

SV-I Communications intercellulaires et intégration d'une fonction à l'organisme
SV-I-2 Communications intercellulaires chez les Métazoaires

Introduction

2.1. Trois principales modalités de communication intercellulaires

- La communication hormonale : une communication « publique »
- La communication nerveuse : une communication « privée »
- La communication paracrine : une communication à courte distance

2.2. Diversité des voies de transduction du message chimique

- a. Plusieurs récepteurs possibles pour un même message : exemple de l'acétylcholine et de la noradrénaline

Notion d'agoniste ou d'antagoniste

Acétylcholine : récepteurs nicotiniques ou récepteurs muscariniques

Noradrénaline : récepteurs α ou β

- b Transduction à partir d'un récepteur membranaire : l'exemple du récepteur β à la noradrénaline.

Localisation des récepteurs

Purification et identification : un récepteur à 7 domaines transmembranaires

AMPc relai intracellulaire

Protéine G : un intermédiaire entre le récepteur et l'adénylate cyclase

Effet de l'AMPc dans le cas de la cellule cardiaque

- c. Transduction à partir d'un récepteur intracellulaire : l'exemple des hormones stéroïdes

2.3. La communication hormonale

- a. La cellule endocrine : une cellule spécialisée
- b. Importance de la convection sanguine

2.4. La transmission synaptique

- Structure de la synapse neuromusculaire
- Libération des neurotransmetteurs
- Potentiel post-synaptique

2.5. L'importance de la dégradation des messagers

- a. Notion de demi-vie
- b. Différentes modalités de dégradation
 - voie enzymatique : exemple de l'acétylcholine estérase
 - Rôle du foie et des reins dans la dégradation des messagers

2.6. Le potentiel d'action du neurone

- a. Caractéristiques des potentiels d'action
 - Enregistrement et propriété
 - Phénomènes ioniques associés au potentiel d'action
 - Caractéristiques des canaux voltage dépendants
- b. Conduction du potentiel d'action
 - Les courants locaux et la transmission unidirectionnelle
 - Propagation saltatoire dans les axones myélinisés

Conclusion

Quelques mot clés : communication nerveuse, potentiel d'action, codage du message, communication hormonale = endocrine, hormone, cellule endocrine, cellule cible, neurone, synapse, dendrite, axone, cellule gliale, cellule de Schwann, synapse chimique, synapse électrique, élément présynaptique, postsynaptique, neuromédiateur, acétylcholine-estérase, acétylcholine, adrénaline, noradrénaline, récepteur, récepteur nicotinique à l'acétylcholine, récepteur muscarinique à l'acétylcholine, récepteur α adrénergique, récepteur β adrénergique, protéine G, adénylate cyclase, AMPc, second messenger, amplification, récepteurs aux hormones stéroïdes...

Quelques exemples de sujets (*liste non exhaustive*) : La notion d'hormone à partir d'un nombre limité d'exemples pris chez les animaux ; comparaison de la communication hormonale et nerveuse, messages et messagers dans la communication animale, comparaison communication hormonale chez les animaux et chez les végétaux, Comparaison des modes d'action d'une hormone stéroïde et d'une hormone peptidique ; Transduction des messages au niveau membranaire dans la communication hormonale ; Canaux ioniques et communication ; à partir d'un exemple, montrer les caractéristiques d'un neurotransmetteur, Les synapses, La transmission synaptique, Le potentiel d'action neuronal ; Les potentiels d'action ; La transmission synaptique.....

2023 : Le potentiel d'action neuronal ; Canaux ioniques et communication ; Les caractéristiques de la communication nerveuse ; Le neurone, une cellule spécialisée ; La communication hormonale ; Comparaison communication nerveuse – communication hormonale ; Les messagers chimiques ; Les récepteurs aux messagers chimiques ; Les communications intercellulaires ; Les membranes plasmiques des cellules, des interfaces de communication...

2024 : les mêmes + le message nerveux + la membrane et les ions.

SV-I-2 Communications intercellulaires chez les Métazoaires	
Il existe différentes modalités de communications (nerveuse, endocrine, paracrine) complémentaires et en interaction assurant la coordination des fonctions de l'organisme. Le mode d'action des messagers chimiques (neurotransmetteurs, hormones, facteurs paracrines) sur les cellules cibles requiert l'interaction avec un récepteur spécifique. Les réponses cellulaires sont distinctes selon la compétence de la cellule cible (récepteurs, voies de signalisations activées, contrôle de l'expression génétique). L'extinction du signal est souvent liée à la dégradation des messagers. Les étapes de transduction intracellulaires permettent l'amplification de la réponse cellulaire aux messagers extracellulaires.	- Comparer les modalités de communication : nature des messagers, codage du message, voies de transfert de l'information, vitesse de transfert et de décodage. - Illustrer la diversité des voies de transduction et/ou de réponses possibles pour un même messager chimique. - Présenter une voie de transduction comprenant un relais intracellulaire avec un second messenger (voie des protéines G et de l'AMPc) et comparer à une voie impliquant un récepteur intracellulaire. - Illustrer à l'aide d'un exemple un mécanisme de dégradation de messager chimique et son importance physiologique.
Précisions et limites : On s'appuie sur des exemples développés dans d'autres parties du programme : différenciation de la cellule musculaire striée, contrôle de l'activité cardiaque, contrôle de la vasomotricité, interactions paracrines au cours du développement embryonnaire. On se limite à mentionner l'existence d'un récepteur intracellulaire pour les hormones stéroïdes de la reproduction, induisant une modification d'expression génétique.	

Les cellules excitables sont caractérisées par leur capacité à générer un potentiel d'action. Le potentiel d'action neuronal s'explique par les variations de conductance de canaux sensibles à la tension (voltage-dépendant). Le message nerveux est codé en fréquence de potentiels d'action. Dans les neurones, le potentiel d'action se propage de façon unidirectionnelle et régénérative le long de l'axone. Le diamètre des fibres affecte leur conductivité et donc la vitesse de propagation des potentiels d'action, de même que la présence d'une gaine de myéline. La synapse transmet l'information d'une cellule excitable à une autre. La synapse chimique implique l'exocytose de neurotransmetteurs dans une concentration déterminée par la fréquence de potentiels d'action du message nerveux. Les neurotransmetteurs se lient à des récepteurs ligands-dépendants provoquant une variation de potentiel transmembranaire de la cellule cible. Dans certaines cellules, ces variations de potentiel transmembranaire conduisent à la genèse de potentiels d'action post-synaptiques. La diversité des potentiels d'action est liée aux propriétés des canaux impliqués (spécificité ionique, contrôle de l'ouverture et de la fermeture).	- Caractériser les différentes phases du potentiel d'action neuronal. - Relier la variation du potentiel membranaire aux modifications de conductances provoquées par les canaux ioniques. - Exploiter des enregistrements de patch-clamp pour argumenter un modèle moléculaire de fonctionnement d'un canal voltage-dépendant. - Expliquer, dans un fonctionnement synaptique, les caractéristiques du transfert d'information : nature du signal, nature du codage, sommation, extinction du signal. - Relier sur un exemple le fonctionnement des récepteurs ligands-dépendants aux caractéristiques fonctionnelles des protéines membranaires (site, allostérie, hydrophobie et localisation...). - Expliquer les modalités de genèse d'un potentiel d'action post-synaptique à partir de l'exemple du potentiel d'action musculaire. - Comparer le potentiel d'action neuronal (motoneurone) et le potentiel d'action des cellules pacemaker du nœud sinusal : phases, durées, séquences de variations de conductance.
Précisions et limites : <i>Le potentiel d'action du motoneurone et la synapse neuromusculaire servent de support à la présentation des concepts à étudier. On peut s'appuyer sur les acquis de terminale.</i> <i>Le principe de la technique du patch-clamp est présenté mais l'explication des différents montages permettant de mesurer les courants ioniques transmembranaires n'est pas exigible.</i>	

<i>On présente la production du potentiel d'action musculaire à la suite de la stimulation de la cellule par un motoneurone.</i>	
Le message hormonal est délivré par une cellule endocrine à la suite d'une stimulation. Les hormones transitent par le sang en de très faibles concentrations. Les cellules cibles expriment les récepteurs spécifiques et les éléments de la voie de signalisation conduisant à une réponse biologique.	
Précisions et Limites : <i>On s'appuie sur des exemples développés dans d'autres parties du programme : contrôles de l'activité cardiaque et de la vasomotricité.</i>	
Liens : Relations entre fonctions au sein d'un organisme animal (SV-A-1) Rôles des messagers chimiques dans le développement végétatif ou reproducteur des Angiospermes (SV-B-3) Echanges transmembranaires et origine du potentiel de membrane, cytosol (SV-C-3) Modalités de contrôle de l'expression des génomes (SV-F-3) Rôles des facteurs paracrines dans le développement du membre (SV-H-2) et la différenciation de la cellule musculaire striée (SV-H-3) Contrôles de l'activité cardiaque et contrôles de la vasomotricité (SV-I-1)	

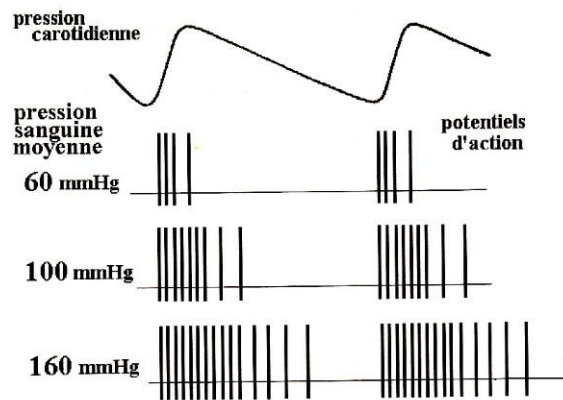


Figure 16-2 Potentiels d'action enregistrés sur le nerf sinusal (en raison de la faible vitesse de balayage de l'oscilloscope, les PA apparaissent comme de simples traits verticaux).

Figure 1 : rappel d'un exemple de codage du message nerveux en concentration. Dans D'Alché.

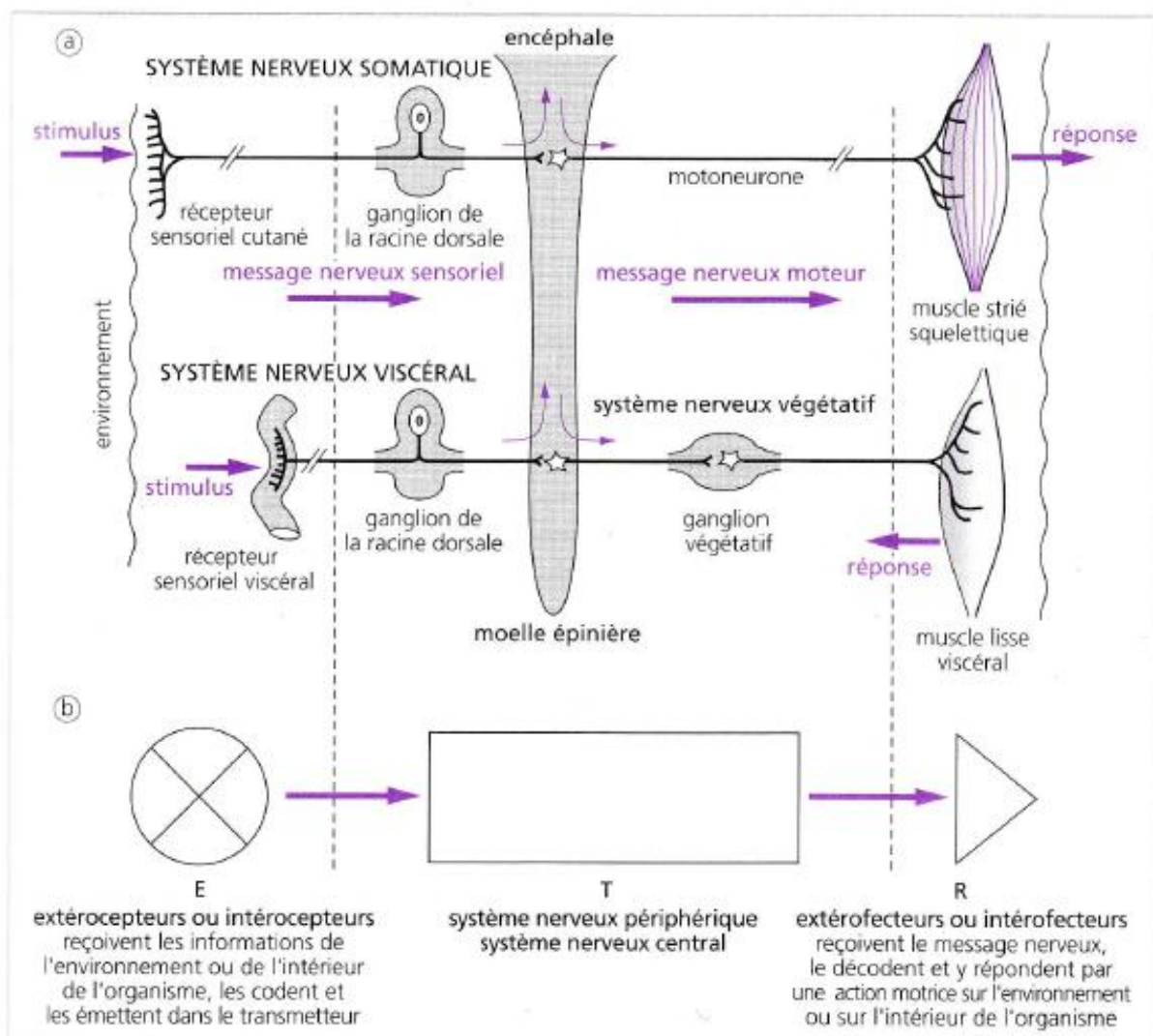


Fig. 4.1. La voie de communication du système nerveux au niveau d'organisation systémique. **a.** Schéma analogique et fonctionnel; **b.** schéma cybernétique. E: émetteur-capteur; T: transmetteur; R: récepteur-effecteur.

Figure 2 : Principe de la communication nerveuse. Dans Calvino.

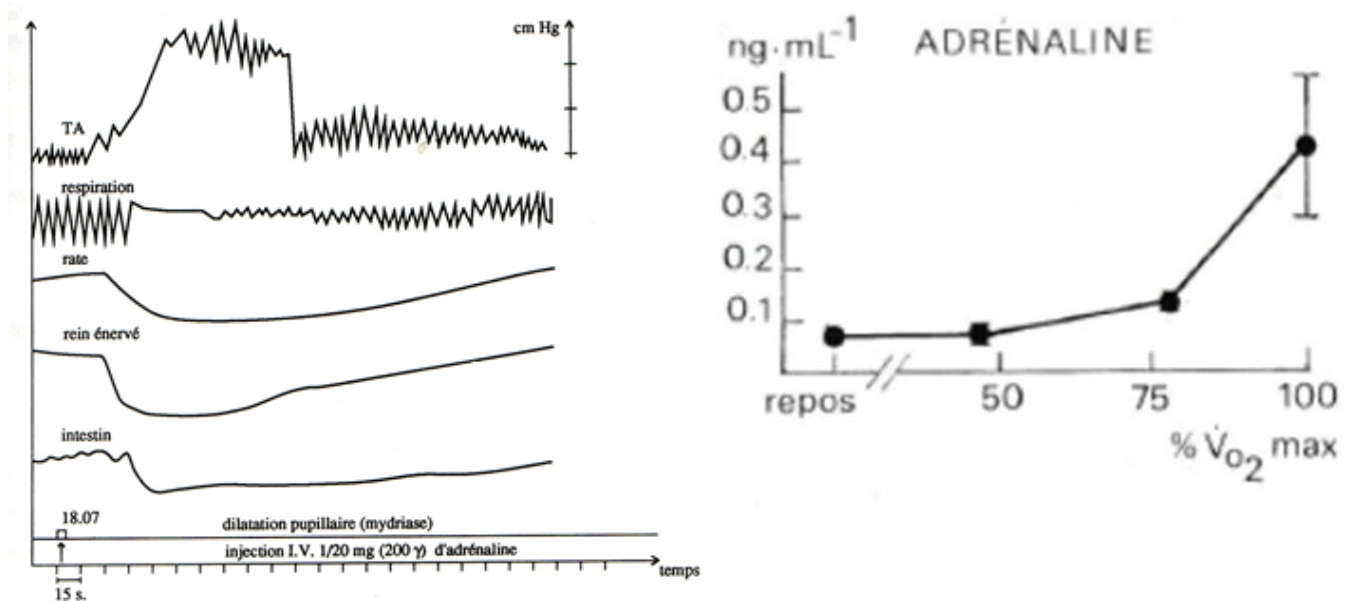


Figure 3 : A gauche : effet d'une injection unique d'adrénaline chez un chien (les deux nerfs pneumogastriques ont été préalablement sectionnés pour supprimer la réponse du système nerveux para sympathique). Dans Endocrinologie, fondement physiologique. S. Idelman. PUG. A droite : libération d'adrénaline en fonction de l'effort. D'après Flandrois.

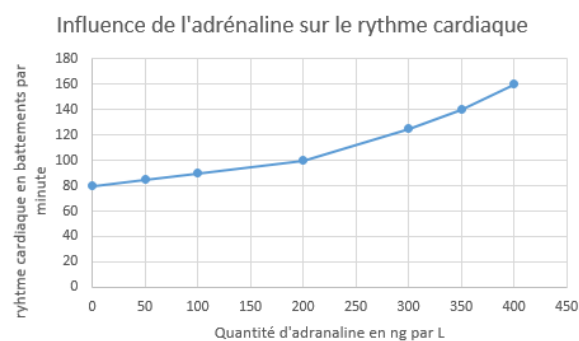


Figure 4 : codage en concentration. D'après Vanders et al.

	Communication nerveuse	Communication hormonale	Communication paracrine
Type de communication	« Privée », directe vers la cellule cible	« publique », distribuée à toutes les cellules	« semi-publique », distribuée sur une courte distance
Exemples du programme	Baroréflexe Réponse lors d'un exercice sportif	Adrénaline Hormones stéroïdes	FGF, Shh, Wnt et induction Acétylcholine, Noradrénaline et transmission synaptique
Message	Potentiel d'action	Messager chimique	
Codage du message	Fréquence des potentiels d'action	Concentration de l'hormone	
Réponse	Rapide	Plus lente	
Durée de la réponse	Brève (ms)	Plus longue (quelques minutes à quelques heures)	
Transmission à la cellule cible	Synapse chimique ou synapse électrique	Récepteurs membranaires (messagers protéiques) ou récepteurs intracellulaires (messagers stéroïdes)	

Figure 5 : comparaison des trois principaux types de communication.

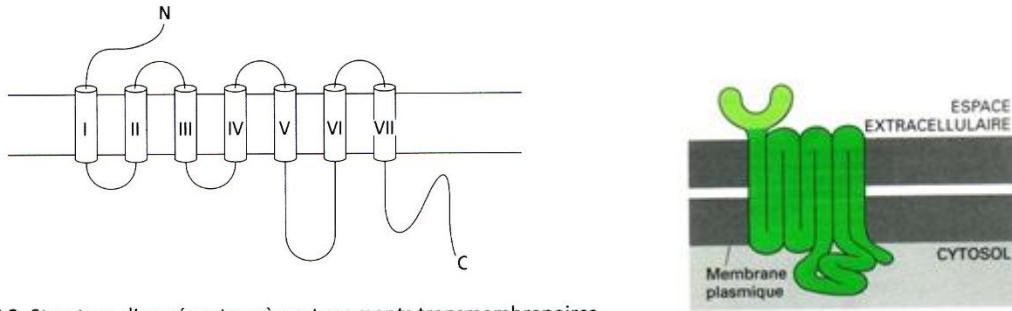


Figure 6.2 Structure d'un récepteur à sept segments transmembranaires.

Figure 6 : Structure d'un récepteur associé à une protéine G = récepteur à 7 segments transmembranaires. A gauche : Dans Revest et Longstaff. Neurobiologie moléculaire. Doin, à droite : Alberts et al, biologie moléculaire de la cellule.

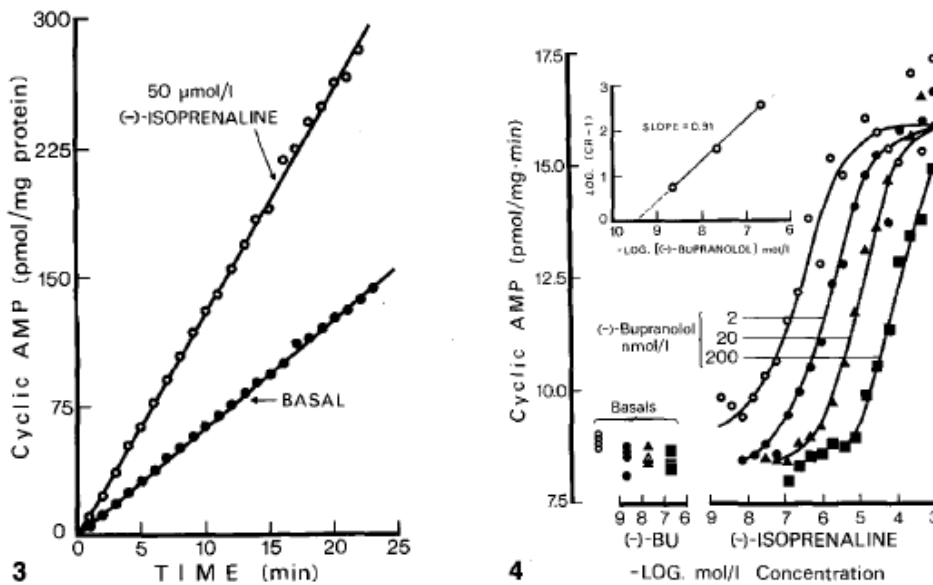


Figure 7 : effet d'un agoniste de la noradrénaline sur la production d'AMPC dans une cellule nodale. D'après Kaumann et al.

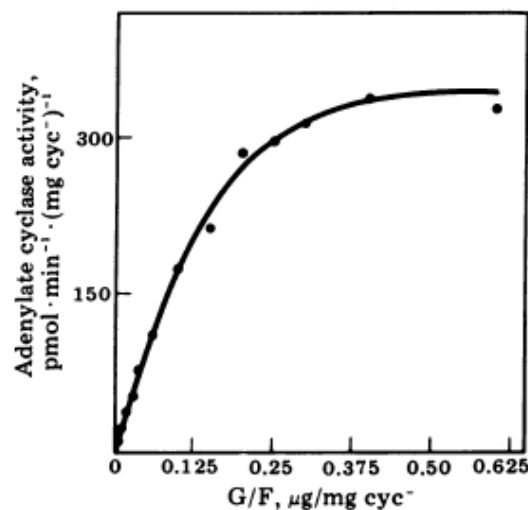


Figure 8 : activité de l'adénylate cyclase en fonction de la quantité de protéines G. D'après Nurthup et al.

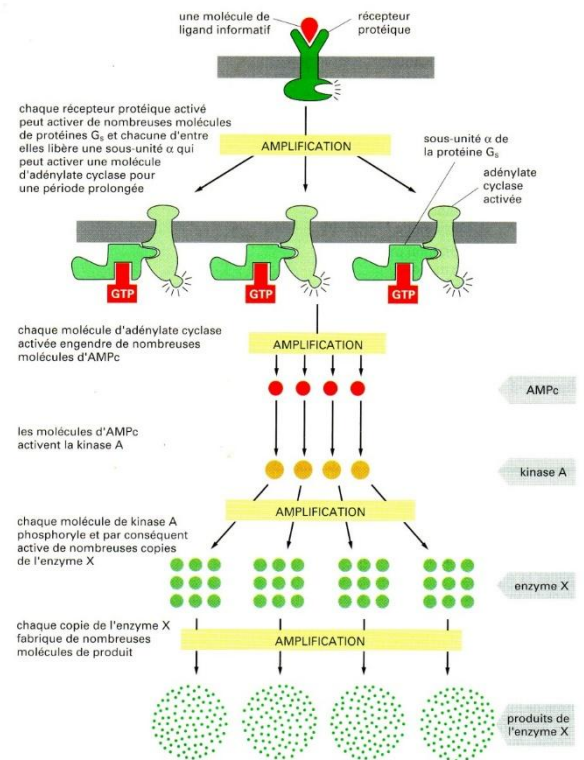
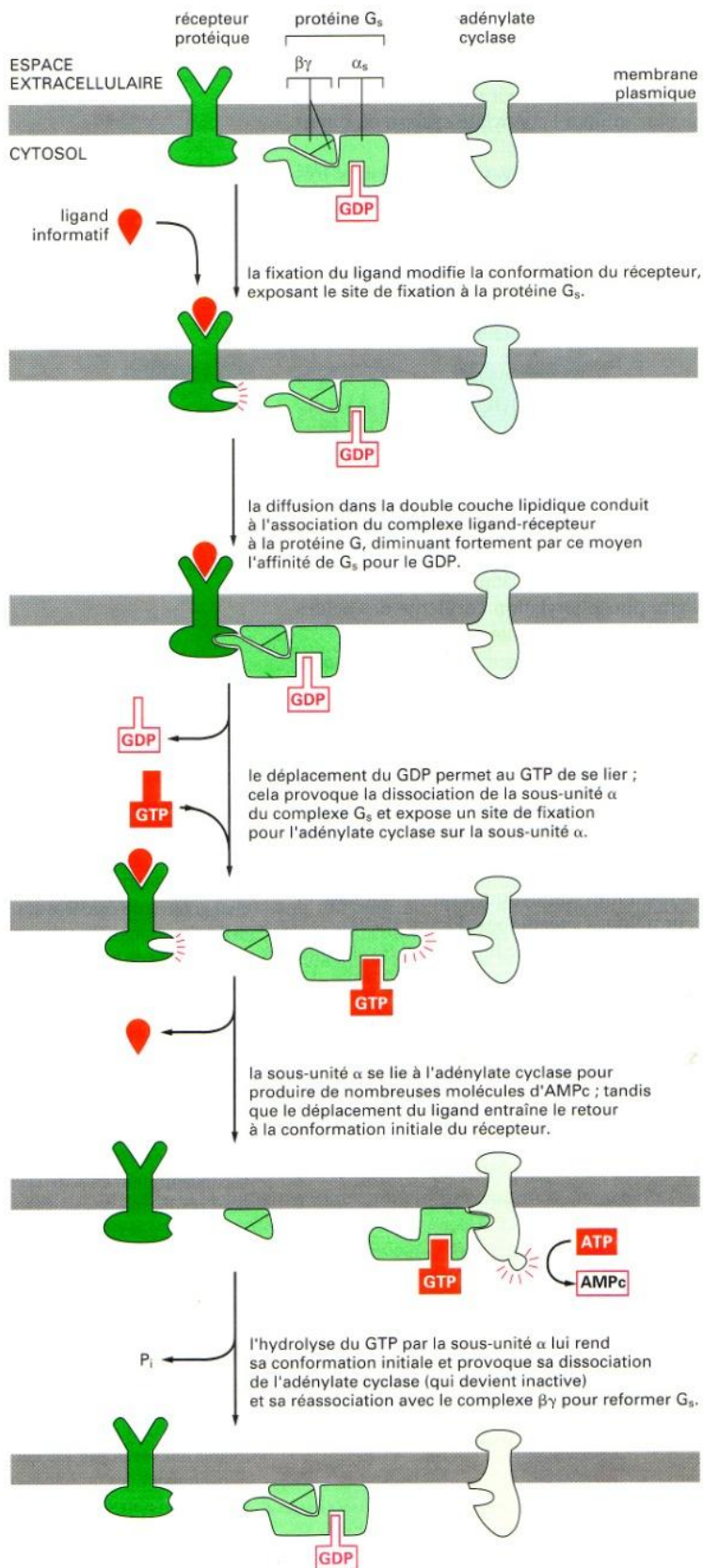


Figure 9 : fonctionnement d'un récepteur couplé à une protéine G_s (stimulatrice) et intérêt pour l'amplification de la réponse. D'après Alberts et al.

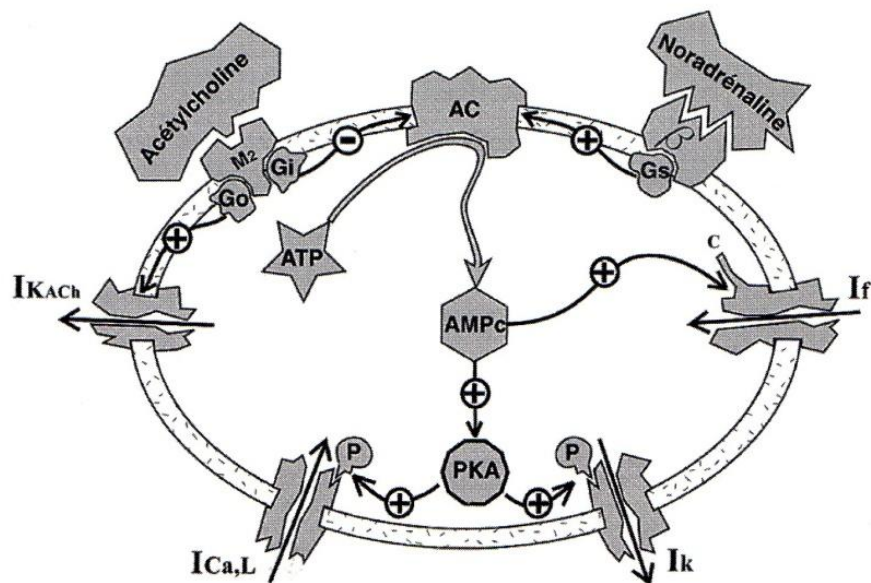
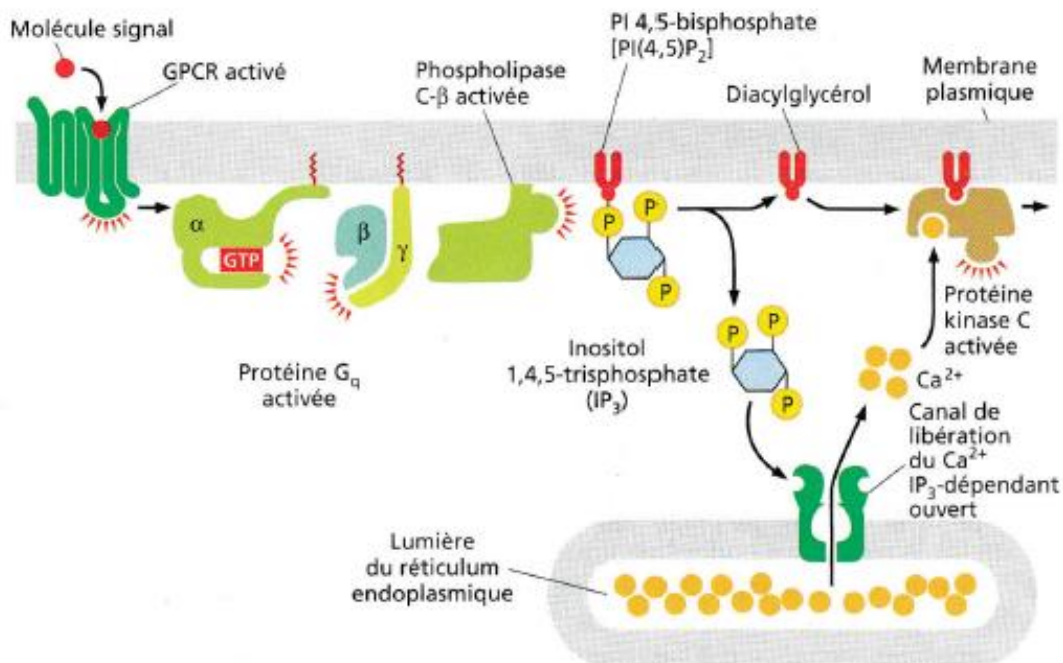


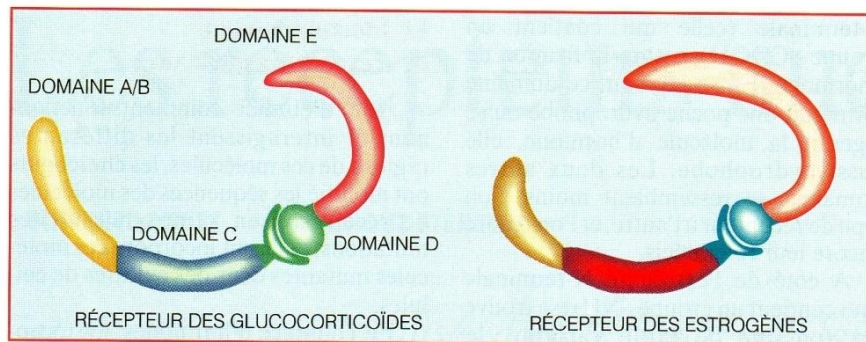
FIG. 3-3. – ILLUSTRATION SCHÉMATIQUE DU MODE D’ACTION DES NEUROTRANSMETTEURS SUR LES PRINCIPAUX CANAUX IONIQUES D’UNE CELLULE DU NŒUD SINO-AURICULAIRE.

AC, adénylate cyclase ; AMPc, adénosine monophosphate cyclique ; ATP, adénosine triphosphate ; β_1 - et β_2 -adrénergiques ; C, partie carboxyterminale cytoplasmique de la protéine du canal-f contenant le site de fixation de l’AMPc ; G_i , G_o et G_s , protéines G couplées aux récepteurs des neurotransmetteurs ; M_2 , récepteurs muscariniques cholinergiques ; P, sites de phosphorylation ; PKA, protéine kinase A.

Figure 10 : la cellule nodale et le contrôle de son activité par la noradrénaline et l’acétylcholine, deux neurotransmetteurs agissant sur des récepteurs associés à des protéines G. Dans Pinet et al. Biologie et pathologie du cœur et des vaisseaux. Flammarion.



Complément 1 : Protéine G associée à la phospholipase c. D’après Alberts et al.



2. LA STRUCTURE DES RÉCEPTEURS NUCLÉAIRES est conservée d'un type de récepteur à l'autre. Le récepteur des glucocorticoïdes (à gauche) et celui des estrogènes (à droite) sont subdivisés en quatre domaines : le domaine E assure la fixation de l'hormone ; le domaine D sert de charnière, lorsque les récepteurs doivent adopter leur configuration efficace ; le domaine C est très conservé, puisque les deux séquences sont identiques à 90 pour cent ; le domaine A/B assure l'activation des gènes cibles.

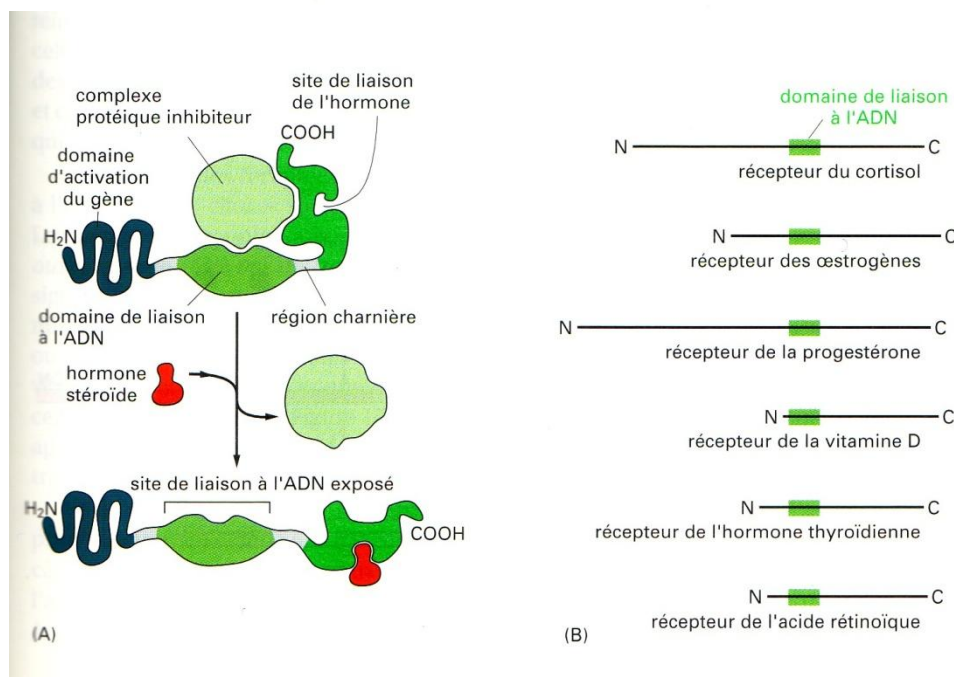


Figure 11 : récepteurs aux œstrogènes. Figure du haut, source Pour la Science, figure du bas : Alberts et al.

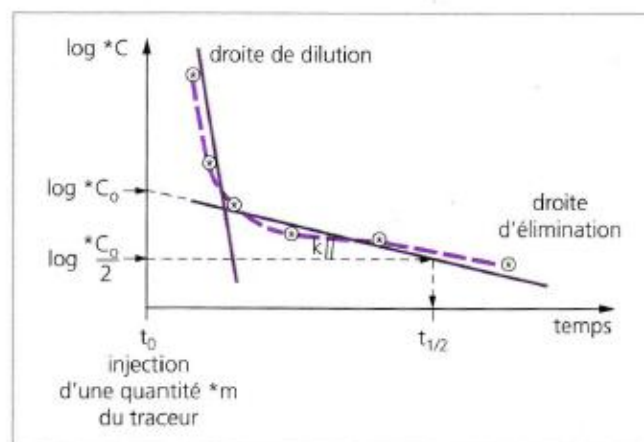


Fig. 3.9. Courbe de dilution plasmatique d'un traceur hormonal au cours du temps.

Figure 12 : dilution d'une hormone et demi-vie. Dans Clavino, introduction à la physiologie : cybernétique et régulation. Belin.

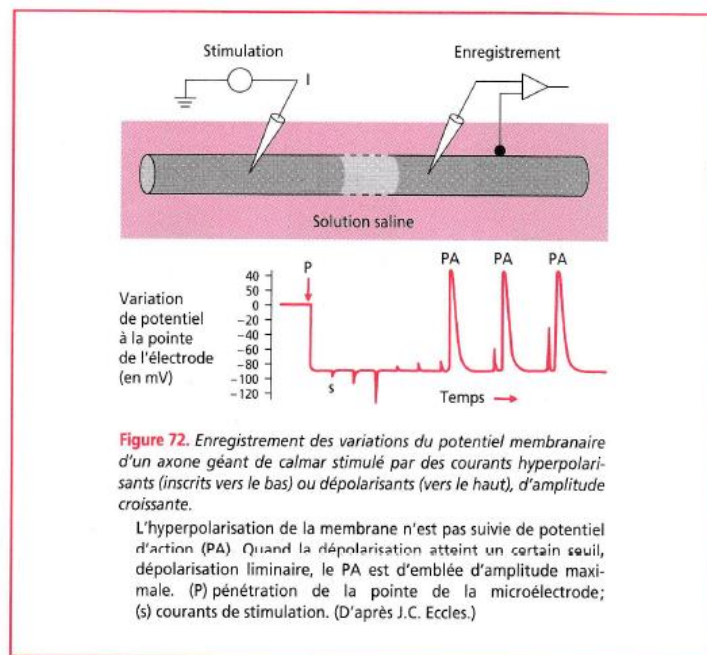
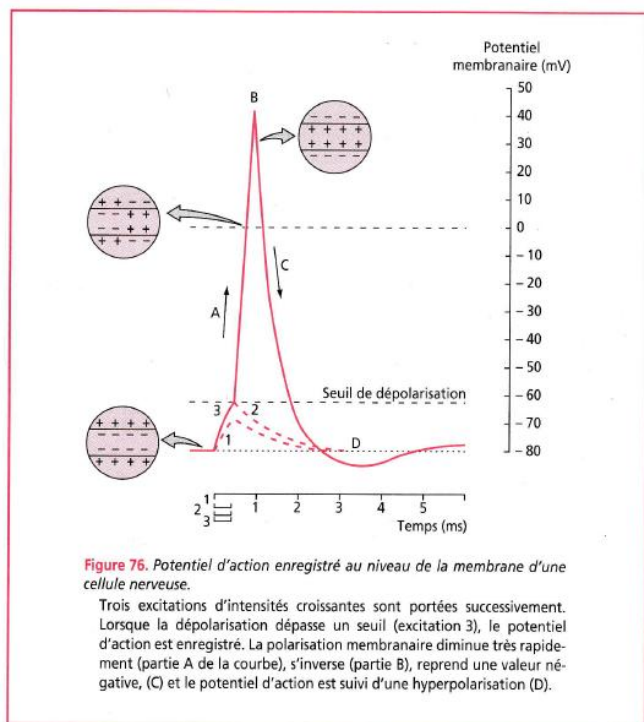


Figure 13 : potentiel d'action du neurone. Dans Rieutort, physiologie animale. Masson.

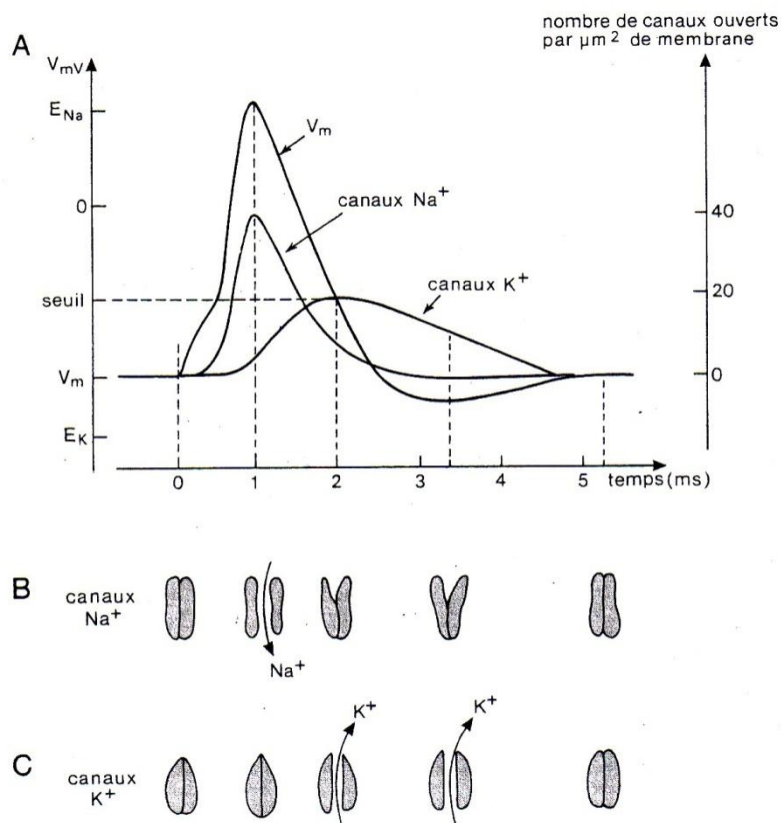


Figure 14 : phénomène ionique associé au potentiel d'action du neurone. Dans Rieutort.

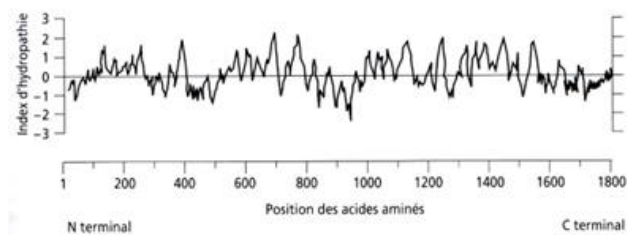


Figure 4.3 Profil hydropathique du canal sodique chez *Torpedo*.

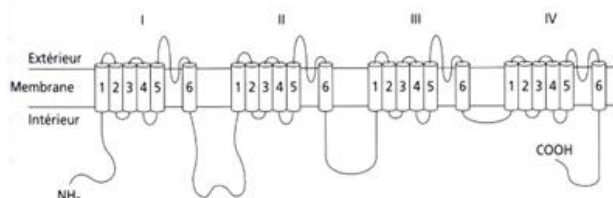
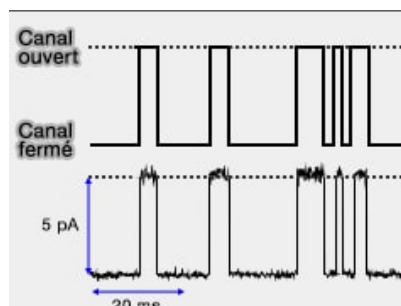
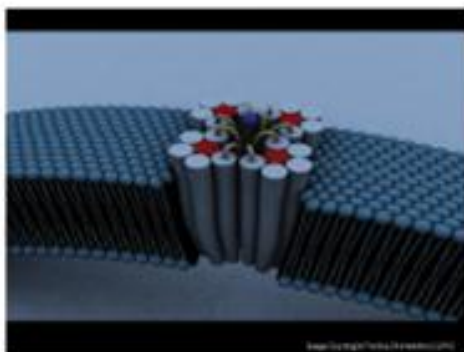


Figure 4.4 Modèle du canal sodique.

Complément 2 : données sur le canal sodique. Dans Revest et Longstaff. Neurobiologie moléculaire. Dunod.



Complément 3 : structure d'un canal voltage dépendant sodium et enregistrement de son activité en patch clamp.

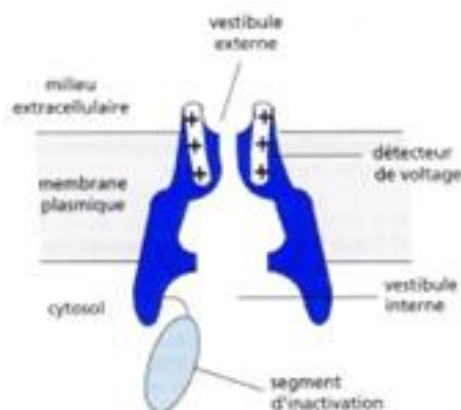
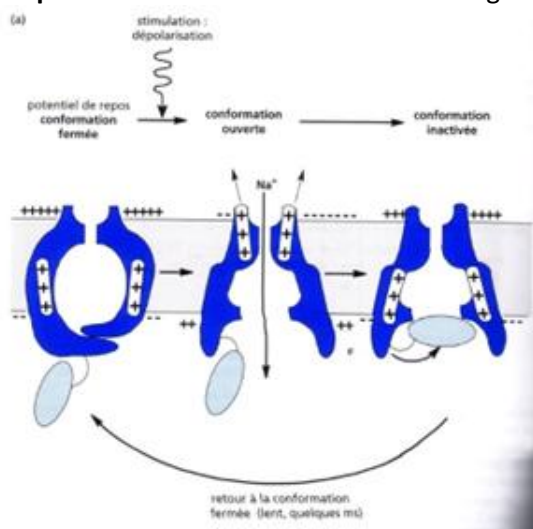


Figure 15 : fonction du canal voltage dépendant sodium. Dans BCPST Dunod.

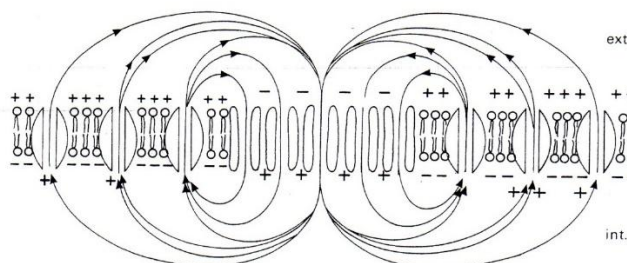
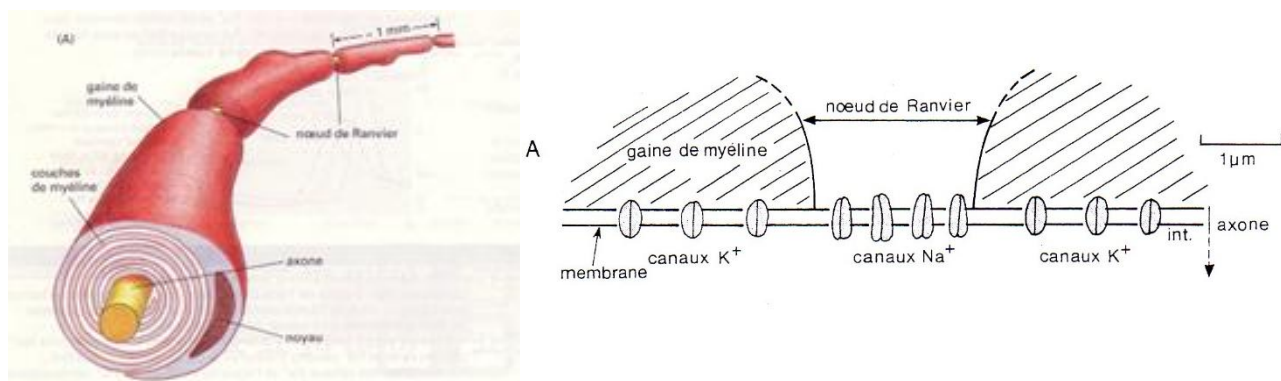


Figure 10-18 *Courants locaux*. Lors du potentiel d'action, l'intérieur de la fibre est devenu localement positif. Ce courant entrant au site actif de la membrane (endroit de la membrane où la densité des canaux Na^+ est forte) est porté par les ions Na^+ . Les charges positives (ce sont essentiellement les ions K^+ , majoritaires dans le cytoplasme) vont se déplacer à l'intérieur de l'axone vers des endroits qui peuvent être non excitables, c'est-à-dire ne contenant pas ou peu de canaux Na^+ sensibles au voltage, mais contenant d'autres canaux ouverts, essentiellement des canaux K^+ . Dans ces régions, la membrane est alors traversée par un courant sortant qui se reboucle au point d'émission du potentiel d'action. C'est ce que l'on appelle les « courants locaux ».

Figure 16 : courants locaux et propagation du potentiel d'action. Dans Revest et Longstaff.



Complément 4 : myélinisation d'un axone et localisation des canaux voltage dépendant sodium. A gauche dans Alberts et al, à droite dans Hamond

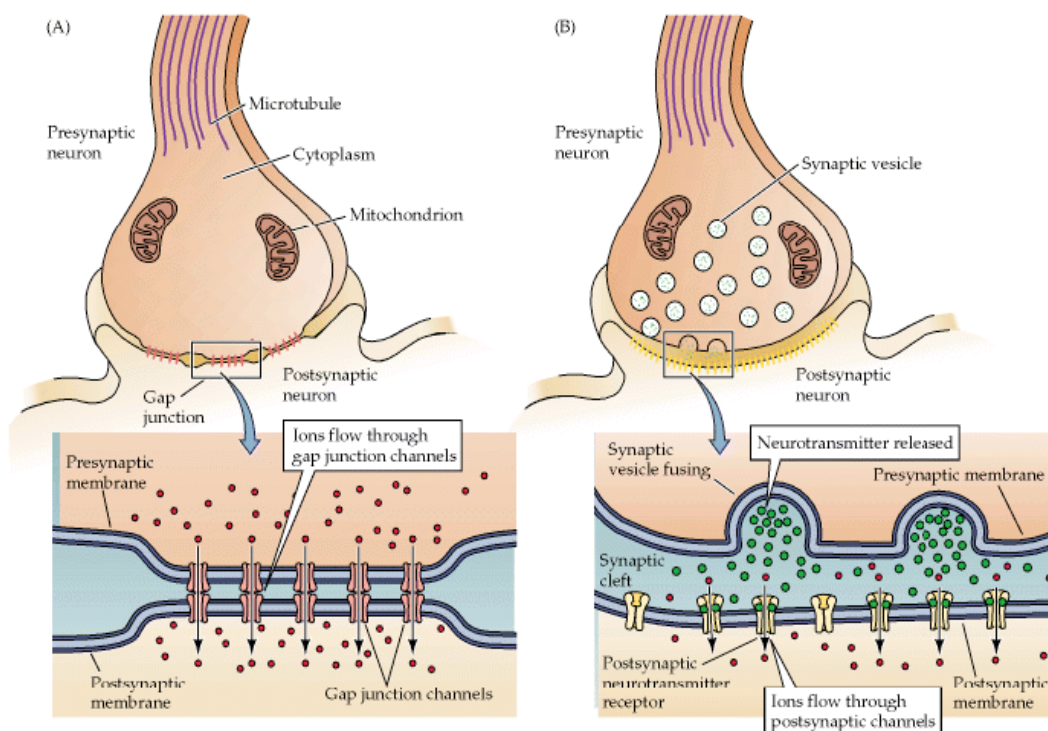


Figure 17 : deux types de synapses : à gauche, électrique et à droite chimique. Source : <http://cours-biologie.over-blog.com/article-36664193.html>.

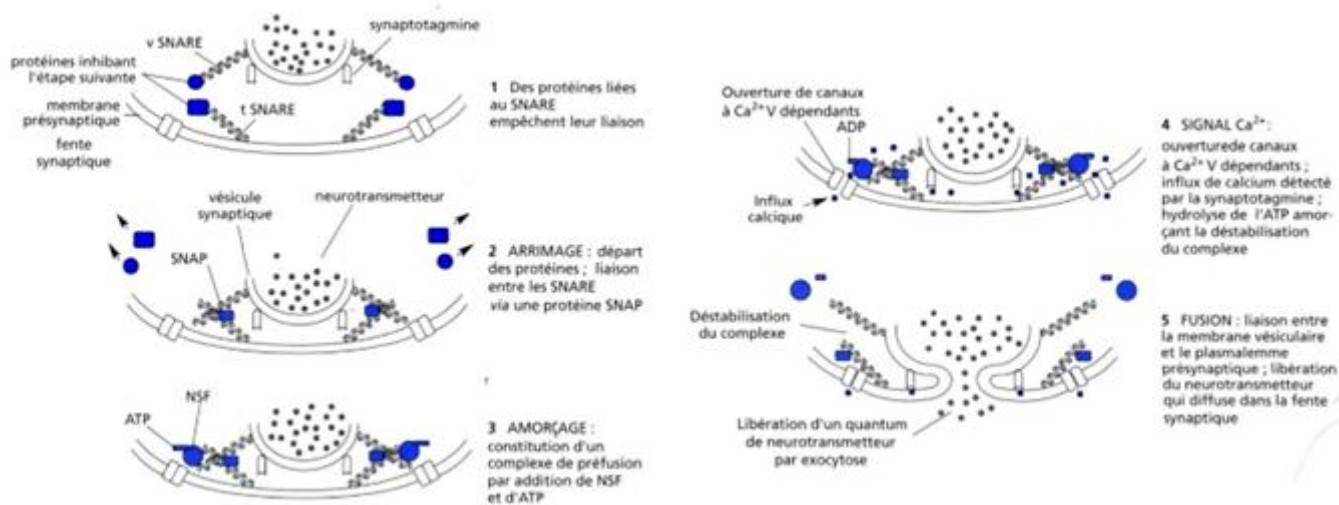


Figure 18 : mécanisme exocytose au niveau d'une synapse. Dans BCPST Dunod.

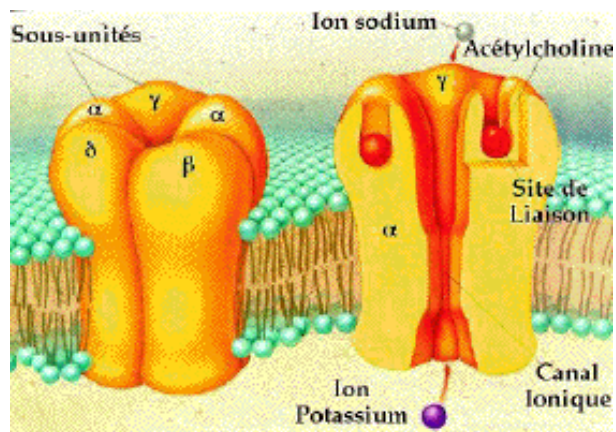
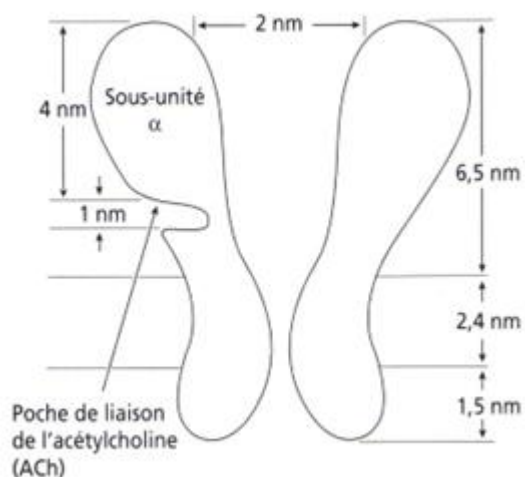


Figure 19 : à gauche représentation schématique de deux des sous unités du récepteur nicotinique à l'acétylcholine (canal ligand dépendant), d'après Revest et al, à droite : organisation du récepteur canal ; source : Univ. Strasbourg.

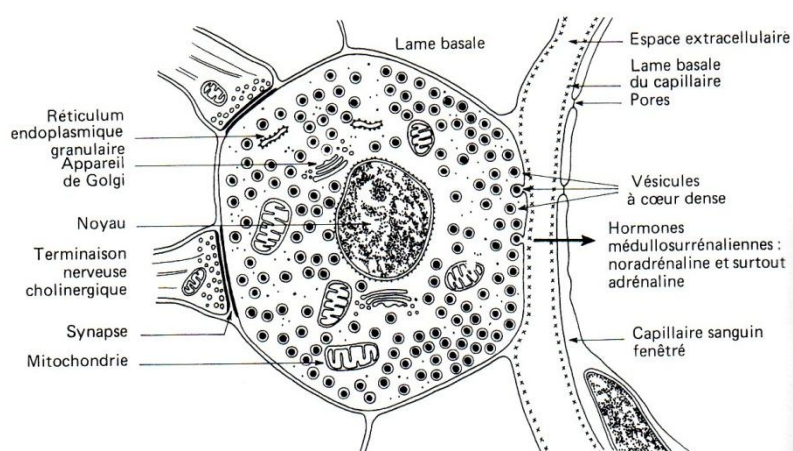
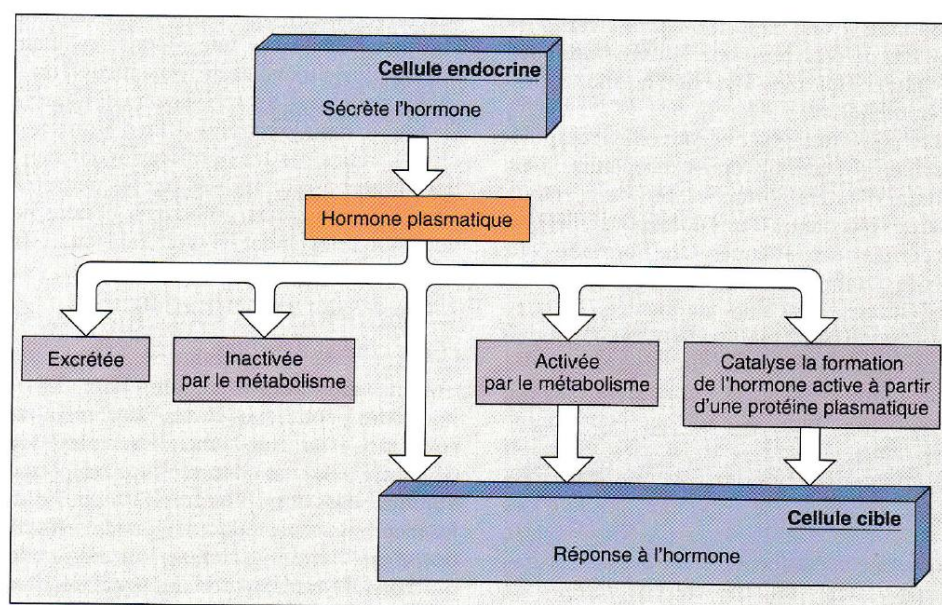


Fig. 9-10. Schéma de l'aspect ultrastructural d'une cellule chromaffine de la médullo-surrénale.

Figure 20 : un exemple de cellule endocrine : une cellule de la médullo-surrénale produisant l'adrénaline. Dans Poirier et al. Histologie moléculaire. Masson.



Complément 5 : message hormonal et communication endocrine. Dans Vander et al.