



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE BATNA 2
FACULTE DE MEDECINE
DEPARTEMENT DE MEDECINE



Laboratoire de physiologie et d'explorations fonctionnelles
CHU BENFLIS TOUHAMI

Transmission synaptique et Interaction ligand-récepteur

Cours de physiologie de graduation
1^{ère} année médecine

Dr FERHI Salah
MCA en Physiologie

2024-25

Plan

* Objectifs

I. Introduction

II. Transmission synaptique

1. Classification des synapses

2. Structure et fonctionnement d'une synapse

3. Intégration synaptique

III. Interaction ligand-récepteur

1. Formes de sécrétion du ligand

2. Variétés des récepteurs membranaires

3. Caractères de la liaison ligand-récepteur

IV. Conclusion

* Références

* Objectifs

- Classer les synapses chimiques selon la nature des éléments pré et post-synaptiques
- Décrire la structure globale d'une synapse chimique
- Décrire le fonctionnement globale d'une synapse chimique
- Définir le potentiel post synaptique excitateur
- Définir le potentiel post synaptique inhibiteur
- Décrire spécifiquement la transmission synaptique au niveau de la plaque motrice
- Décrire la sommation spatiale
- Décrire la sommation temporelle
- Citer les formes de sécrétion des ligands au niveau de l'organisme humain
- Identifier les trois variétés des récepteurs membranaires
- Enumérer les deux principaux caractéristiques de la liaison ligand-récepteur

I. Introduction

Les cellules de l'organisme communiquent entre elle en utilisant deux grandes formes de communication : électrique et chimique. La transmission électrique est caractérisée par sa rapidité en revanche, la transmission chimique est moins rapide, cependant elle est plus durable. Cette dernière utilise des molécules chimiques synthétisées par des cellules spécialisées est secrétées en cas du besoin. Ces molécules sont appelées ligands.

Au niveau des cellules nerveuses, ses molécules chimiques sont appelées spécifiquement des neurotransmetteurs. Ses derniers sont secrétés au niveau des synapses neuro-neurones, mais aussi dans les synapses neuro-effectrices. Il existe plusieurs types anatomiques de synapses neuro-neurones. Fonctionnellement, il existe des synapses excitatrices et des synapses inhibitrices, dont le résultat du fonctionnement peut faire intervenir des phénomènes de sommation.

En dehors du système nerveux, autres cellules régulatrices de l'organisme sont douées pour synthétiser et sécréter des molécules chimiques afin de communiquer avec des cellules cibles, voisines ou à distance. La réponse cellulaire est variable selon le type de récepteur membranaire au niveau des cellules cibles. Il peut s'agir d'une action directe type mouvement ionique via un récepteur-canal, ou d'une réaction biochimique via un récepteur-enzyme ou encore une action indirecte par la synthèse d'un second messenger intracellulaire comme l'AMP cyclique via un équipement membranaire de transduction : récepteur-protéine G-enzyme catalytique de l'ATP. Qu'elle que soit le type de la liaison ligand-récepteur, elle est spécifique et réversible assurant la conservation de l'information, une régulation fine et une réutilisation d'une partie du ligand.

1. Classification des synapses

Au niveau du système nerveux, la cellule nerveuse (premier neurone) avec ses terminaisons axoniques peut se connecter avec d'autres cellules nerveuses en formant des synapses chimiques. La connexion avec le deuxième neurone peut se faire avec ses dendrites, ou avec son soma (corps cellulaire) ou encore avec son élément axonique comme le montre la **figure 1**.

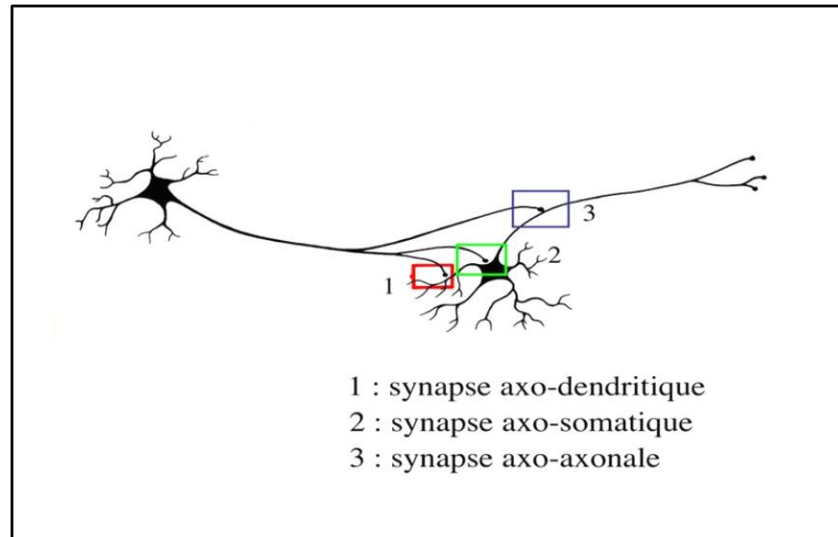


Figure 1 : Types anatomiques de synapses chimiques neuro-neurales

2. Structure et fonctionnement d'une synapse chimique

La **figure 2** montre les éléments de structure et de fonction d'une synapse chimique. Il s'agit d'une synapse axo-dendritique. Le déclencheur du fonctionnement c'est l'arrivée d'un Potentiel d'action (PA) (voir (a)) au niveau de la terminaison axonique du neurone A.

Un processus vésiculaire s'amorce pour finalement libérer un neurotransmetteur au niveau de la fente synaptique (voir (b)). A savoir, certaines vésicules sont éparpillées dans la terminaison axonique et autres vésicules sont attachées sur la membrane pré-synaptique dans des zones dites : zones active et prêtes à être activés.

L'interaction du neurotransmetteur avec un récepteur localisé au niveau de la membrane de la dendrite du neurone B (voir (c)) provoque la genèse un potentiel post-synaptique (voir (d)) appelé potentiel gradué (PG).

Le PG peut résulter de phénomène de sommation (décrit dans la partie 3.Integration synaptique). Si le PG est dépolarisant et suffisamment efficace il peut déclencher un PA (voir (d')) qui parcourt le neurone B.

À Noté qu'une partie du neurotransmetteur peut être récupérer par l'élément pré-synaptique via un transport actif de retour pour éventuelle réutilisation (voir (e)).

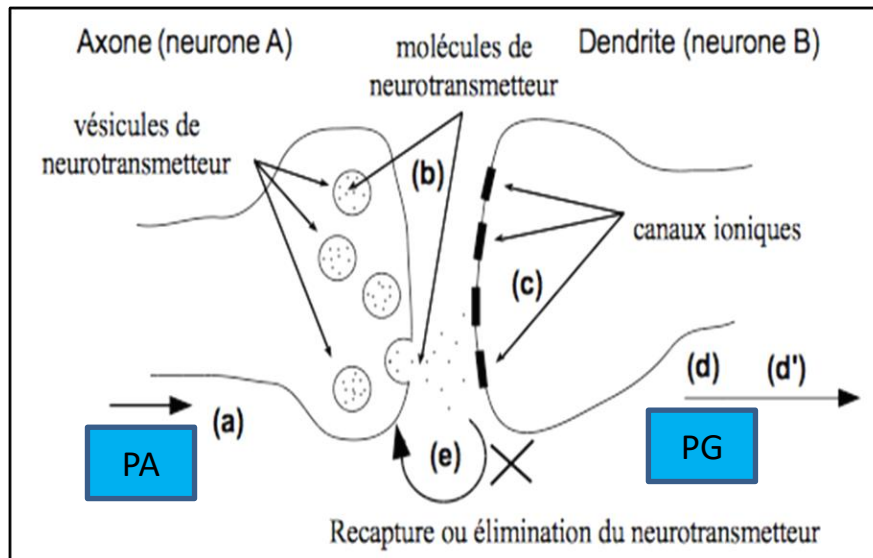


Figure 2 : Mécanisme de fonctionnement globale d'une synapse chimique neuro-neuronale

Le PA arrivant à la membrane pré-synaptique au départ stimule l'ouverture des canaux calcium voltage-dépendants d'où pénétration du Ca^{++} (figure 3). Ce dernier se lie à des protéines associées aux vésicules. C'est cela qui permet la fusion des vésicules attachées dans des zones actives avec la membrane pré-synaptique.

Le neurotransmetteur libéré au niveau de la fente synaptique par phénomène d'exocytose assure la continuité de la transmission de l'information électrique, mais sous forme chimique, raison pour laquelle ces synapses sont appelées synapses chimiques. Ce processus de transmission synaptique peut durer **0,2 secondes**.

La présence des vésicules de neurotransmetteur dans l'élément pré-synaptique et les récepteurs dans l'élément post-synaptique est à l'origine d'un fonctionnement dans un seul sens dans la plupart des synapses chimiques, c'est-à-dire une « conduction synaptique » unidirectionnel de l'information principale et par conséquent du PA.

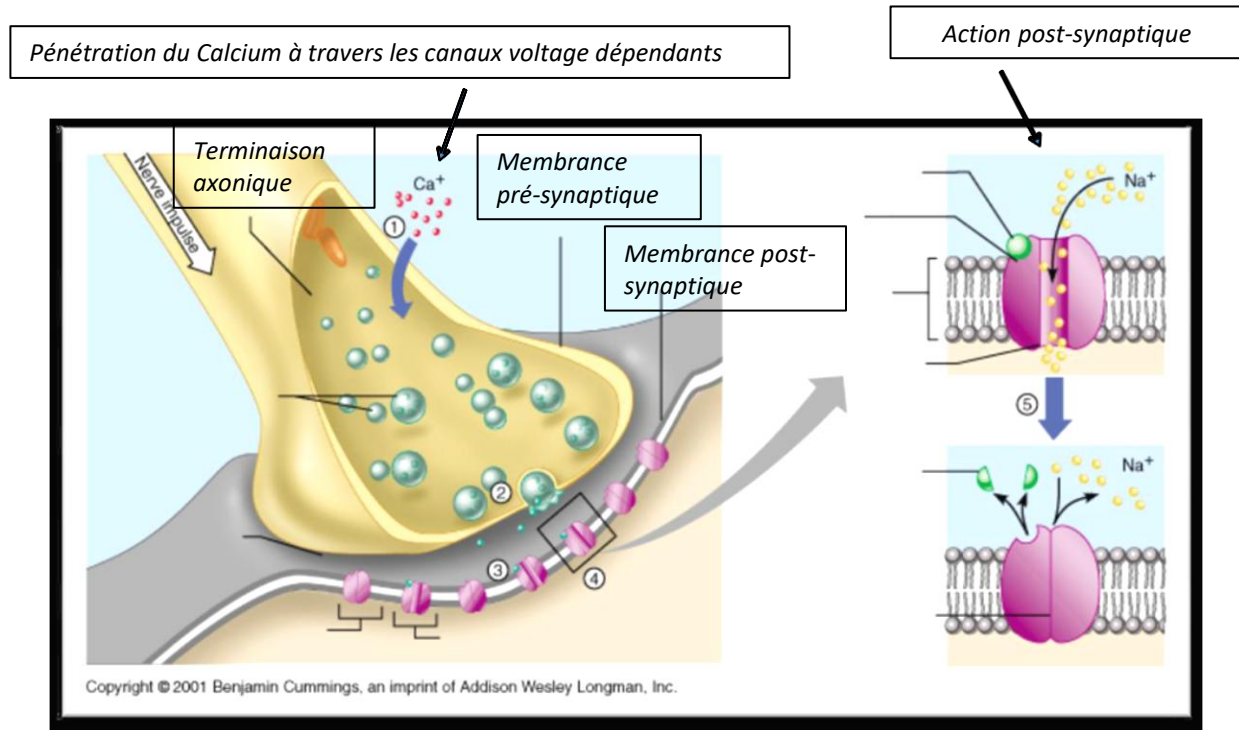


Figure 3 : transmission synaptique générant l'ouverture d'un canal ionique sodique post-synaptique

Le PG est lié à des mouvements ioniques au niveau de membrane post-synaptique. Lorsqu'il s'agit de la pénétration du Na^{+} le PG est excitateur (PPSE). Ce dernier est **dépolarisant** (figure 3,4). Si le PPSE est efficace il déclenche au niveau du cône d'implantation de l'axone du deuxième neurone un PA. Si le PG est **hyperpolarisant**, il détermine un PPSI. Il se voit en cas de pénétration du Cl^{-} ou de sortie de K^{+} (figure 4).

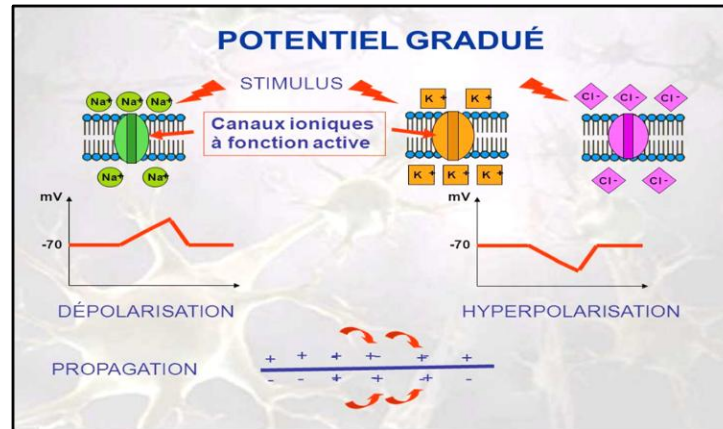


Figure 4 : Potentiel gradué dépolarisant ou hyperpolarisant au niveau post-synaptique

Au niveau de la synapse neuromusculaire squelettique, qui est une synapse neuro-effectrice, le neurotransmetteur est appelé **acétylcholine**. Ce dernier interagit avec des récepteurs musculaires appelés récepteurs **nicotiniques**. Ces récepteurs sont des **canaux sodiques**. Cette interaction génère un PPSE appelé **potentiel plaque motrice (PPM)**.

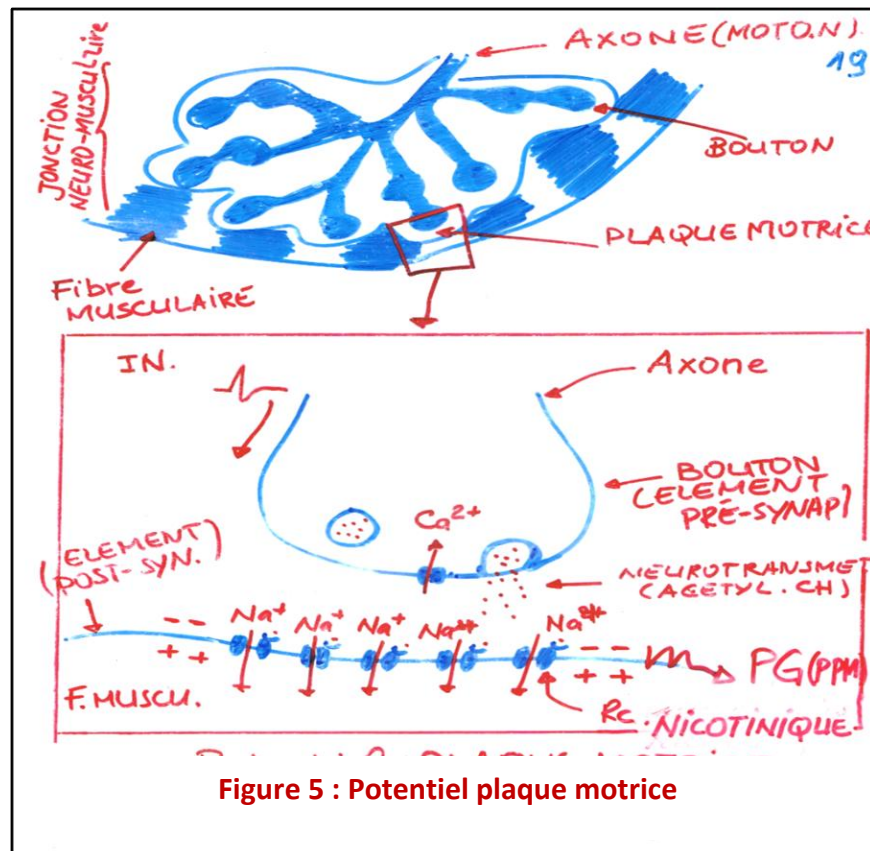


Figure 5 : Potentiel plaque motrice

III. Intégration synaptique

Le Potentiel post-synaptique peut résulter de l'activité conjointe de deux synapses. C'est un mode de sommation appelé « **sommation spatiale** » (figure 6). Il peut résulter aussi de l'activité d'une seule synapse. Cependant, son amplitude est d'autant plus importante si cette synapse fonctionne suite à une salve (fréquence) de PA au niveau de la membrane pré-synaptique. Dans ce cas la sommation est appelée « **sommation temporelle** ».

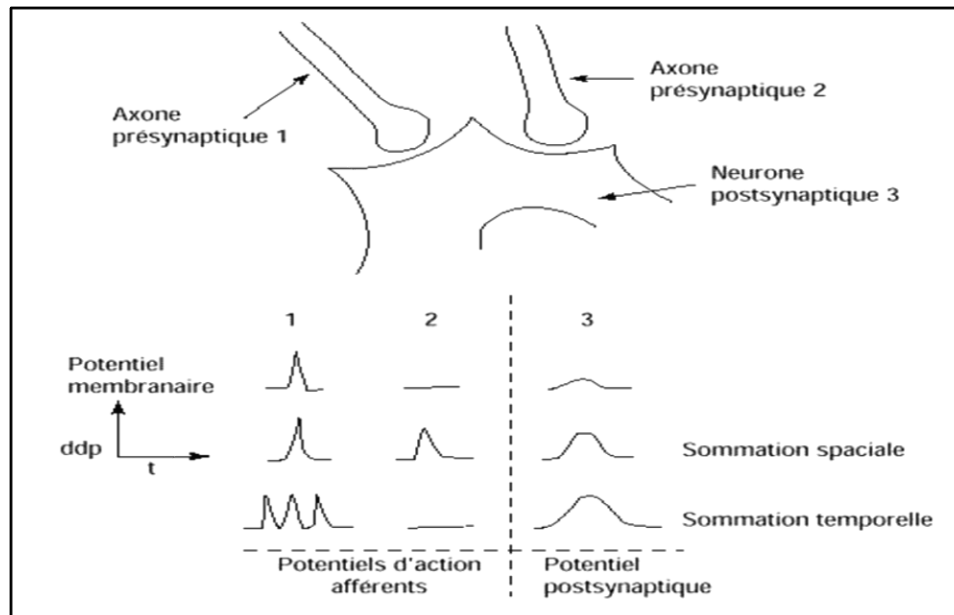


Figure 6 : Influence de la sommation dans l'amplitude du potentiel post-synaptique

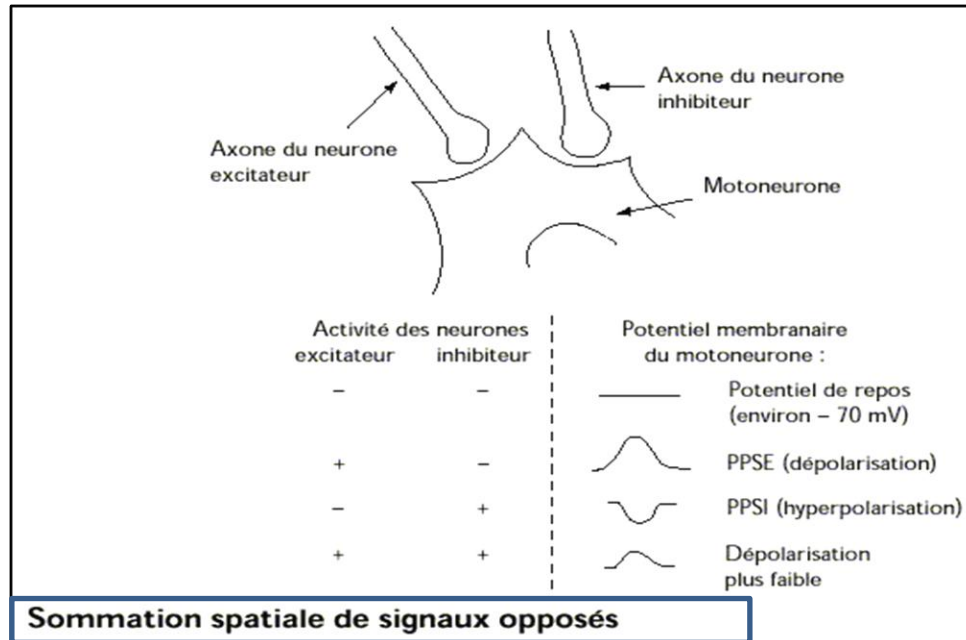


Figure 7 : résultat d'une sommation spatiale d'une synapse excitatrice avec une synapse inhibitrice

La sommation spatiale peut intéresser des synapses de fonction opposées. Une excitatrice et une inhibitrice. Dans ce cas le potentiel post synaptique est dépolérisant, cependant de faible amplitude (figure 7).

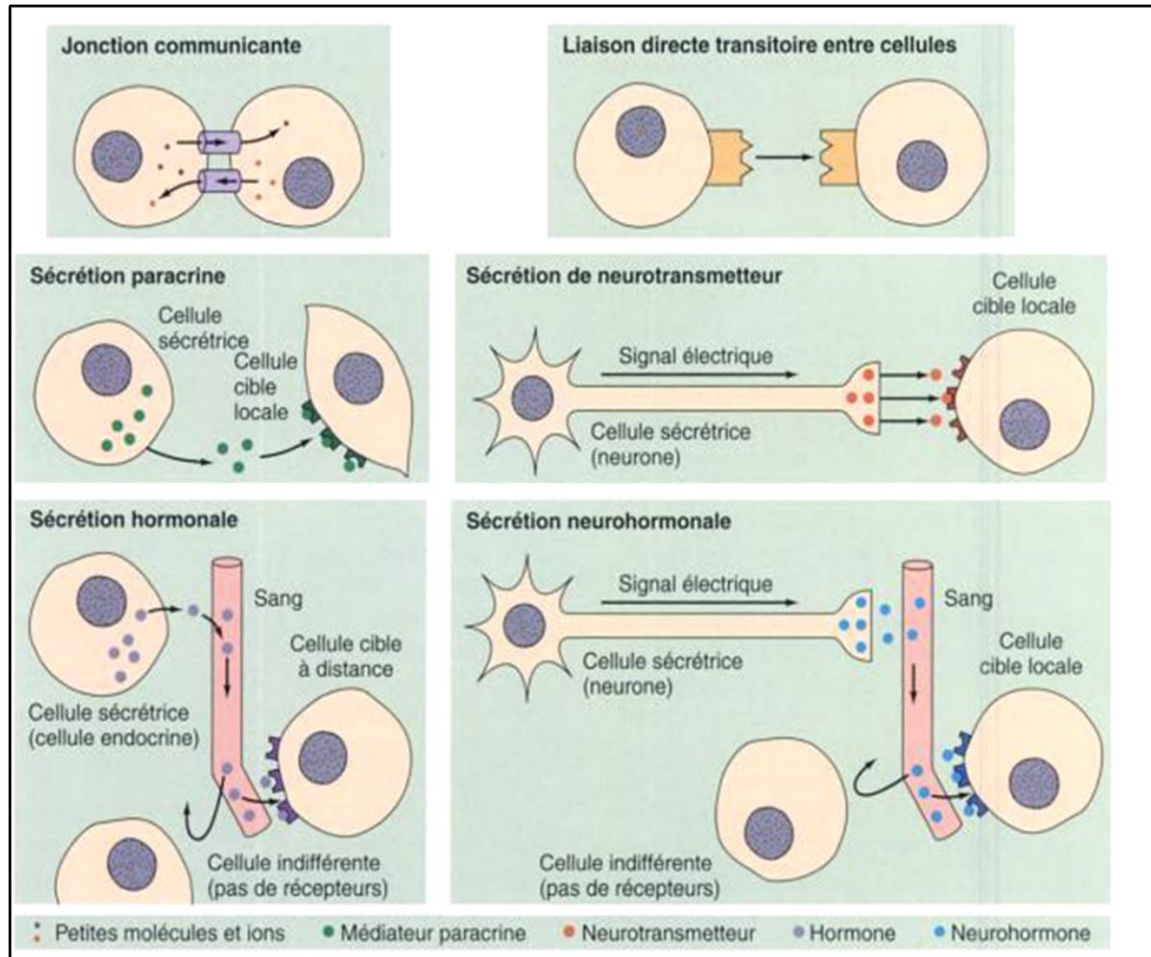
III. Interaction ligand-récepteur

1. Formes de sécrétion du ligand

Les ligands sécrétés peuvent utiliser la voie sanguine pour atteindre les cellules cibles retrouvées à distance des cellules sécrétrices. Il s'agit du mode de régulation du système hormonal. Ces ligands donc sont des hormones et les cellules sécrétrices sont des cellules glandulaires endocrines.

Certaines cellules nerveuses peuvent déversées leurs produits de sécrétion directement dans le sang. Dans ce cas cette sécrétion à distance est de type neuro-hormonale.

Le ligand peut parcourir une courte distance, lorsque la cellule sécrétrice est proche de la cellule cible. On parle alors d'une sécrétion paracrine. La sécrétion à courte distance est retrouvée aussi au niveau des synapses, le ligand dans ce cas est un neurotransmetteur.



Figure

8 : formes de sécrétion des ligands de l'organisme

2. Variétés des récepteurs membranaires

Les récepteurs membranaires sont globalement de trois types. Ce sont des récepteurs canaux, des récepteurs couplés à une **protéine G** et des récepteurs associés à une **enzyme** (figure 9).

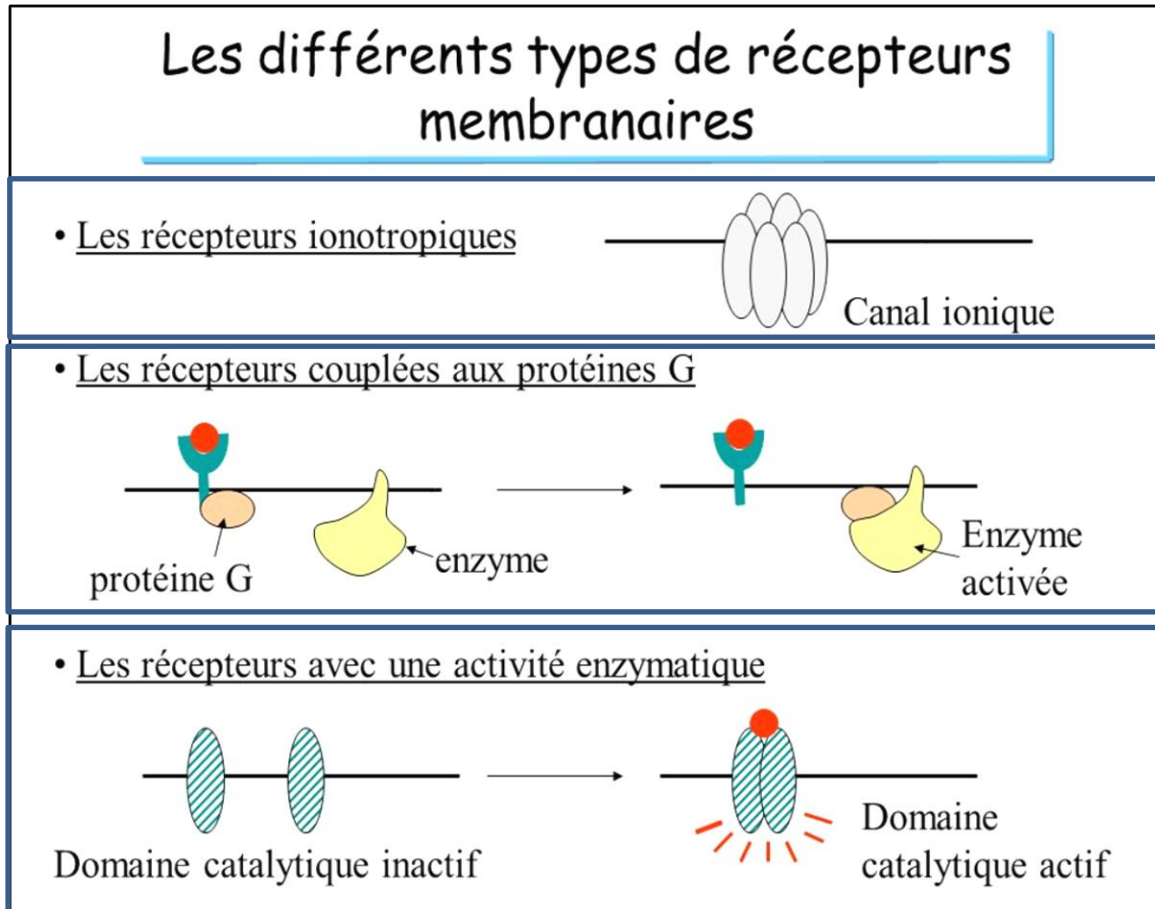


Figure 9 : Les trois types de récepteurs membranaires

La liaison du ligand avec le récepteur couplé à une protéine G (figure 10), entraîne une modification de la fonction de cette dernière avec la libération de son sous unité α . La sous unité α active une enzyme appelée adénylcyclase. Cette enzyme transforme l'ATP en AMP cyclique. L'AMP cyclique continue la transmission de l'information en intracellulaire. Il est considéré comme le second messager intracellulaire.

La membrane cellulaire permet donc avec son équipement Récepteur-Protéine G-Adénylcyclase la transduction de l'information véhiculé par le ligand extracellulaire ainsi que amplification.

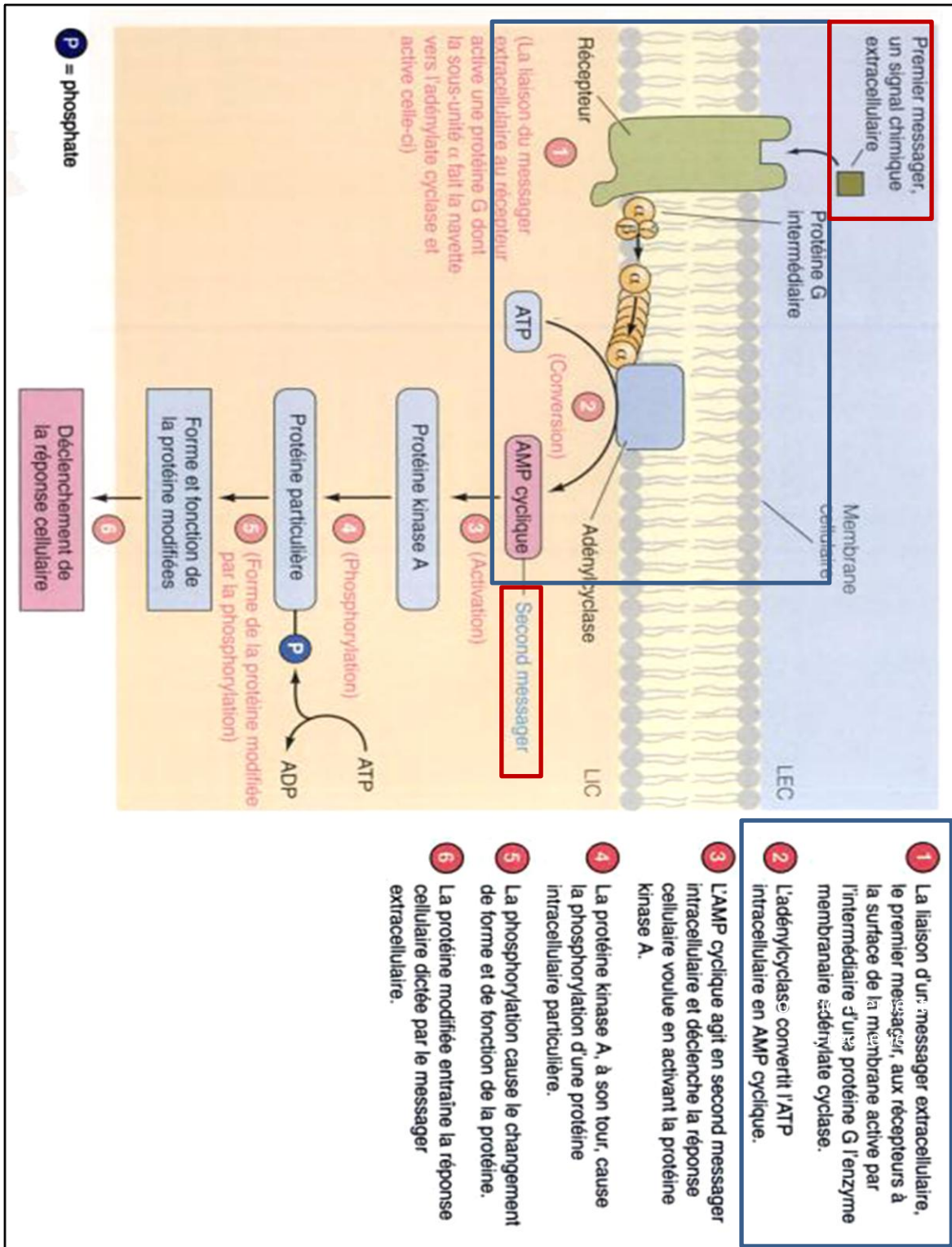


Figure 10 : Fonctionnement des récepteurs couplés à une protéine G

3. Caractères de la liaison ligand- récepteur

La liaison entre le ligand et le récepteur est spécifique. Cela permet le sauvegarde de l'information afin d'assurer une organisation dans la régulation des fonctions cellulaires. Cependant, la réponse cellulaire est plutôt liée à la nature du récepteur membranaire.

Une fois l'interaction ligand-récepteur est faite le ligand se détache de son récepteur. On parle alors d'une liaison réversible. En cas du besoin une nouvelle interaction assure en partie la prolongation de la réponse cellulaire

* Conclusion

La transmission synaptique semble être une forme importante de communication entre les cellules nerveuses, mais aussi entre les cellules nerveuses et l'ensemble des cellules effectrices. Elle permet certainement la continuité de la transmission de l'information électrique utilisée par le système nerveux, mais aussi elle est un moyen de son freinage vraisemblablement pour des fins de régulation en cas du besoin, cela est constaté dans les synapses inhibitrices.

La forme de transmission de l'information utilisant des molécules chimiques observée au niveau des synapses chimiques du système nerveux est largement utilisée par de multiples autres cellules sécrétrices de l'organisme en dehors du système nerveux. C'est surtout le moyen de communication du système endocrinien (système hormonal). Il est noté que le système cardio-vasculaire participe à cette forme de communication en transportant les hormones à distance des cellules sécrétrices.

* Références

- Widmaier E P, Raff H, Strang K T, Boitano S. Vander Physiologie humaine. 6^e édition (français). Maloine ; 2013.

