexe est une réaction automatique à un stimulus donné – Réaction très rapide dans la mesure où il ne fait pas intervenir l'encéphale. Le réflexe fait intervenir « l'arc réflexe » qui est constitué de 5 séquences.

- Un récepteur reçoit une information (ex : nocicepteur = récepteur à la douleur)
- Les neurones sensitifs transmettent l'information à la moelle épinière
- Le message nerveux est directement transmis aux neurones moteurs (sans passer par l'encéphale)
- L'information est transmise à un effecteur (ex : muscle)
- L'information est éventuellement envoyée aux centres supérieurs pour y être analysée (on prend conscience).

### b. L'encéphale

L'encéphale est formé à partir de l'avant du tube neural. Vers la 5<sup>ème</sup> semaine du développement embryonnaire, l'avant du tube neural se divise en 3 parties (3 vésicules) :

- ✓ Le cerveau antérieur/prosencéphale – à l'avant
- ✓ Le cerveau moyen/mésencéphale – au milieu
- ✓ Le cerveau postérieur/rhombencéphale – à l'arrière

A partir de la 6<sup>ème</sup> semaine, cette structure à 3 divisions passe à 5 divisions.

- ✓ Le prosencéphale se divise en 2
  - Télencéphale (en 1<sup>er</sup>)
  - Diencephale (en 2<sup>ème</sup>)
- ✓ Le mésencéphale ne se divise pas.
- ✓ Le rhombencéphale se divise également en 2
  - Métencéphale (en 1<sup>er</sup>)
  - Myélencéphale (en 2<sup>ème</sup>)

Le Télencéphale se développe énormément, se replie sur l'arrière jusqu'à recouvrir le Diencephale. Peu à peu, la structure se courbe. Chacune de ces parties va former différentes structures :

#### PROSENCEPHALE

- ✚ Le **Télencéphale** : va conduire à la formation de plusieurs structures :
  - ✓ **Le néocortex** : Toute la partie externe du cerveau. La partie qui est extrêmement plissée : beaucoup de circonvolution (augmente la surface). Le cortex est le niveau supérieur d'analyse des informations, responsable de toutes les activités conscientes (cognition, perception etc.)
  - ✓ **Le système limbique** (=Rhinencéphale) : Ensemble de structures permettant de générer et réguler les émotions. Egalement impliqué dans la mémoire.
  - ✓ **Les Noyaux gros centraux** (=Ganglions de base) : Ils contrôlent les mouvements (les initient et les harmonisent).
- ✚ Le **Diencephale** : 2 structures assez importantes
  - ✓ **Le Thalamus** : « centre de tri » des informations entrantes. Il les dirige vers les aires corticales appropriées.
  - ✓ **L'Hypothalamus** : Fait le lien entre le système nerveux et le système hormonal. Il contrôle les grandes fonctions de l'organisme = homéostasie (faim, soif, peur, reproduction etc.)

#### MESENCEPHALE :

- ✓ **Tectum** (=Tubercule quadrijumeaux) : relais pour les informations auditives et visuelles
- ✓ **Tegmentum** (=Pédoncules cérébraux) : relais pour les informations allant et venant du cervelet, donc important pour la motricité involontaire.

#### RHOMBENCEPHALE :

- ✚ Le **Métencéphale** :
  - ✓ **Cervelet** : Essentiel pour la motricité. Régule le tonus musculaire et coordonne les mouvements, les harmonise.
  - ✓ **Pont de varole** (=Protubérance) : Fait le lien entre le cervelet et le reste de l'encéphale.
- ✚ Myélencéphale :

- ✓ **Bulbe rachidien** : joue un rôle important dans les fonctions végétatives (respiration, circulation, rythme cardiaque, toux, vomissement etc.)

### c. Cerveau ≠ Encéphale

Le cerveau est une partie de l'encéphale. Par convention l'encéphale est constitué de 3 parties :

- Le tronc cérébral (bulbe rachidien, pont de varole et mésencéphale)
- Le cervelet
- Le cerveau (télencéphale et diencéphale)

Le cerveau est constitué de deux hémisphères cérébraux séparés par le **corps calleux**.

- Hémisphère droit contrôlant la partie gauche du corps
- Hémisphère gauche contrôlant la partie droite du corps

Les hémisphères sont séparés l'un de l'autre par un profond sillon, le **sillon inter hémisphérique**. La surface externe du cerveau est formée par le **néocortex**, son épaisseur ne dépasse pas quelques millimètre (2-5mm) et il est formé de **circonvolutions** (Gyrus) qui permet d'augmenter sa surface (plus un être est évolué, plus son néocortex est plissé).

Le néocortex est constitué de substances grises (= corps cellulaires). Sous celui-ci on trouve la substance blanche (= axones myélinisés), les noyaux gris centraux (= îlots de cellules à rôle particulier) et enfin, des cavités (= trous remplis de liquide) appelés les ventricules cérébraux (au nombre de 4).

D'un point de vue anatomique, le néocortex est divisé en « lobes cérébraux » par hémisphère.

- **Lobe frontal** (deux lobes frontaux) : important pour tous les processus cognitifs (prise de décision, planification). Il est aussi impliqué dans le contrôle des émotions et également important pour la motricité.
- **Lobe pariétal** : centralise les informations sensibles et en particulier les informations tactiles et thermiques.
- **Lobe occipitale** : important pour la vision
- **Lobe pariétal** : sert notamment pour l'audition

D'un point de vue fonctionnel, on parle d'aires cérébrales. On peut regrouper toutes ces aires en 3 catégories :

- **Aires sensibles** qui reçoivent les informations entrantes.
- **Aires motrices** qui contrôlent l'activité musculaire
- **Les aires associatives** qui vont permettre de faire le lien entre les aires sensibles et les aires motrices. Elles vont analyser d'un peu plus près les informations entrantes.

### d. Le SNC : un système protégé et isolé

Le SNC est protégé à l'intérieur de structures osseuses (boîte crânienne et colonne vertébrale). L'encéphale et la moelle épinière sont aussi protégés par des structures appelées « méninges ». Ces méninges sont au nombre de 3.

- La « dure mère », c'est la plus externe. Elle est très dure (comme du cuir), pas extensible et mesure 2-3mm d'épaisseur.
- L'arachnoïde est très fine, molle & transparente, elle a un peu la forme d'une toile d'araignée.
- La « pie mère » est plaquée à l'encéphale, elle épouse les reliefs du néocortex. Elle est très vascularisée ce qui permet les échanges entre l'encéphale et le

sang.

Entre les méninges 2 et 3, on trouve un liquide appelé « liquide céphalo-rachidien » (LCR). Ce liquide est incolore et a une composition semblable à celle du plasma sanguin. Il est fabriqué au centre du cerveau au niveau des ventricules cérébraux, plus particulièrement par des structures appelées « Plexus choroïdes » : Ce sont des amas de vaisseaux sanguins spécialisé dans la fabrication du LCR.

Le LCR est renouvelé 2 à 3 fois par jour. Il quitte les ventricules puis circule autour de l'encéphale et de la moelle épinière. Le LCR va être ensuite absorbé, il va repasser dans la circulation sanguine au niveau des « villosités arachnoïdiennes ». Les sinus sont es canaux remplis de sang, formés par le dédoublement de la dure mère. L'arachnoïde forme des replis – les villosités arachnoïdiennes – qui viennent jusque dans les sinus veineux. C'est à cet endroit là que le LCR repasse dans le sang.

A quoi sert le LCR ?

- Il joue tout d'abord un rôle de protection, un « matelas d'eau ». Il amortit les chocs.
- Il joue un rôle de nutrition
- Il va de ce fait récupérer les déchets.

= C'est un intermédiaire entre le sang et l'encéphale/la moelle épinière.

Le LCR fait partie de la « barrière hémato-encéphalique » (la barrière entre le sang et l'encéphale). Cette barrière est constituée de 3 éléments. Les échanges entre le sang et l'encéphale ne se font pas comme pour les autres organes puisqu'il est protégé.

- Les parois des vaisseaux sanguins de l'encéphale sont constituées de cellules extrêmement serrées les unes contre les autres ce qui fait que ces vaisseaux vont filtrer beaucoup plus qu'ailleurs ce qu'ils laissent sortir.
- Les cellules gliales (les Astrocytes : font le lien entre les vaisseaux sanguins et les cellules de l'encéphale).
- Le LCR et de ce fait les plexus choroïdes qui eux aussi font parti de cette barrière hémato-encéphalique.

Il y a quand même des vaisseaux sanguins simples (comme ceux qu'on trouve dans les autres organes) dans certaines zones comme dans les zones hormonales, hypothalamus ou hypophyse.

## 2) Le système nerveux périphérique : SNP

Le système nerveux périphérique est tout ce qui est en dehors des structures osseuses, c'est-à-dire qu'il va être constitué des nerfs qui vont faire le lien entre la périphérie et le système nerveux central. Il existe deux catégories de nerfs :

- 12 paires de nerfs crâniens qui émergent presque tous du tronc cérébral (Rappel : tronc cérébral = mésencéphale + bulbe rachidien + pont de varole) et qui énervent la tête et le cou (ex : nerf optique)
- 31 paires de nerfs rachidiens qui émergent de la moelle épinière (Rappel : les nerfs rachidiens sont formés par l'union des racines ventrales et dorsales).

Un nerf est un ensemble d'axones de nombreux neurones. Les axones sont entourés de leur gaine de myéline, elles même recouvertes d'une couche de tissu appelée « endonèvre ». Les axones sont regroupés en paquet/en faisceaux et chaque faisceau est entouré d'une autre couche appelée « périnèvre ». L'ensemble des faisceaux est recouvert d'une autre couche appelée « épinèvre ».

En fonction des axones qui constituent les nerfs, on distingue 3 groupes de nerfs :

- Les nerfs sensitifs, constitués de fibres sensibles (véhiculent l'information entrante)

- Les nerfs moteurs, constitués de fibres motrices (véhiculent l'information sortante)
- Les nerfs mixtes, constitués de fibres sensibles et motrices (véhiculent l'information entrante et sortante)

La plupart des nerfs sont mixtes (les 31 paires de nerfs rachidiens et quelques nerfs crâniens). Parmi les nerfs crâniens, on trouve les 3 sortes de nerfs.

Le SNP est constitué de 2 sous parties :

- Le système nerveux somatique
- Le système nerveux végétatif/autonome

Le système nerveux somatique regroupe les nerfs qui permettent la sensibilité consciente et la motricité volontaire. C'est le système dit « de relation », il permet la relation entre l'organisme et le monde extérieur.

*Rappel : Extérocepteurs – Information entrante      Information sortante – Muscles squelettiques*

Le système nerveux autonome regroupe les nerfs qui permettent la sensibilité inconsciente et la motricité involontaire. C'est le système de régulation des fonctions vitales internes (maintien de l'homéostasie), il permet la relation entre l'organisme et son milieu intérieur.

*Rappel : Intérocepteurs – Information entrante      Information sortante – Muscles lisses, cardiaque, glandes*

#### Chapitre 4 : Le système nerveux végétatif/autonome (SNV/SNA)

Le système nerveux périphérique est donc constitué du système nerveux somatique et du système nerveux végétatif. Le système nerveux végétatif assure la régulation du milieu interne. Les deux systèmes sont constitués de voies afférentes (= sensibles) et de voies efférentes (= motrices).

- ✚ Les voies sensibles du système nerveux somatique sont reliées à des extérocepteurs ; les chimiorécepteurs vont capter les molécules pour le goût ou l'odorat. Les photorécepteurs vont pour la vision, les mécanorécepteurs pour le touché et pour l'ouïe, les thermorécepteurs vont capter la température et les nocicepteurs vont capter la douleur.
- ✚ Les voies sensibles du système nerveux végétatif sont reliées à des intérocepteurs. On va trouver des chimiorécepteurs qui vont capter les concentrations en ions, glucoses ou oxygène. Les thermorécepteurs vont être sensibles à la température interne, les mécanorécepteurs vont être sensibles au remplissage de la vessie, de l'estomac, de l'intestin. Les nocicepteurs vont être sensibles à la douleur inconsciente.
- ✚ Les voies efférentes du système nerveux somatique sont reliées aux muscles squelettiques.
- ✚ Les voies efférentes du système nerveux végétatif sont reliées aux muscles lisses, au muscle cardiaque et aux glandes. Elles sont divisées en 2 systèmes :
  - ✓ Le système orthosympathique (ou sympathique)
  - ✓ Le système parasymphathique.

Ces 2 systèmes sont différents d'un point de vue anatomique et fonctionnel :

##### a. D'un point de vue anatomique :

Concernant le système sympathique, les voies efférentes sortent des régions thoraciques et lombaires. Concernant le système parasymphathique, les voies efférentes sortent du tronc cérébral et des régions sacrées (moelle sacrée).

Contrairement aux voies efférentes du système somatique qui ne sont formés que d'un seul neurone moteur, les voies efférentes des systèmes orthosympathique et parasympathique sont constituées de deux neurones. Le premier neurone a son corps cellulaire dans le SNC (moelle épinière ou tronc cérébral selon le cas) et son axone fait synapse avec le deuxième neurone au niveau d'une structure appelée « ganglion autonome ». Dans ce ganglion se trouve donc le corps cellulaire du deuxième neurone et son axone établit des contacts synaptiques avec des muscles lisses, le muscle cardiaque ou des glandes.

Dans le système sympathique, le neurone pré ganglionnaire est court et le neurone post ganglionnaire est long. Il en résulte que les ganglions autonomes se trouvent plus proches de la moelle épinière. Dans le système parasympathique, le neurone pré ganglionnaire est long et le neurone post ganglionnaire est court, il en résulte donc que les ganglions autonomes sont proches des organes innervés (voire même à l'intérieur).

#### b. D'un point de vue fonctionnel :

Le neurone pré ganglionnaire, qu'il appartienne au système sympathique ou parasympathique libère toujours de l'ACh (Acétyl Choline). En revanche, le neuromédiateur libéré par le neurone post ganglionnaire dépend de son appartenance au système orthosympathique ou parasympathique. Dans le système parasympathique il utilise l'ACh et dans le système orthosympathique, il utilise la Na (Noradrénaline).

Quels sont leurs rôles ? Les deux systèmes innervent les mêmes organes. Toutefois, ils ont une action très différente sur ces organes (une action contraire).

→ Image du frein et de l'accélérateur.

Le système orthosympathique prépare l'organisme à une action (« fuir ou combattre »). Il accélère les fréquences cardiaque et respiratoire, il détourne le sang de la peau et du système digestif vers les muscles squelettiques... (Lorsqu'on est stressé, effrayé, angoissé etc.)

Le système parasympathique restaure les fonctions et maintient les activités corporelles et leur niveau de base (« se reposer et digérer »). Il réduit la fréquence cardiaque, il favorise la digestion (Lorsqu'on dort).

Bien «qu'autonome», le SNV est aussi régulé par le SNC. Le SNV est régulé par :

- ✓ La formation réticulée (= 3 noyaux reliés entre eux au centre du tronc cérébral)
- ✓ L'hypothalamus (+ thalamus = diencephale)
- ✓ Le cortex cérébral et le système limbique.

#### Exemple : Réflexe de miction

La vessie est constituée d'un muscle lisse, c'est un muscle très élastique qui permet à la vessie de se distendre au fur & à mesure de son remplissage & lors de la miction ce muscle se contracte & permet d'évacuer l'urine vers l'urètre. Au niveau de la partie haute de l'urètre se trouve un autre muscle, en forme d'anneau et ce muscle est appelé le sphincter urétral.

- ✓ Le sphincter interne est un muscle lisse : il est contracté en permanence en dehors de la miction et relâché lors de la miction.
- ✓ Le sphincter externe est un muscle que l'on va contrôler volontairement (c'est l'équivalent d'un muscle squelettique).
  - Paroi de la vessie = muscle lisse (appelé détrusor)
    - Système orthosympathique : inhibe contraction
    - Système parasympathique : stimule contraction
  - Sphincter interne = muscle lisse
    - Système orthosympathique : stimule contraction
    - Système parasympathique : inhibe contraction
  - Sphincter externe : muscle squelettique
    - Contrôlé par le système somatique (volontaire).

Lorsque la vessie n'est pas pleine, c'est le système orthosympathique qui agit pour empêcher

la vidange de la vessie. Lorsque le remplissage de la vessie atteint un certain niveau, des mécanorécepteurs (intérocepteurs) envoient l'information jusqu'à la moelle épinière. A partir de la moelle épinière, l'information est envoyée aux neurones pré ganglionnaire et post ganglionnaire du système parasympathique qui va entraîner la contraction du détrusor et inhiber la contraction du sphincter interne. La miction est autant commandée de manière réflexe que volontaire. Le cortex est également renseigné sur le remplissage de la vessie (l'envie d'uriner naît au niveau du système limbique).

## Chapitre 5 : Système limbique et hypothalamus

### 1) Le système limbique

#### Origine du système limbique

Il est aussi appelé le « cerveau des émotions ». Il est aussi important pour la mémoire et les comportements.

En 1878 : Le « lobe limbique » de PAUL BROCA.

Limbique vient du latin qui signifie « bord », « limite », ce qui sépare le cortex et le reste de l'encéphale.

A l'époque, il était constitué de deux éléments : gyrus cingulaire et gyrus parahippocampique.

➔ Théorie des émotions :

I. Stimulus -> émotion -> modification corporelle

#### **II. 1884 JAMES & LANGE**

Stimulus -> modification corporelle -> émotion

#### **III. 1927 CANNON & BARD**

Stimulus -> émotion

Modification corporelle

#### **1937 : Le « circuit de PAPEZ »**

Les informations à l'origine des émotions circuleraient à travers un circuit. Ce circuit est constitué de différentes structures connectées entre elles.

THALAMUS -> CORTEX CINGULAIRE -> CORTEX PARAHIPPOCAMPIQUE -> HYPOTHALAMUS (corps mamillaires) -> THALAMUS

#### **IV. MAC LEAN : « le système limbique » - la théorie du cerveau triunique.**

MAC LEAN a repris le circuit de PAPEZ en le complexifiant davantage. Selon cette théorie, l'encéphale serait constitué de 3 cerveaux correspondant à l'évolution par paliers de notre cerveau actuel.

- Cerveau reptilien : Ce cerveau est le plus ancien (300 millions d'années). Il est constitué essentiellement du tronc cérébral, il assure toutes les fonctions vitales de l'organisme et également les comportements de base, ceux qui sont liés à la préservation de l'individu.
- Cerveau paléomammalien : Ce cerveau serait apparu il y a 200 millions d'années. Il est constitué du système limbique. Ce cerveau là serait à l'origine de l'émotion mais aussi de la mémoire et aurait une très grande influence sur nos comportements émotionnels
- Cerveau néomammalien : Il est apparu il y a 50 millions d'années, avec les mammifères les plus développés. Il est constitué du néocortex, il est le siège des activités cognitives (raisonnement, pensées, langage...)

#### La structure du système limbique

Le système limbique est constitué de :

- ✚ Le cortex cingulaire : juste au dessus du corps calleux
- ✚ Le cortex parahippocampique : au niveau du lobe temporal
- ✚ Le thalamus : centre de tri des informations sensorielles (sauf olfactives). Le thalamus est composé de nombreux noyaux (îlots de neurones ayant une fonction particulière) & c'est essentiellement la région antérieure du thalamus qui a un rôle important dans le système limbique (le noyau antérieur thalamique). Il va recevoir des informations des corps mamillaires.
- ✚ Les corps mamillaires : ils font partis de l'hypothalamus, reliés par l'hippocampe par l'intermédiaire du formix.
- ✚ Le septum (ou aire septale) : elle est l'air du plaisir. Le septum se situe sous le corps calleux et juste devant l'hypothalamus.
  - ➔ OLDS & MILNER en 1952.

Il fait parti du circuit de la récompense tout comme le noyau accumbens : nos comportements sont dictés par la recherche du plaisir. Ils sont situés près du septum.

- ✚ L'hippocampe : au niveau des lobes temporaux, rôle essentiel dans la mémoire (formation des souvenirs) = mémoire épisodique. L'hippocampe va récupérer des informations pour recréer un épisode/un souvenir. Certains souvenirs vont s'estomper d'autres vont être stockés dans la MLT, dans le cortex. Ceux dont on se souvient toute notre vie sont ceux émotionnellement marqués/très riche en émotion.
  - ➔ Comment le rôle de l'hippocampe a-t-il été mit en évidence ? Patient HM : Ablation des lobes temporaux (2/3 de l'hippocampe) entraîne une amnésie antérograde (incapacité à mémoriser des faits s'étant produits après l'opération) & une amnésie rétrograde partielle (oubli des faits s'étant produits jusqu'à 2 ou 3 ans avant l'opération).
- ✚ L'amygdale : au niveau des lobes temporaux (au contact de l'hippocampe) donne une teinte émotionnelle aux stimuli sensoriels (la peur en particulier) & joue un rôle essentiel dans la mémoire émotionnelle.
  - ➔ Lorsque l'on stimule l'amygdale, cela déclenche un sentiment de peur & d'angoisse mais il intervient dans beaucoup d'autres émotions.
  - ➔ Patient SM ; Une femme qui ne connaît pas la peur et ne reconnaît pas la peur chez les autres.
  - ➔ La mémoire émotionnelle est la mémoire des émotions : mémoire implicite. Elle permet de se souvenir des émotions liées à un souvenir donné (hippocampe).
  - ➔ Expérience de la punaise : Une femme ayant des lésions au niveau de l'hippocampe. Elle allait voir chaque jour son médecin mais ne le reconnaissait jamais (amnésie antérograde). Un jour, le médecin a mit une punaise dans sa main lorsqu'ils se sont serré la main. La femme, le lendemain avait oublié cette épisode mais lorsqu'elle s'est apprêtée à serrer la main du médecin, elle l'a immédiatement retirée = mémoire émotionnelle.
  - ➔ Il existe une relation triangulaire entre le thalamus, le cortex et l'amygdale. Face à un stimulus, le thalamus envoie simultanément l'information au cortex & à l'amygdale ce qui fait naître immédiatement des émotions dans l'amygdale = entraîne un comportement en lien avec cette émotion & ceci avant même que nous ayons analysé le stimulus (dans le cortex). Donc le circuit court (thalamus – amygdale) permet donc de réagir très vite. Dans

un deuxième temps le traitement de l'information par la voie longue (thalamus - cortex) permet l'analyse du stimulus et permet donc soit de renforcer la réaction s'il à lieu d'être ou soit de neutraliser le comportement si c'est une erreur. Ex : « circuit de la peur ».

- ✚ L'hypothalamus : juste sous le thalamus, « effecteur » de l'émotion : il est à l'origine des réactions végétatives qui accompagnent les émotions et des comportements en lien avec la préservation de l'individu (faim, soif...) & de l'espèce (reproduction...) + gardien de l'homéostasie.

### Rôle du système limbique & contrôle par le lobe frontal

Système limbique : centre des émotions mais aussi de la mémoire et des comportements. Ce que nous savons du système limbique a été mit en évidence par des expériences de stimulation électrique ou d'ablation de certaines zones du cerveau.

➔ Syndrome de KLUVER & BUCY

Macaques : Ablation des lobes temporaux = importantes modifications du comportement émotionnel.

- Cécité psychique (ne reconnaissent plus les objets courants)
- Boulimie et hyperoralité (portent à la bouche tout et n'importe quoi)
- Hypersexualité
- Perte de réaction de peur, docilité

= Enlevé les aires associatives de stimuli visuels & enlevé l'hippocampe = problème de mémoire

Enlevé l'amygdale (perte de réaction de peur)

- ✚ Le comportement émotionnel émerge du système limbique : selon la valeur affective d'un stimulus (agréable ou désagréable), nous adoptons un comportement d'approche ou d'évitement.
- ✚ Il est modulé par le lobe frontal, qui l'adapte au contexte environnemental (maîtrise des émotions).

Le lobe frontal : aire primaire et secondaire motrice (cortex pré-moteur & moteur) + cortex préfrontal (qui joue un rôle dans le système limbique)

➔ PHINEAS GAGE : Contremaitre de 25 ans. Une barre de fer lui a transpercé le lobe préfrontal.

= Après l'accident : humeur changeante et imprévisible, impulsivité, désinhibition sur le plan sexuel, comportements infantiles, manque d'empathie, trouble du jugement, non respect des conventions sociales et morales inadapté à la vie en société.

= Donc : Le cortex préfrontal joue un rôle dans le raisonnement, la prise de décision, le jugement de valeur, la planification... & permet aussi d'adapter nos comportements au contexte social.

## 2) L'hypothalamus

Il est situé à la base du diencephale sous le thalamus. Il se situe autour du 3<sup>ème</sup> ventricule (il va en former les parois).

L'hypothalamus est constitué de plusieurs noyaux (îlots de neurones) ayant des fonctions différentes/très précises.

Il échange des informations avec :

- Le tronc cérébral :
    - ✓ Il reçoit des informations sur l'état du milieu intérieur (perçus par les intérocepteurs)
    - ✓ Il envoie des informations pour réguler le système nerveux végétatif afin de maintenir l'homéostasie.
  - Le cortex et le système limbique :
    - ✓ Il reçoit des informations en provenance des structures limbiques comme l'amygdale.
    - ✓ Il envoie des informations vers le cortex pour permettre les comportements émotionnels et les comportements motivés primaires.
- ➔ L'hypophyse fait donc le lien entre le milieu intérieur et le monde extérieur. L'hypophyse a aussi une action endocrinienne via son action sur une glande : l'hypophyse. C'est l'axe hypothalamo-hypophysaire qui contrôle de nombreuses grandes fonctions physiologiques.

## Chapitre 6 : Bases d'endocrinologie

Le fonctionnement harmonieux de l'organisme nécessite un échange constant d'informations entre nos différents organes/cellules pour coordonner leurs actions et donc cette communication permet de maintenir l'homéostasie.

Les deux systèmes qui permettent cette communication sont les systèmes, nerveux & endocrinien. Le système nerveux agit par l'intermédiaire de signaux électriques (PA) et signaux chimiques (neuromédiateurs) et son action est rapide mais brève. A l'inverse, le système endocrinien agit par l'intermédiaire de signaux chimiques, les hormones et son action est lente mais plus durable.

### 1) Les hormones

Les cellules échangent des informations par l'intermédiaire de messagers chimiques/substances chimiques qui elles, fabriquent puis libèrent dans le milieu.

#### Communication cellulaire

Une cellule sécrète un messager chimique à destination d'une cellule cible. Celle-ci est en effet la seule à posséder le récepteur spécifique de ce messager. La fixation du récepteur sur la cellule cible entraîne la modification de son fonctionnement et déclenche donc une réponse de cette cellule.

Cette communication entre cellule peut se faire de deux façons :

- ✚ Communication sur une courte distance (locale) = paracrine. Une cellule libère des messagers chimiques dans son voisinage immédiat (à travers le liquide interstitiel) à destination de cellules voisines.
- ✚ Communication sur une longue distance = endocrine. Les messagers chimiques sont sécrétés par les cellules puis transportés dans la circulation sanguine pour arriver aux cellules cibles. Dans le cas de cette communication, les messagers chimiques sont appelés « hormones ».

#### Mode d'action des hormones

Hormone : Messager chimique sécrété dans le sang par une cellule endocrine et qui agit spécifiquement au niveau d'une cellule cible. Les cellules endocrines sont regroupées dans des organes : les glandes endocriniennes. L'ensemble des glandes endocriniennes est appelé le

## système endocrinien.

Il existe deux catégories d'hormones :

- ✚ Les hormones qui peuvent traverser la membrane plasmique (=hydrophobes) : elles sont de nature lipidique (stéroïdes). Elles se fixent sur des récepteurs intracellulaires : Elles agissent donc au niveau de l'ADN (gènes) = modifient la synthèse protéique et donc le fonctionnement des cellules.
- ✚ Les hormones qui ne peuvent pas traverser la membrane plasmique (=hydrophile) : Elles sont de nature protéique. Elles se fixent sur des récepteurs membranaires.
  - ✓ Les récepteurs ionotropes (ou récepteurs « canaux ») : changent de conformation et agissent comme des canaux ioniques = réaction en chaîne et modification du fonctionnement de la cellule.
  - ✓ Les récepteurs métabotropes : changent de conformation et interagissent avec d'autres molécules = réaction en chaîne et modification du fonctionnement de la cellule.

## Contrôle de la sécrétion des hormones :

- ✚ Par rétro-action négative (ou rétro-inhibition)
- ✚ Par rétro-action positive = pour amplifier un phénomène

## Rôle des hormones

- ✚ Maintenir l'homéostasie : elles régulent la teneur en eau de l'organisme (ADH), en sel (aldostérone), en glucose (insuline, glucagon)...
- ✚ Coordonner le développement de l'organisme : elles contrôlent le développement embryonnaire, la croissance...
- ✚ Réguler les fonctions de reproduction : Elles permettent la formation des gamètes, le développement des caractères sexuels secondaires, le contrôle du cycle menstruel chez la femme, de la grossesse et de l'accouchement, du comportement sexuel.
- ✚ Adapter le fonctionnement de l'organisme à son environnement : Elles participent à la réaction au stress, à l'hibernation, au cycle veille-sommeil...

## 2) Les glandes endocrines

**Glandes endocrines** : Organes fabriquant des hormones et les sécrétant dans la circulation sanguine (elles sont constituées de cellules endocrines)

≠ **Glande exocrine** : Organes fabriquant des substances diverses (≠ hormones) et les sécrétant à l'extérieur du corps (ou dans les cavités (ex : l'intérieur de l'intestin) en contact avec le milieu extérieur) – Ex : glande sudoripares (sécrétant la sueur), sébacées, lacrymales, mammaires, salivaires, le pancréas, l'estomac, le foie ...

Certaines glandes ont une activité à la fois endocrine et exocrine comme le pancréas.

Les glandes endocrines libèrent des hormones en réponse à divers stimuli :

- ✚ Les stimuli humoraux : une variation de concentration en ions ou en nutriments dans le sang peut induire la sécrétion d'une hormone.
- ✚ Les stimuli nerveux : Un influx peut favoriser la libération d'hormones (ex : stress -> SNV -> surrénales -> adrénaline)

- Les stimuli hormonaux : certaines hormones sont libérées en réponse à une stimulation par d'autres hormones (axe hypothalamo-hypophysaire).

### L'épiphyse (ou glande pinéale)

Située au niveau du mésencéphale (au sommet du tronc cérébral). Elle sécrète la **mélatonine** – la sécrétion de cette hormone varie en fonction des cycles « jour/nuit », en fonction des saisons (elle va être sécrétée beaucoup plus quand il y a peu de lumière. Elle joue un rôle dans l'éveil et le sommeil (favorisant le sommeil). Il semblerait également qu'elle joue un rôle sur l'humeur (la diminuant), dans l'appétit et elle inhiberait la production d'hormones sexuelles chez l'enfant.

### Le thymus

Elle est située dans le thorax, derrière le sternum. Sa taille va varier en fonction de l'âge de l'individu (elle sera volumineuse chez l'enfant avec une activité importante et va régresser à l'âge adulte). Elle sécrète la **thymuline**, la **thymosine** et la **thymopoïétine**. Ces 3 hormones ont un rôle dans l'immunité. Sous l'action de ces hormones, les lymphocytes immatures produits dans la moelle osseuse deviennent lors de leur passage dans le thymus des lymphocytes T matures et fonctionnels capables de défendre l'organisme.

### La thyroïde

C'est la glande la plus volumineuse. Elle est située à la base du cou, devant la trachée et formée de deux lobes. Elle sécrète la **triiodothyronine** (ou T3), la **tétraïodothyronine** (ou thyroxine, ou T4) et la **calcitonine**.

La T3 & T4 sont constituées d'iodes & donc le fonctionnement de la thyroïde dépend de l'apport en iode par l'alimentation (produits laitiers, poisson, sel de table etc.). Un manque d'iode peut entraîner une hyperthyroïdie & un excès d'iode entraîne une hypothyroïdie. Le rôle de ces hormones est de servir de « moteur de l'organisme », elles vont augmenter le métabolisme de base en favorisant la production d'énergie (cf : respiration cellulaire). Elles vont donc augmenter l'activité des organes – favoriser la synthèse des protéines etc.

Symptôme de l'hyperthyroïdie : manque d'énergie, fatigue, prise de poids, rythme cardiaque ralenti, frilosité, retard de croissance et développement intellectuel (chez l'enfant).

Symptômes de l'hypothyroïdie : Transpiration excessive et bouffées de chaleur, perte de poids, rythme cardiaque rapide, sautes d'humeur (nervosité) etc.

La calcitonine réduit le taux de calcium dans le sang en favorisant la construction osseuse (elle stocke le calcium dans les os).

#### a. Les glandes parathyroïdes

Elles sécrètent la parathormone (rôle inverse de la calcitonine). Elles augmentent le taux de calcium en allant le puiser au niveau des os et va donc favoriser la destruction osseuse.

#### b. Les gonades

(Testicules chez l'homme et ovaires chez la femme). Elles sécrètent les hormones sexuelles (**œstrogènes**, **progestérones** et **testostérones**). Elles agissent sur l'appareil reproducteur pour la fabrication des gamètes (spermatozoïdes pour l'homme et ovules pour la femme). Elles agissent aussi sur d'autres parties de l'organisme pour les caractères sexuels secondaires (voix grave, pilosité, forte carrure pour l'homme & voix fluette, faible pilosité et silhouette plus fine pour la femme).

#### c. Le pancréas (Il est aussi une glande exocrine)

Situé dans l'abdomen, derrière l'estomac. Il sécrète le glucagon (cellule alpha) et l'insuline (cellule bêta).

L'**insuline** est sécrétée lorsque la glycémie augmente. Son rôle est de réduire ce taux de sucre

dans le sang. Les cellules stockent le glucose soit sous forme de glycogène soit sous forme de graisse dans le tissu adipeux.

Le **glucagon** a un rôle inverse. Elle est sécrétée lorsque la glycémie diminue, son rôle est d'augmenter le taux de sucre dans le sang.

- Diabète de type 1 : Destruction des cellules bêta ; il n'y a plus de production d'insuline
- Diabète de type 2 (personnes plus avancées en âge) : Problème de récepteur de l'insuline. Ces récepteur sur les cellules cibles sont insensibles, l'insuline ne peut donc plus se fixer sur ces cellules. Le pancréas va donc produire toujours plus d'insuline et va finir par s'épuiser et par ne plus en produire.

#### d. Les glandes surrénales

Elles se situent au dessus des reins. Chaque glande est constituée de deux parties :

- ✓ Une partie périphérique : la corticosurrénale
- ✓ Une partie centrale : La médullosurrénale

La médullosurrénale sécrète les **catécholamines** (adrénaline et noradrénaline) qui préparent le corps à l'action (« fuir ou combattre » - système orthosympathique).

La corticosurrénale sécrète les **minéralocorticoïdes** (ex : aldostérone), les **glucocorticoïdes** (ex : cortisol – favoriser tous les mécanismes générateurs d'énergie. .) & les **gonacorticoïdes** (sécrètent des hormones sexuelles – dans des proportions très minimes)

#### e. L'hypophyse

Située juste sous l'hypothalamus, dans une cavité osseuse, elle est reliée à l'hypothalamus par la tige pituitaire. Cette glande est constituée de deux parties :

- Une partie avant, l'antéhypophyse ou **adénohypophyse**.
- Une partie arrière, post hypophyse ou **neurohypophyse**.

**La neurohypophyse** : les hormones libérés par la post hypophyse sont enfaite fabriqués par les neurones de l'hypothalamus puisqu'en effet, certains neurones de l'hypothalamus se prolongent jusque dans l'hypophyse pour y sécréter des neuro hormones. Deux hormones sont sécrétées :

- ✓ L'**ADH** (Hormone anti diurétique = vasopressine)
- ✓ L'**Ocytocine**.

L'ADH agit au niveau des reins pour inhiber la formation de l'urine et favoriser la réabsorption de l'eau dans l'organisme (TD n°1).

L'ocytocine, chez la femme, est connue pour la stimulation des contractions des muscles utérins lors de l'accouchement. Elle est également importante pour la sécrétion du lait par les glandes mammaires (rétro action positive).

**L'adénohypophyse** : Contrairement à la neurohypophyse, l'adénohypophyse est une glande à part entière. C'est elle qui fabrique et sécrète ses propres hormones sous le contrôle des hormones hypothalamiques quand même. Elle sécrète 6 hormones :

- ✓ Sécrète les gonadotrophines : La **FSH & la LH** vont contrôler le fonctionnement des gonades. Stimuler la production des gamètes & la sécrétion des hormones sexuelles.
- ✓ Sécrète la **GH** : Hormones de croissance (ou somatotrophines). Elle provoque la croissance et la division des cellules de l'organisme (essentiellement les os & les muscles squelettiques) elle est sécrétée notamment pendant le sommeil lent et profond.
- ✓ Sécrète la **TSH** (thyrotrophine), elle stimule la sécrétion des hormones

thyroïdiennes (T3 & T4)

- ✓ Sécrète la **prolactine** qui stimule la production du lait par les glandes mammaires.
- ✓ Sécrète l'**ACTH** (ou corticotrophine). Cette hormone va agir sur les glandes surrénales et plus particulièrement sur les glandes corticosurrénales pour induire la libération des corticoïdes.

#### f. L'axe hypothalamo-hypophysaire

C'est l'hypothalamus qui contrôle les sécrétions de l'hypophyse. Certains neurones de l'hypothalamus se prolongent jusque dans la neurohypophyse où il libère des hormones (ADH & Ocytocine), tandis que d'autres neurones se prolongent uniquement au niveau d'une zone appelée « éminence médiane », là, les hormones hypothalamiques sont sécrétées puis transportées par les vaisseaux sanguins jusqu'aux cellules endocrines de l'adénohypophyse et donc sous l'action de ces hormones hypothalamiques, ces cellules endocrines vont donc fabriquer et libérer leurs propres hormones dans la circulation sanguine générale (FSH, LH, GH, TSH, etc..)

On peut considérer qu'il existe 5 axes hypothalamo-hypophysaire :

- ✓ **Axe corticotrope** : Sous l'action de la **CRH** hypothalamique, l'antéhypophyse sécrète l'**ACTH** qui agit au niveau de la corticosurrénale.
- ✓ **Axe lactotrope** : L'hypothalamus sécrète deux hormones, la **PIH & la PRH**. La PIH prédomine chez l'homme et chez la femme hors des périodes de lactation.
- ✓ **Axe thyroïdrotrope** : Sous l'action de la **TRH**, la TSH est libérée par l'antéhypophyse & agit sur la thyroïde.
- ✓ **Axe somatotrope** : La sécrétion de GH est contrôlée par deux hormones hypothalamiques : la **GHRH et la GHIH**
- ✓ **Axe gonadotrope** : L'hypothalamus sécrète la **GnRH** qui va stimuler au niveau de l'antéhypophyse la sécrétion de LH & FSH