SOUS-CONCEPT 1 : Le fonctionnement des neurones

I. Le potentiel de repos d'un neurone

Activité 1 : Le potentiel de repos ou de membrane

Le PR est enregistrable, sur toute cellule nerveuse non soumise à un stimulus, grâce à deux électrodes réceptrices, l'une étant placée à la surface de la membrane, l'autre à l'intérieur de la cellule. La valeur du PR est de -70mV. Il est dû à une répartition inégale des concentrations en sodium et potassium de part et d'autre de la membrane cellulaire. Le PR est donc dû à une différence de concentration ionique de part et d'autre de la membrane :

- l'extérieur de la fibre est riche en Na+ et pauvre en K+

- l'intérieur de la fibre est riche en K+ et pauvre en Na+

La fibre nerveuse est perméable aux ions qui peuvent franchir la membrane par diffusion passive à travers des canaux ioniques (électrorécepteurs) jusqu'à équilibre des concentrations :

- les ions Na+ entrent dans la fibre grâce à des électrorécepteurs à sodium qui ne laissent diffuser que les ions sodiums.

- les ions K+ sortent massivement à l'extérieur de la fibre car la membrane est très perméable au K+, grâce à des électrorécepteurs à potassium qui ne laissent passer que des ions potassiums.

Si ces échanges continuaient seuls, au bout de quelques heures, il y aurait égalité des concentrations en sodium et potassium de part et d'autre de la membrane et par conséquence une disparition du PR. Ces échanges passifs sont donc couplés à des transports actifs de sodium et potassium à travers la membrane réalisés par la pompe Na/K ATPase.

Cette pompe hydrolyse de l'ATP ce qui libère de l'énergie qui est utilisée pour faire sortir du sodium à l'extérieur de la fibre (3 ions sodium) et pour faire rentrer du potassium à l'intérieur de la fibre nerveuse (2 ions potassium) afin de rétablir les concentrations ioniques initiales. En effet, les ions sodium, chargés positivement, plus nombreux à l'extérieur qu'à l'intérieur du neurone, par diffusion, voudront aller vers le côté où ils sont le moins concentrés, et passeront donc à travers de la membrane pour diffuser à l'intérieur du neurone, tandis que les ions potassium, chargés eux aussi positivement, plus nombreux à l'intérieur qu'à l'extérieur, par diffusion, voudront aller vers le côté

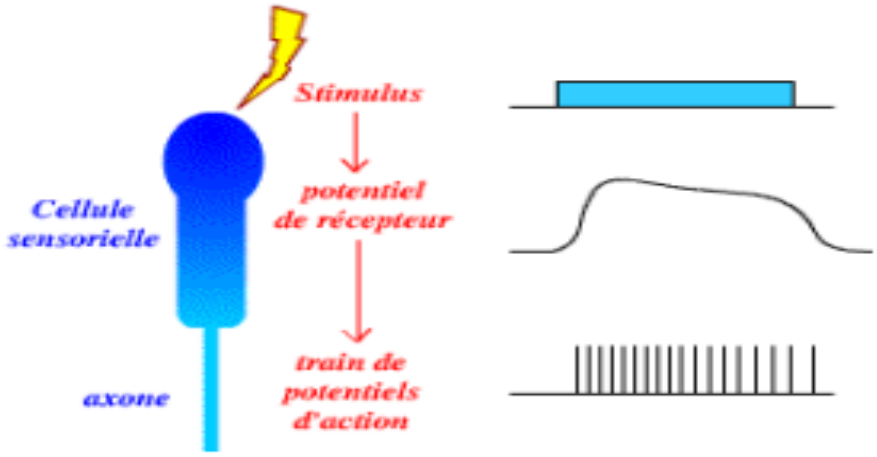
SOUS-CONCEPT 1 : Le fonctionnement des neurones

Activité 2 : Naissance du message nerveux au niveau d'un récepteur

Un récepteur est une cellule modifiée et reliée à une terminaison nerveuse sensitive (dendrite) capable de capter un stimulus et de faire naître, si le stimulus est suffisant, un message nerveux. Le récepteur comprend 3 parties :

- Le site récepteur qui reçoit le stimulus.
- Le site transducteur qui transforme le message reçu en message électrique.
- Le site générateur qui donne naissance au message nerveux qui se propage le long de la fibre sensitive.

Le stimulus se traduit par une diminution de la polarité membranaire nommé potentiel de récepteur (PR) au niveau du site transducteur. Plus l'intensité du stimulus est importante, plus l'amplitude du PR est grande. Quand le PR atteint une valeur seuil, un PA va naître au niveau du site générateur et va se propager. Si l'amplitude du PR est très élevée on observera la naissance de plusieurs PA nommés train de potentiels, dont la fréquence va dépendre de l'intensité du stimulus.



Consigne : à partir de l'exploitation du document ci-dessus ;

a. Définis un récepteur sensoriel et cite ses différentes parties.
b. Dis ce qui se passe à chaque niveau

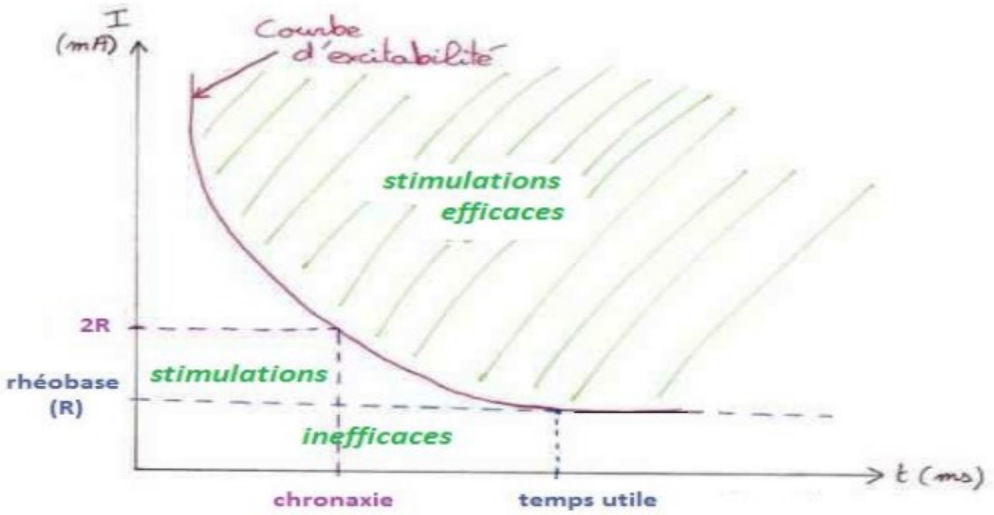
Activité 3 : Naissance du message nerveux au niveau d'une fibre nerveuse

Pour qu'une stimulation soit efficace c'est-à-dire suivie d'un potentiel d'action, il est nécessaire que la stimulation soit appliquée avec une intensité minimale et pendant un temps minimum. Le nerf ne réagit pas toujours à toute excitation. Il ne réagit que quand un minimum d'intensité est

atteint. Ce minimum d'intensité est appelé intensité luminaire ou rhéobase. Il est donc nécessaire que le stimulus atteigne une certaine valeur pour déclencher une réponse de la part de la cellule ou du récepteur qui a reçu ce stimulus. La première caractéristique du potentiel d'action est que, pour que celui-ici soit déclenché par le corps cellulaire, ce dernier doit avoir atteint un potentiel membranaire de 30 mV. Ceci est donc le seuil de déclenchement.

Cette valeur seuil fonctionne comme un interrupteur : si le stimulus est en dessous du seuil, infraliminaire, alors la cellule ne produira pas de réponse. Si le stimulus est supérieur ou égal au seuil, supraliminaire, alors la cellule produira une réponse unique, la stimulation est dite efficace et la fibre répond par un potentiel d'action dont l'amplitude ne varie pas quel que soit la stimulation : c'est la loi du tout ou rien. Cependant, aussitôt que la membrane du corps cellulaire atteint son seuil de déclenchement, c'est-à-dire que la membrane atteint un potentiel membranaire de -30 mV, ce corps cellulaire envoie un potentiel d'action de 100 mV d'amplitude. Il n'y a pas de potentiel d'action de 95 ou 105 mV. Il y en a juste de 100 mV, c'est tout !

Le potentiel d'action est toujours de nature tout ou rien. Au moment où il est déclenché par le corps cellulaire sur l'axone, il garde toujours son intensité de 100 mV. Elle ne diminue donc jamais, qu'importe la distance avec laquelle le potentiel d 'action doit avoir affaire.

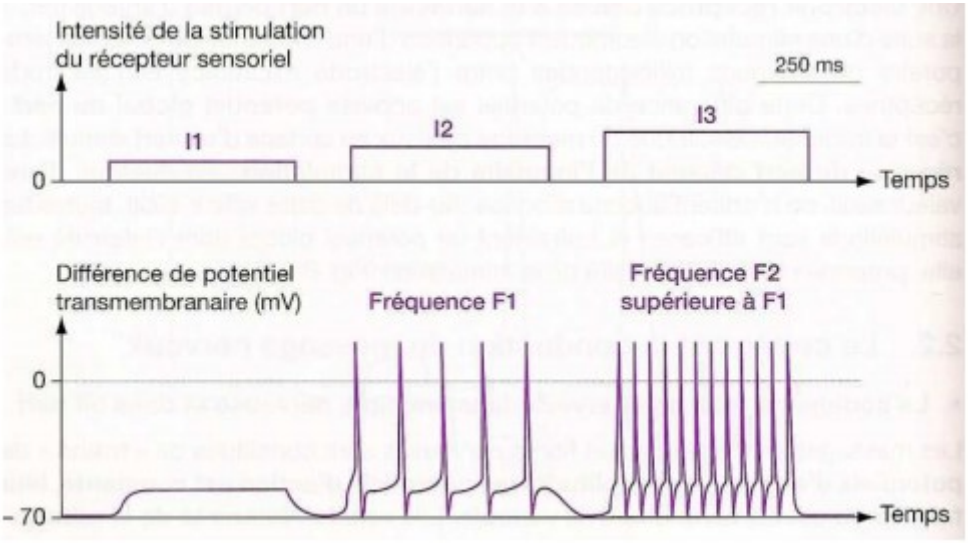


Il existe donc un seuil d'intensité : la rhéobase, mais aussi un seuil de durée : la chronaxie ou temps utile qui permettent de définir l'excitabilité de chaque fibre. Finalement, après qu'un potentiel d 'action créé par le corps cellulaire, se soit propagé dans l'axone et dans ses terminaisons axonales, ces deux composants du neurone entrent en période réfractaire, d'une durée de 0.5 à 1 milliseconde.

SOUS-CONCEPT 1 : Le fonctionnement des neurones

L'axone et ses terminaisons axonales se repolarisent donc, pour pouvoir accueillir et bien conduire un nouveau potentiel d'action.

Une fibre peut répondre à deux stimulations efficaces successives, mais si ces ceux stimulations sont trop rapprochées, il n'y aura pas de réponse à la seconde. Cela est dû à l'existence d'une période réfractaire qui dépend de l'inactivation temporaire des canaux Na+ VD. Cette période réfractaire explique que la conduction du message soi unidirectionnelle. Tous les PA, d'une durée de 1 milliseconde, ont donc la même amplitude.



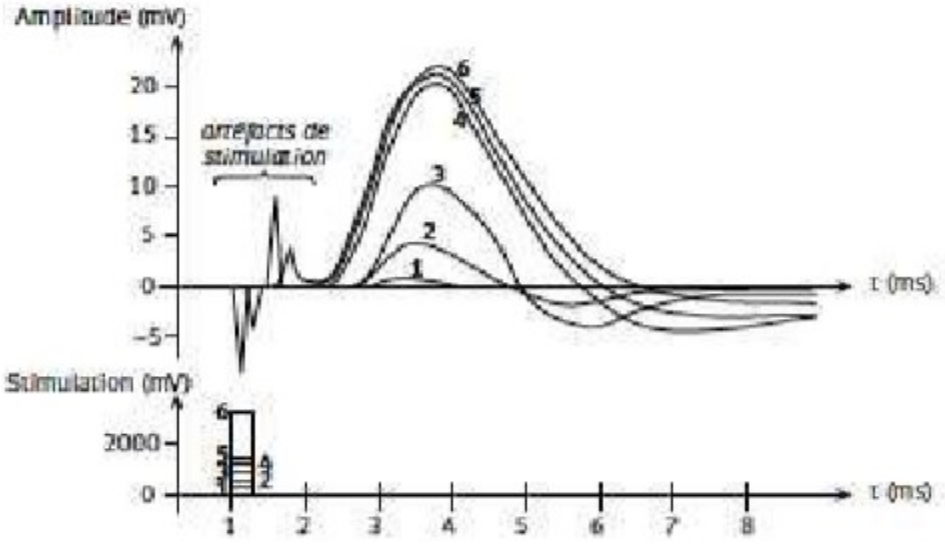
Consigne : à partir de l'exploitation du document ci-dessus ;

a. Quelle est la condition pour qu'un stimulus soit efficace ?
b. Quelle est le nom et la valeur de ce stimulus ?
c. Pourquoi dit-on que le potentiel d'action est de nature tout ou rien ?
d. Une fibre peut répondre à deux stimulations efficaces successives, mais si ces ceux stimulations sont trop rapprochées, il n'y aura pas de réponse à la seconde, cela est dit à quoi ?
e. En quoi l'intensité de la stimulation pour un neurone est-il codé ?

Activité 3 : Naissance du message nerveux au niveau d'un nerf

Si un nerf est stimulé expérimentalement, on peut mettre en évidence l'existence d'un seuil minimal d'excitation. Cependant, dès que le nerf répond, l'amplitude de sa réponse, nommée potentiel global de nerf, va augmenter avec l'intensité de la stimulation. Le nerf ne répond donc pas à la loi du tout ou rien. Mais à partir d'une certaine valeur de stimulation, l'amplitude du PG n'augmentera plus. Il existe donc un seuil maximal. Donc plus l'intensité de stimulation est forte

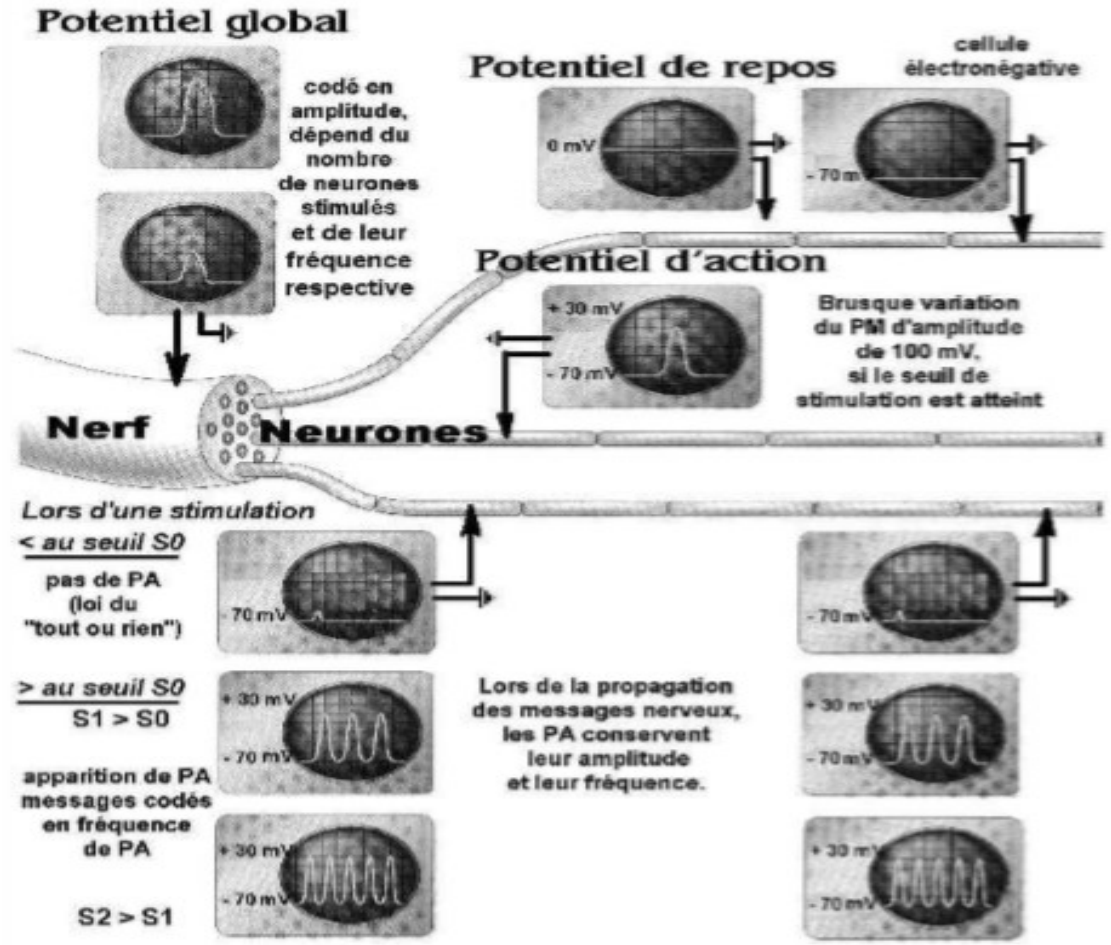
et plus le Potentiel global au niveau d'un nerf augmente en amplitude jusqu'à un maximum. En effet, le nerf est constitué d'un grand nombre de fibres dont les valeurs seuils peuvent différer. Lorsque la stimulation augmente, de plus en plus de fibres vont répondre et l'amplitude du PG augmente, montrant la sommation des réponses des fibres. Quand toutes les fibres sont recrutées, la réponse du nerf est maximale. Donc plus la stimulation est forte et plus le nombre de fibres stimulées augmente jusqu'à un maximum correspondant au recrutement de l'ensemble des fibres composant le nerf.



SOUS-CONCEPT 1 : Le fonctionnement des neurones

Doc. 4 : Potentiel global au niveau d'un nerf, potentiels de repos et d'action au niveau d'un neurone, codages du message nerveux au niveau du nerf et au niveau des neurones et propagation du message nerveux sans atténuation

D'après 1ère S, Belin 2001, modifié Remérand 2001.



Consigne : à partir de l'exploitation du document ci-dessus ;

a. Détermine la constitution d'un nerf.

b. Analyse et interprète la courbe de l'évolution de l'amplitude d'un nerf en fonction de l'intensité de la stimulation.

c. Comment appelle-t-on le message nerveux véhiculé par un nerf ? En quoi est-il codé?

SOUS-CONCEPT 1 : Le fonctionnement des neurones

2. La conduction du potentiel d'action le long de la fibre nerveuse

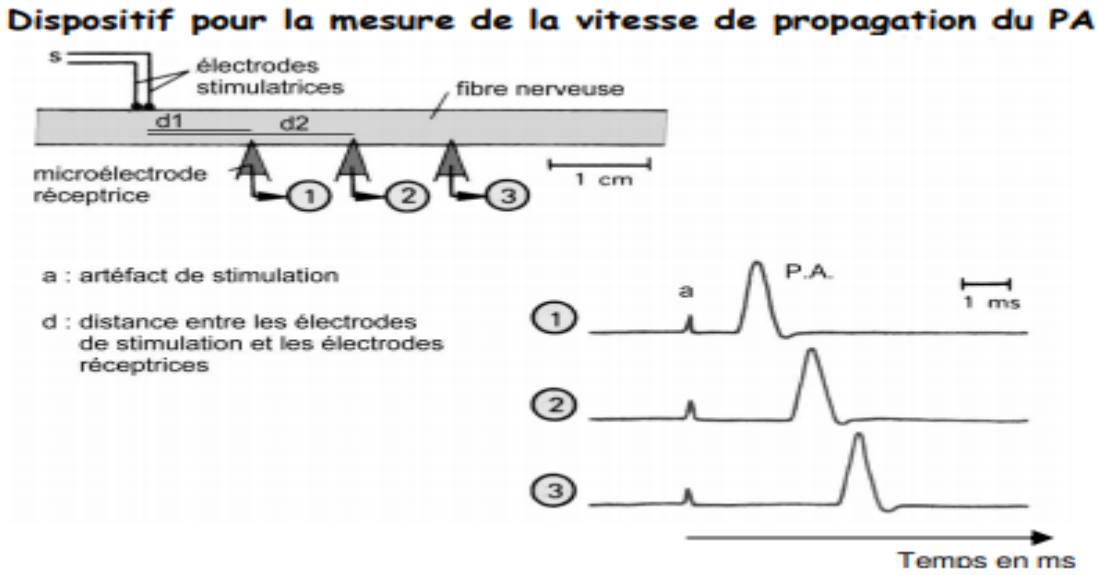
Le PA n'est conduit par la fibre nerveuse que si celle-ci est saine. Un anesthésique, une blessure de la fibre, supprime la conductibilité.

Activité 1 : La vitesse de conduction et le mode de propagation

Vitesse de conduction :

Calcul de la vitesse : d = distance entre les 2 paires d'ER t = temps qui sépare les 2 PA c'est-à-dire temps mis par le PA pour parcourir la distance d

Vitesse (m/s) = d (m) / t (s)



La vitesse de propagation de l'influx nerveux est de l'ordre du m/s (max 120 m/s). La vitesse varie avec la nature et le diamètre de la fibre nerveuse.

	Diamètre en (µm)	Vitesse en (m/s)
fibre myélinisée	3	11
	9	55
	13	75
fibre amyélinisée	0.5	1
	3	5

Document 1 : tableau d'illustratif de la vitesse de conduction du potentiel d'action

La vitesse de propagation varie aussi avec la température

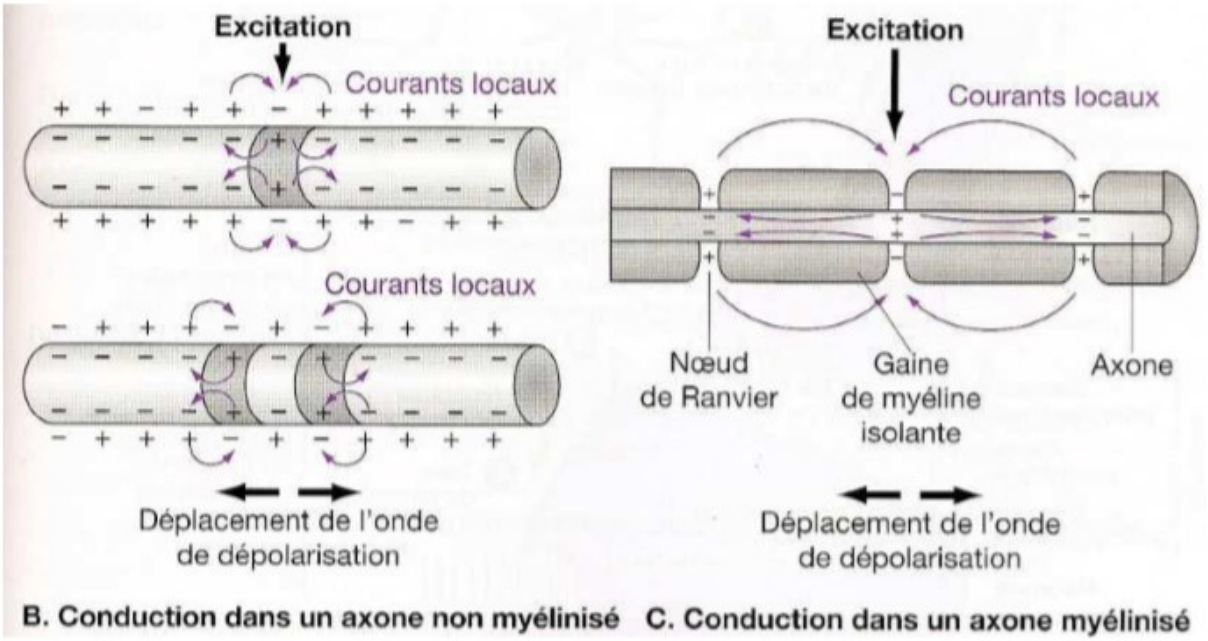
Exemple : dans le nerf sciatique

18°C 30 m/s

30°C 80 m/s

37°C 90 m/s

Mode de propagation :



Document 2 : mode de propagation du potentiel d'action

Consigne : à partir de l'exploitation des documents ci-dessus ;

a. Donne la formule permettant de calculer la vitesse de conduction de l'influx nerveux.
b. Analyse et interprète le tableau.
c. Détermine le mode de propagation dans une fibre amyélinisée et dans une fibre myélinisée.

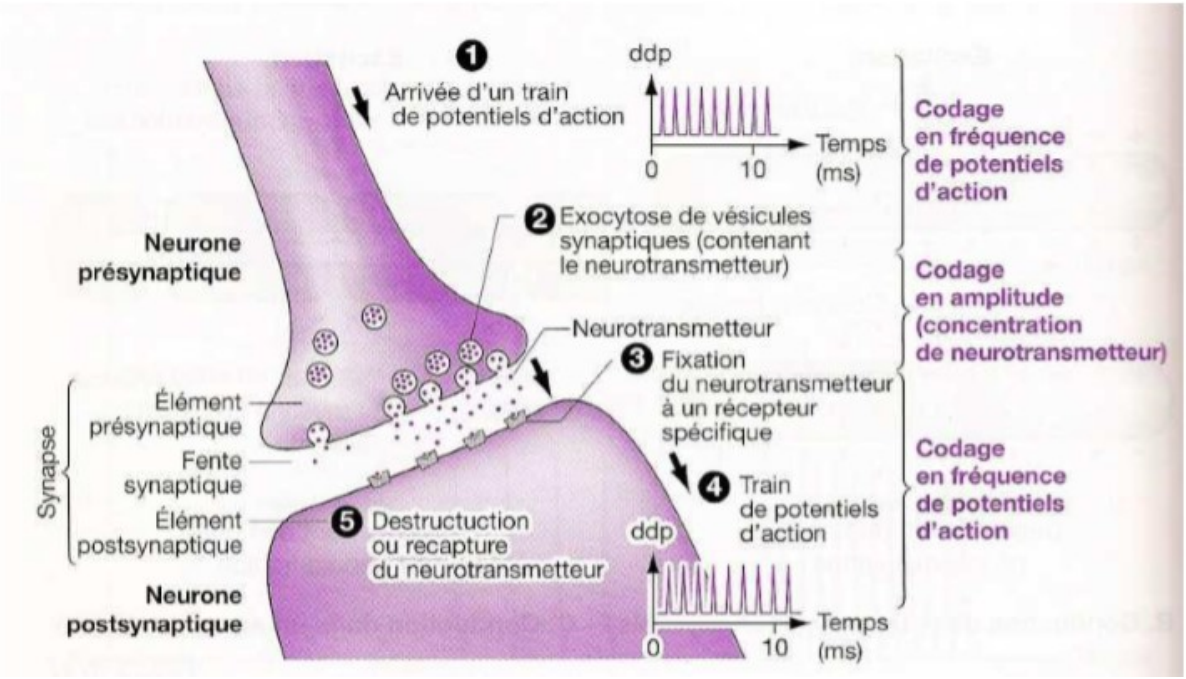
III. Le fonctionnement des synapses

La transmission du message nerveux entre 2 cellules s'effectue au niveau de synapses grâce à la libération de neurotransmetteurs ou neuromédiateurs.

Activité 1 : les éléments d'une synapse (schéma)

Synapse : jonction qui est située entre 2 neurones ou entre 1 neurone et 1 cellule effectrice (cellule musculaire ou glandulaire qui exerce une action en réponse à une stimulation nerveuse) et qui assure la transmission unidirectionnelle de l'influx nerveux.

SOUS-CONCEPT 1 : Le fonctionnement des neurones



Document 1 : Les éléments d'une synapse

Consigne : à partir de l'exploitation du document ci-dessus ;

a. Cite les principaux éléments d'une synapse.
b. Caractérise chaque élément d'une synapse.
c. Fais le schéma annoté d'une synapse.

Activité 2 : La création du potentiel post-synaptique :

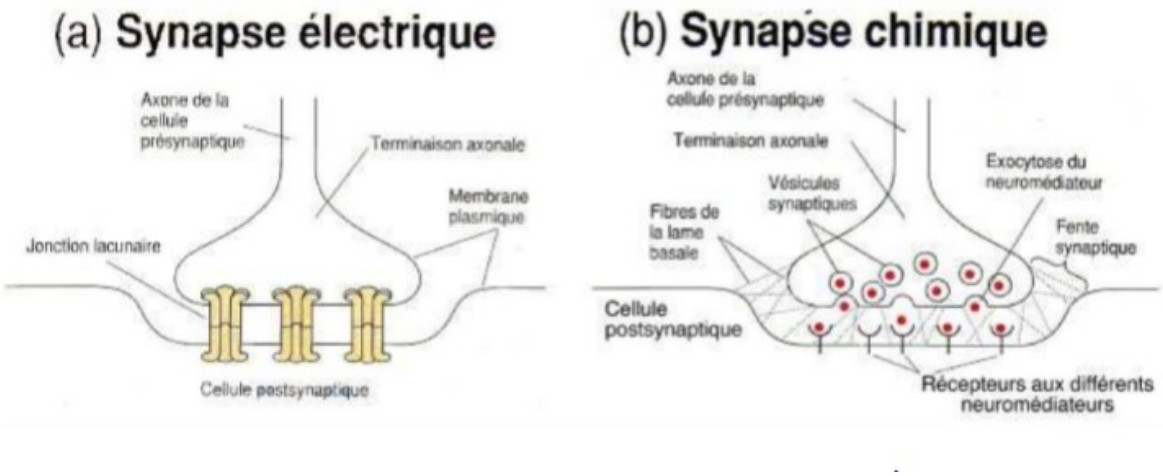
Les neurotransmetteurs sont des substances chimiques libérées par les neurones agissant sur d'autres neurones ou sur d'autres types de cellules (comme les cellules musculaires). Un neurotransmetteur est une molécule informative qui :

- Est contenue dans les vésicules du bouton synaptique
- Est libérée dans la fente synaptique lors de l'arrivée du PA
- a une action sur la membrane postsynaptique
- est rapidement inactivée dans la fente synaptique.

Les neurotransmetteurs sont synthétisés par les corps de Nissl (REG) du péricaryon, puis après migration dans l'axone grâce aux neurofilaments, ils sont stockés dans les vésicules du bouton synaptique.

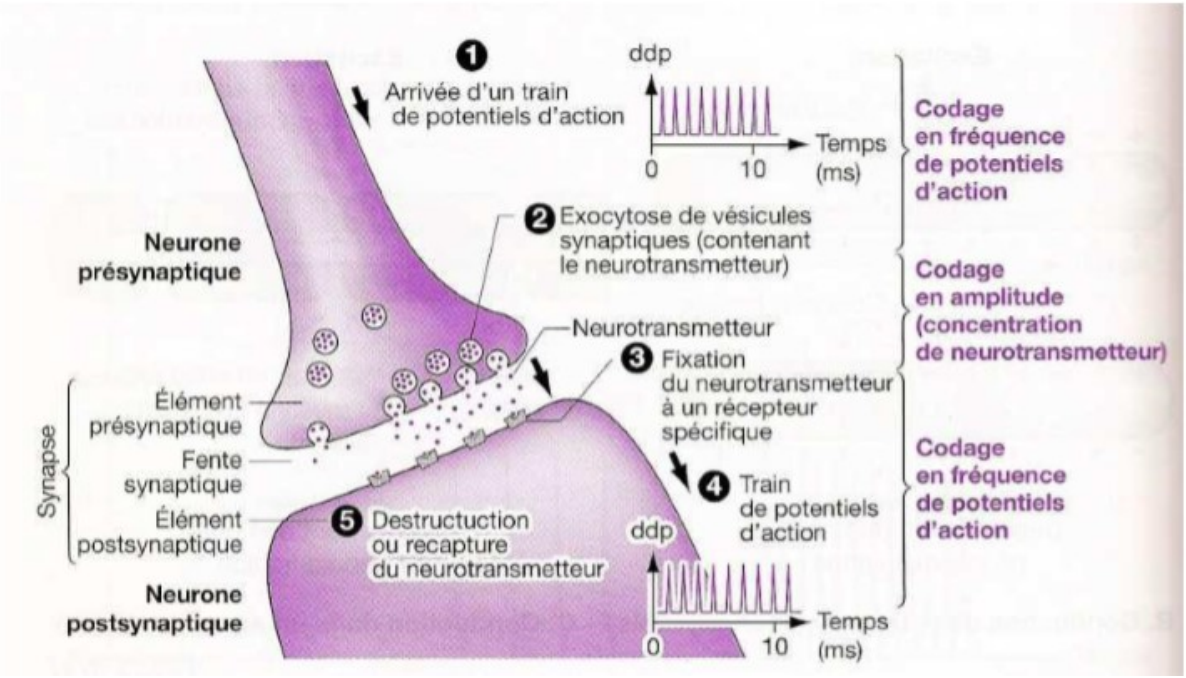
SOUS-CONCEPT 1 : Le fonctionnement des neurones

Les différents types de synapses



Document 1 : Les différents types de synapses

Cas d'une jonction neuromusculaire ou plaque motrice



Document 2 : jonction neuromusculaire ou plaque motrice

Consigne : à partir de l'exploitation des documents ci-dessus ;

a. Définis les neurotransmetteurs.
b. Dégage et caractérise les différents types de synapses.

c. Explique brièvement les mécanismes de la transmission synaptique dans chaque cas.

Activité 3 : Le rôle intégrateur des neurones

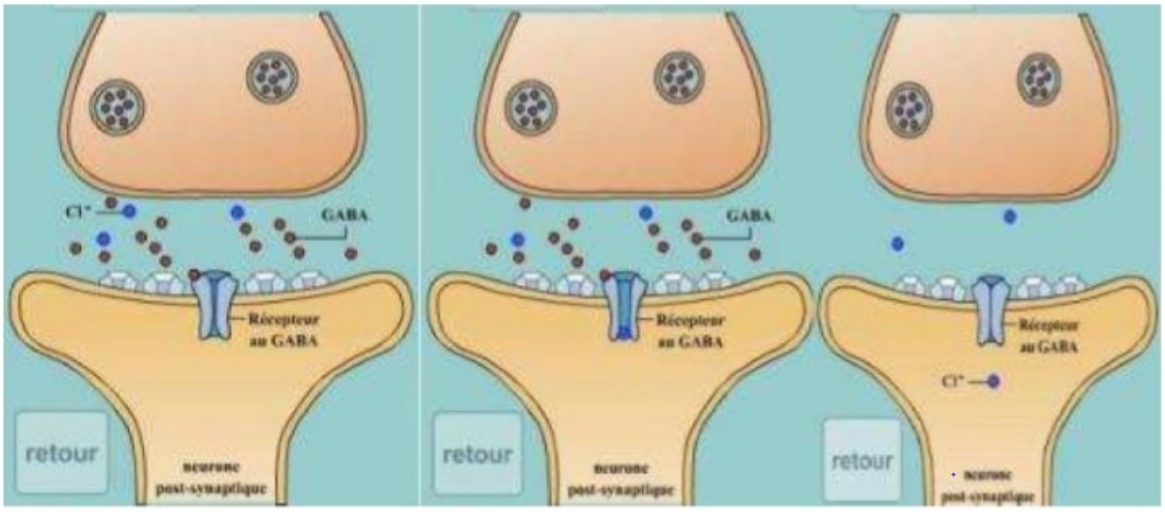
Des Synapses interneuroniques ou neuroneuroniques :

Un neurone peut recevoir des informations provenant de nombreux autres neurones, les multiples synapses établissant les contacts entre ce neurone et les terminaisons axoniques des autres neuro peuvent être localisées au niveau de ses dendrites, de son corps cellulaire ou au niveau de l'axone.

Suivant le neurotransmetteur mis en jeu, une synapse peut avoir soit un effet excitateur soit un effet inhibiteur sur la cellule postsynaptique. On connaît 2 types de neurotransmetteurs :

- Neurotransmetteurs excitateurs (Acétylcholine ou noradrénaline) qui induisent un PPSE
- Neurotransmetteurs inhibiteurs (Gaba) qui induisent un PPSI

Un potentiel postsynaptique excitateur est une augmentation temporaire du potentiel de membrane postsynaptique provoqué par un flux d'ions chargés positivement (ions sodium) entrant dans la cellule postsynaptique. Cela constitue l'opposé du potentiel postsynaptique inhibiteur qui est causé par un flux entrant d'ions négatifs (ions chlorures) dans la cellule. Un potentiel postsynaptique est dit excitateur s'il facilite le déclenchement d'un potentiel d'action dans le neurone et un potentiel post synaptique est dit inhibiteur quand il s'oppose ainsi à la genèse des potentiels d'action postsynaptiques.



Document 3 : Synapses interneuroniques ou neuroneuroniques

SOUS-CONCEPT 1 : Le fonctionnement des neurones

- Synapse excitatrice à acétylcholine

Elle possède des récepteurs cholinergiques.

Lors de la fixation du neurotransmetteur sur le récepteur, on a ouverture des canaux ioniques dépendants permettant l'entrée de sodium et créant un PPSE qui, par la suite, provoquera l'ouverture des canaux sodiques VD engendrant un PA. Dans le cas de la plaque motrice, le PA présynaptique provoque toujours une dépolarisation supraliminaire c'est-à-dire supérieure au seuil d'excitation. Dans le cas de cellules intraneuronales, le PA présynaptique provoque toujours une dépolarisation infraliminaire c'est-à-dire inférieur au seuil d'excitation. Il faut donc plusieurs PA présynaptiques pour déclencher un PPSE : c'est la sommation spatiale et temporelle.

- Synapse inhibitrice à GABA (acide γ-aminobutyrique)

Elle possède des récepteurs GABAergiques. Ces synapses sont localisées dans le SN. Lors de la fixation du GABA sur le récepteur, il y a ouverture des canaux anioniques chimiodépendants permettant l'entrée de chlore dans la cellule. Le GABA hyperpolarise la cellule post synaptique. Il va ensuite s'opposer à l'entrée en activité de la cellule.

A tout instant au niveau du cône d'émergence de l'axone arrive un potentiel postsynaptique global égal à la somme algébrique des dépolarisations et des hyperpolarisations imposées à la membrane du corps cellulaire par les synapses excitatrices et les synapses inhibitrices. Dès que la dépolarisation du cône axonique ainsi obtenue est suffisante, des potentiels d'actions prennent naissance ; leur fréquence qui code l'intensité du message, est d'autant plus élevée que la somme algébrique des potentiels postsynaptiques donne une valeur plus élevée.

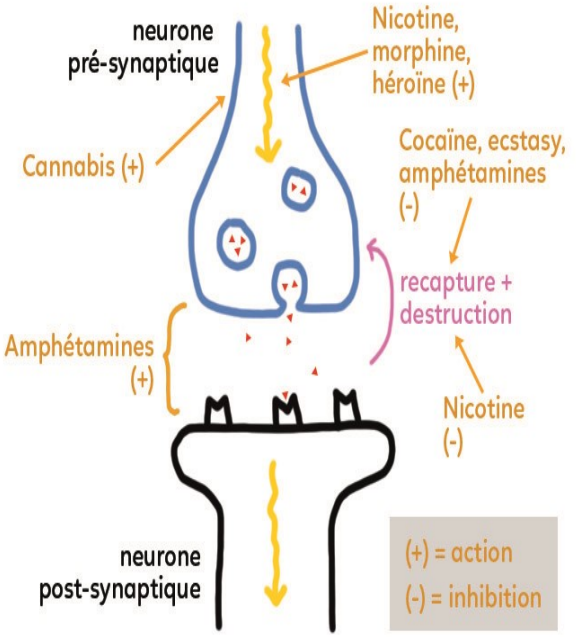
Consigne : à partir de l'exploitation du document ci-dessus ;

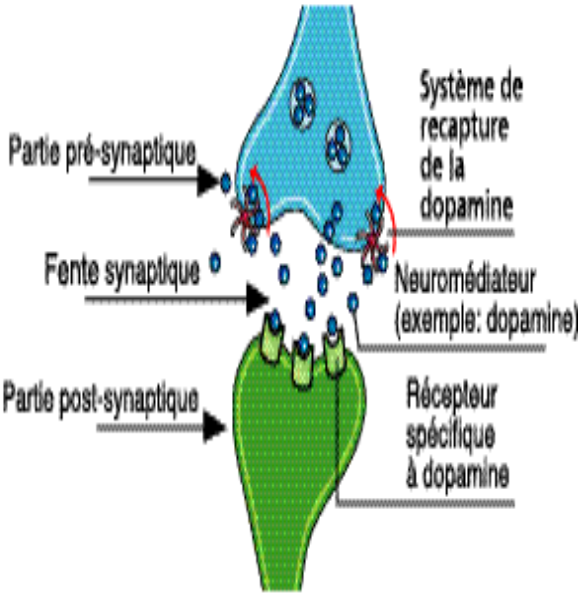
a. Explique comment fonctionne une synapse excitatrice et une synapse inhibitrice.
b. Explique comment le neurone intègre-t-il toutes les informations reçues ?

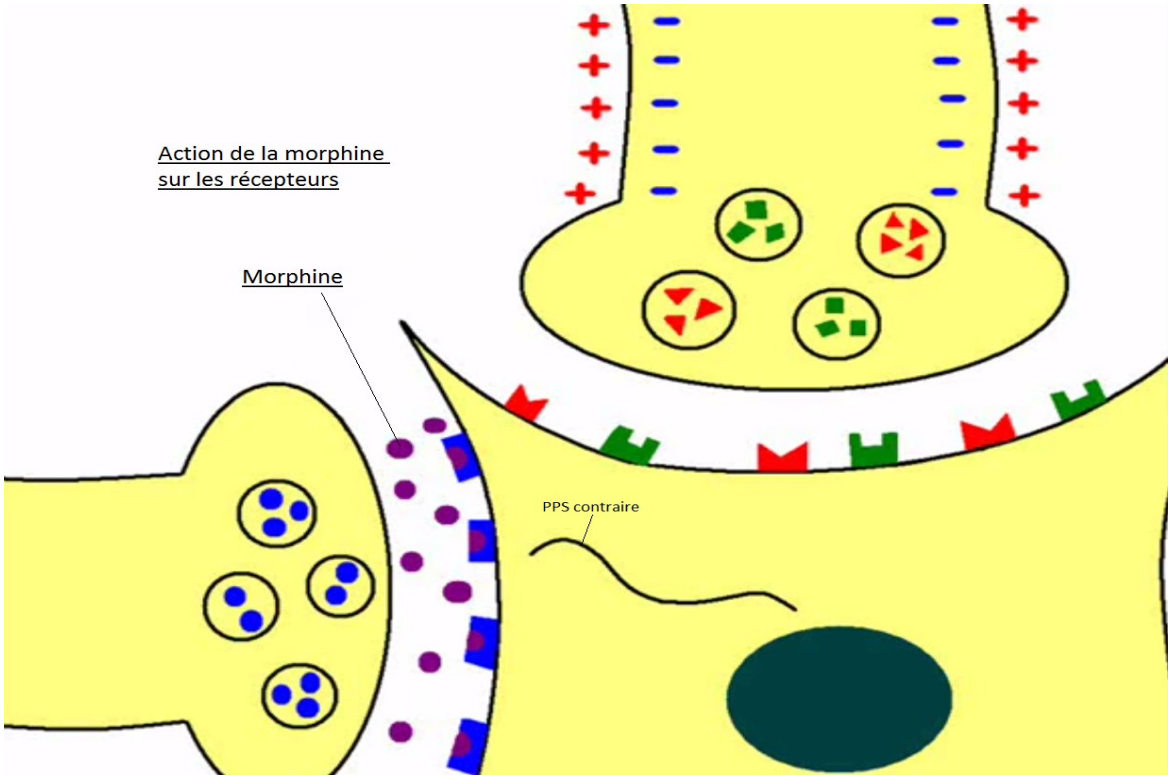
Activité3 : effets de certaines substances sur la transmission synaptique.

De nombreuses substances de dopage (amphétamines) et de dopage (cocaïne, nicotine, morphine,…) peuvent modifier le fonctionnement de la synapse et par là le comportement d'un individu : ce sont des substances psychotropes

SOUS-CONCEPT 1 : Le fonctionnement des neurones







SOUS-CONCEPT 1 : Le fonctionnement des neurones

Effet des drogues et autres substances sur la synapse

Allez sur le site ***lecerveau.mcgill.ca***, le plaisir et la douleur, les paradis artificiels, niveau d'explication intermédiaire, niveau d'organisation moléculaire.

Lisez les textes, observez les animations et complétez le tableau. Indiquez sur le schéma le lieu d'action, les NT, canaux, récepteurs, + ou -

	Action directe ou indirecte*	Description du mode d'action au niveau neuronal	Effets, Fonctions affectées
Cocaïne	directe	Inhibe la recapture de la dopamine, sérotonine et noradrénaline en se fixant sur les transporteurs situés sur la membrane présynaptique. la dopamine augmente dans la fente synaptique.	Euphorie par l'augmentation de la dopamine Confiance ↑ par l'augmentation de la sérotonine Energie ↑ par l'augmentation de la noradrénaline. Usage prolongé ~~augmente~~ diminue (???)* le nombre de récepteurs sur membrane postsynaptique, dépression et manque. * diminution sur mb postsynaptique, augmentation sur des neurones inhibiteurs (pour neutraliser l'effet)
Héroïne (morphine)	indirecte	Se fixe sur les récepteurs aux endorphines situés sur la membrane présynaptique des neurones GABA-ergiques. L'héroïne diminue le GABA libéré, et comme le GABA est inhibiteur sur les neurones dopaminergiques, la libération de dopamine est augmentée (inhibition d'une inhibition).	Effet anesthésiant et euphorisant. Baisse d'excitabilité de certains neurones. Diminution du GABA (inhibiteur) → dopamine↑→plaisir↑
Ecstasy	Directe et indirecte	En se liant aux transporteurs de sérotonine de la membrane présynaptique, empêche la recapture de sérotonine qui reste en quantité importante dans la synapse. La sérotonine stimule aussi les neurones dopaminergiques → dopamine↑	sérotonine↑ → énergie, euphorie ↑ → baisse de l'inhibition. Plaisir↑ car dopamine↑. Après qqs heures, sérotonine↓↓car diminution de la synthèse

Consigne : à partir de l'exploitation des documents ci-dessus ;

a. Quel est l'effet des substances agissant sur la fixation des neurotransmetteurs sur les récepteurs de la membrane post-synaptique ?
b. Quel est l'effet des substances agissant sur les neurotransmetteurs ?
c. Quel est l'effet des substances agissant sur l'inactivation des neurotransmetteurs ?
d. Quel est l'effet des substances agissant sur la recapture des neurotransmetteurs ?