

SV-I Communication intercellulaires et intégration d'une fonction à l'organisme

1

Cmt la communication entre différents tissus/organes/appareil permet le fonctionnement coordonné d'un organisme pluricellulaire ?

Etude d'un exemple d'intégration d'une fonction

→ **SVI-1 La circulation sanguine chez les mammifères**

Complémentarité des modalités de communication

→ **SVI-2 Communications intercellulaires chez les métazoaires**

Révisions de BCPST1 :

- SVC 3- membrane et échanges membranaires : potentiel de membrane, cytosol
- SVA1- boucle de régulation de la glycémie (+ remédiation Lycée)
- SVB1 - La respiration
- SVD2 - protéines, lipides (hormones stéroïdes), nucléotides (AMPc)

→ SVI-2 Communication intercellulaire chez les métazoaires²

Objectif : montrer la diversité et la complémentarité des modalités de communications

I-la communication nerveuse

II-la communication hormonale

III-La communication paracrine

Non traitées : les modes de communication entre cellules en contact

- via les jonctions GAP
- via des signaux exposés sur la mb
- via des jonctions d'adhérences

-

I-La communication nerveuse

Ex de l'excitation d'une fibre musculaire par un motoneurone
Comparaison avec la cellule musculaire cardiaque

Prérequis : Système nerveux

Organes ?

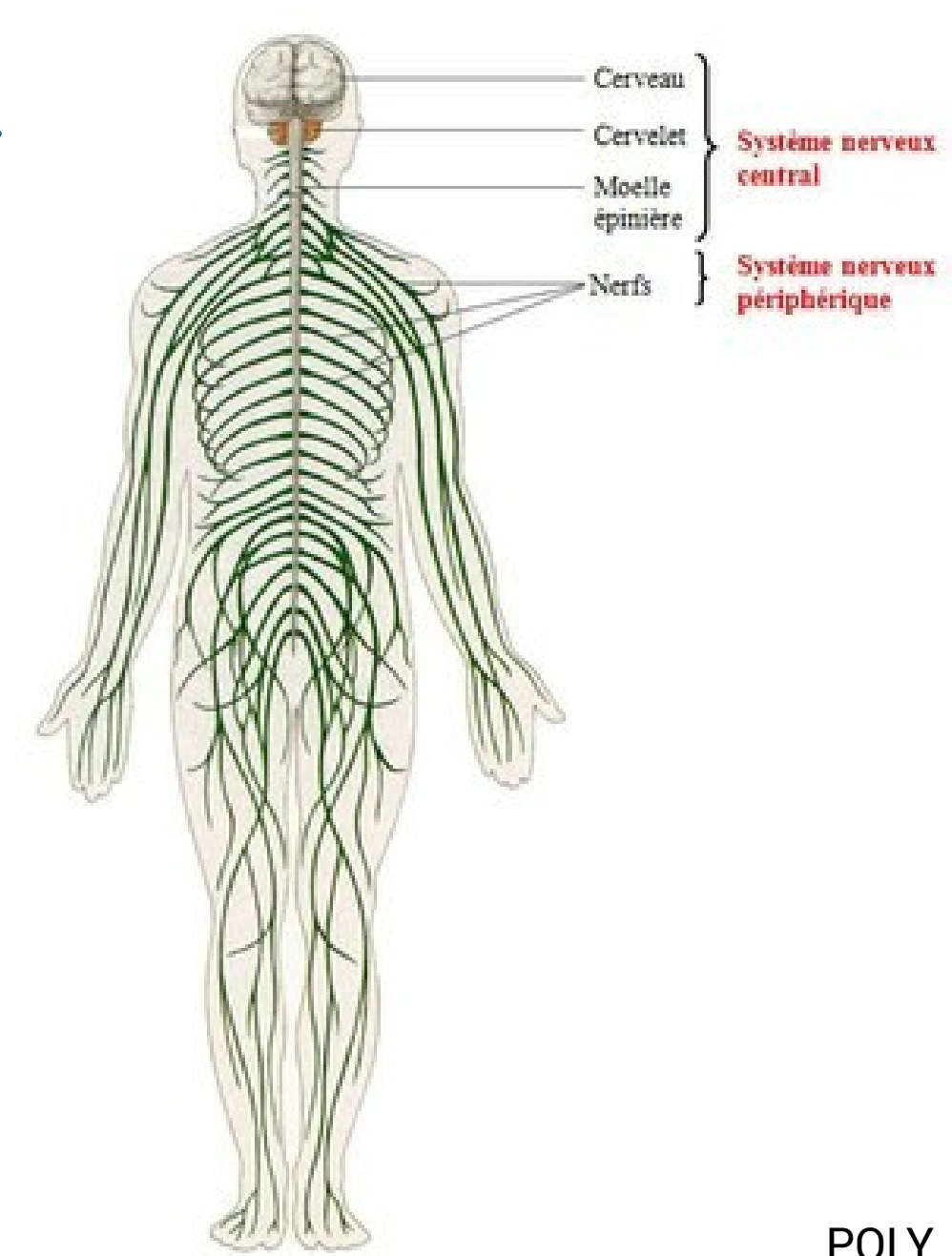
Cellules ?

Molécules ?

III-La communication nerveuse

4

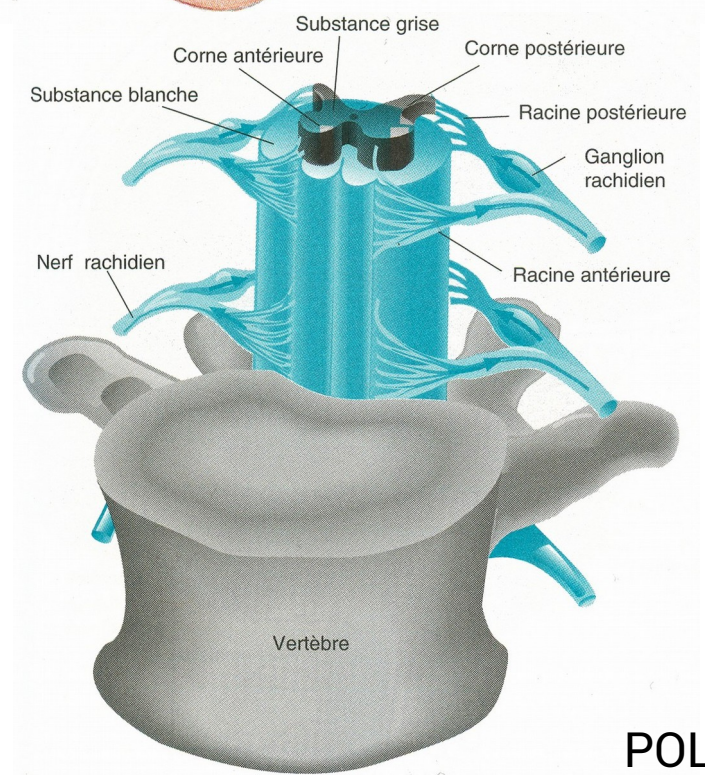
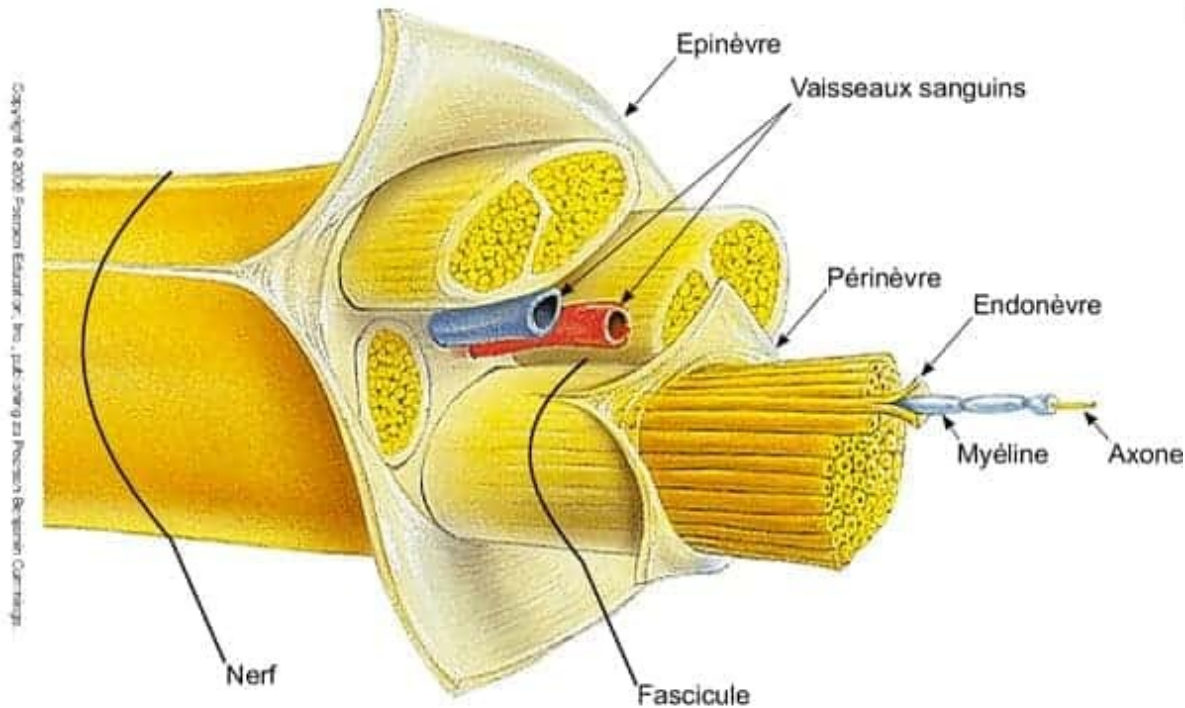
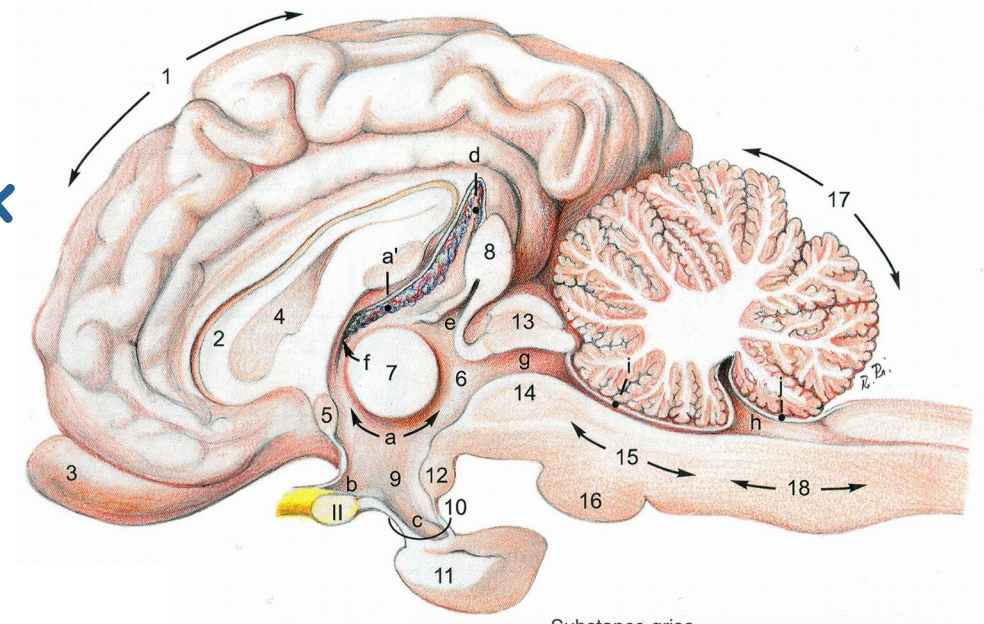
Prérequis : Système nerveux organes



III-La communication nerveuse

5

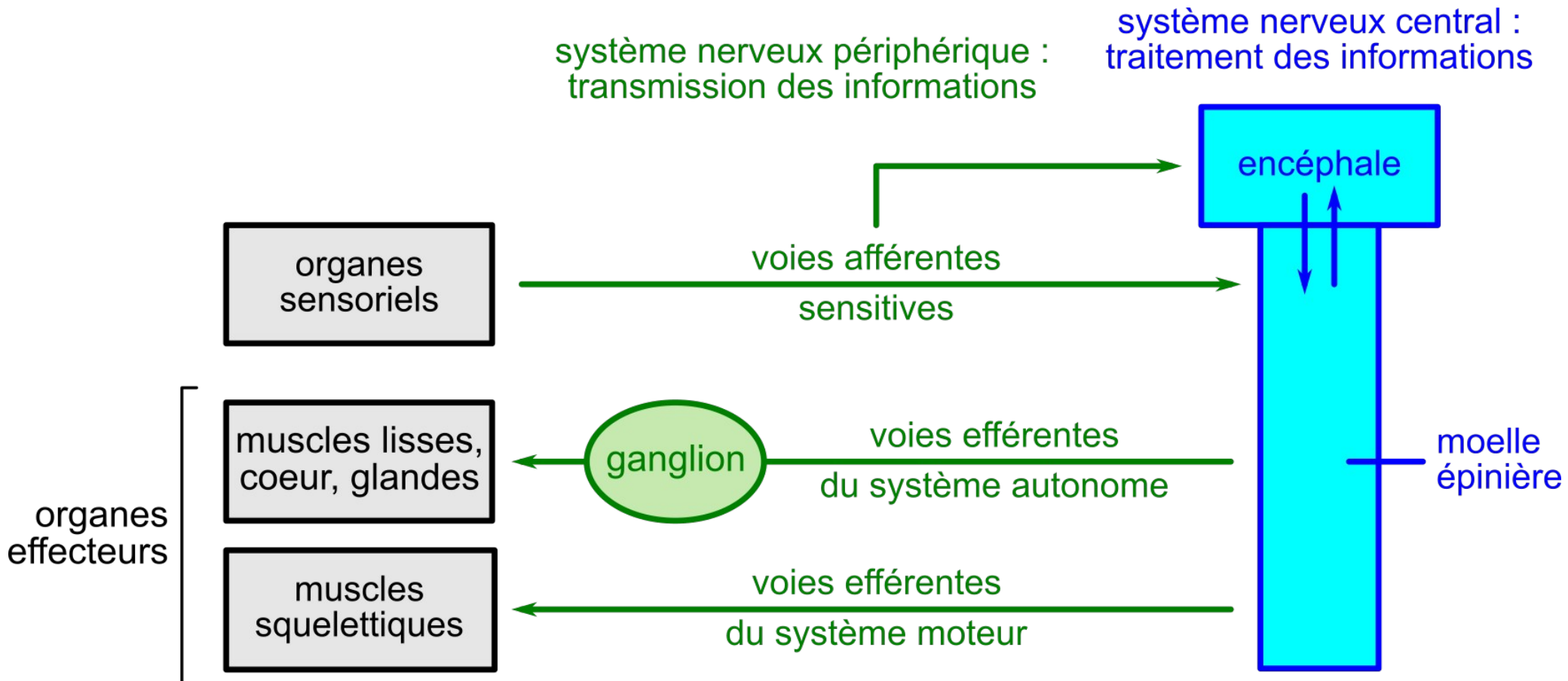
Prérequis : Système nerveux
organes :



POLY

Prérequis : Système nerveux

Organes

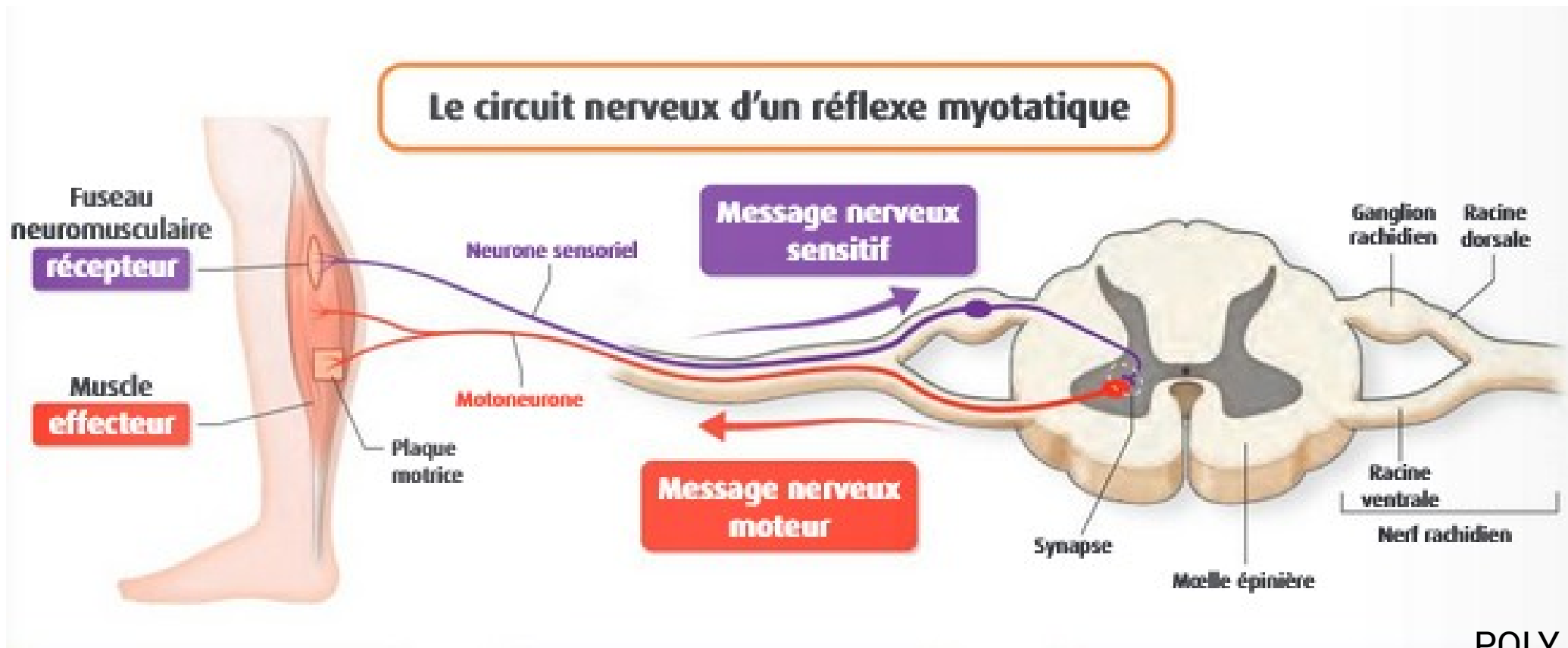


III-La communication nerveuse

7

Prérequis : Système nerveux

Organes Nerf sensoriel → centre nerveux → nerf moteur



III-La communication nerveuse

8

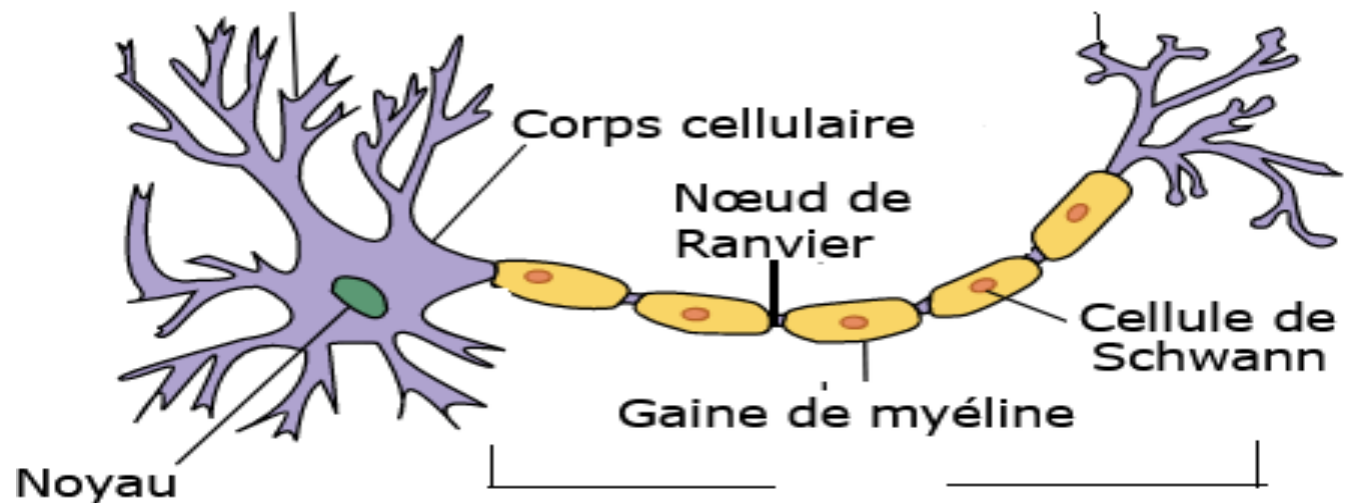
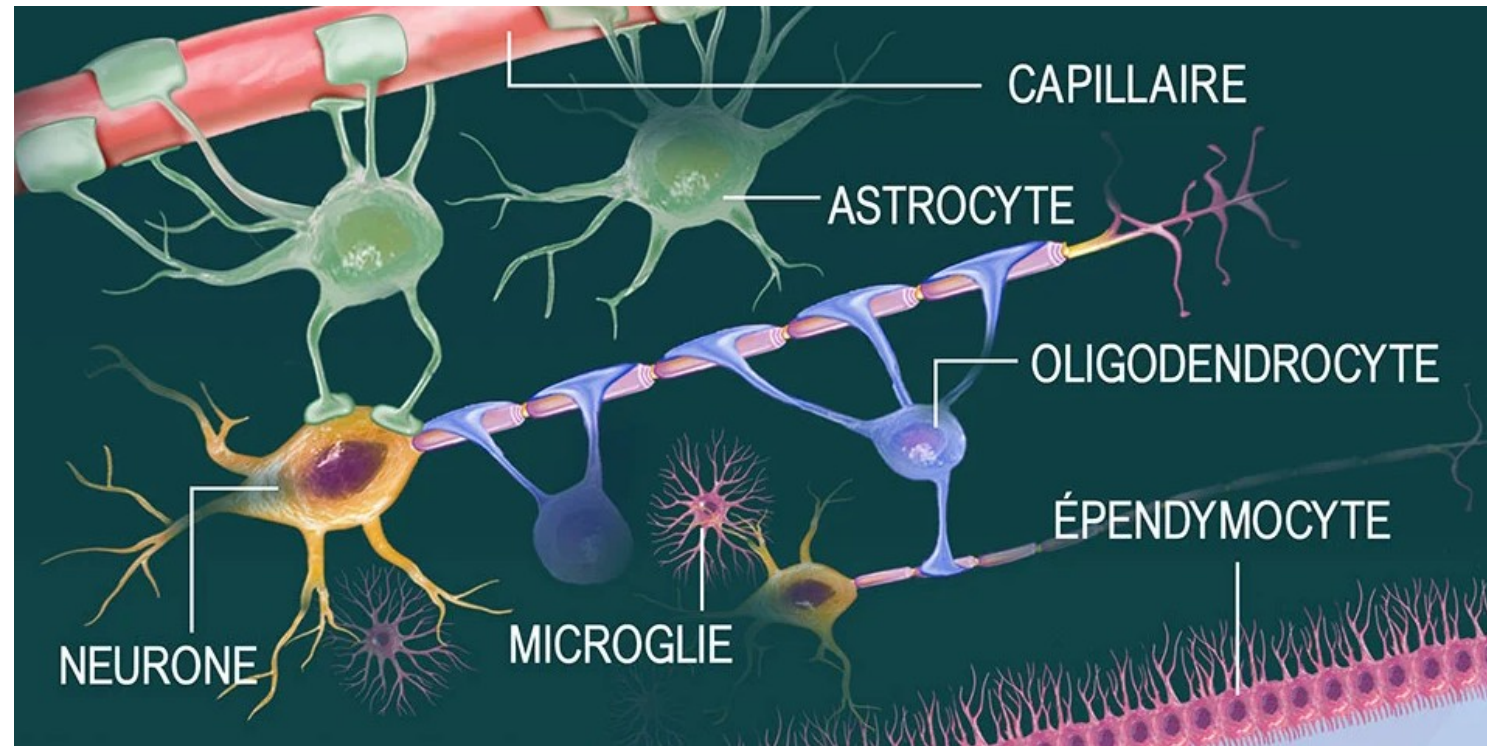
Prérequis :

Système nerveux

Cellules

Neurones

Cellules gliales



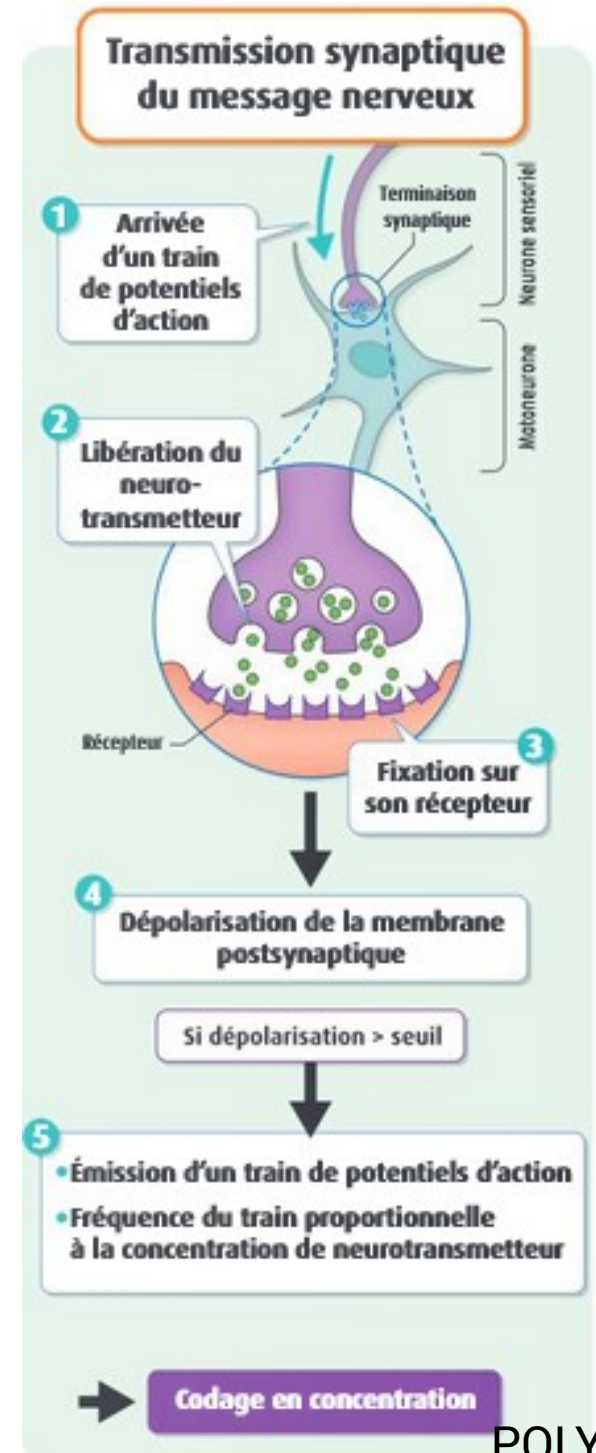
POLY

III-La communication nerveuse

Prérequis : Système nerveux

Molécules : neurotransmetteurs ,
Récepteurs
canaux voltage dépendant

...

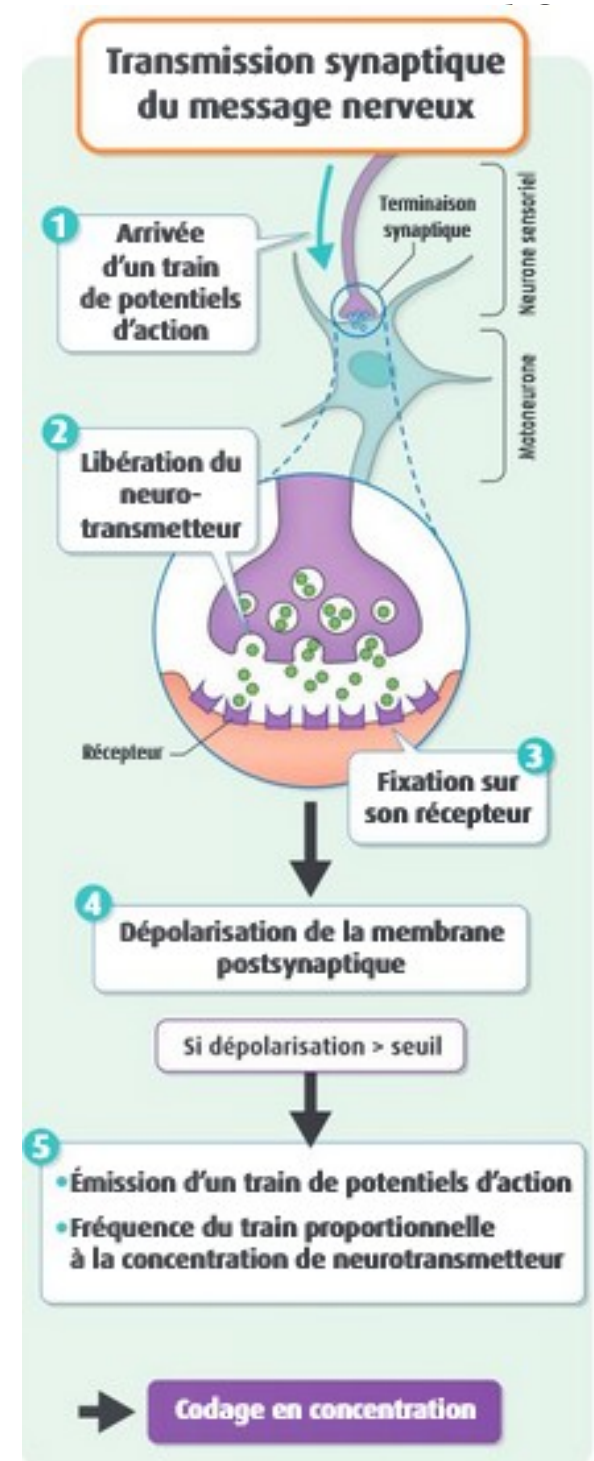


III-La communication nerveuse

Prérequis : message nerveux

Nature du message nerveux :

- chimique entre 2 neurones (synapse)
- unidirectionnel
- codé en concentration



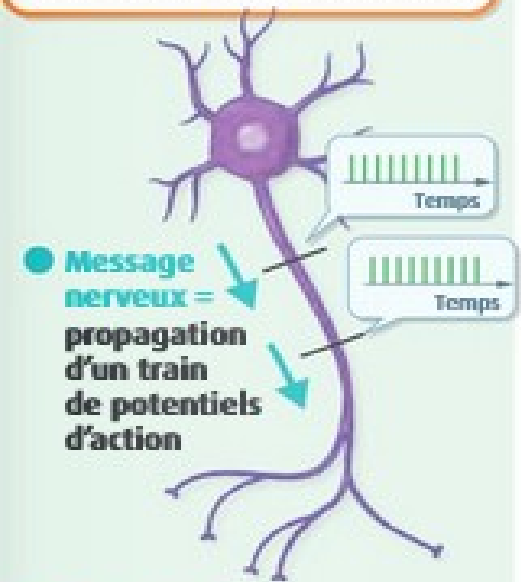
III-La communication nerveuse

Prérequis : message nerveux

Nature du message nerveux :

- chimique entre 2 neurones (synapse)
unidirectionnel
codé en concentration
- électrique le long d'un neurone
 - unidirectionnel
 - Train de PA
 - codé en fréquence de PA

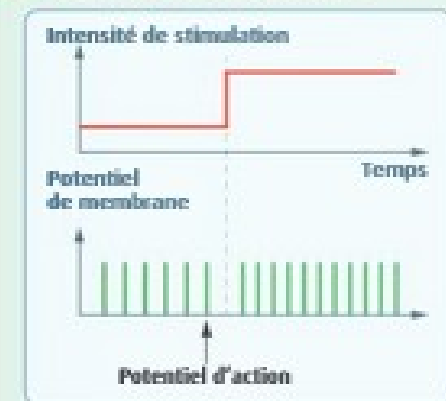
Le message nerveux



Potentiel d'action =
dépolarisation transitoire
de la membrane



Codage en fréquence



III-La communication nerveuse

Prérequis : PA = brève variation du Pot. de membrane

Le potentiel de membrane (bcpst1) :

Mesure ?

Valeur dans une cellule animale ? Végétale ?

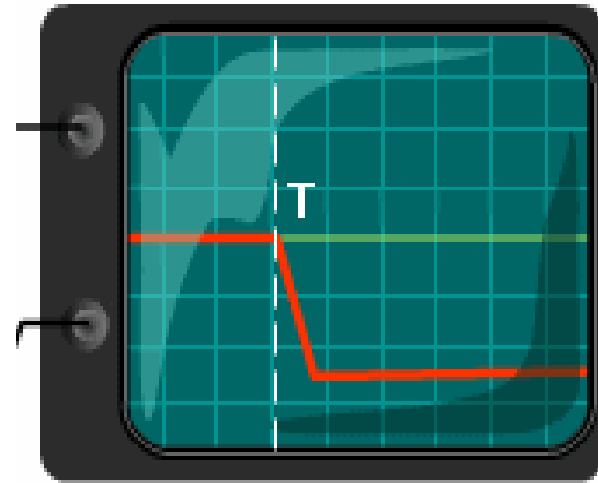
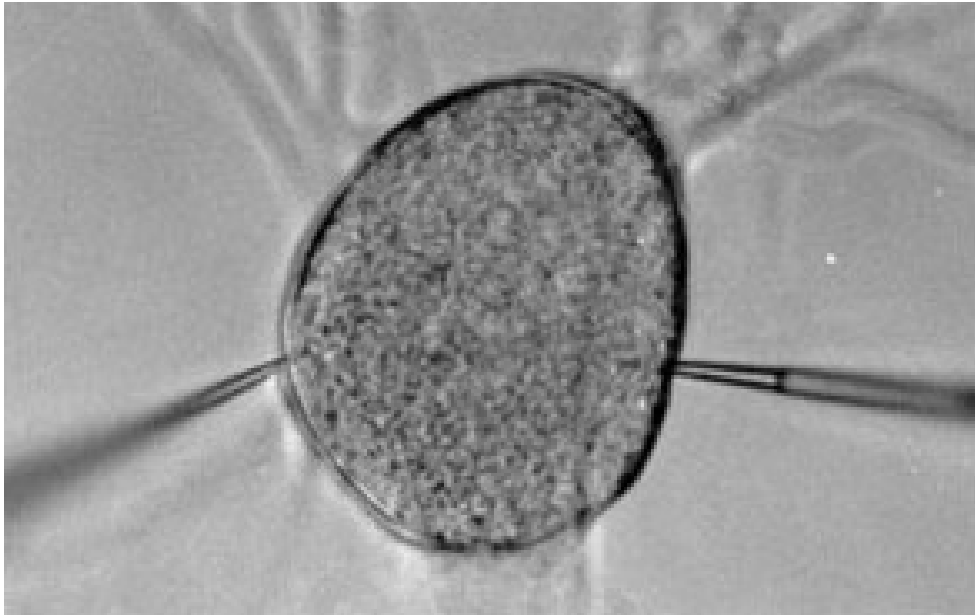
Cause ?

Intérêt bio ?

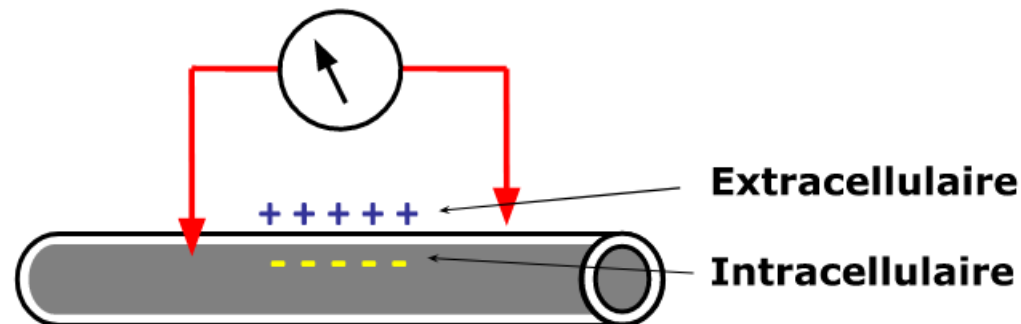
III-La communication nerveuse

Prérequis -Le potentiel de membrane (bcpst1)

Mesure : milli-voltmètre



-70 (animaux) à -300 mV (végétaux)



Prérequis : Le potentiel de membrane (bcpst1)

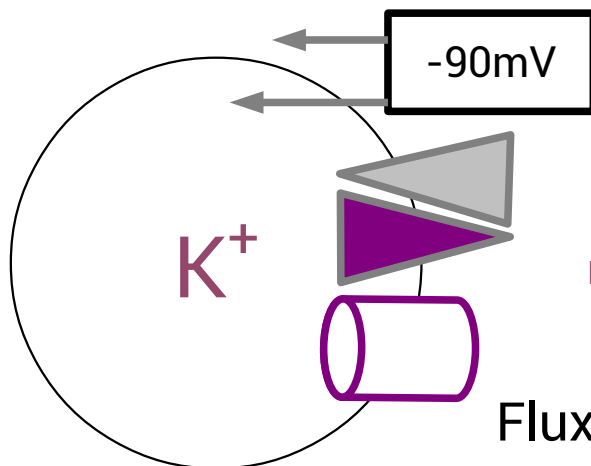
Cause : semi-perméabilité de la mb + répartition hétérogène des ions

ex mb plasmique animale

perméabilité sélective au K^+ (nombreux canaux K^+)

=> pot de mb $\approx$ potentiel d'équilibre du K^+

Modèle 1 : Mb très perméable à K^+



gradient électrochimique =

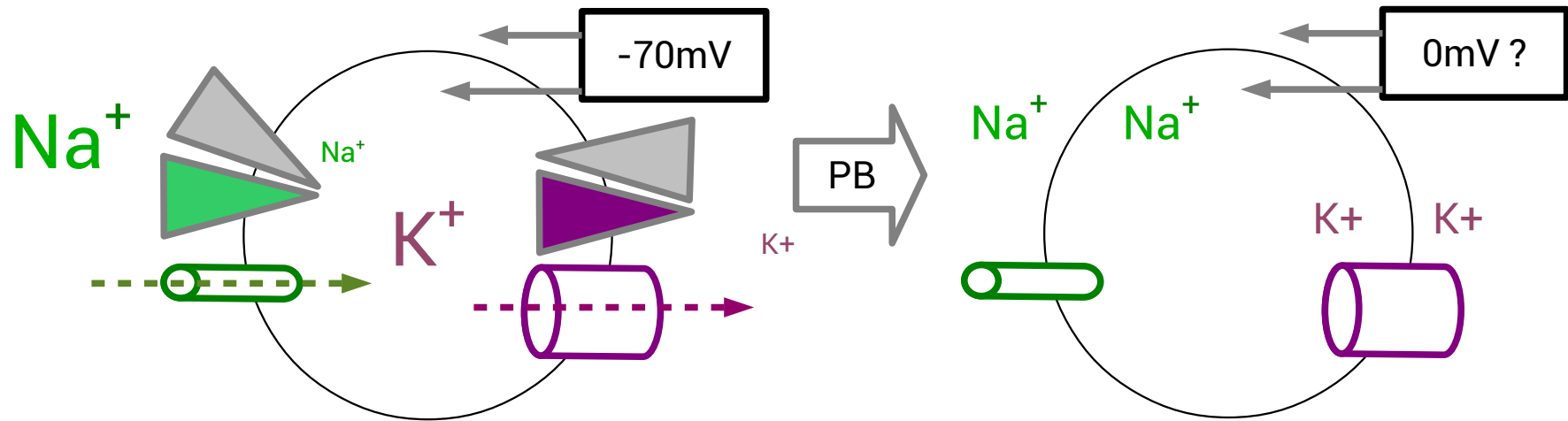
Composante osmotique + composante électrique
=0

Flux négligeable : <10 molécules

Amélioration du modèle du pot. de mb :

15

Modèle 2 : Mb très perméable à K^+ et un peu à Na^+



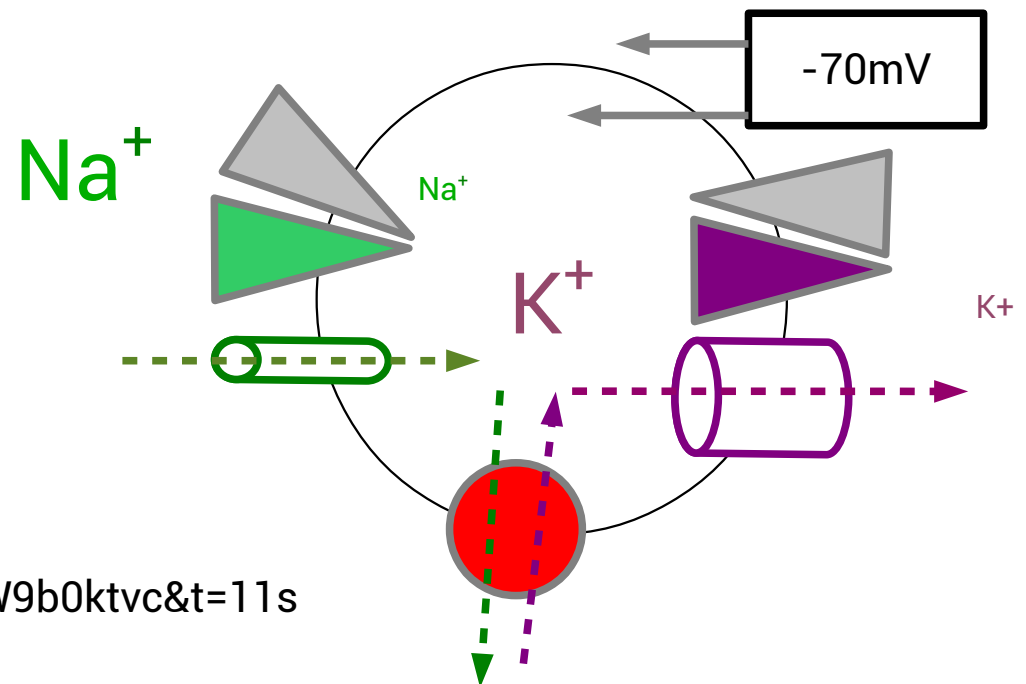
Modèle 3

Pot de mb

généré / canaux K^+ ;
lentement dissipé / canaux Na^+
entretenu par la pompe Na/K

=> coût énergétique !!

VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=tXzW9b0ktvc&t=11s>



I-La communication nerveuse

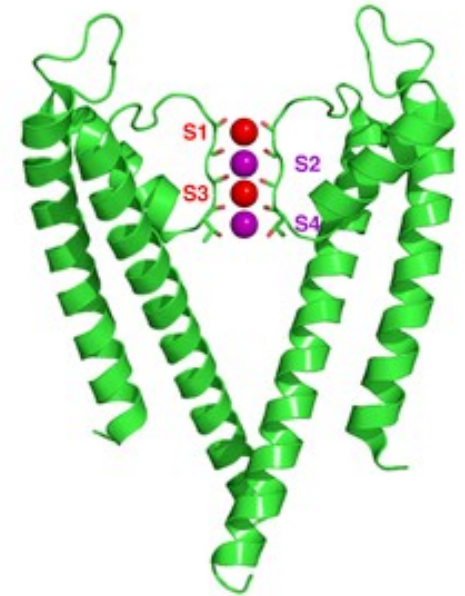
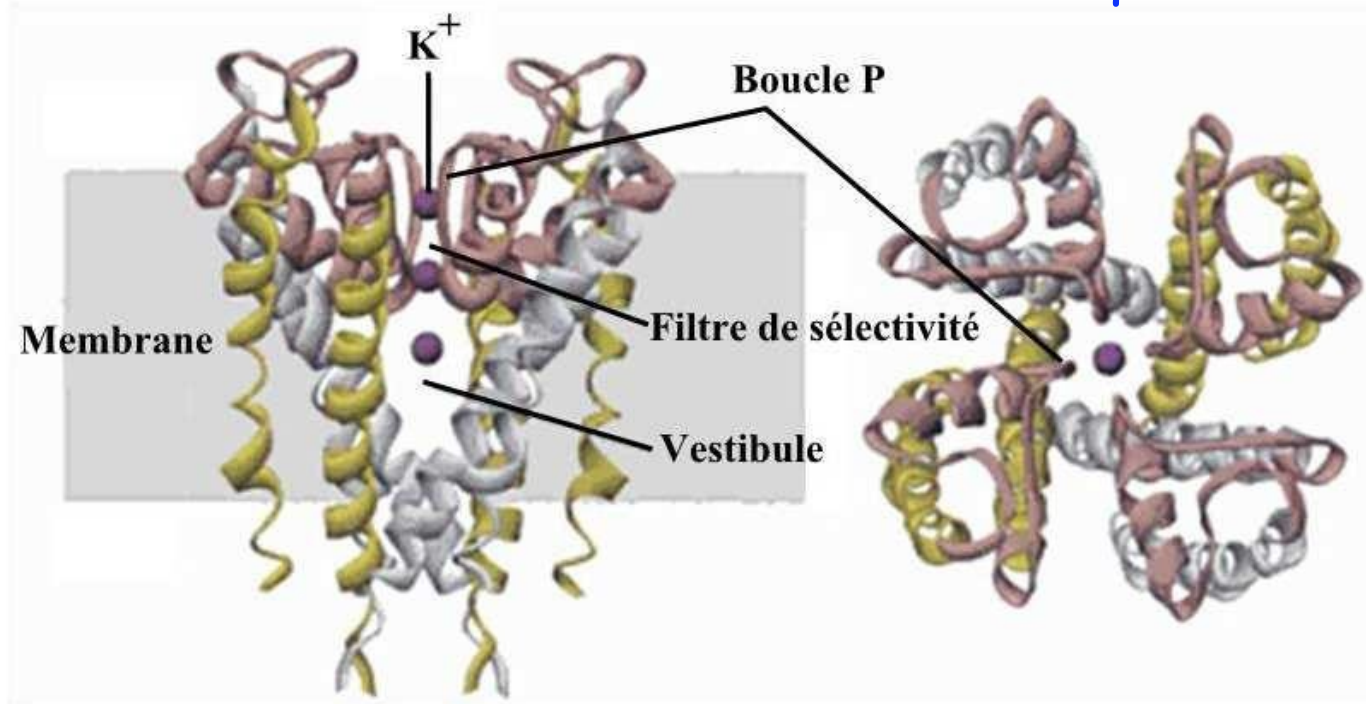
Prérequis : Le potentiel de mb (bcpst1)

Canal de fuite au K^+ ? Pompe NaK ?

Potentiel et gradient électrochimique ?

Équation de Nernst ?

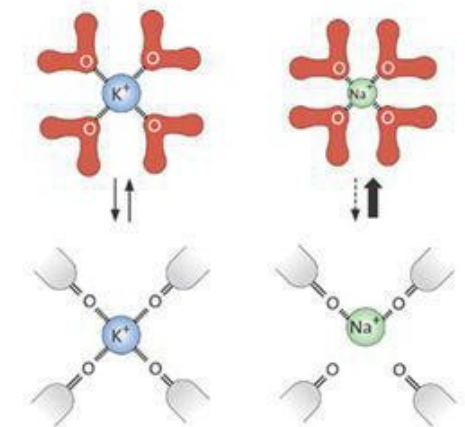
le canal de fuite au K^+ → transport passif ~~transporteur~~ Cinétique linéaire → non saturable



Structure : Tétramère => 1 canal central

Fonctionnement : Vestibule => dé solvation des ions

Filtre de sélectivité charge négative + diamètre
=> Ca^{2+} trop gros, Na^+ trop petit
=> interaction optimisée pour K^+

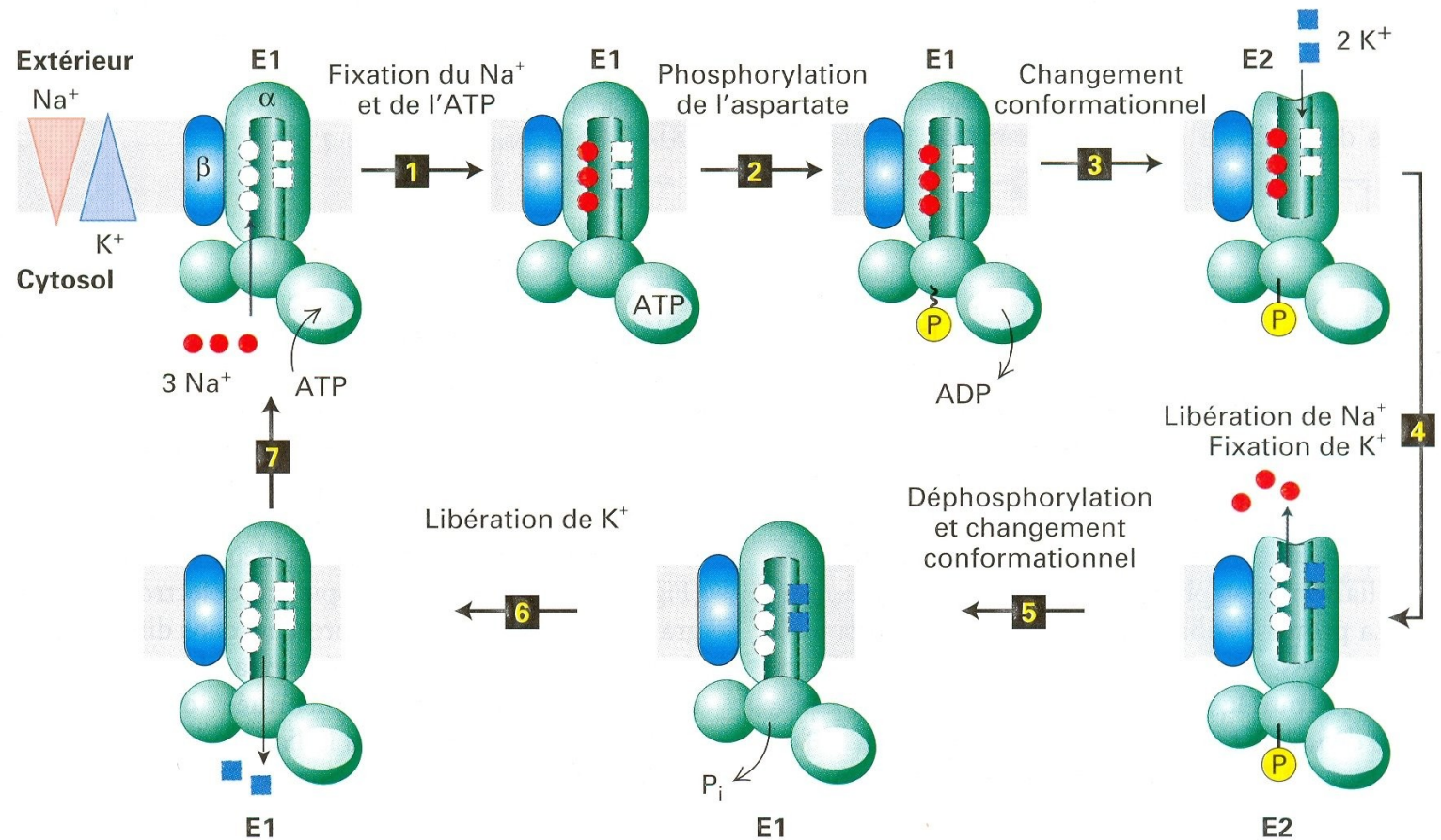


VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=Z1M8s9aLe4Q&t=99s>

La pompe NaK → transport actif primaire

Structure : Hétérotétramère

Fonctionnement : ATPase, 2 conformations



Potentiel électrochimique : capacité d'un soluté à quitter un milieu

Gradient électrochimique : Énergie consommée lors du passage d'une mole de soluté du milieu 1 à 2 $\approx \Delta rG$

$$\Delta \mu = \mu_2 - \mu_1 = RT \ln \frac{C_2}{C_1} + nF \Delta V$$

Potentiel de membrane

potentiel d'équilibre : $V_{eq} = \Delta V$ lorsque $\Delta \mu = 0$

$$V_{eq} = -\frac{RT}{nF} \ln \frac{C_2}{C_1} = -\frac{0,058}{n} \log \frac{C_2}{C_1} \quad (\text{Equation de Nernst, à } 25^\circ\text{C})$$

1 : milieu extra cellulaire
2 : cytosol

Potentiel électrique V (en un point) : travail à fournir pour amener une charge + de l'infini à ce point **20**

Potentiel de membrane $\Delta V = V_2 - V_1$ (= différence de pot. Électrique = DDP)

Potentiel de repos = pot de membrane au repos

Potentiel d'équilibre (d'un ion) = pot de la membrane (semi-perméable) lorsque flux de l'ion est nul

Potentiel électrochimique μ : capacité d'un soluté à quitter un milieu

Gradient électrochimique $\Delta\mu$: Énergie consommée lors du passage d'une mole de soluté du milieu 1 à 2 $\approx \Delta rG$

$$\Delta\mu = \mu_2 - \mu_1 = RT \ln \frac{C_2}{C_1} + nF(\Delta V) \text{ Potentiel de membrane}$$

Potentiel hydrique : capacité de l'eau à quitter un milieu

Flux d'une molécule dans le sens des potentiels décroissants = $\Delta < 0$

I-La communication nerveuse

Prérequis : Le potentiel de membrane (bcpst1)

Intérêt bio:

composante du gradient électrochimique des ions

→ énergie immédiatement disponible pour la cellule

→ contrôle

*les flux passifs d'ions

→ des transports actifs secondaires (symport Na/glucose)

→ synthèse d'ATP / ATPsynthase

* la conformation de protéines mb voltage dépendante

→ transduction et propagation de signaux

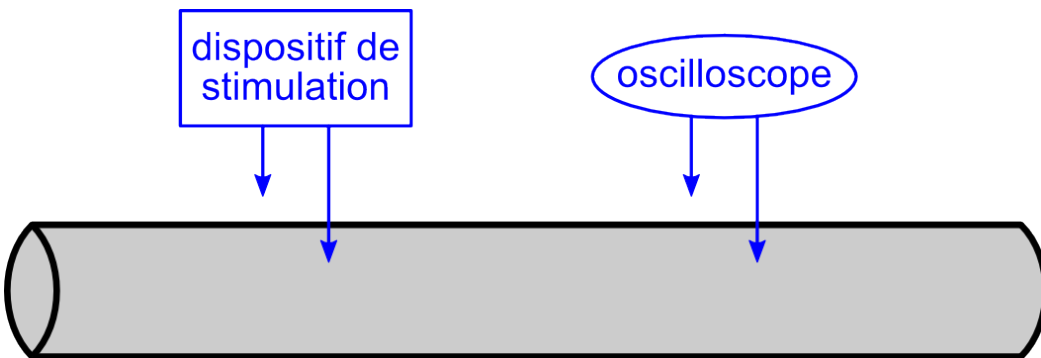
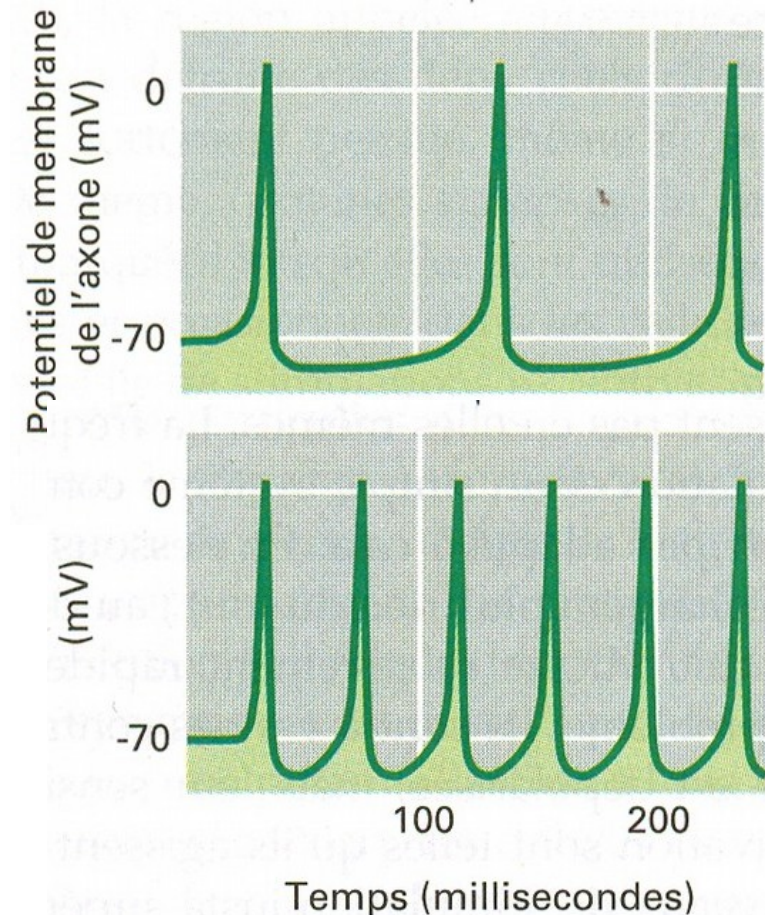
I-La communication nerveuse

A- Le message nerveux est codé en fréquence de PA le long de l'axone

1- enregistrement d'un message nerveux

Modèle d'étude : axone géant de calmar

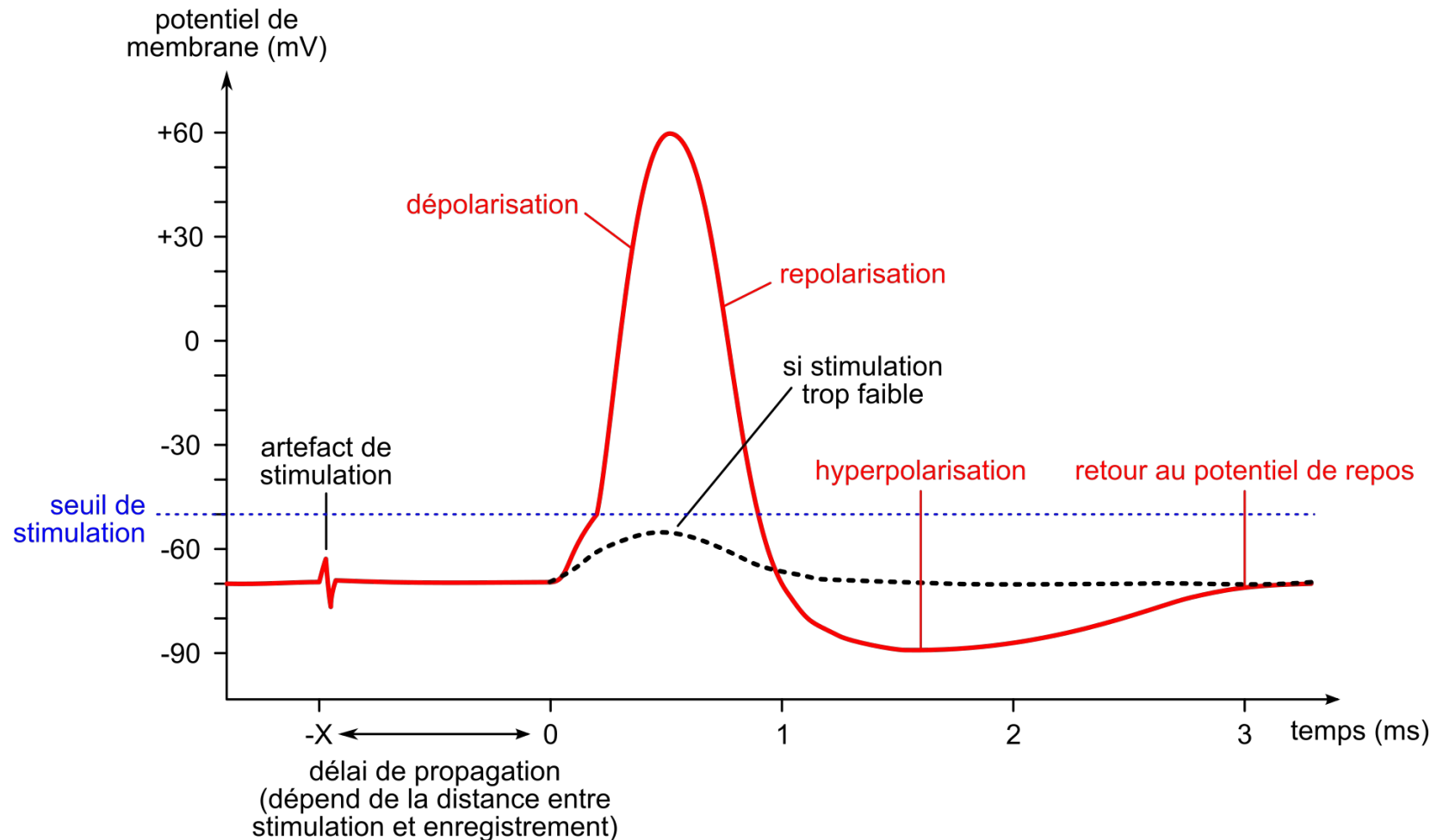
Train de PA



2-Caractéristiques du PA neuronal

23

- 3 phases
- durée (3ms) et amplitude constante
- seuil de stimulation



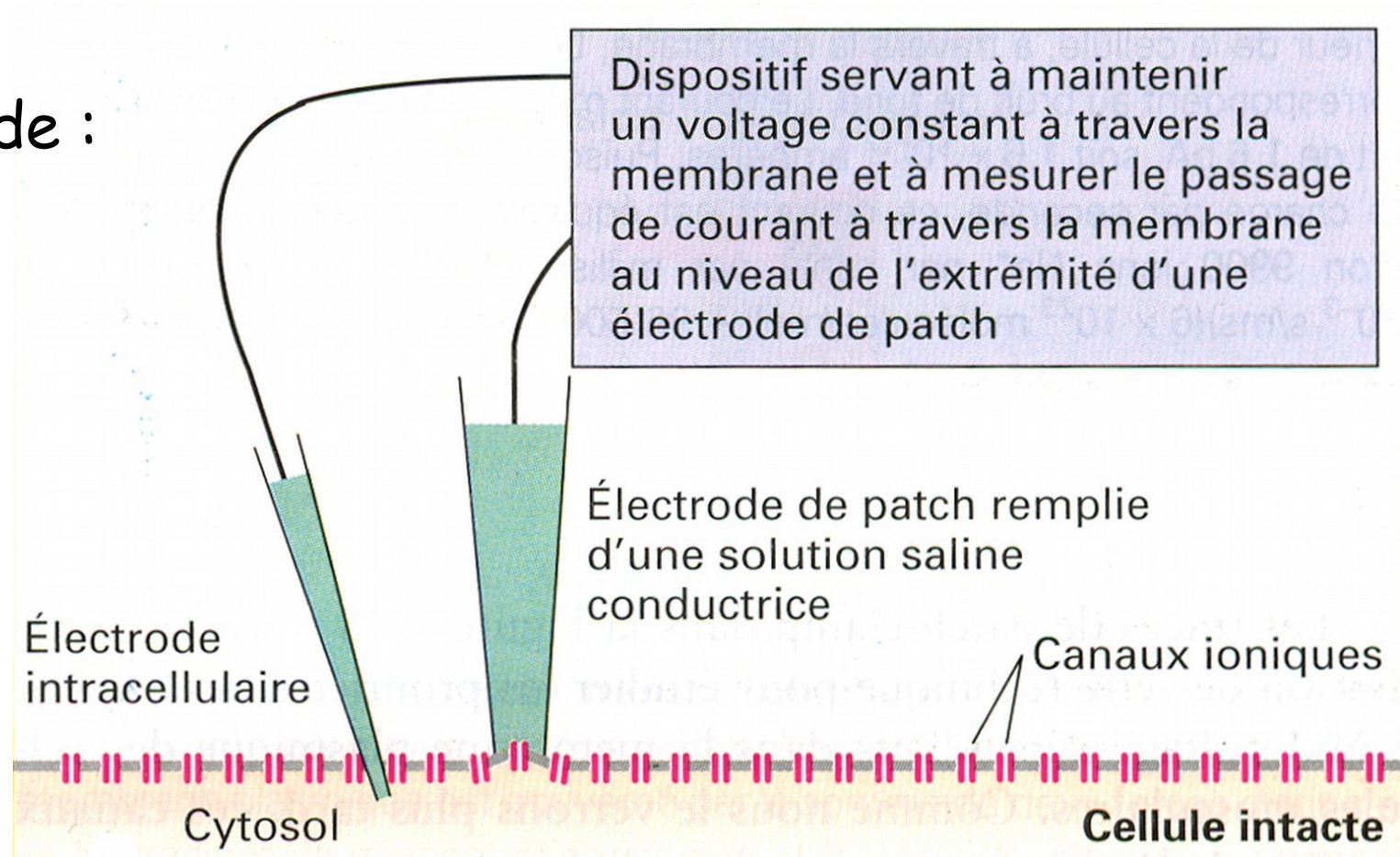
3-Le PA résulte de l'ouverture séquentielle de canaux ioniques

24

a-les cellules excitables possèdent des canaux ioniques voltage dépendant

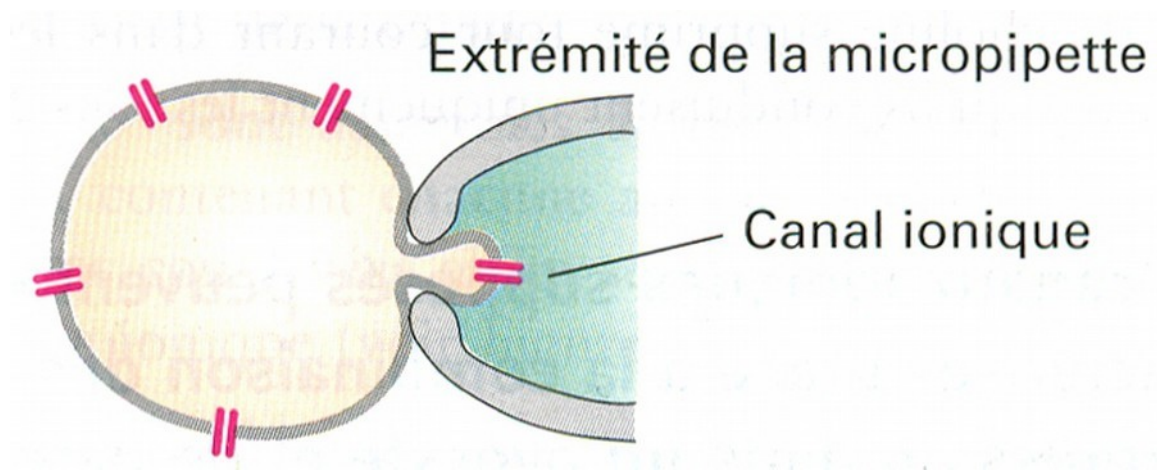
Technique d'étude :
le patch clamp

Impose U
Mesure I

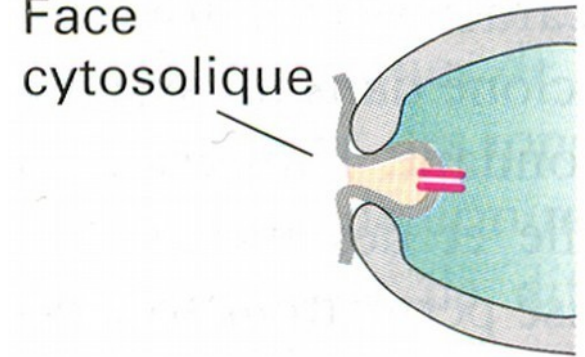


RQ : configurations utilisées pour la technique de patch clamp.

patch on-cell

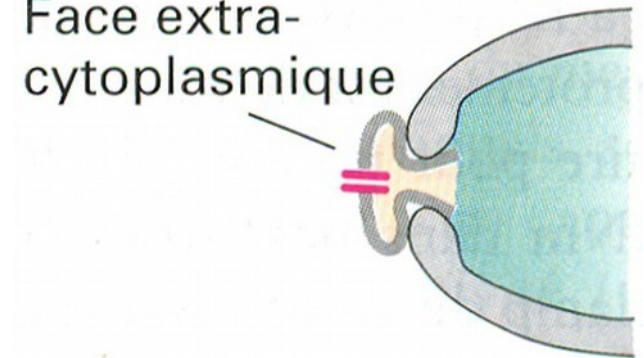


Face
cytosolique



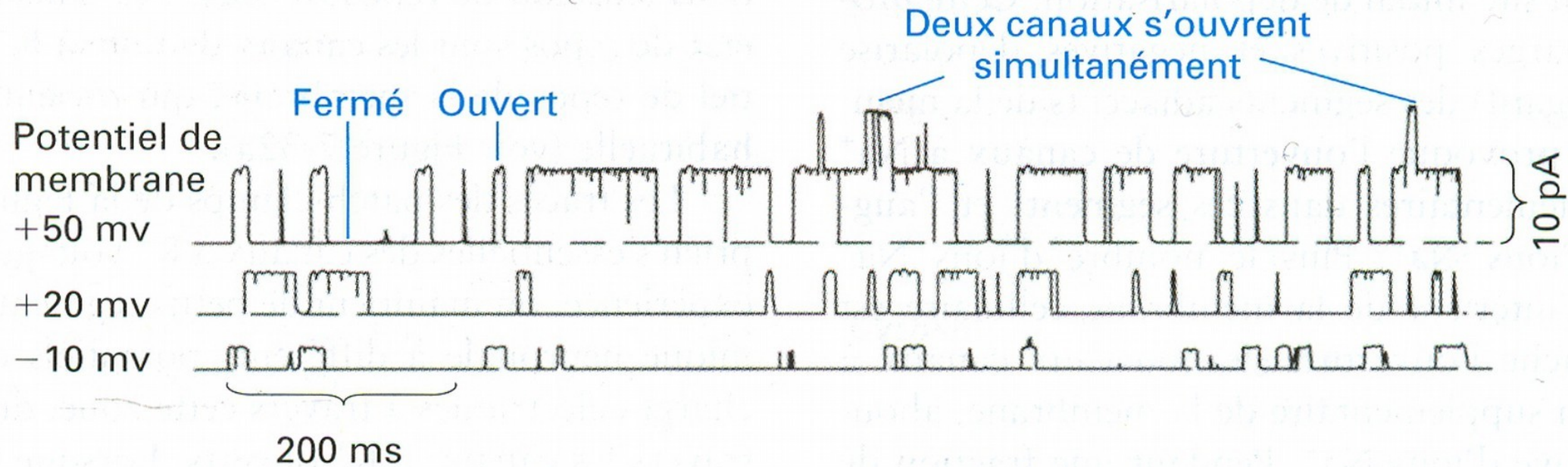
patch inside-out

Face extra-
cytoplasmique



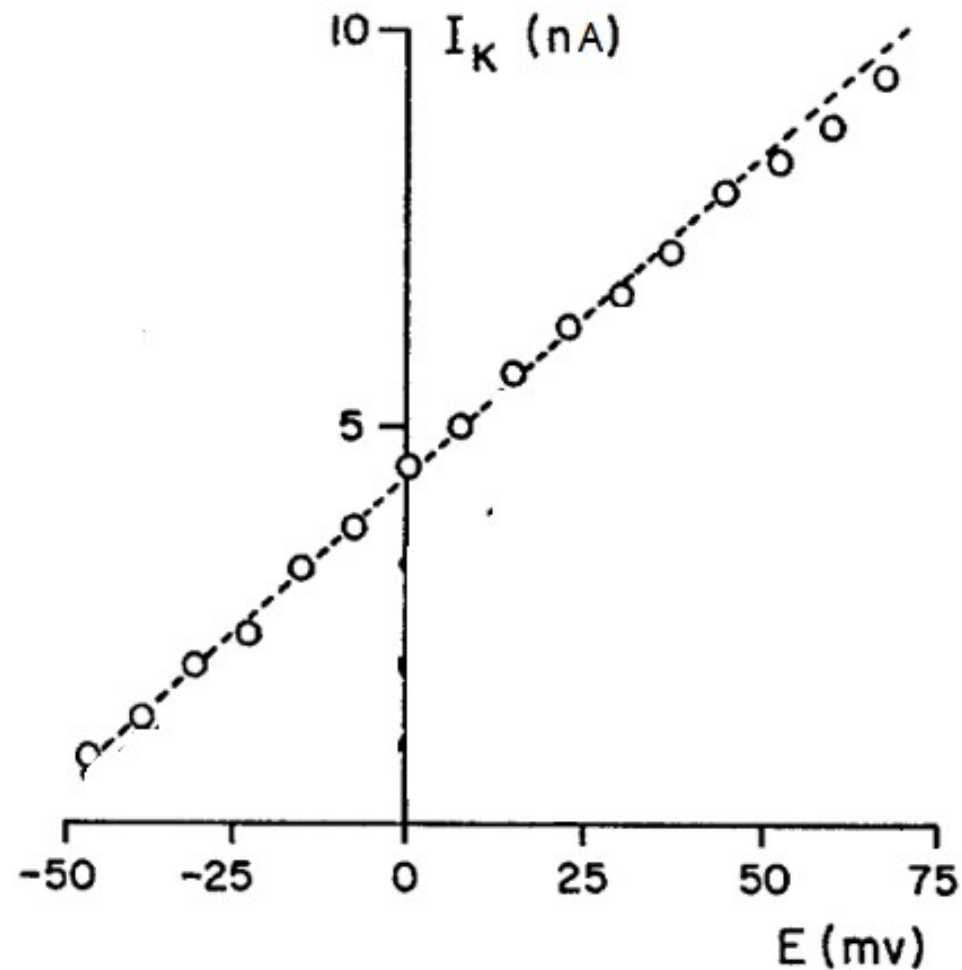
patch outside-out

RESULTAT : Enregistrement du courant traversant la mb au niveau de canaux K⁺ voltage dépendant en fonction du temps et du potentiel imposé



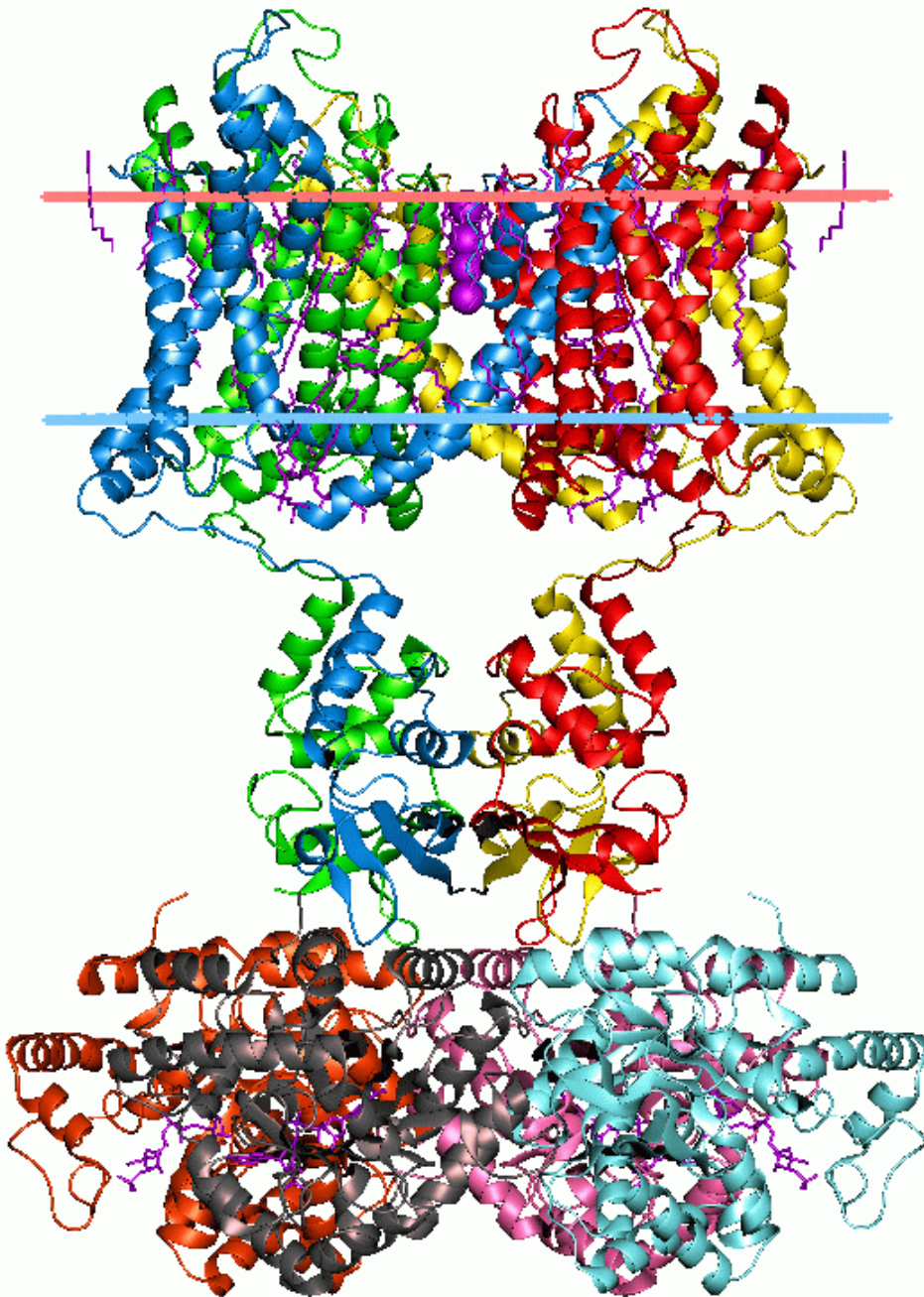
RESULTAT :

Courant sortant d'ions K^+ en fonction du potentiel imposé à la membrane au niveau d'un canal de fuite au K^+



b- fonctionnement d'un canal voltage dépendant

28



Modèle en rubans de la structure du canal à K⁺ voltage-dépendant.

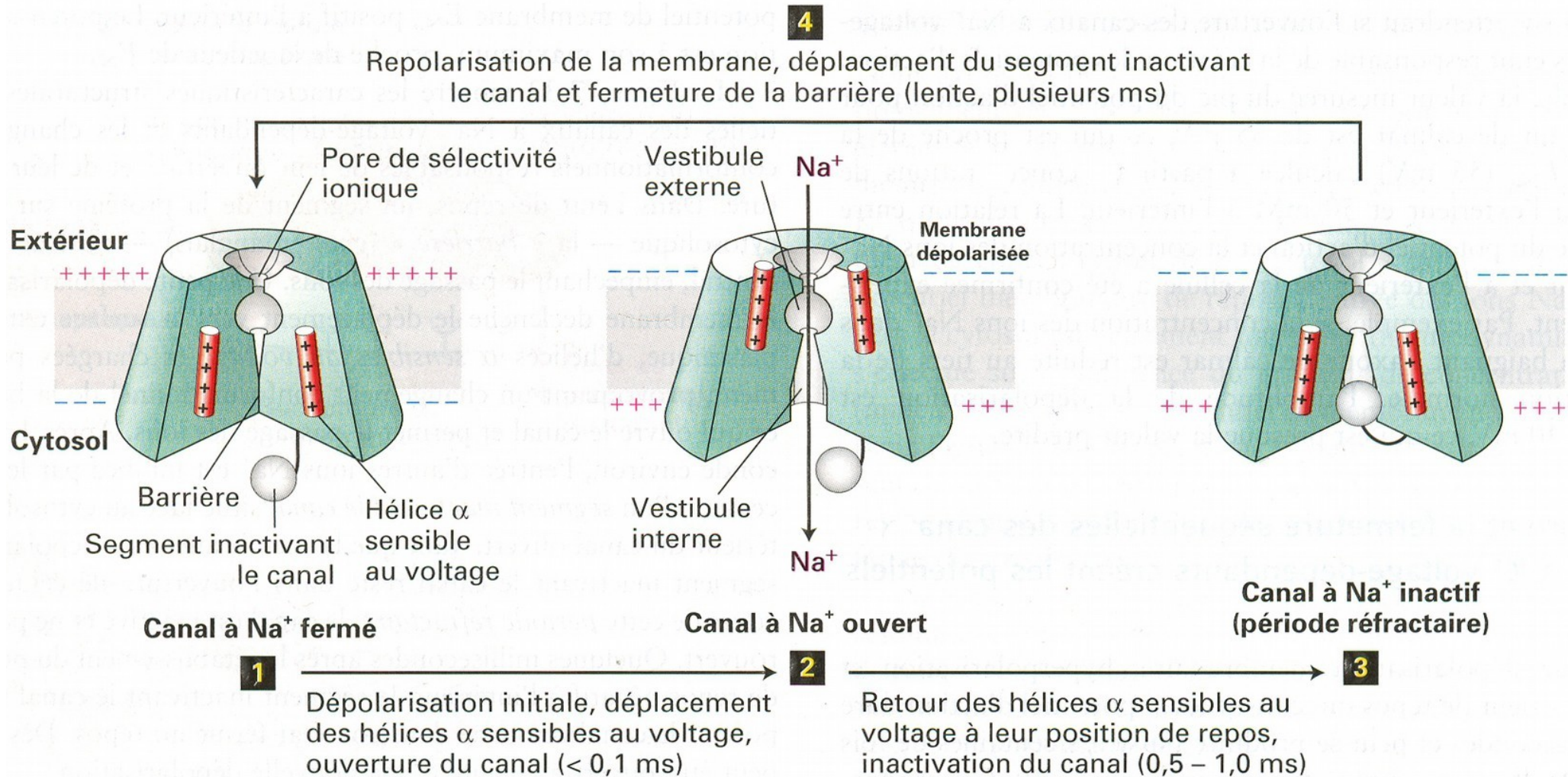
4 oligomères

Domaine cytoplasmique volumineux

Des charges + sur une hélice transmb

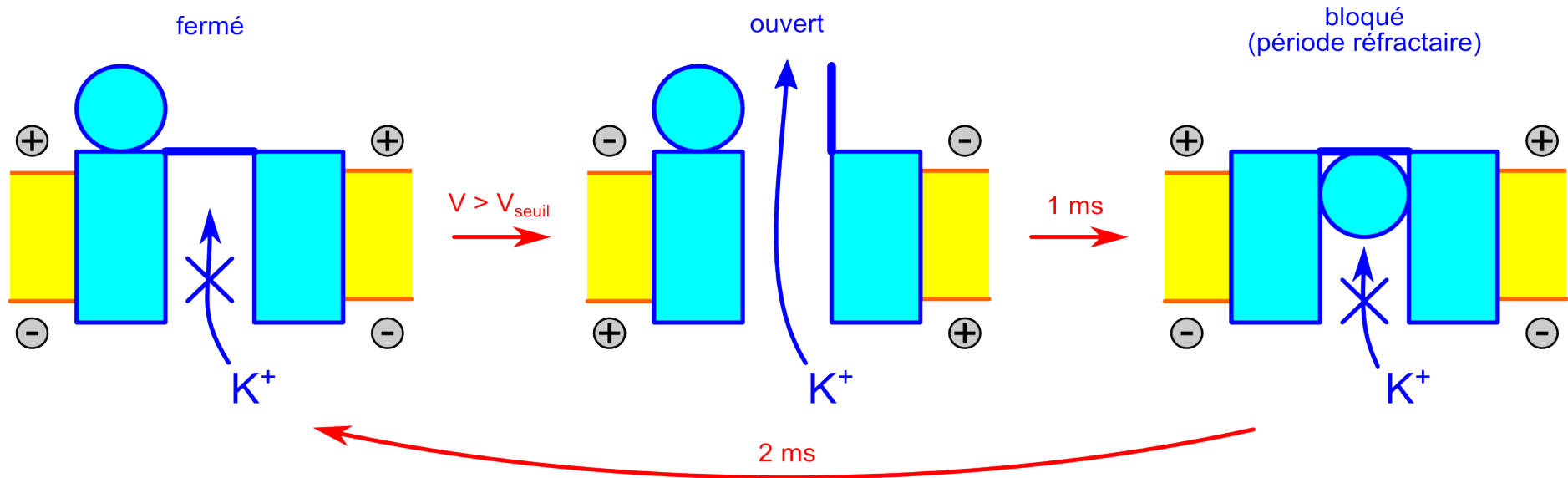
b- fonctionnement d'un canal voltage dépendant

29



b- fonctionnement d'un canal voltage dépendant

30



Mécanismes d'ouverture et de fermeture simplifiés
du canal à K^+ voltage-dépendant.

RQ Toxines inhibitrices des canaux voltages dep.

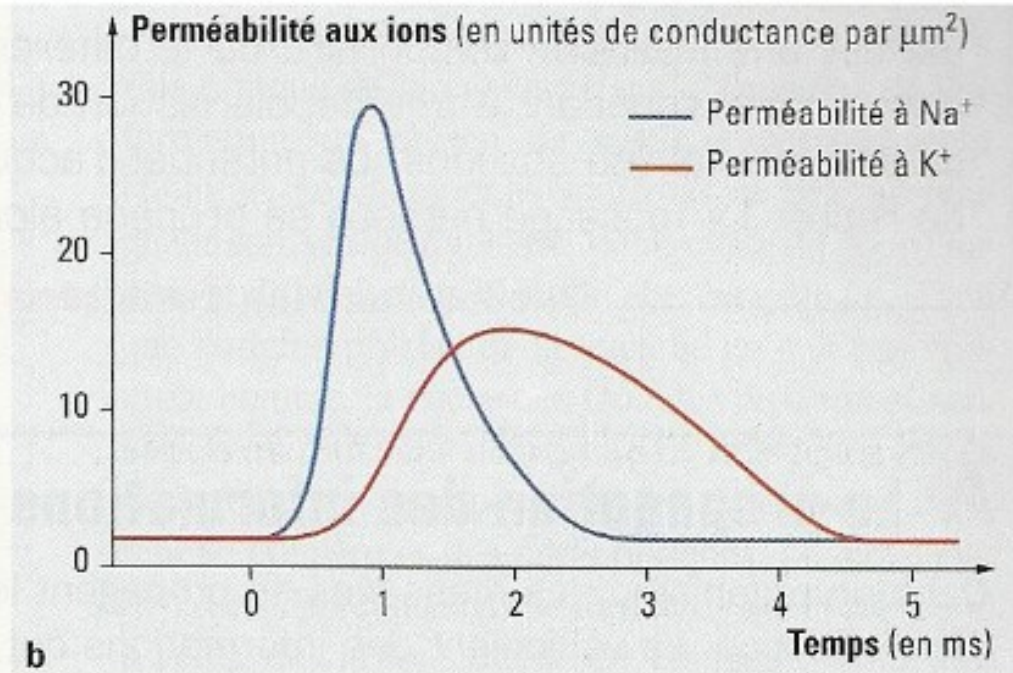
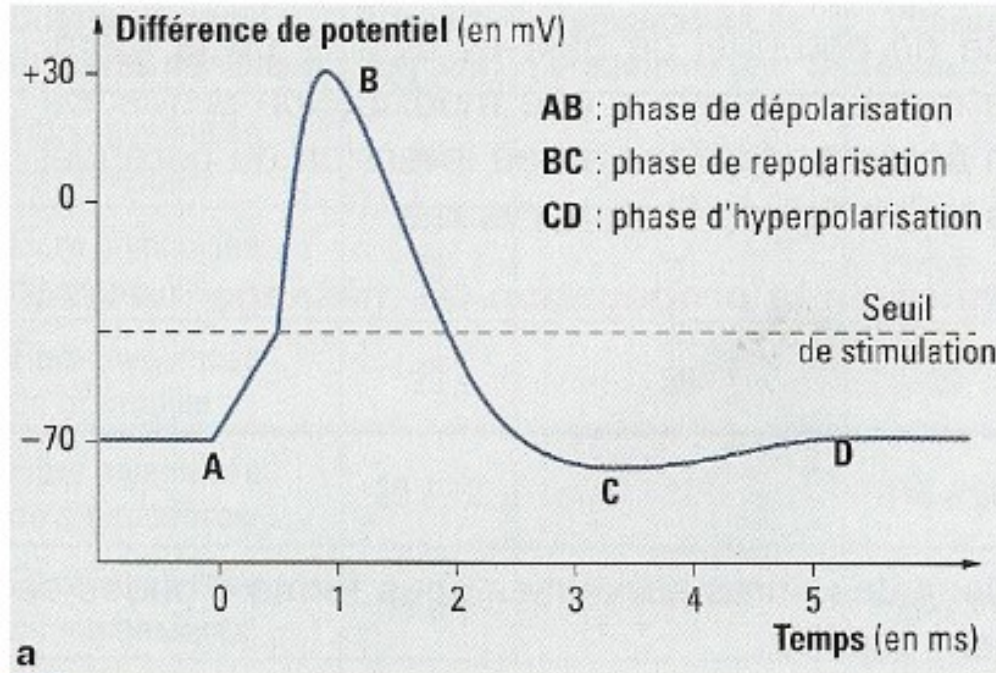
TEA (TetraEthylAmmonium) bloque C. Na

TTX (tétrodoToXine) bloque C. K

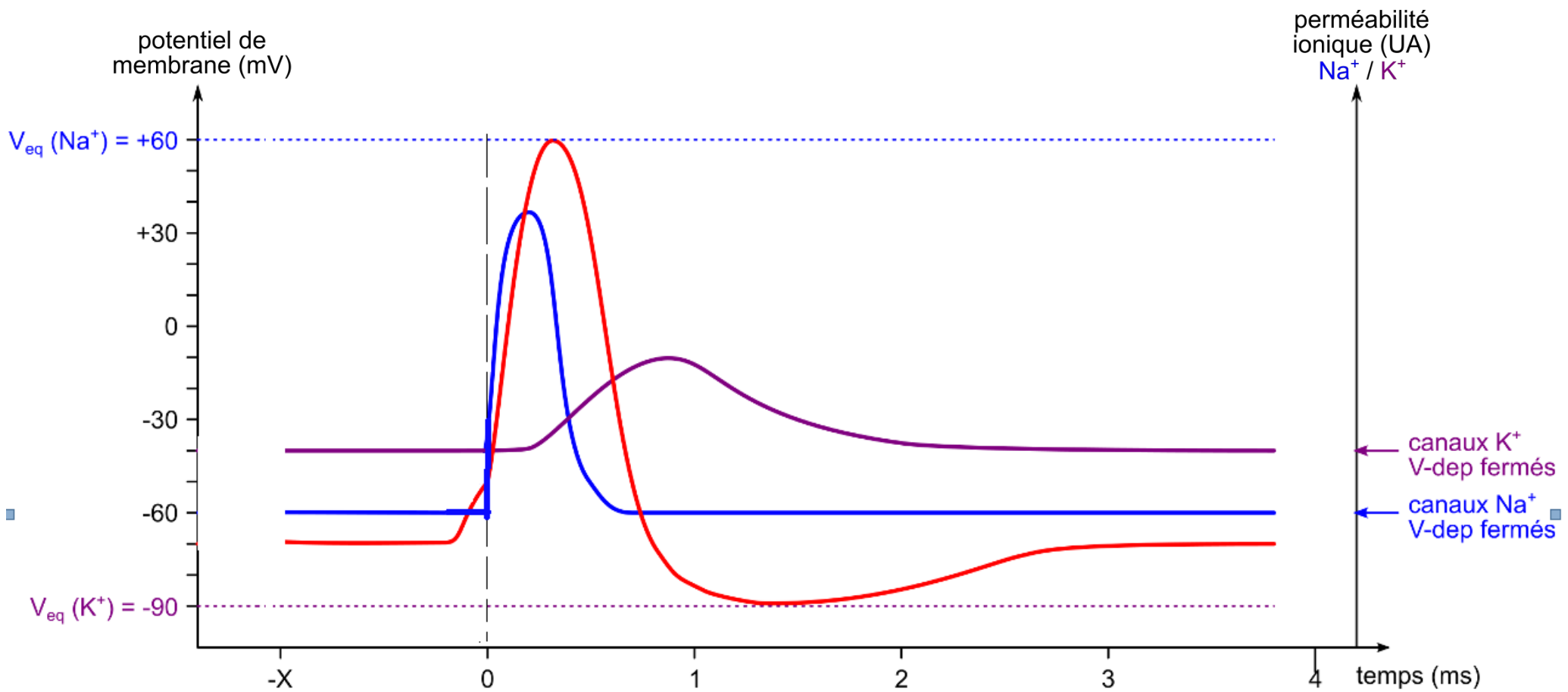


Takifugu xanthopterus

c- l'ouverture séquentielle des canaux voltage dep. modifie la perméabilité membranaire



3 Les phases d'un potentiel d'action (a) et évolution de la perméabilité ionique (b) suite à une stimulation.

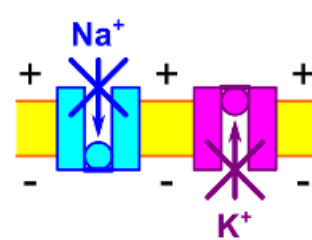
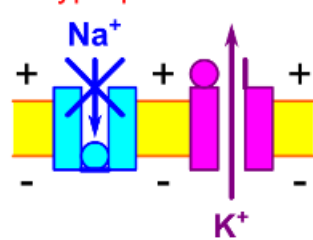
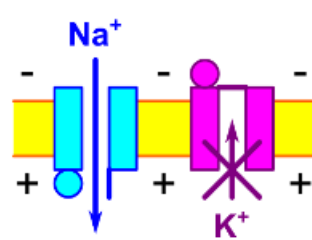
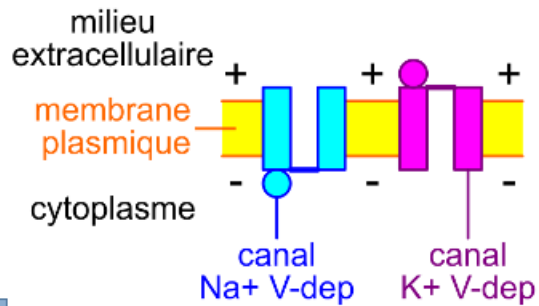


potentiel de repos

dépolarisation

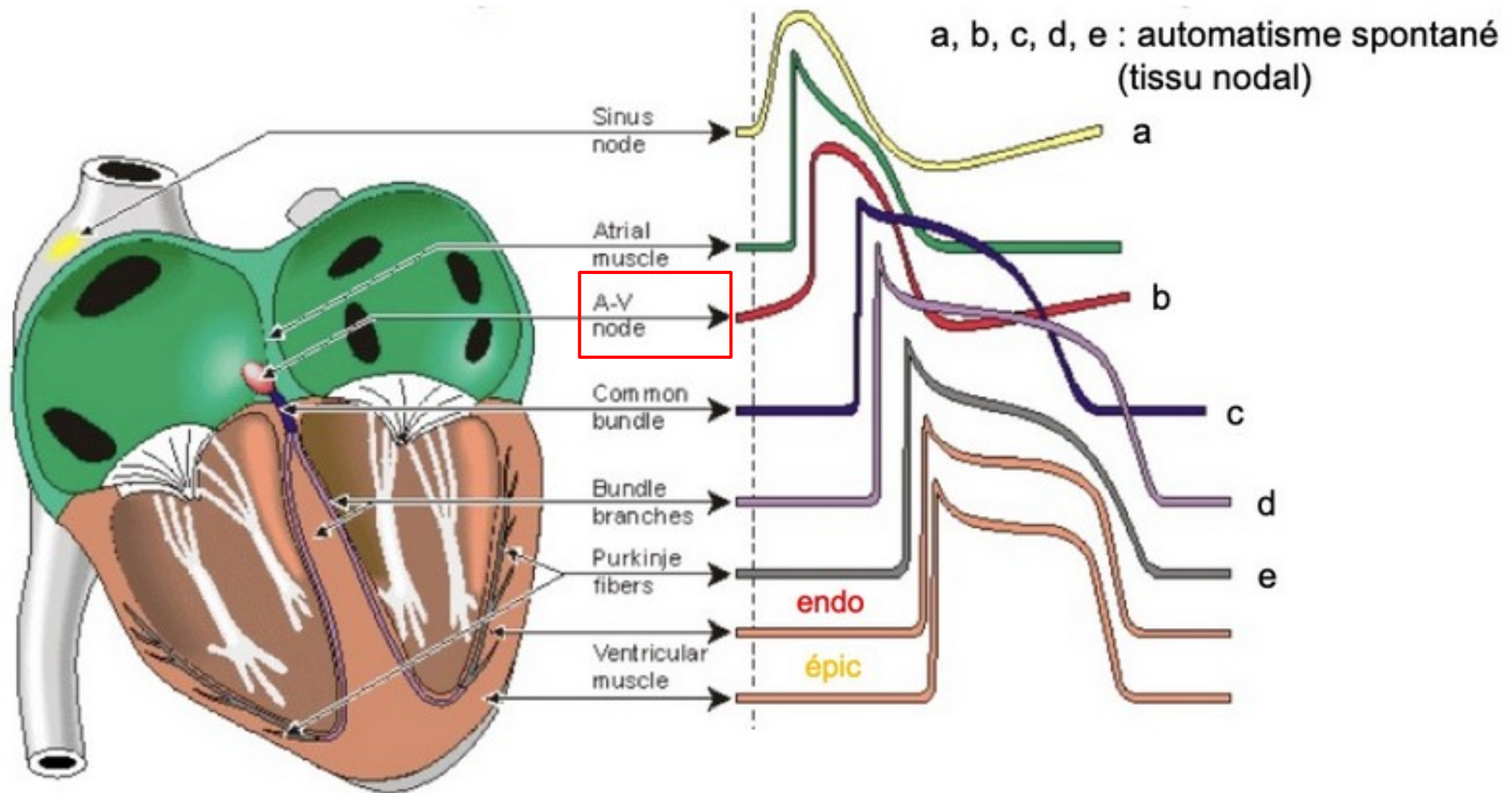
repolarisation /
hyperpolarisation

retour au potentiel de repos



Diversité des PA : l'allure du potentiel d'action

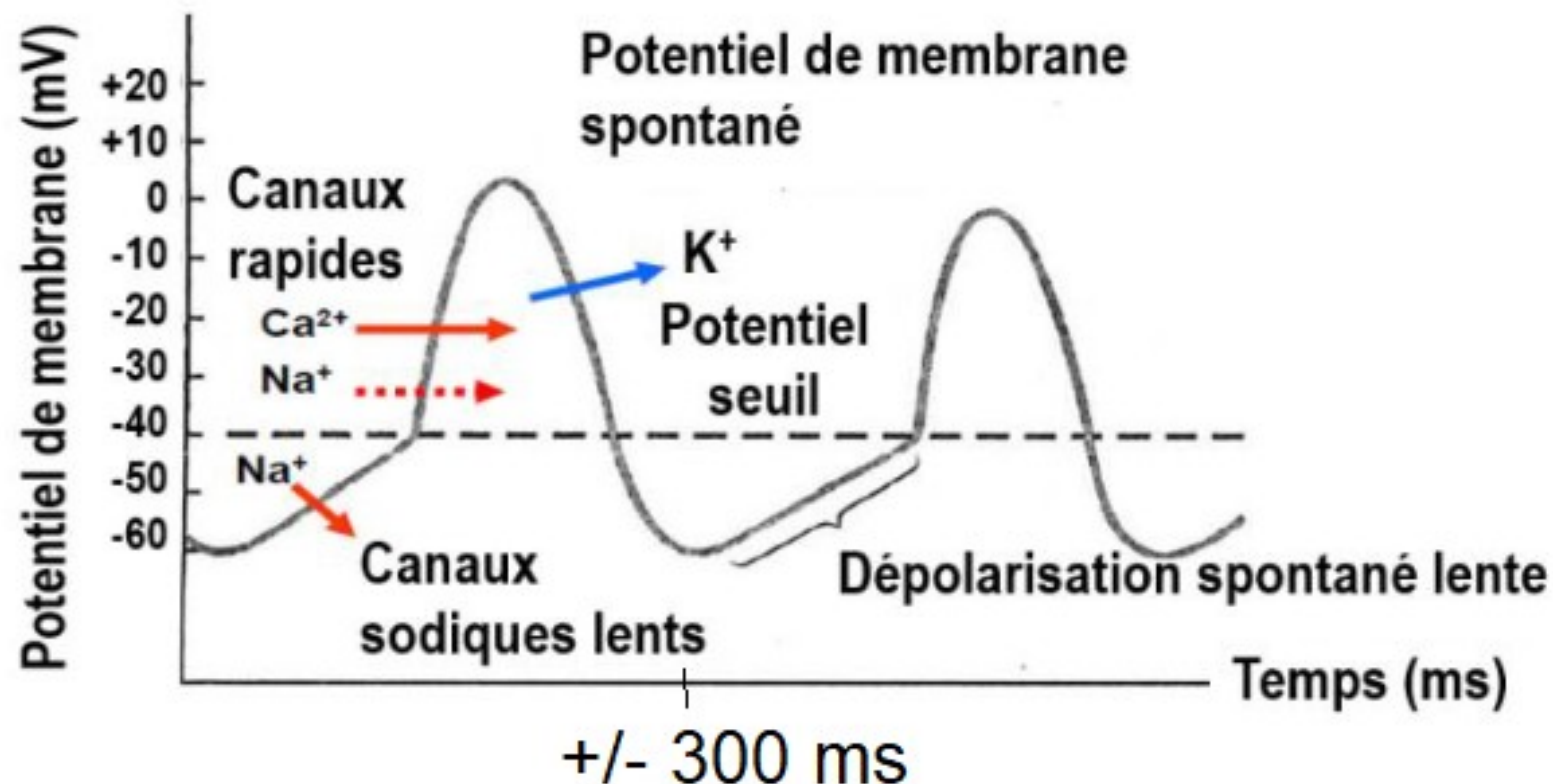
- varie selon la cellule excitable



Diversité des PA : l'allure du potentiel d'action

- varie selon la cellule excitable
- car canaux mb différents

Exemple du PA du nœud sinusal = Potentiel de pacemaker



4-la propagation du PA est unidirectionnelle

36

→ période réfractaire des canaux Voltage dep

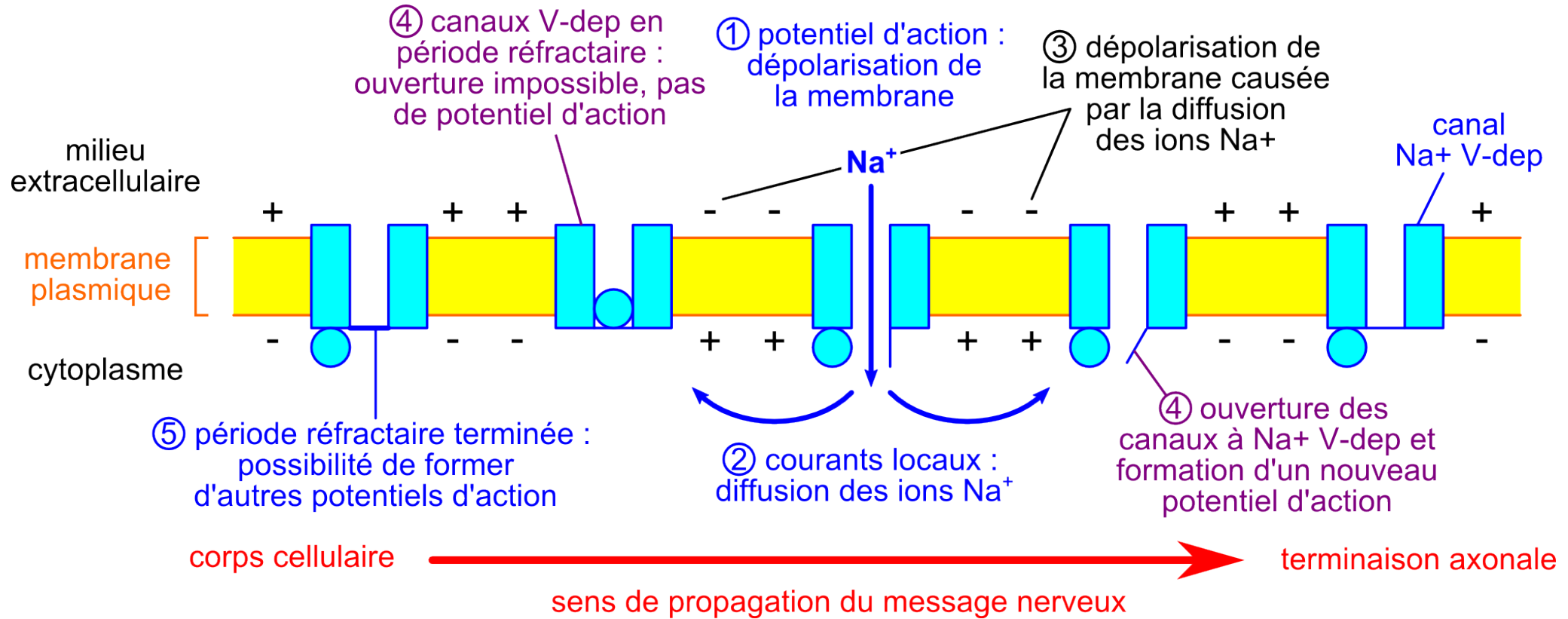


Schéma 9 Mécanismes à l'origine de la propagation unidirectionnelle d'un potentiel d'action.

A noter : le courant local explique le début de la 37 dépolarisation cu PA

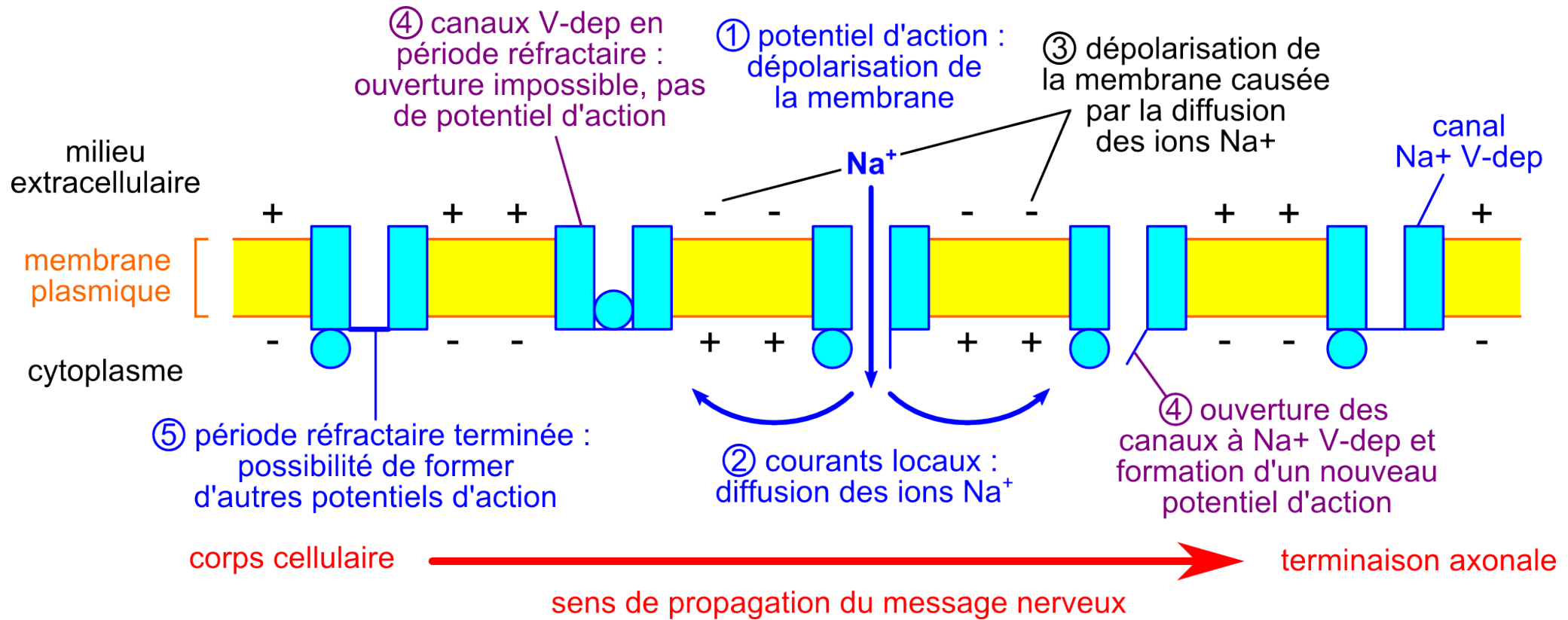
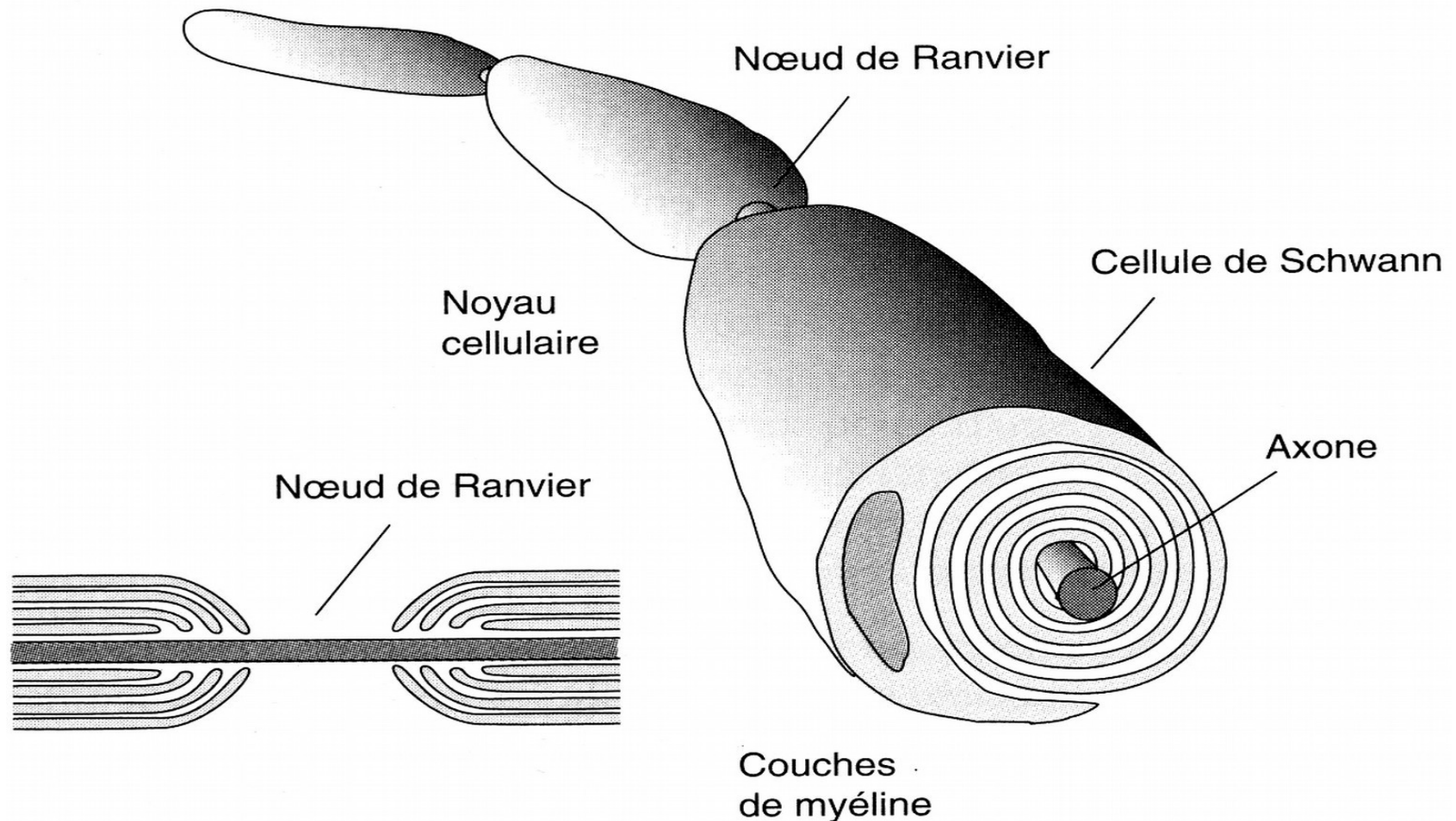


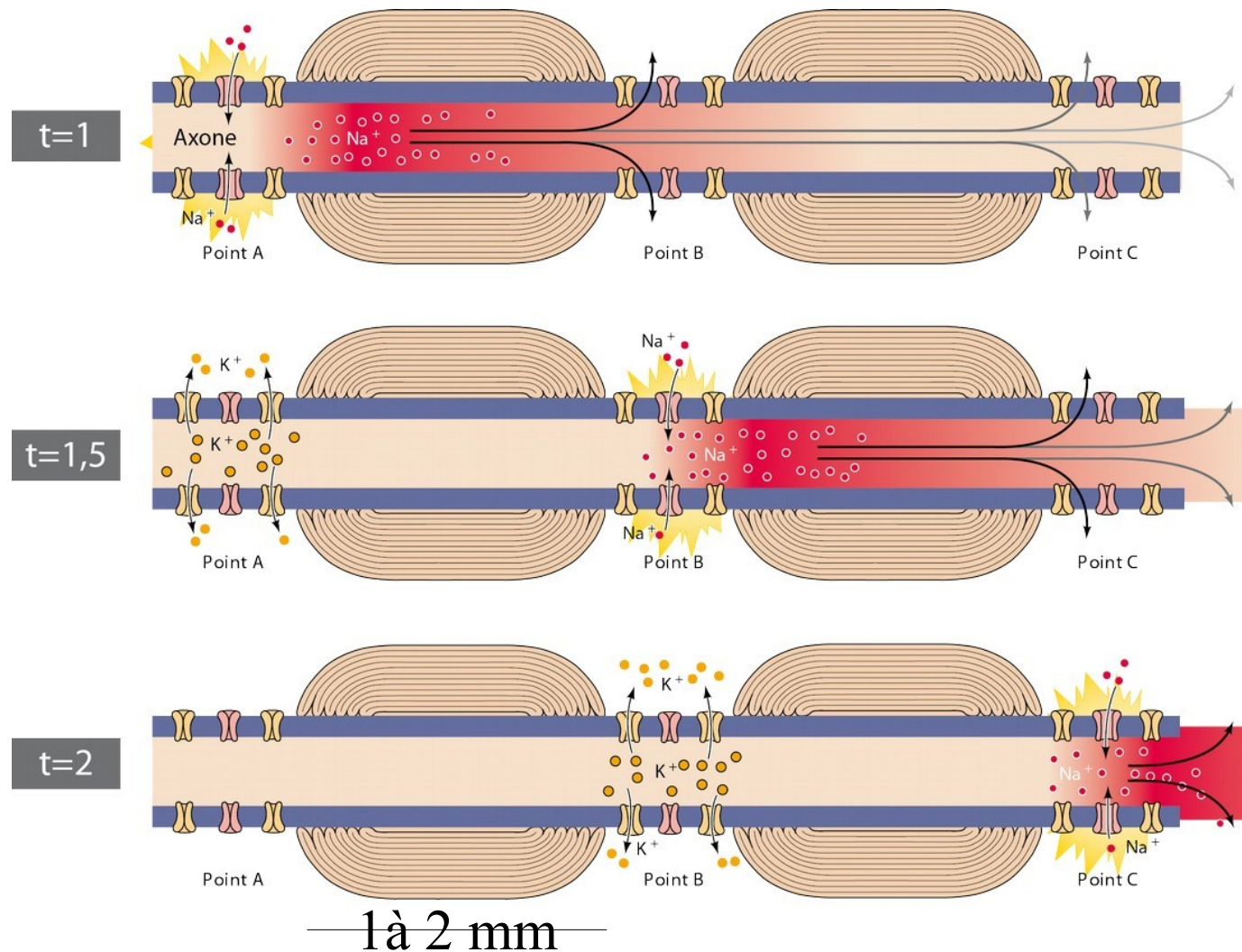
Schéma 9 Mécanismes à l'origine de la propagation unidirectionnelle d'un potentiel d'action.

5-La vitesse de propagation du PA dépend de la fibre nerveuse

- $V = 1\text{m/s} \rightarrow 100\text{m/s}$
- $V \nearrow$ si $\emptyset \nearrow$ ou si gaine de myéline

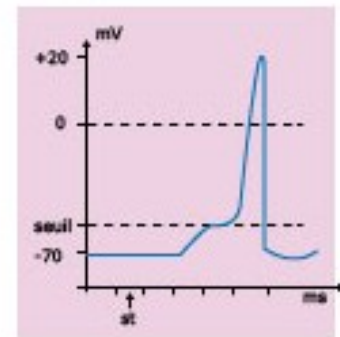
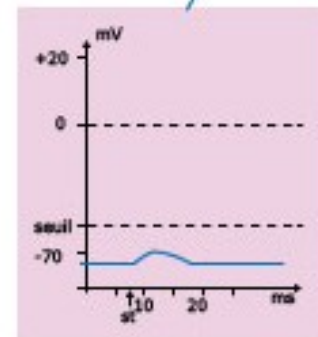
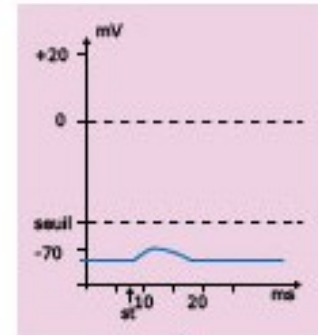
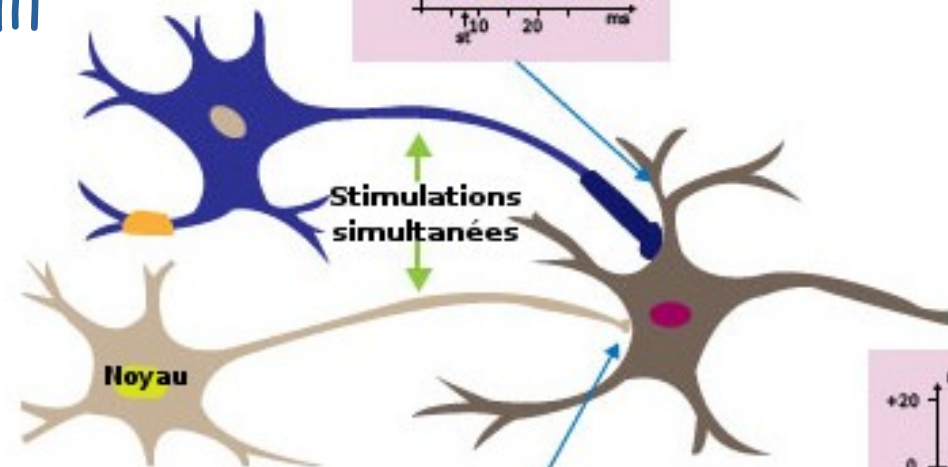


Propagation du PA : courant local rapide + régénération du PA lent
Courant local s'atténue : fuites de charges + / canal de fuite au K⁺
Gaine de myéline imperméabilise la mb => courant local moins atténué
 => propagation + rapide



RQ : genèse du PA :

- au début de l'axone
 - intégration des
- Si $\Sigma(\text{PPSI} + \text{PPSE}) > \text{seuil}$



PPS : potentiel post synaptique

Propagation décrementielle

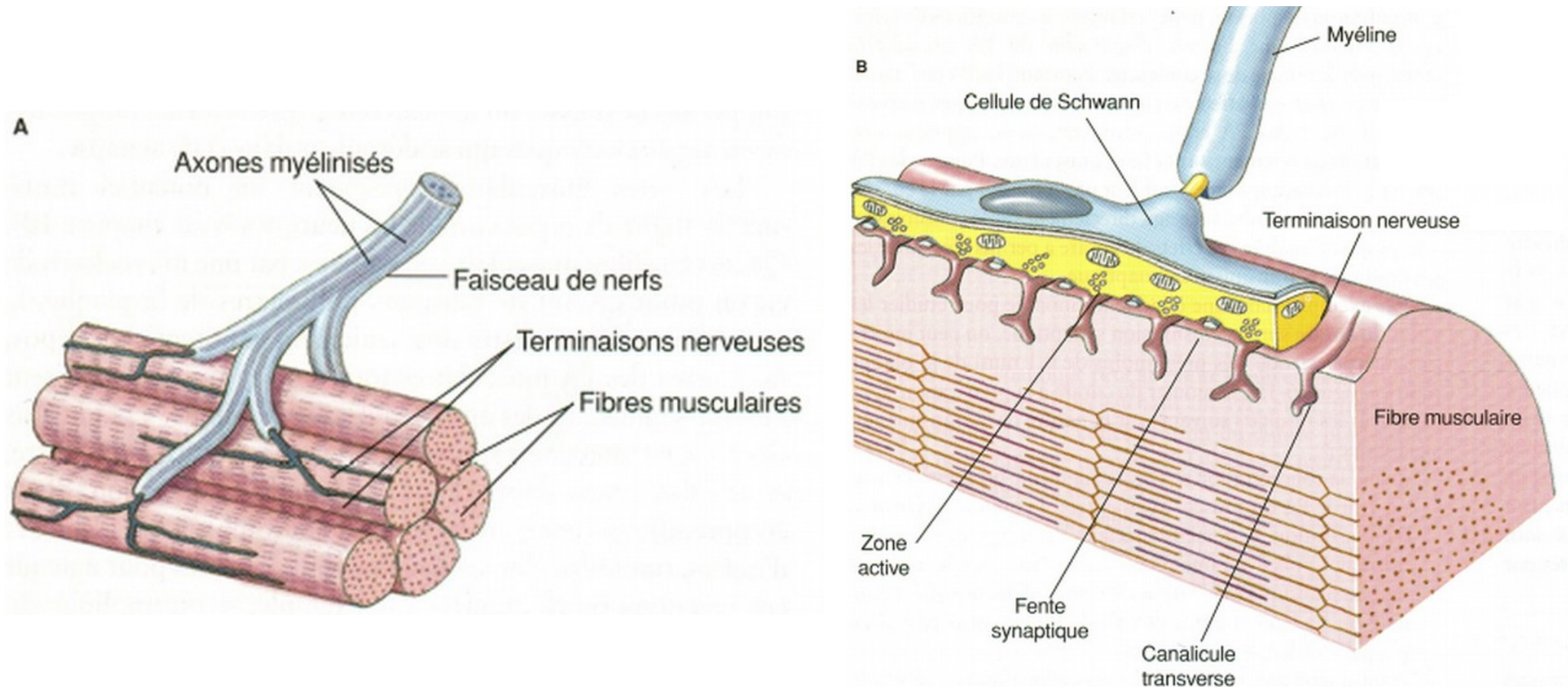
I : inhibiteur

E : excitateur

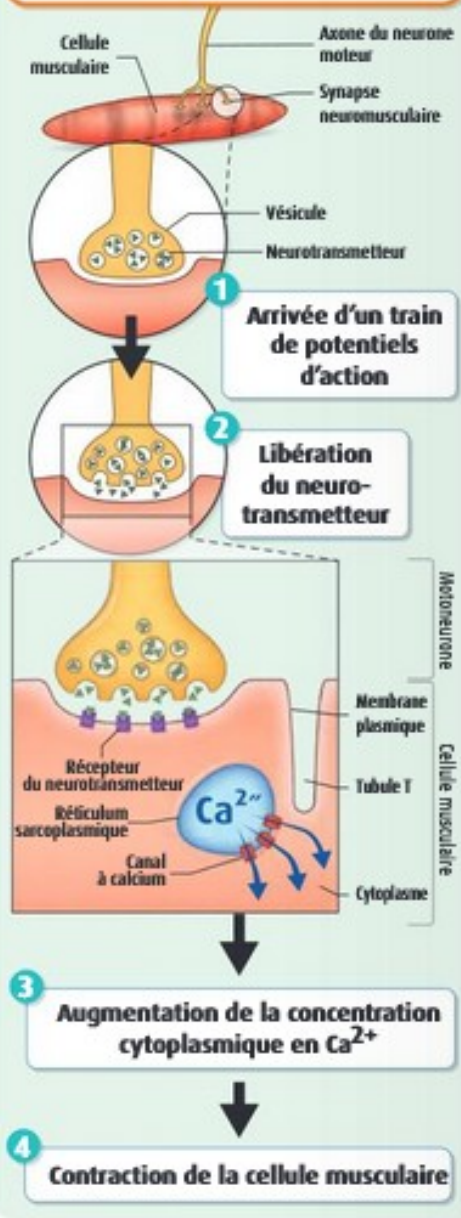
B- La synapse transmet l'information d'une cellule excitable à une autre.

1-La synapse est une zone de contact entre deux cellules excitables

Ex de la plaque motrice = jonction neuromusculaire

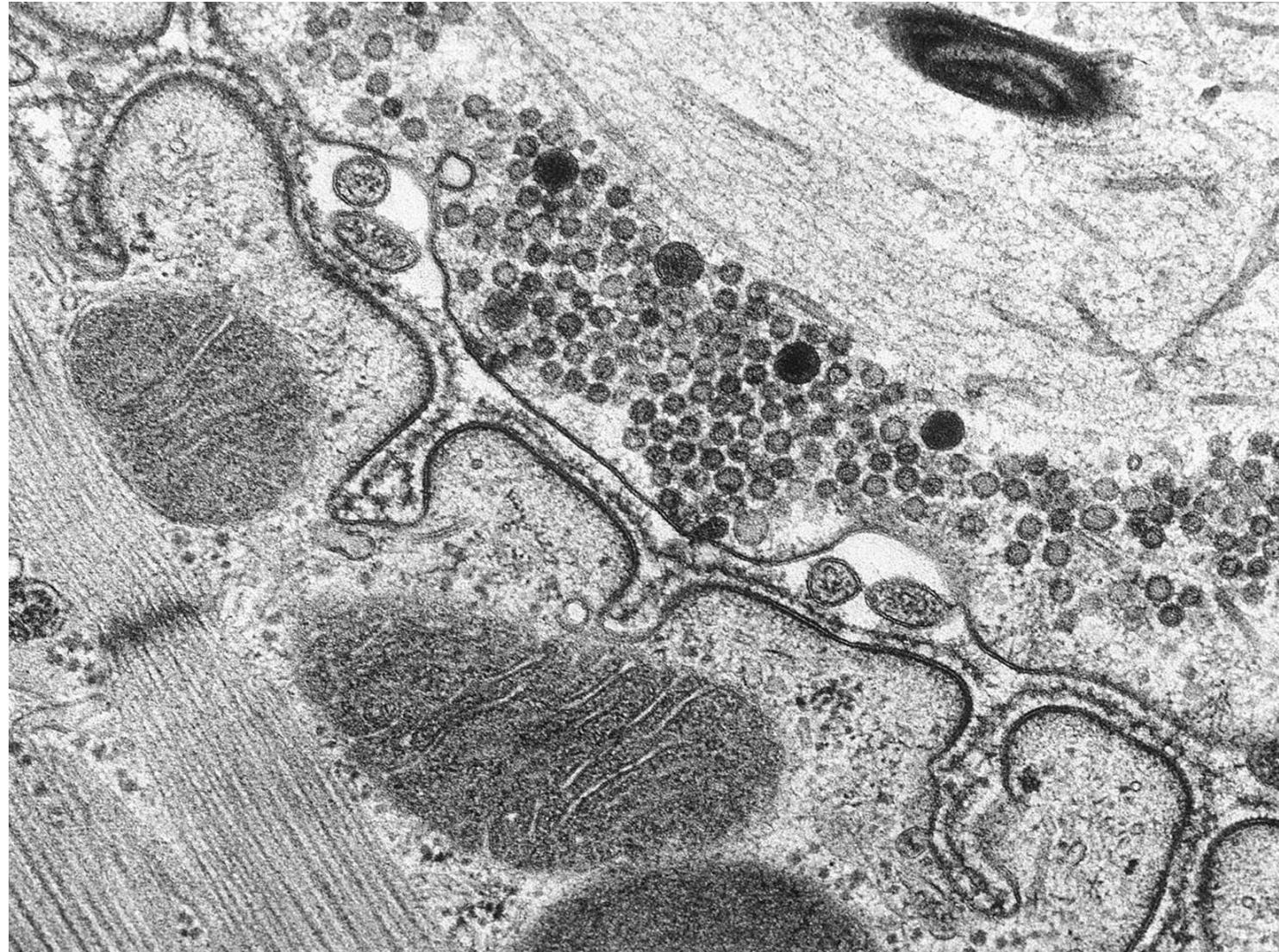


Message nerveux et contraction musculaire



Jonction neuromusculaire (MET)

Légende, échelle ?

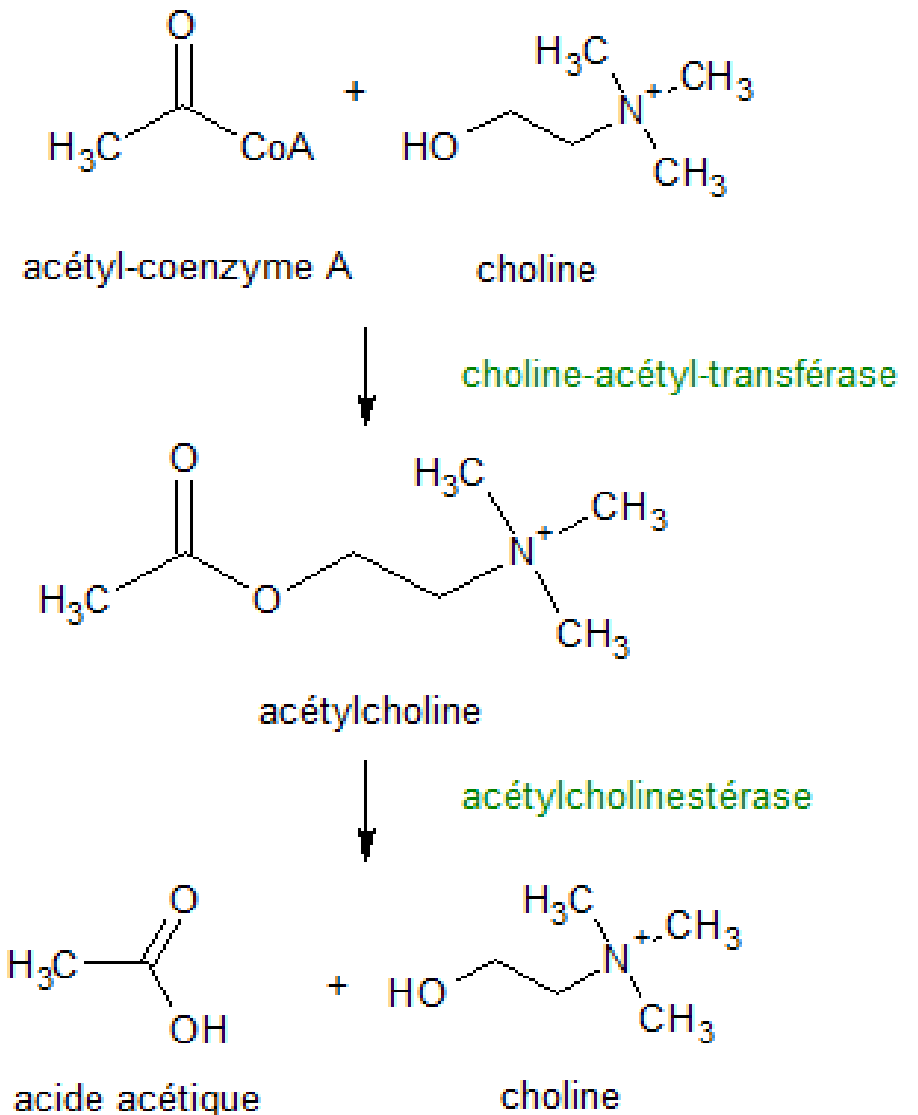
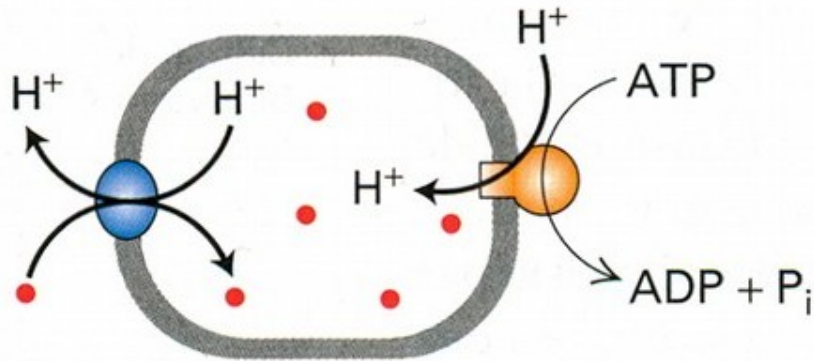


2-Les neurotransmetteurs sont de petites molécules hydrophiles stockées dans des vésicules

43

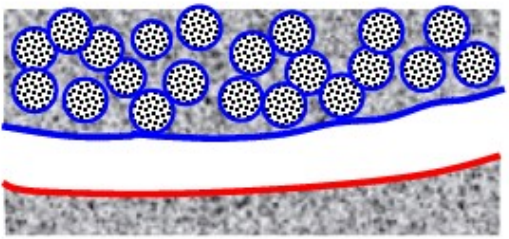
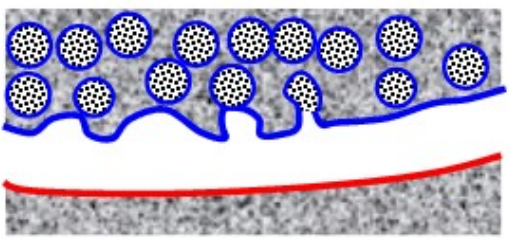
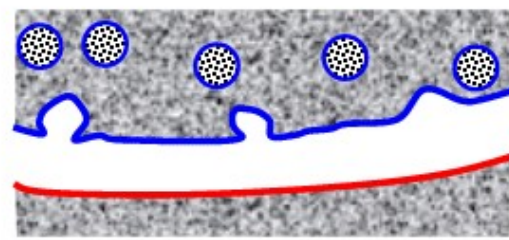
Ex acétylcholine

1 Import du neurotransmetteur



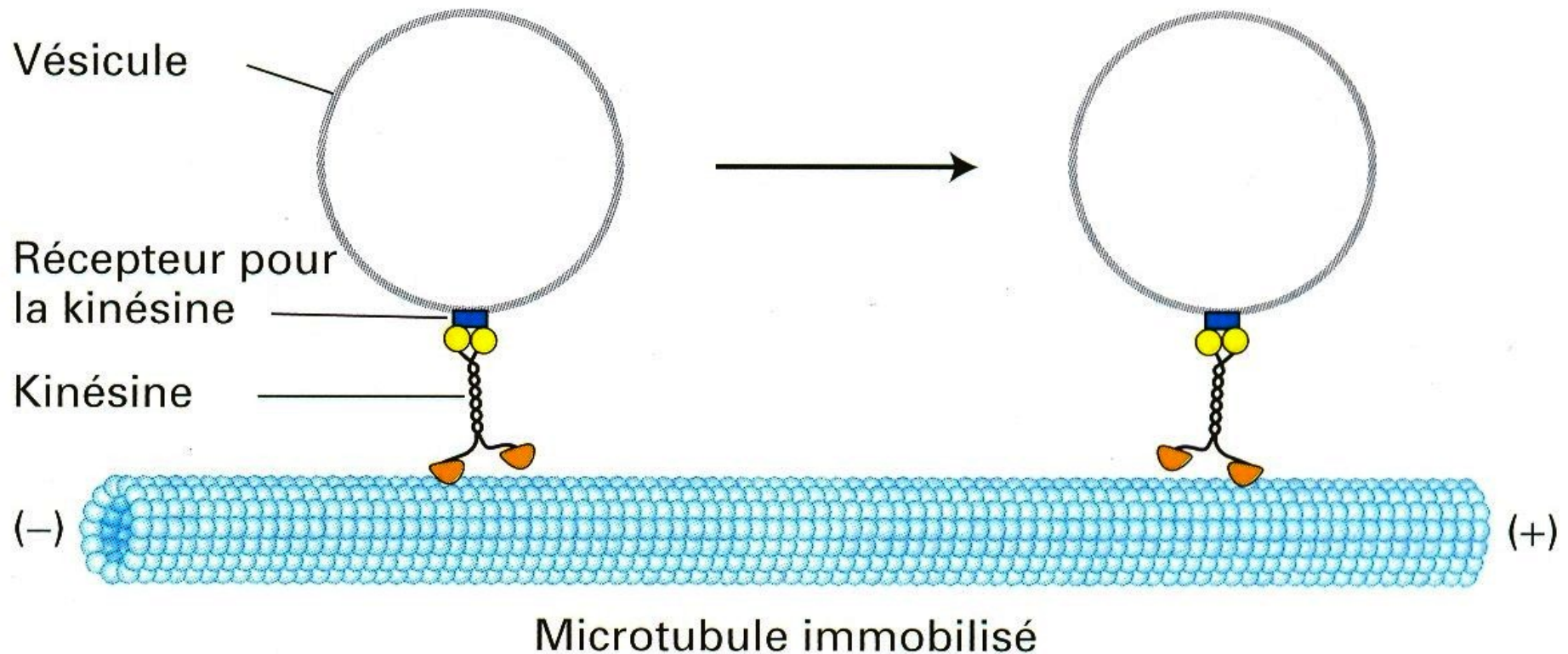
3-les PA provoquent l'exocytose des neurotransmetteurs 44

↗ freq PA => ↗ exocytose => ↗ [neurotransmetteurs]
Message codé en concentration

cas expérimental	message nerveux sensitif (neurone S) présynaptique	état de la jonction synaptique S1 - schémas d'après photographie - bleu : structure présynaptique- rouge : structure postsynaptique
1 (pas de stimulus)		
2		
3		

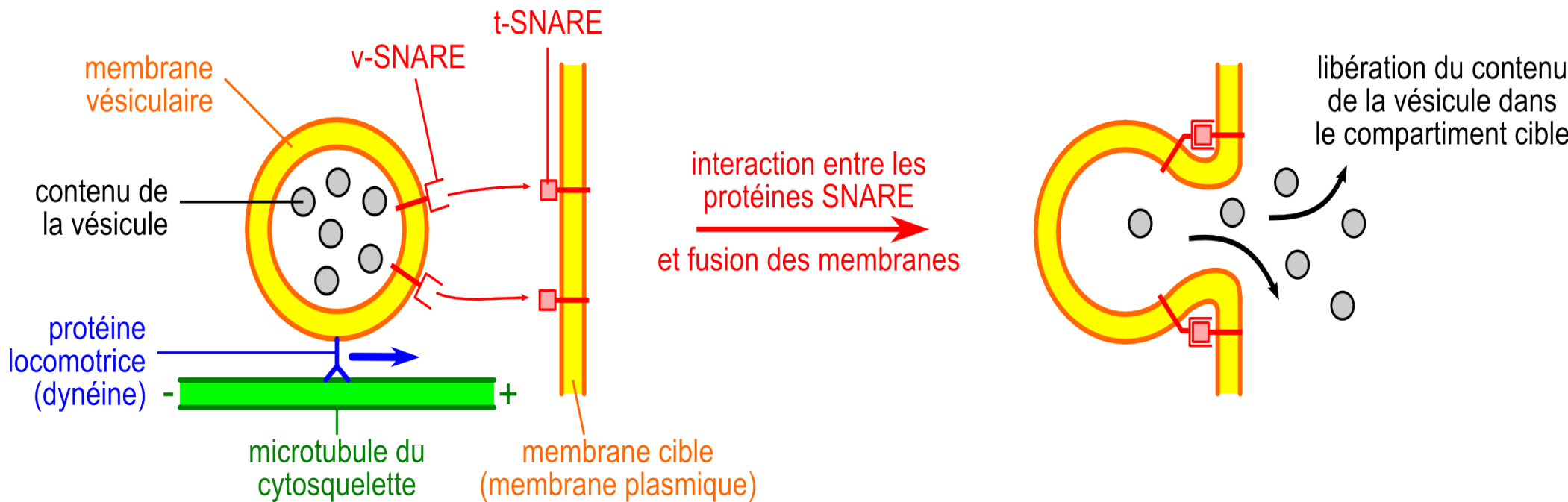
3-les PA provoquent l'exocytose des neurotransmetteurs 45

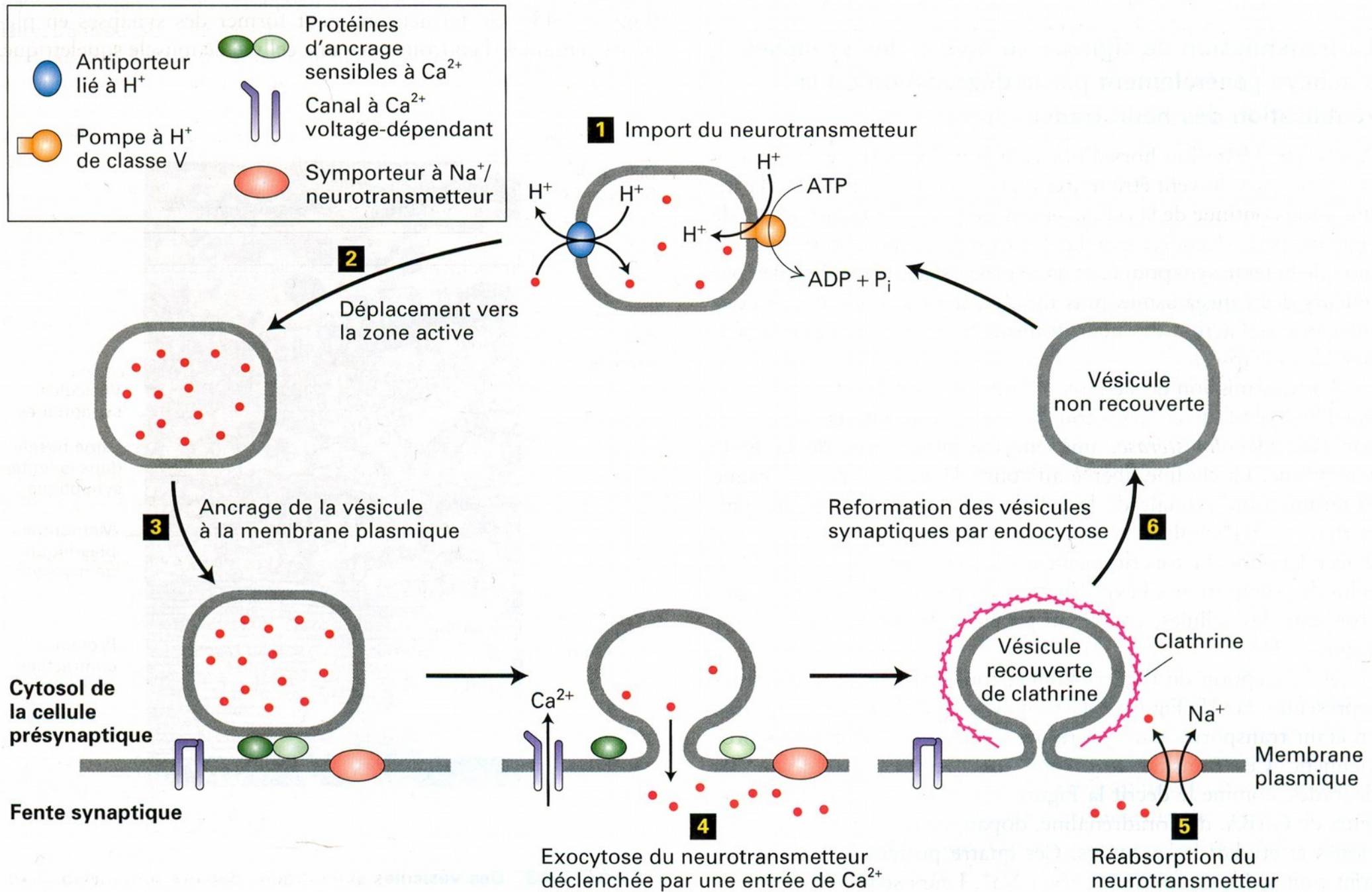
PA => ouverture canal Ca voltage dépendant
=>influx de calcium
=> migration vésicules sur les microtubules



3-les PA provoquent l'exocytose des neurotransmetteurs 46

PA => ouverture canal Ca voltage dépendant
=>influx de calcium
=> migration vésicules sur les microtubules
=> fusion mb (Vsnare et Tsnare)





RQ :

- recyclage de la mb
 - par endocytose
- rétablissement de la concentration en calcium
 - par une pompe calcique ATP dépendante
- blocage de l'exocytose
 - toxine botulique

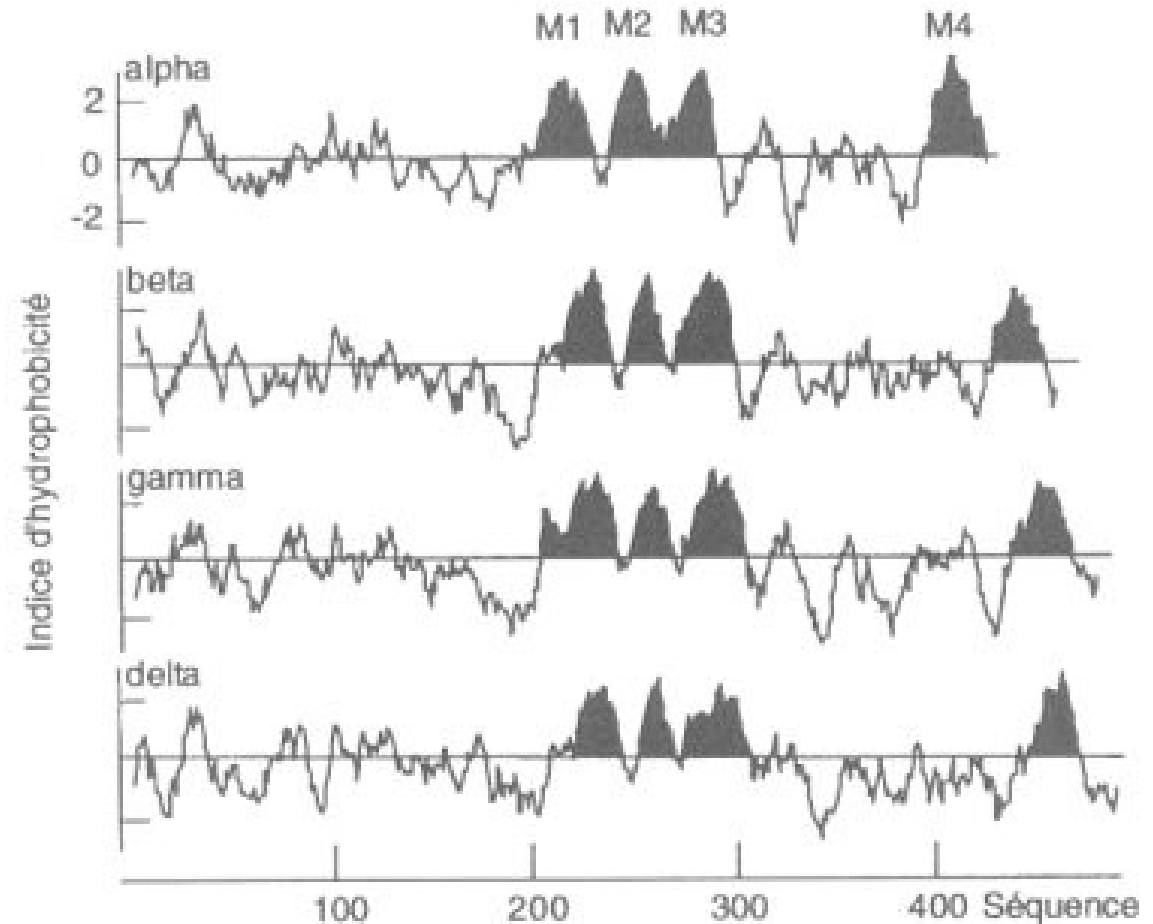
4-la fixation du neurotransmetteur sur un récepteur provoque une réponse de la cellule cible

49

α-le récepteur nicotinique à l'acétylcholine

-nicotine = agoniste

-pentamère : α , α , β , γ , δ



4-la fixation du neurotransmetteur sur un récepteur

50

provoque une réponse de la cellule cible

α-le récepteur nicotinique à l'acétylcholine

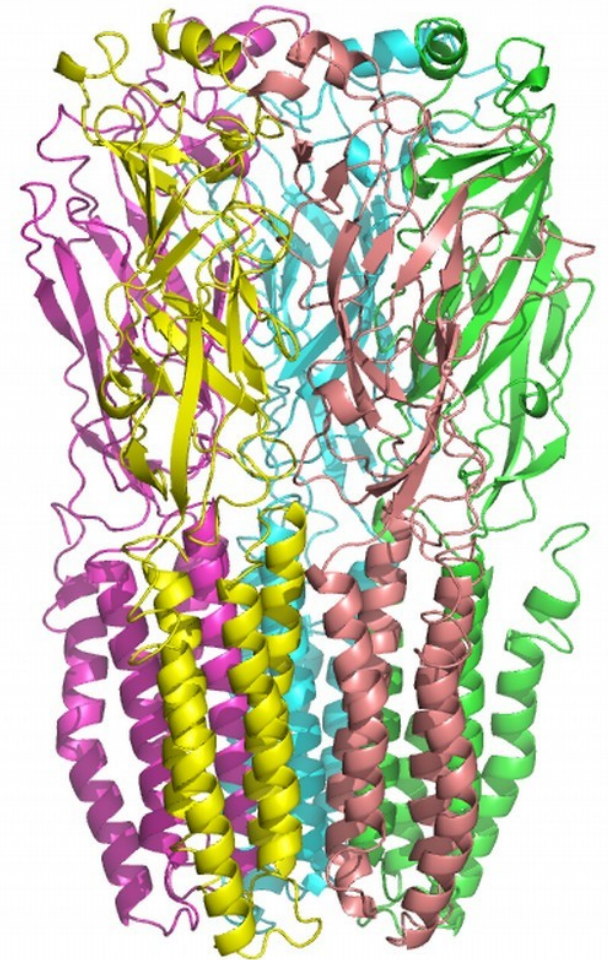
- nicotine = agoniste

- pentamère

-



Vue de dessus.



Vue de côté

Modèle en rubans de la structure du récepteur nicotinique à l'acétylcholine.

4-la fixation du neurotransmetteur sur un récepteur

51

provoque une réponse de la cellule cible

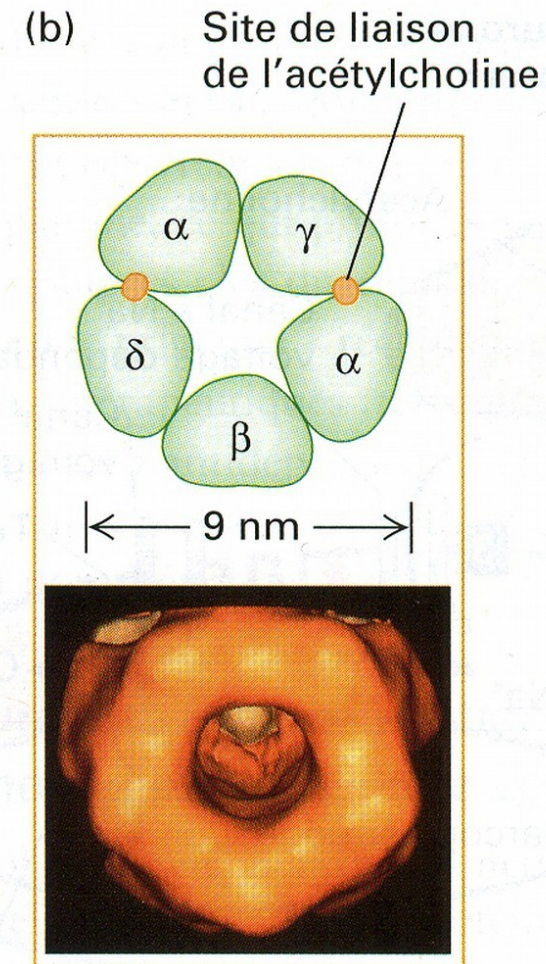
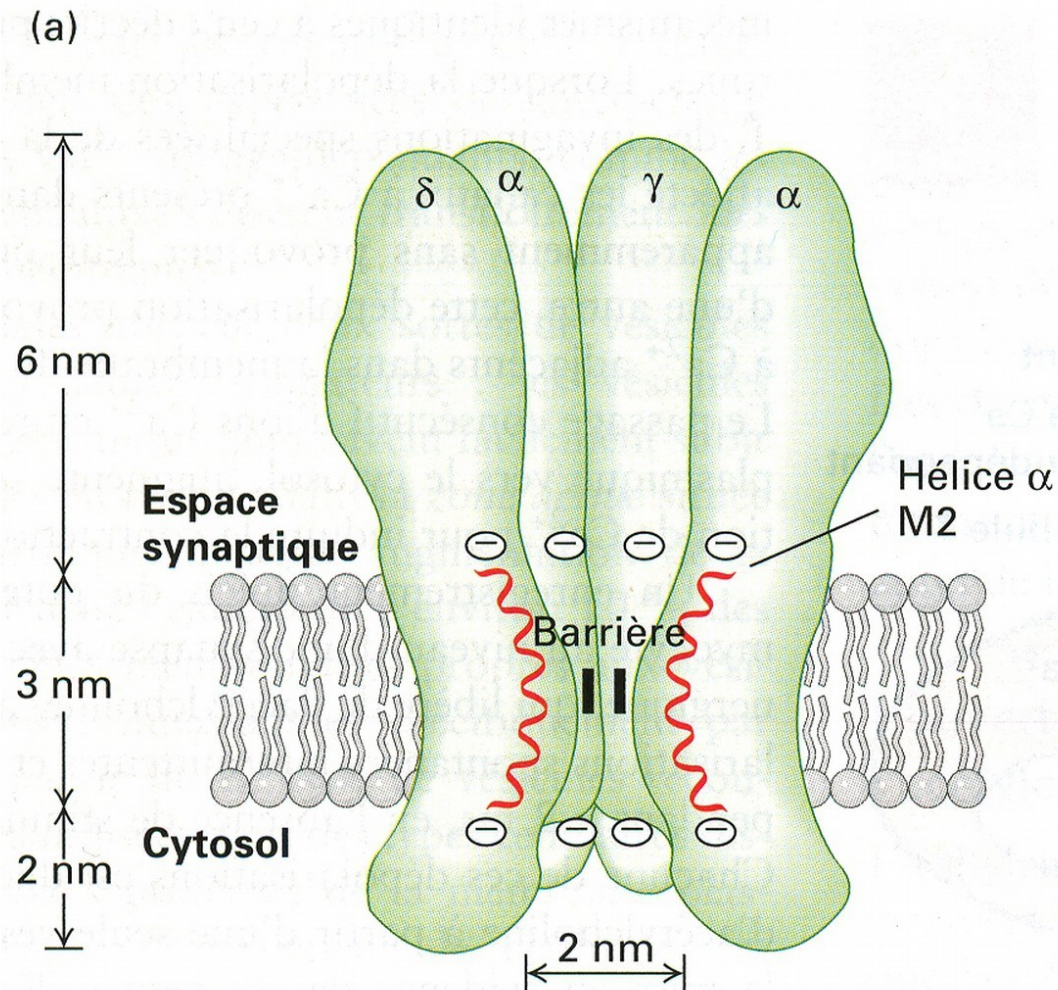
α-le récepteur nicotinique à l'acétylcholine

-nicotine = agoniste

-pentamère

-canal

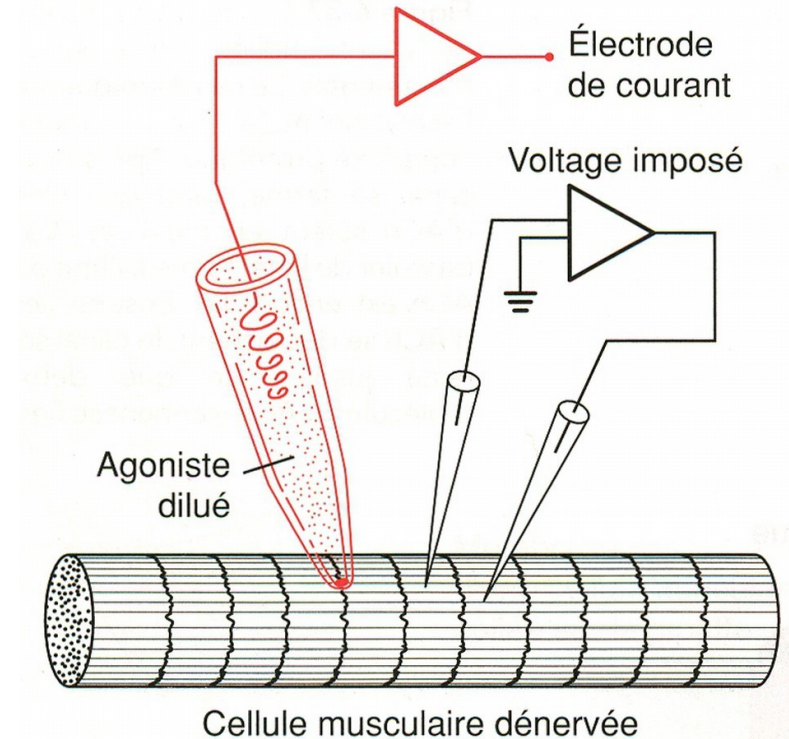
- (a) Modèle en coupe longitudinale.
(b) Coupe transversale.
(c) Reconstitution de la vue de dessus.



4-la fixation du neurotransmetteur sur un récepteur provoque une réponse de la cellule cible

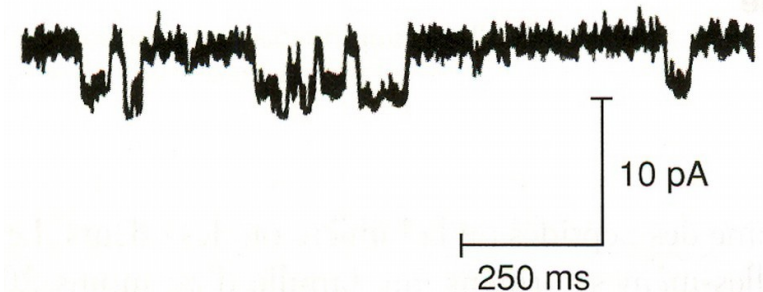
a-le récepteur nicotinique à l'acétylcholine

- nicotine = agoniste
- pentamère
- canal sodique ligand dépendant



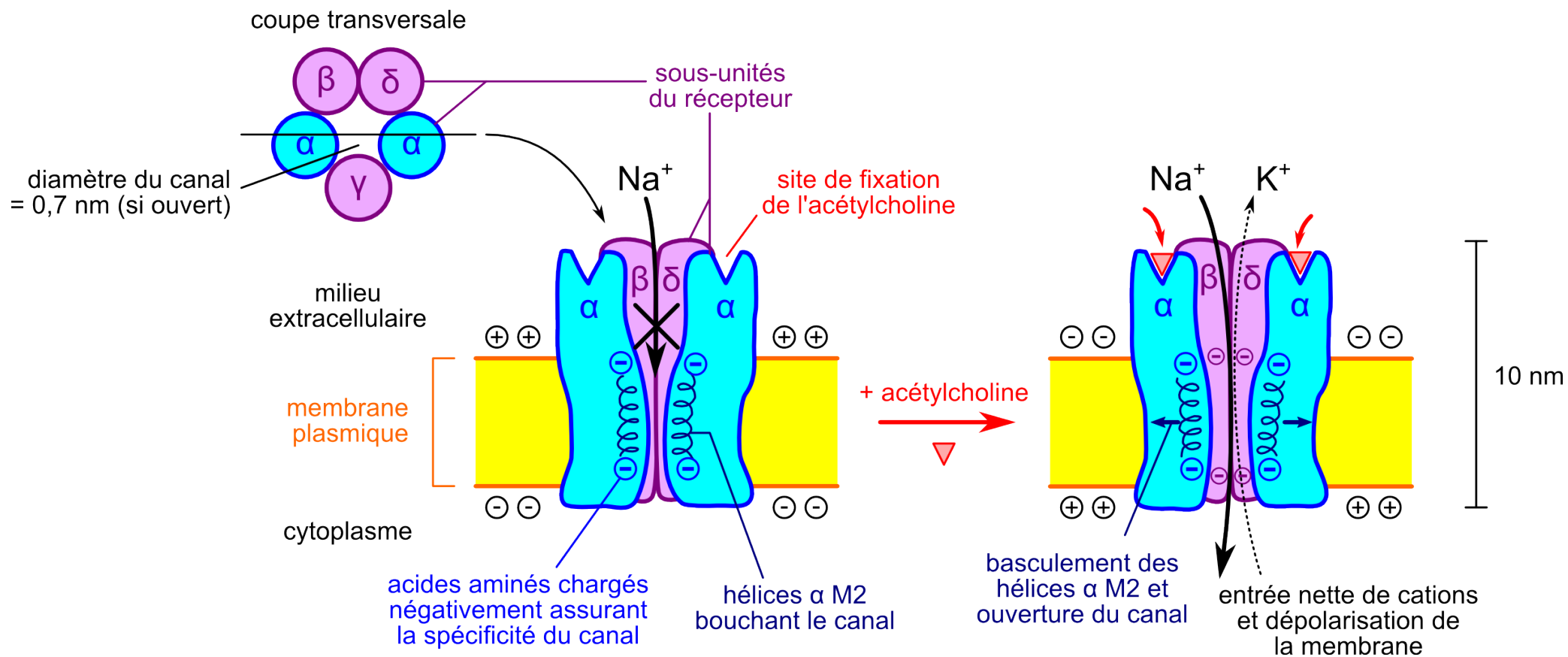
En haut : Montage expérimental de type patch clamp utilisé.

En bas : Mesure du flux de courant à travers un récepteur nicotinique à l'acétylcholine en présence de nicotine.



b-la fixation du neurotransmetteur provoque un potentiel post synaptique

Ex → influx sodique → dépolarisation



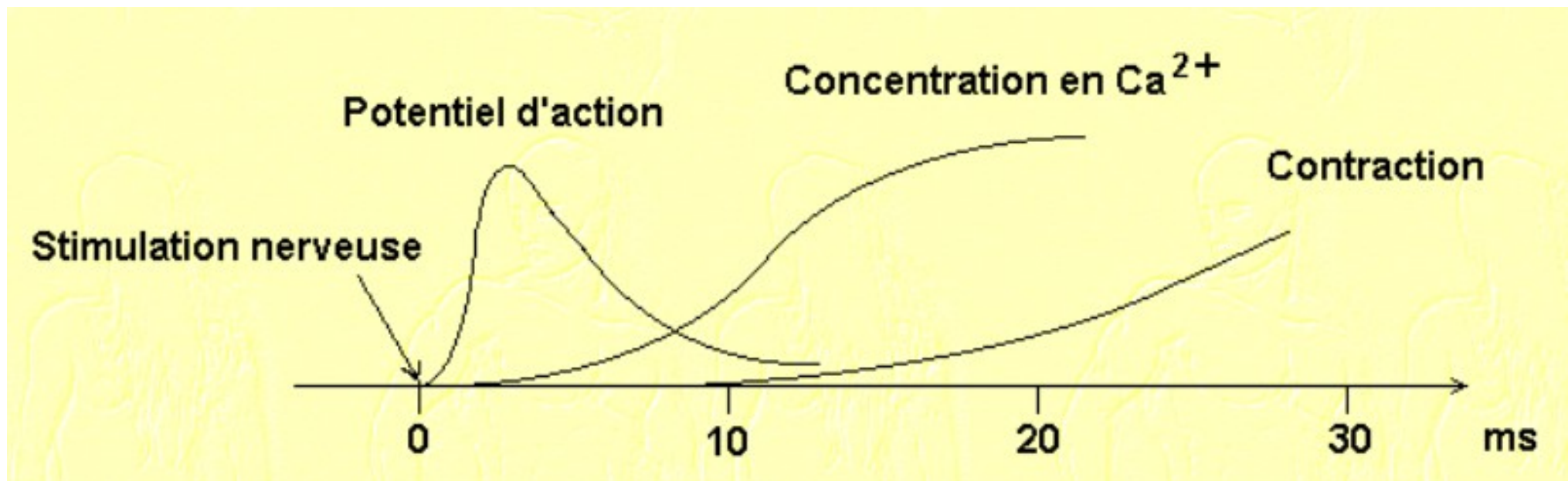
Structure et fonctionnement du récepteur nicotinique à l'acétylcholine.

C-La réponse de la cellule musculaire :

*** dépolarisation → PA post synaptique**

→ ouverture de canaux sodiques voltage dépendant
+ canaux K⁺ voltage dépendant

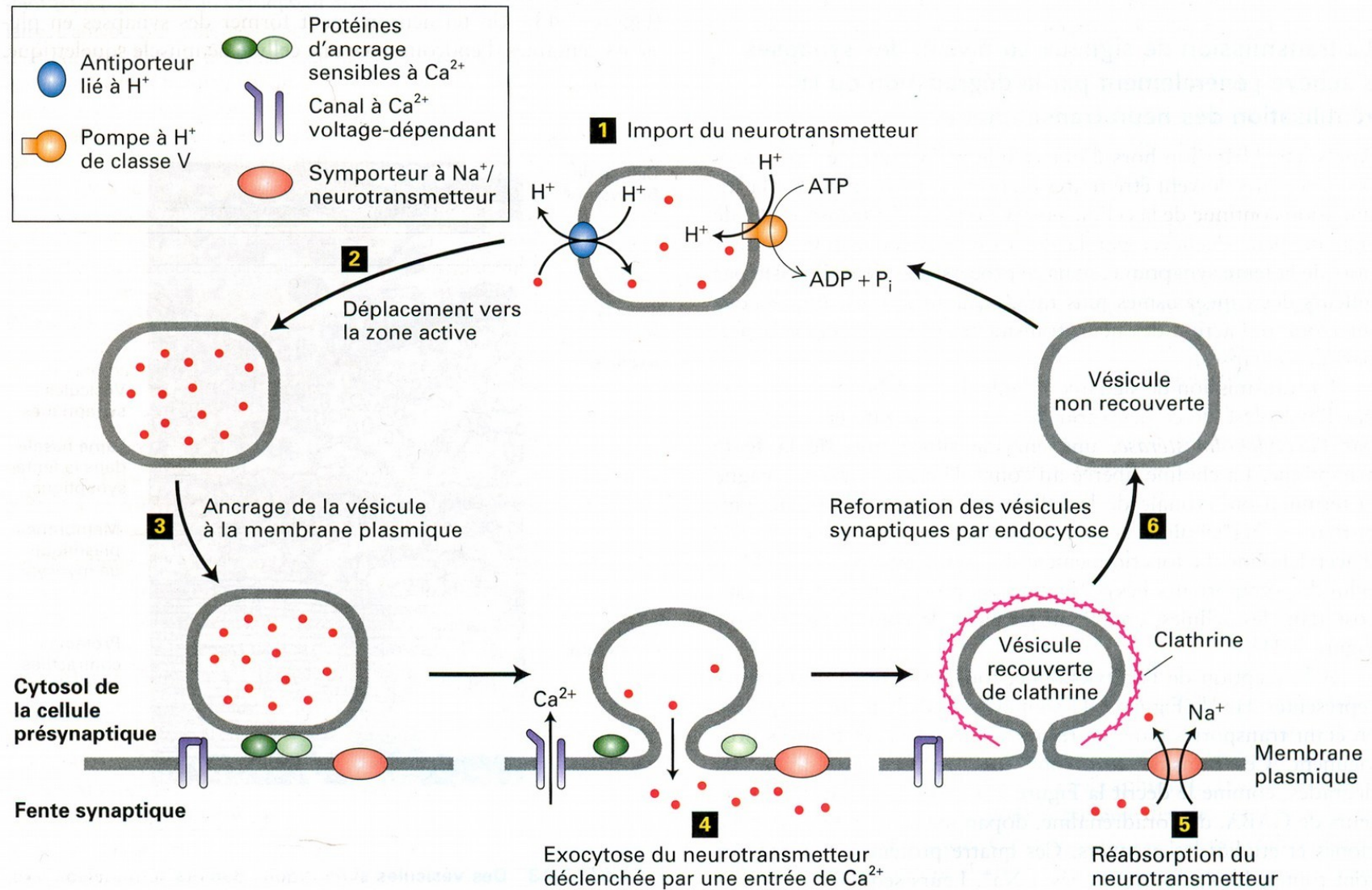
PA → un influx calcique → contraction



5-Le fonctionnement de la synapse est limité dans le temps

55

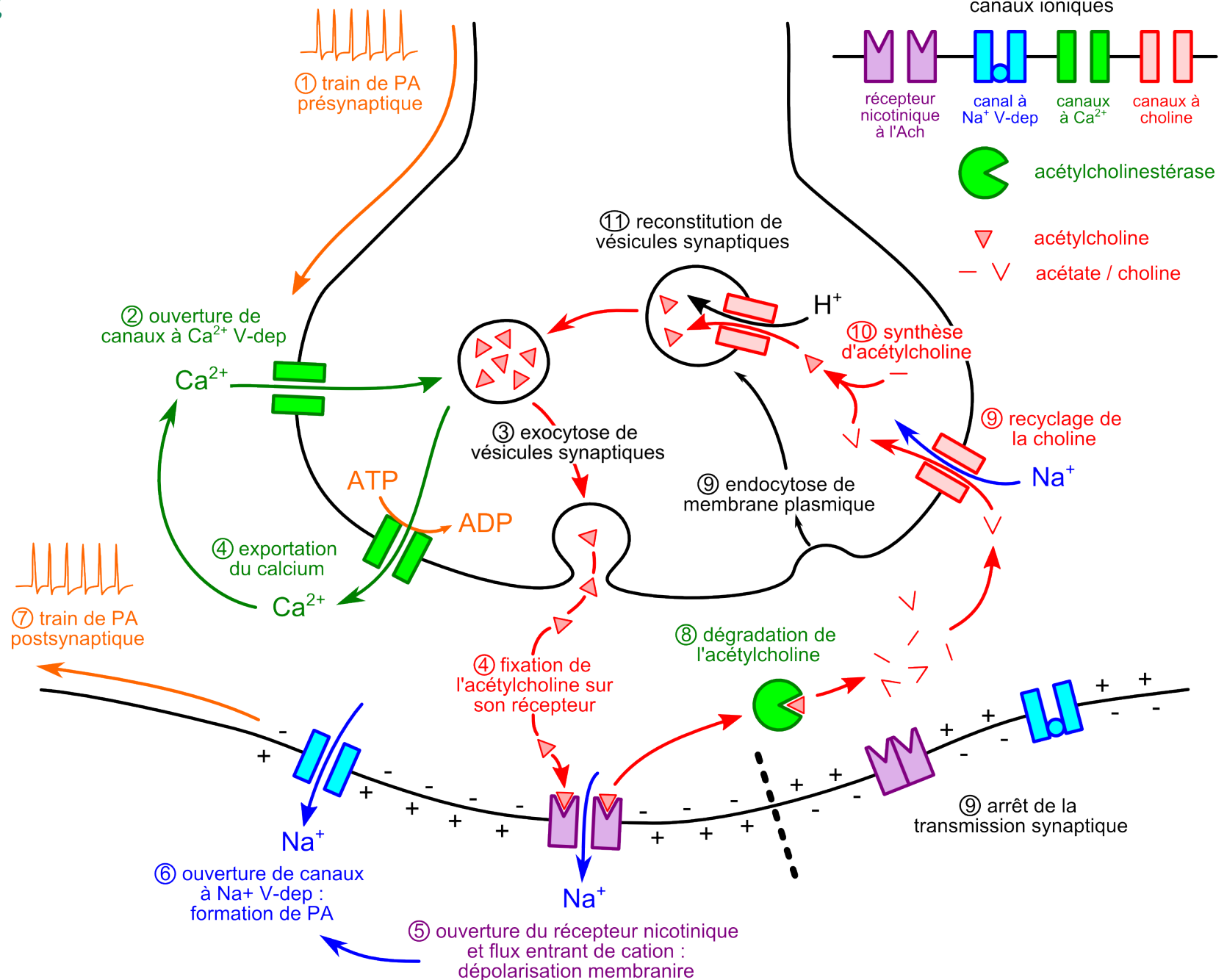
a-dégradation de l'acétylcholine (/ acétylcholine estérase)
b-recyclage



Modèle de fonctionnement de la synapse neuro-musculaire

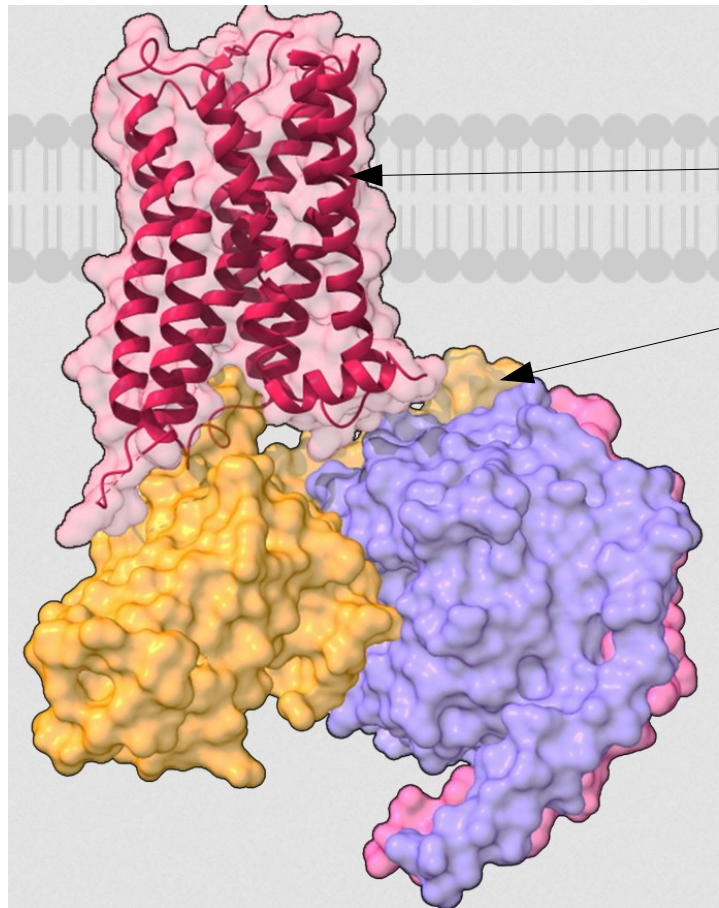
56

LEGENDE



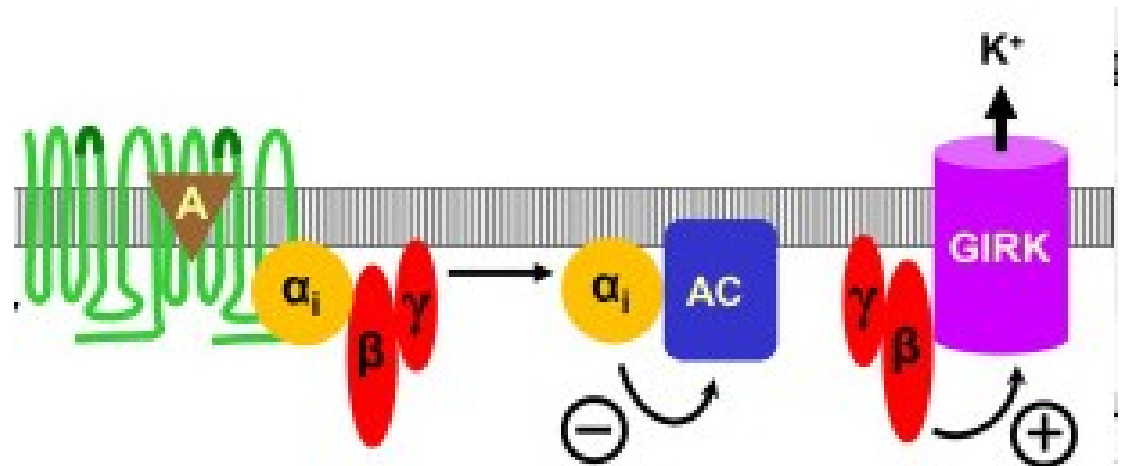
Ex la cellule musculaire sinusale :

- Acétylcholine $\Rightarrow$ R. muscarinique $\Rightarrow \dots \Rightarrow$ +sortie de K^+
 $\Rightarrow \searrow$ dépolarisation $\Rightarrow \searrow$ freq des contractions
- Réponse plus lente



Récepteur muscarinique

Protéine Gi



$\searrow$ AMPc $\Rightarrow$ - canaux HCN