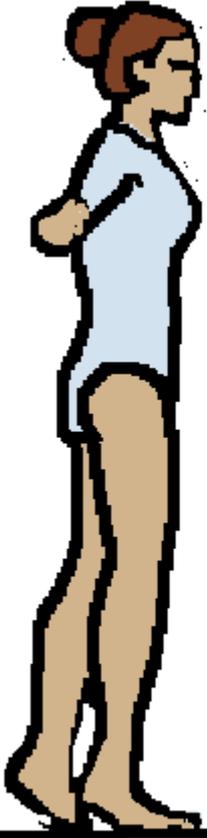
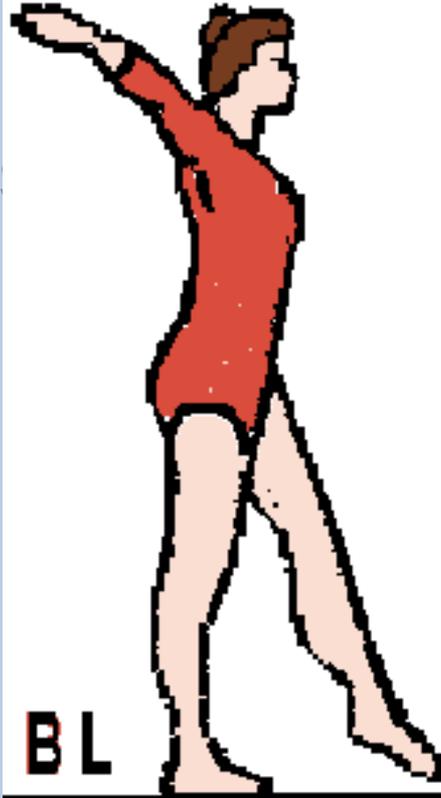


LES VARIATIONS DE POTENTIEL

Infraliminaire



Supraliminaire



Le potentiel de repos : un déséquilibre 'stable', propice à des événements extraordinaires

L'équilibre électrochimique :

le potentiel de repos

donc la diffusion ne se fait pas jusqu'à l'équilibre des concentrations du K^+ , mais à l'**équilibre entre deux forces**:

Intracellulaire

K^+ K^+
 K^+ K^+

K^+
Gradient électrique
 K^+ K^+
 K^+ K^+

Le K^+ est attiré par les **charges -** de l'intérieur et repoussé par les **charges +** de l'extérieur



K^+

Gradient de concentration

Le K^+ cherche à diffuser en suivant son gradient de **concentration**

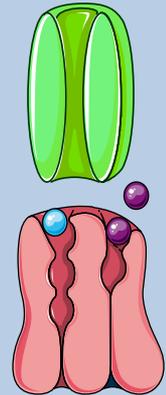
Extracellulaire

Le gradient électrique qui se forme s'oppose à la diffusion.

A- Composition membranaire

En plus des : Canaux de fuite

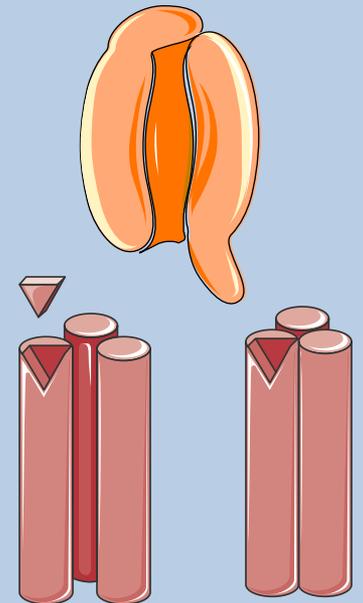
Pompes



Les cellules excitables possèdent des canaux ioniques particuliers

Voltage-dépendants

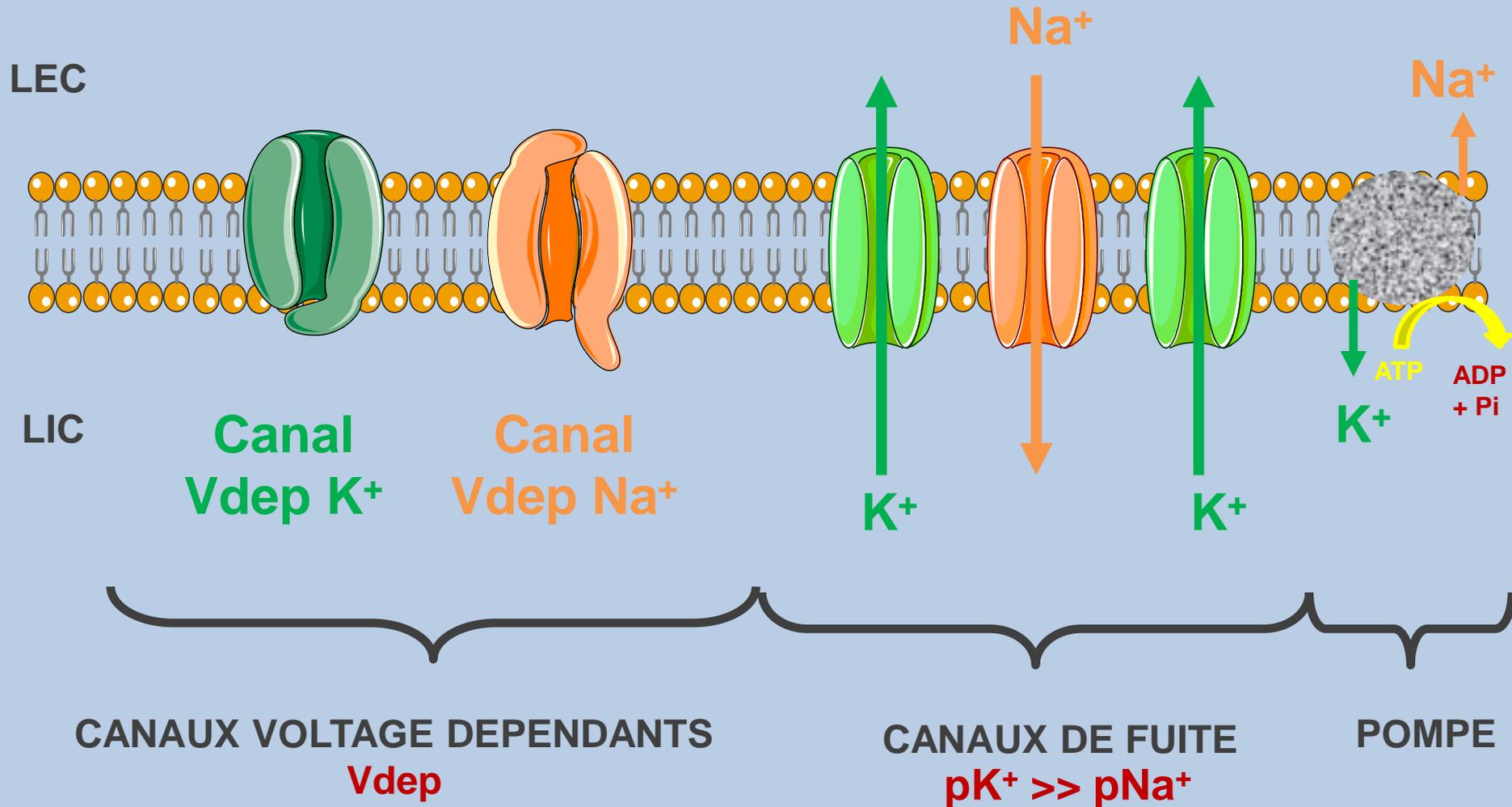
Chimio-dépendants



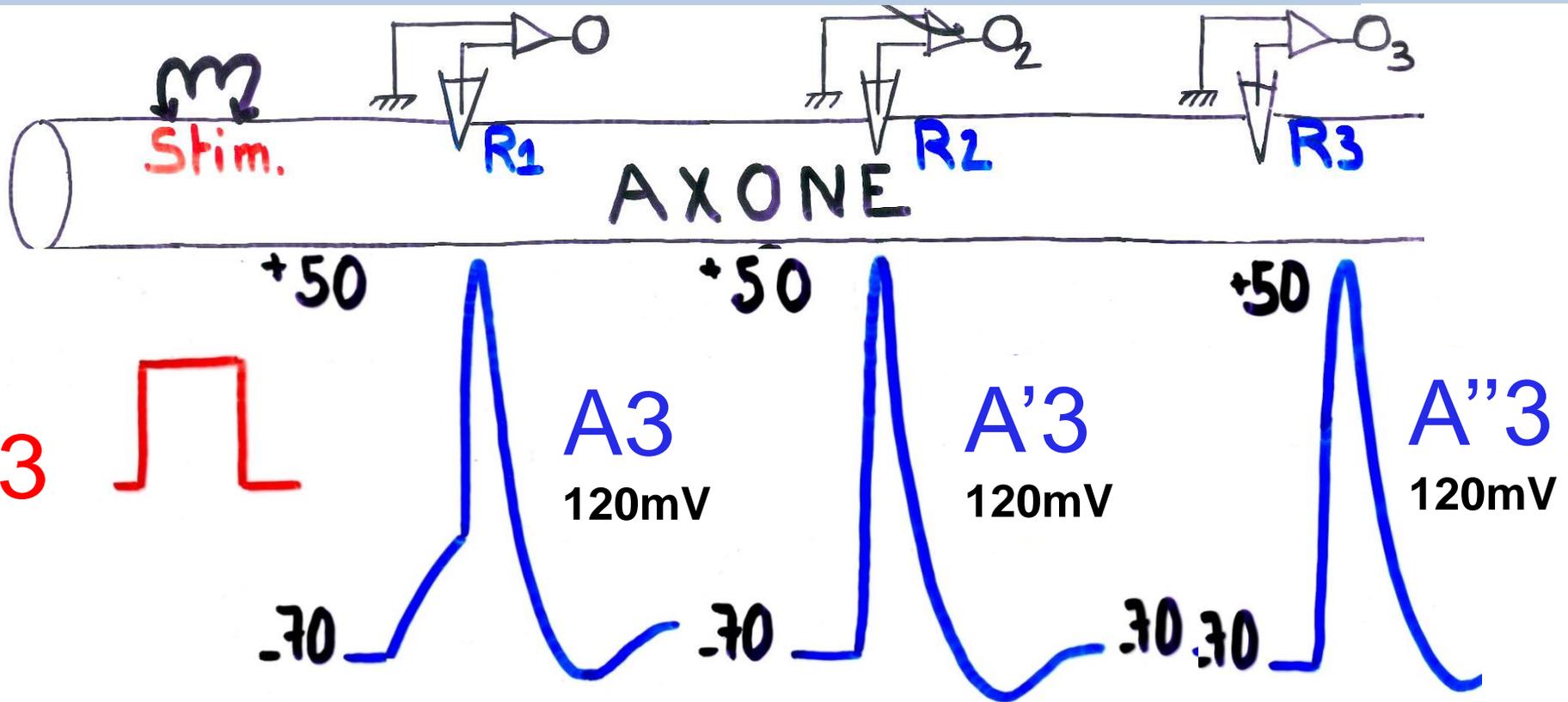
LE POTENTIEL D'ACTION

1- Particularités des membranes excitables

MEMBRANE EXCITABLE AU POTENTIEL DE REPOS



LE POTENTIEL D'ACTION



CARACTERISTIQUES

Réponse d'une **cellule excitable** à une stimulation supraliminaire

Amplitude constante

Codage en fréquence et diminution de latence

LE POTENTIEL D'ACTION

1. Particularités des membranes excitables



Exemple du Potentiel d'action nerveux

Em (mV)

+58

0

Seuil

-60

-84

1

2

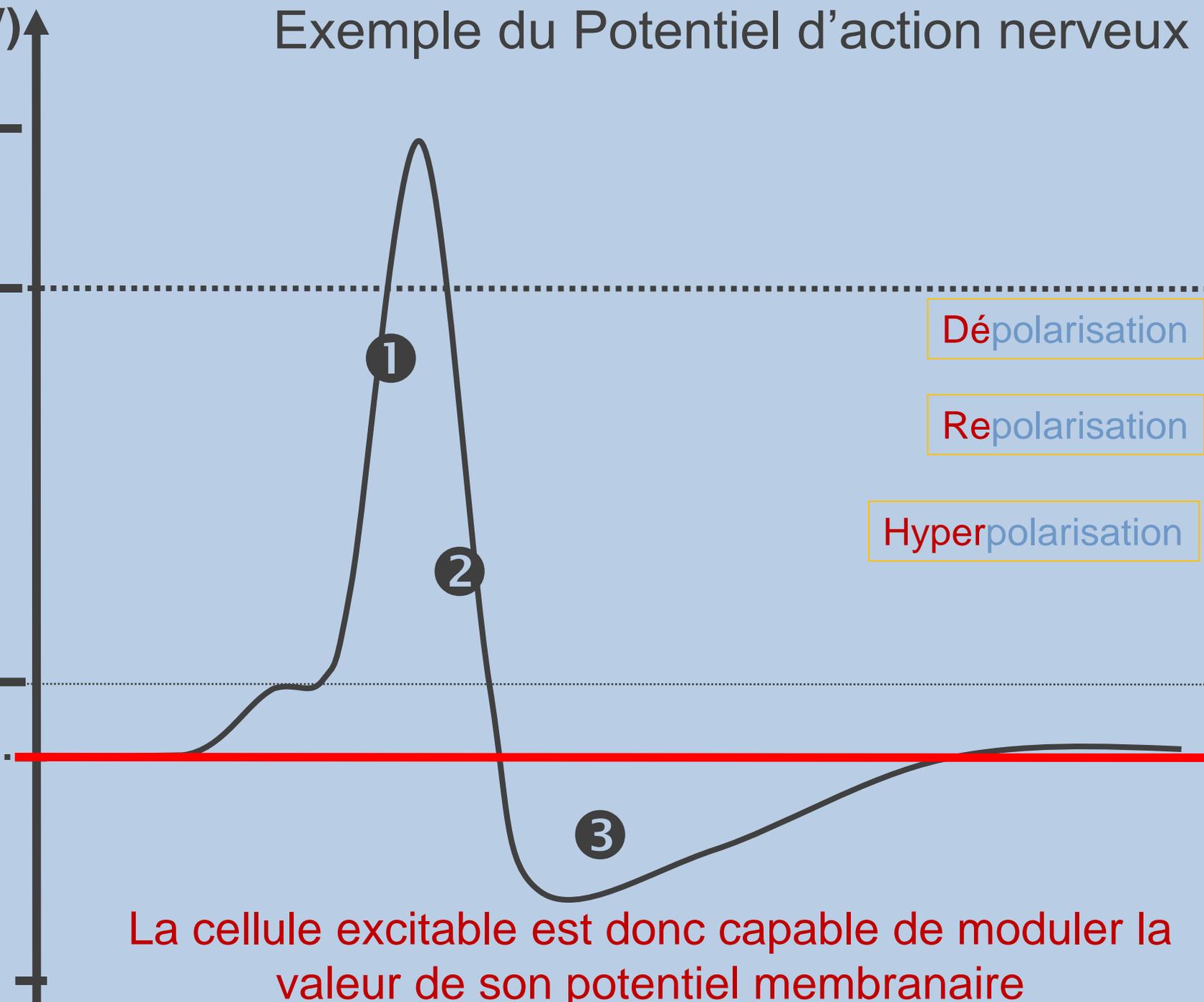
3

Dépolari-sation

Repolari-sation

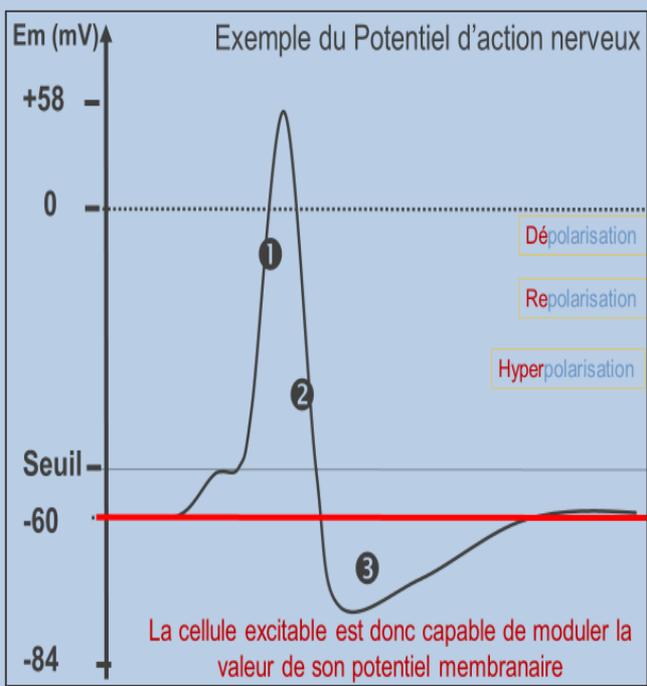
Hyperpolari-sation

La cellule excitable est donc capable de moduler la valeur de son potentiel membranaire



LE POTENTIEL D'ACTION

1- Particularités des membranes excitables



Δ potentiel de membrane (E_m)

- ① -60mV \rightarrow +50 mV
- ② +50mV \rightarrow -60 mV
- ③ -60mV \rightarrow -75 mV



Δ Champ électrique (E)



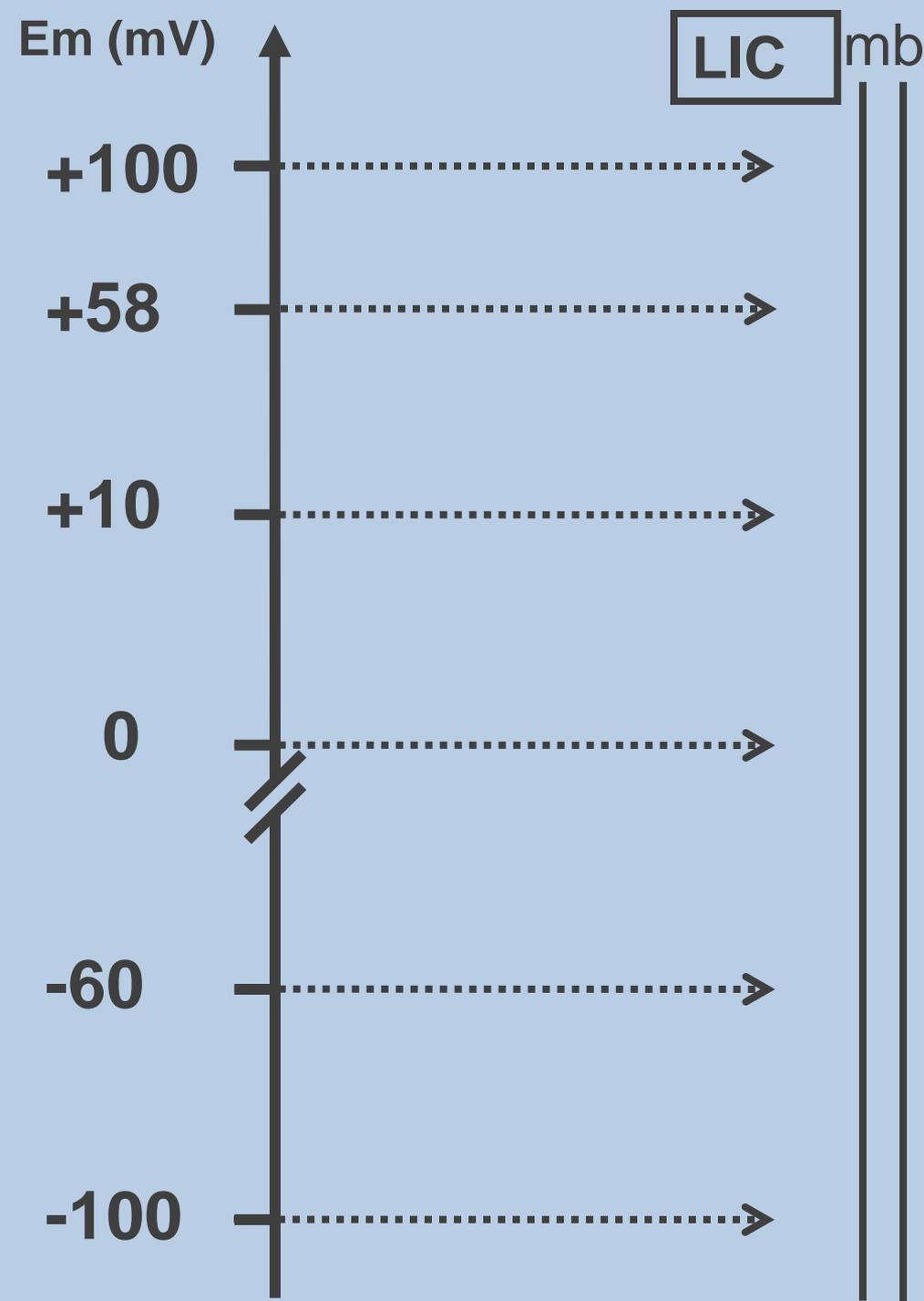
Δ Gradient électrochimique



Δ Flux net transmembranaire passif des ions

LE POTENTIEL D'ACTION

1. Particularités des membranes excitables
2. Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action
 - 2.1. Les ions Na^+



LEC

A ces différents potentiels, pour l'ion **Na⁺** définir le sens du

Gradient de concentration : G

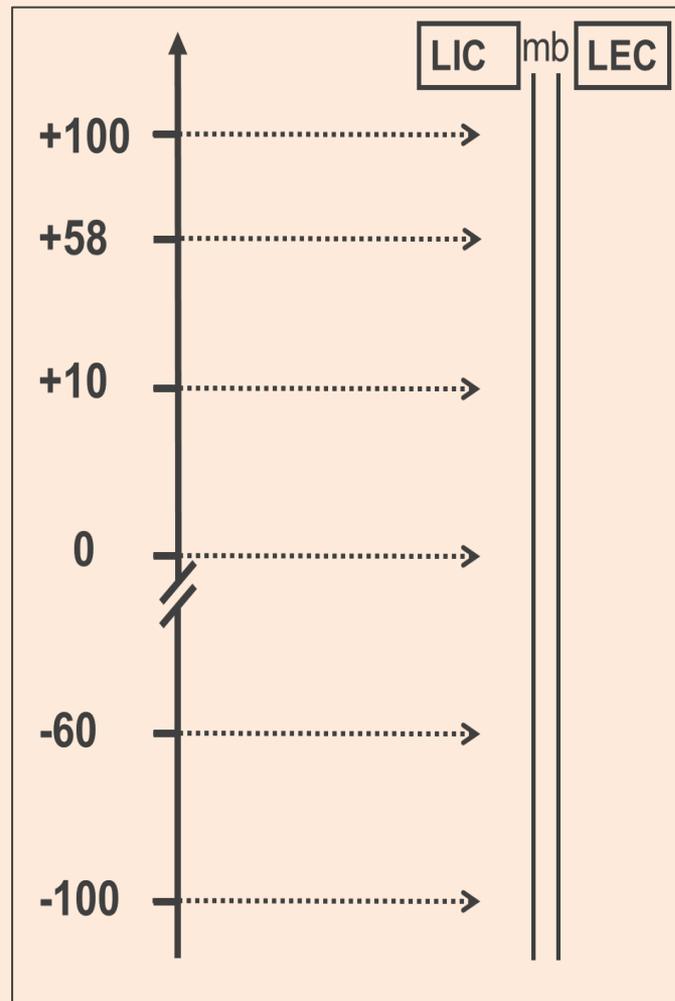


QUIZZ 1 – Choix simple

Effet du gradient de concentration

G sur le transfert passif de Na⁺

REPONSES



1. Le SENS de **G** est-t-il influencé par la polarisation membranaire?



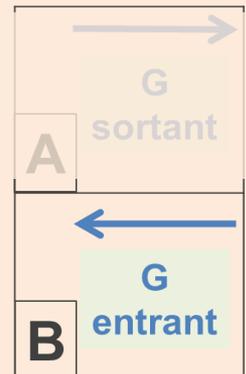
A-OUI B-NON

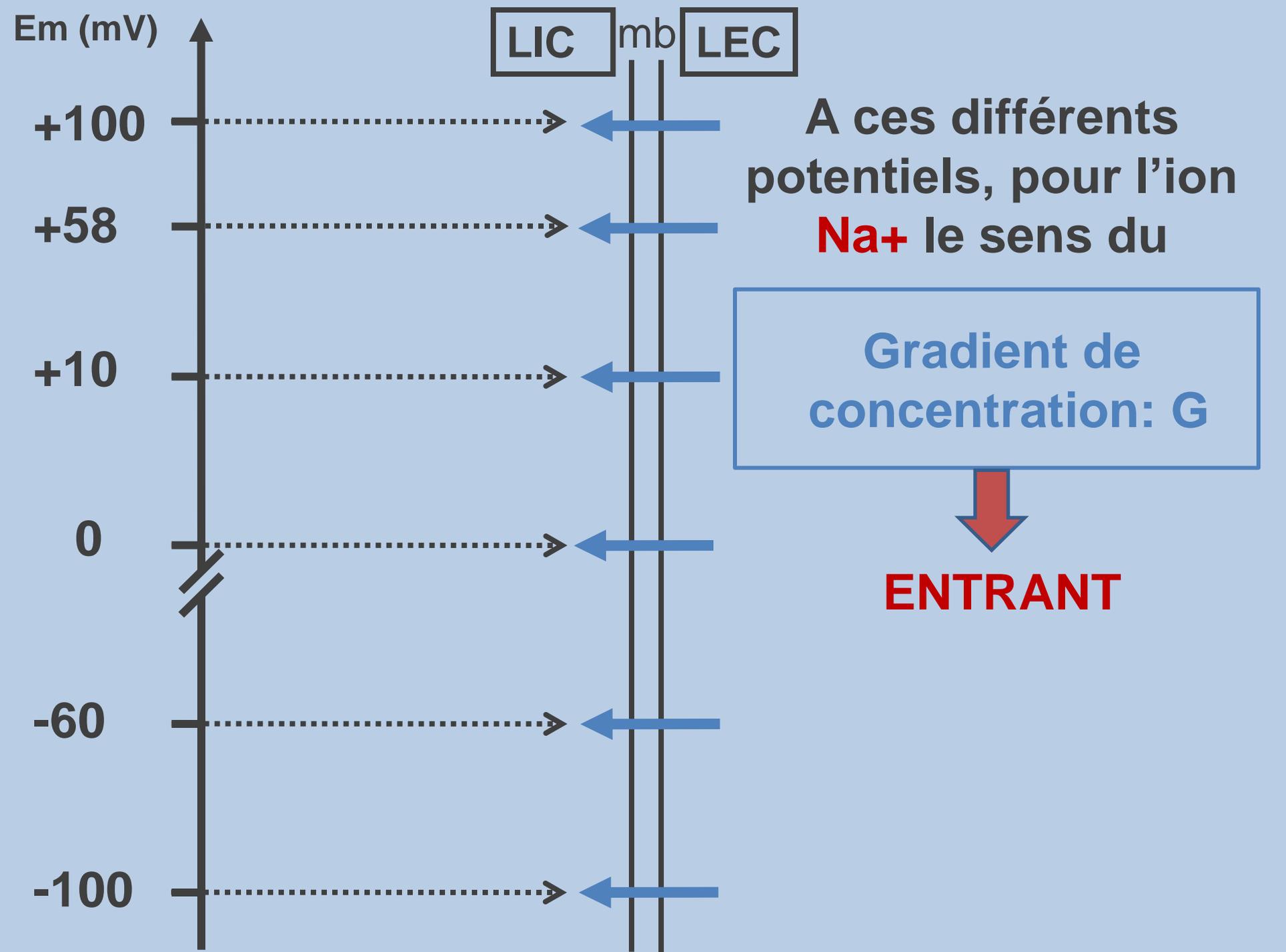
2. L'INTENSITÉ de **G** est-t-elle influencée par la polarisation membranaire?

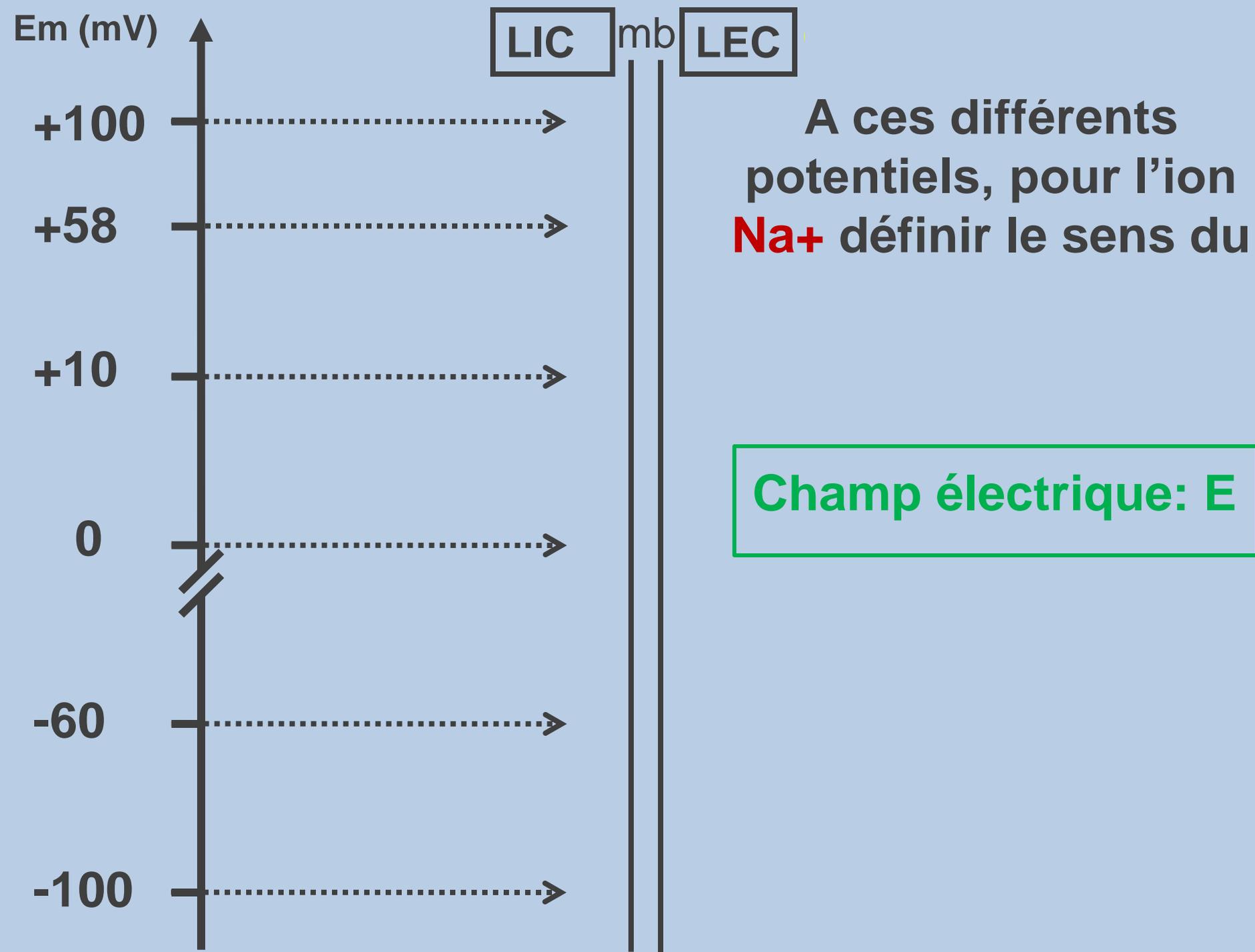


A-OUI B-NON

3. Pour chacune de ces **polarisations**, dans quel sens se déplacent les ions Na⁺ poussés par **G** ?









QUIZZ 2 – Choix simple

Effet du **champ électrique E** sur le transfert passif de Na^+

REPONSES



A-OUI



B-NON

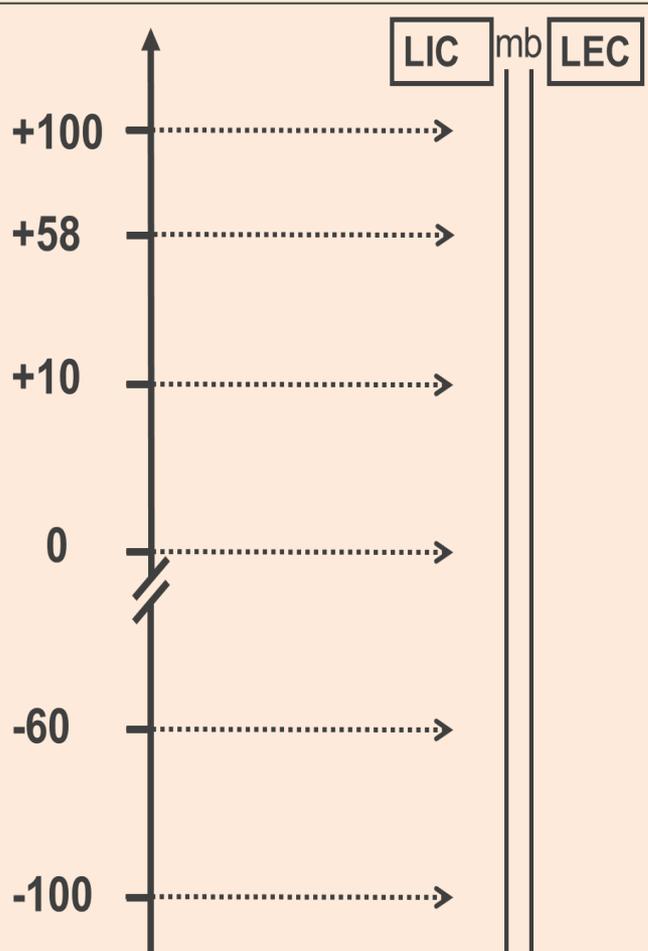


A-OUI



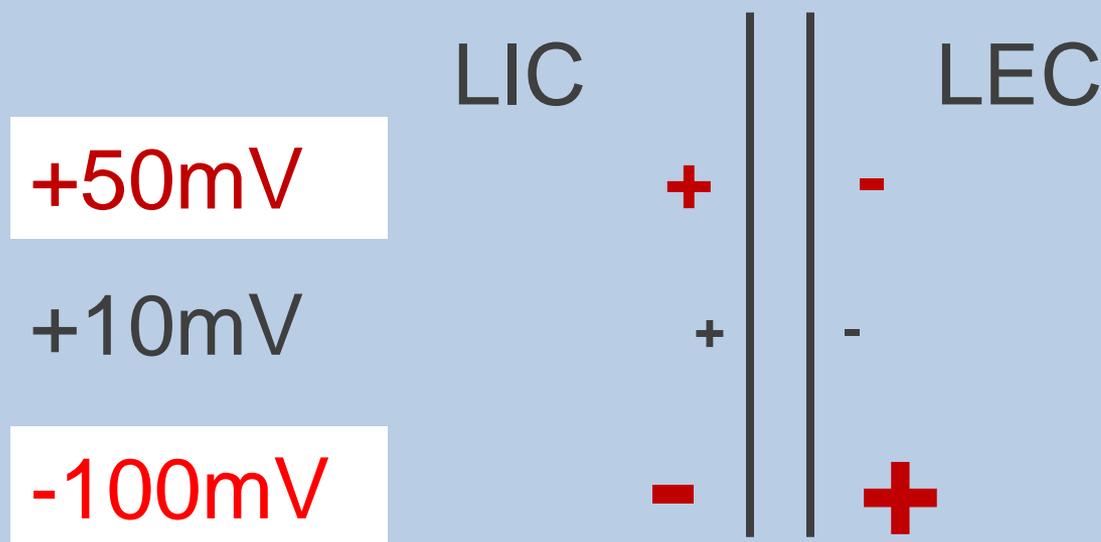
B-NON

1. Le **SENS** du **E** est-t-il influencé par la polarisation membranaire?
2. L'**INTENSITÉ** de **E** est-t-elle influencée par la polarisation membranaire?



Le sens du **champ électrique E** changera en fonction du potentiel considéré

Pour simplifier, **E** est symbolisé par des signes (+ et -) d'épaisseur variable selon la polarisation



Em (mV)

LIC

mb

LEC

+100

+58

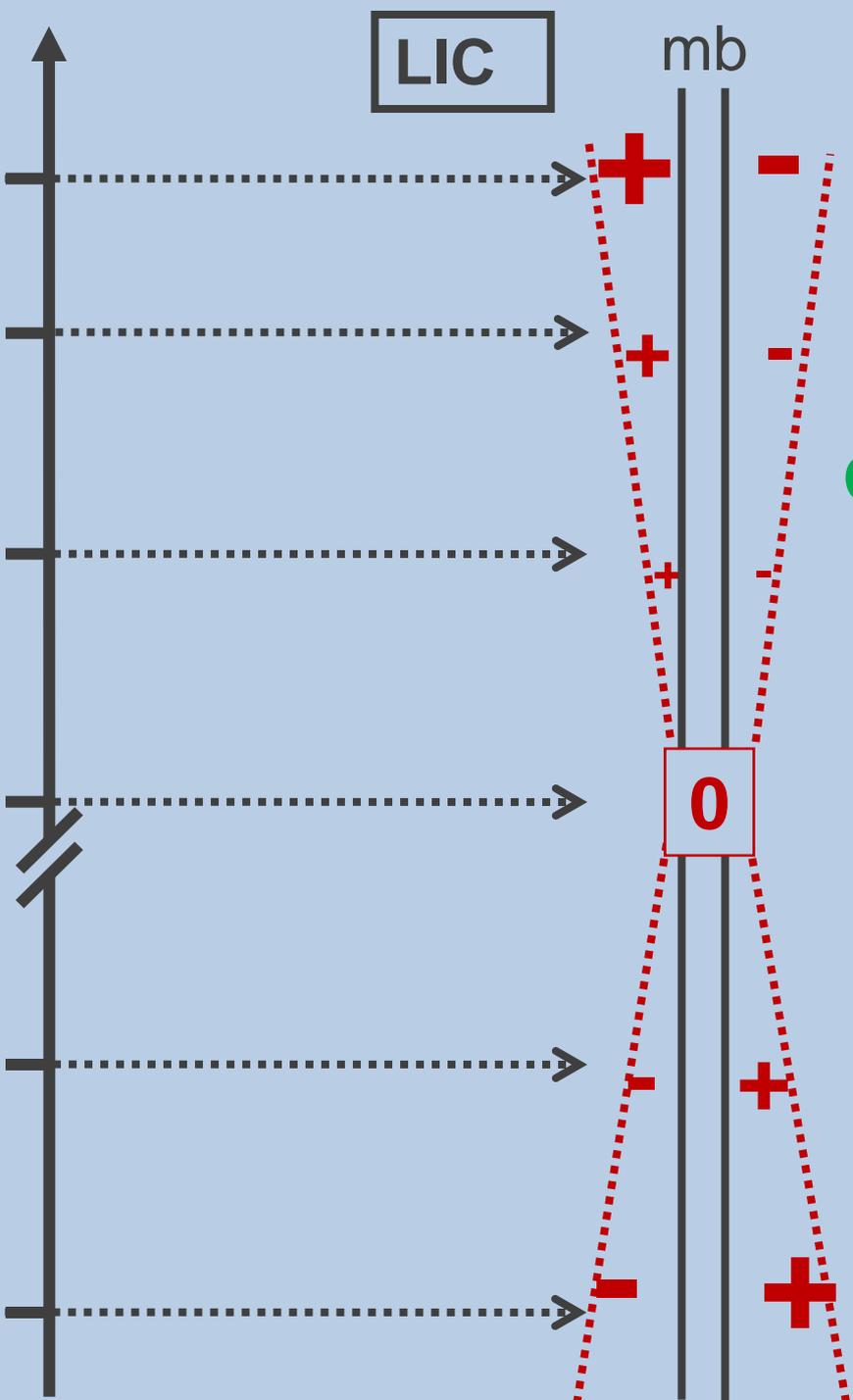
+10

0

-60

-100

Pour ces différents potentiels, schématisez le champ électrique E

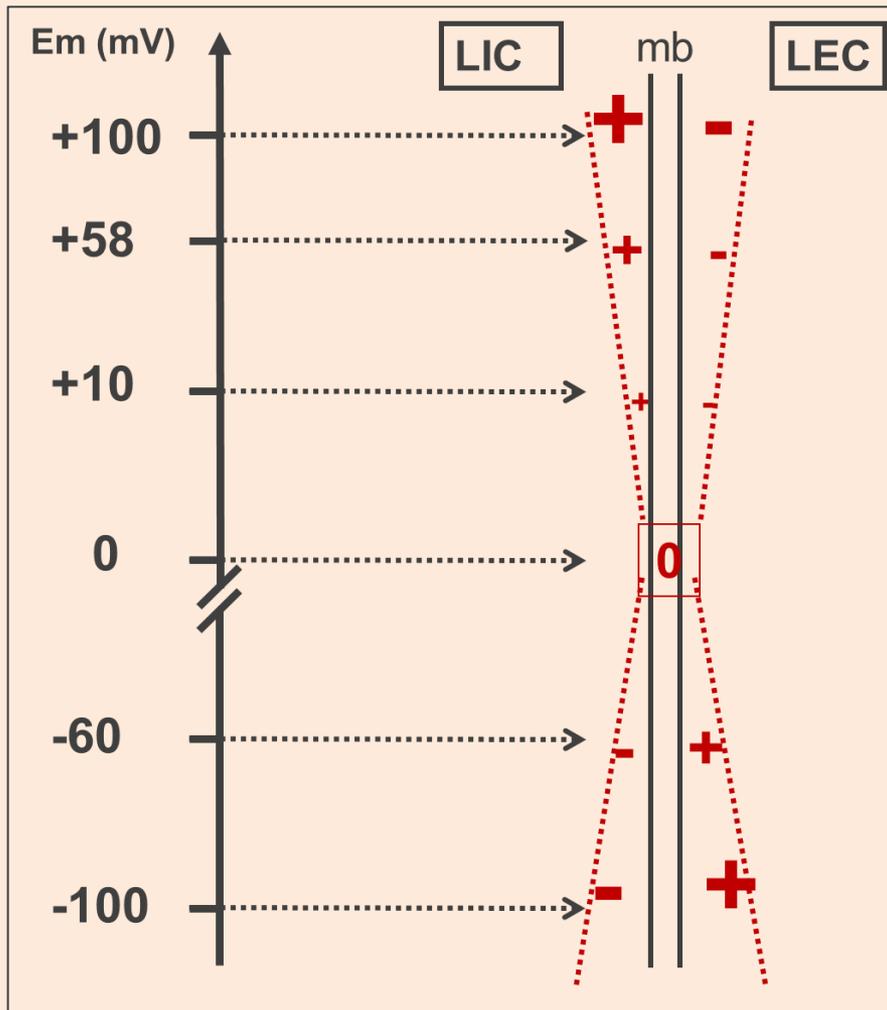


0



QUIZZ 3 – Choix multiple

Pour lesquelles de ces **polarisations** les ions Na^+ se déplaceront ils vers le milieu EXTRAcellulaire poussés par le **champ électrique, E**?

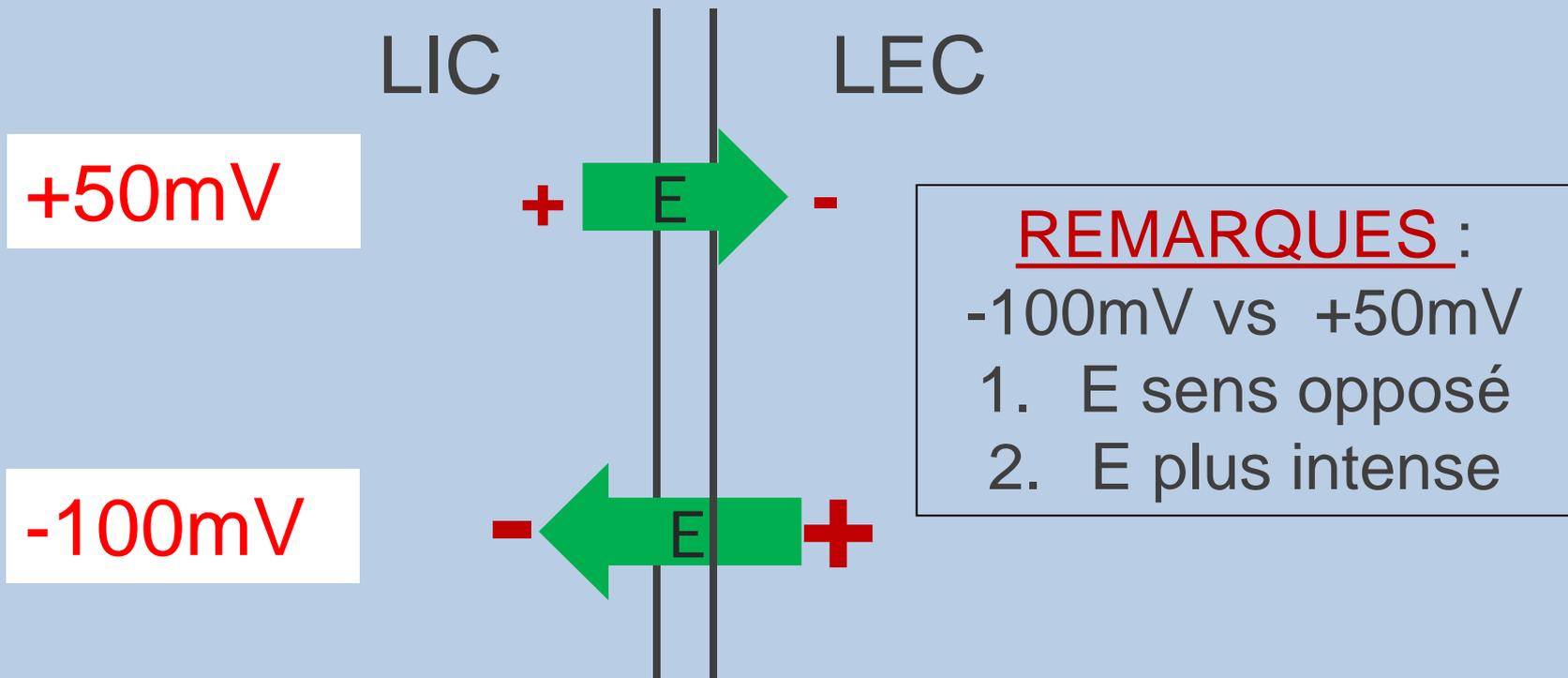


REPONSES

- A. +100 mV
- B. +58 mV
- C. +10 mV
- D. 0 mV
- E. -60 mV
- F. -100 mV

Na^+ = cation

Le **champ électrique** est SORTANT quand l'intérieur de la membrane est positif par rapport à l'extérieur

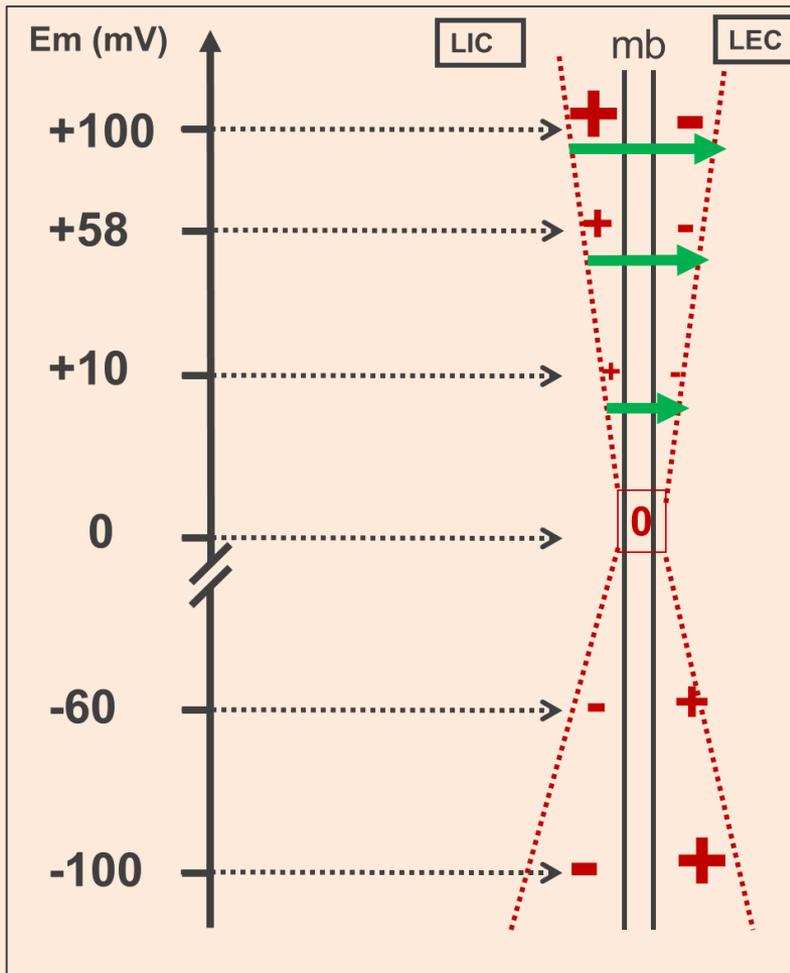




QUIZZ 3 – Choix multiple

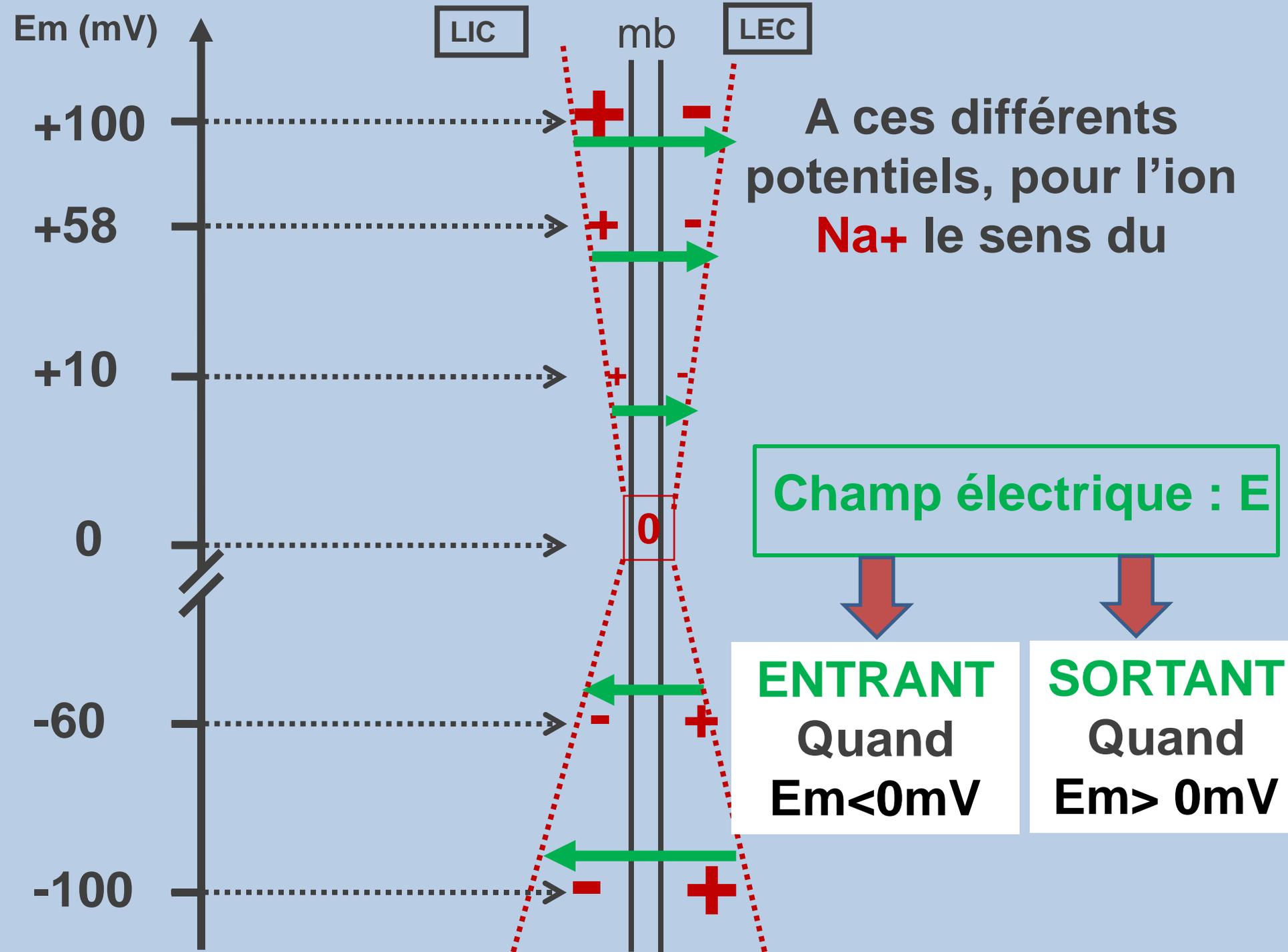
REPONSE

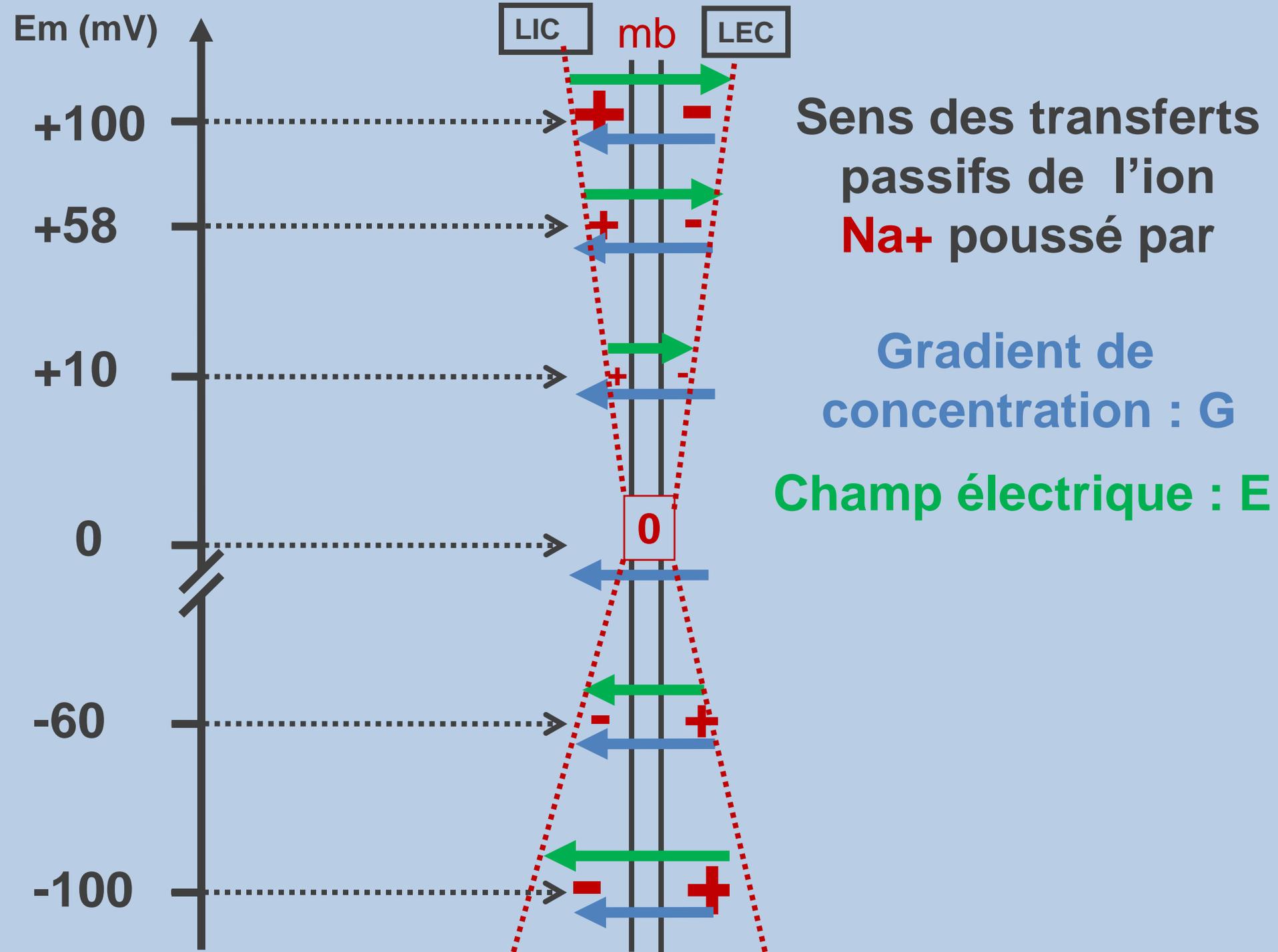
Pour lesquelles de ces **polarisations** les ions Na^+ se déplaceront ils vers le milieu EXTRAcellulaire poussés par le **champ électrique, E**?

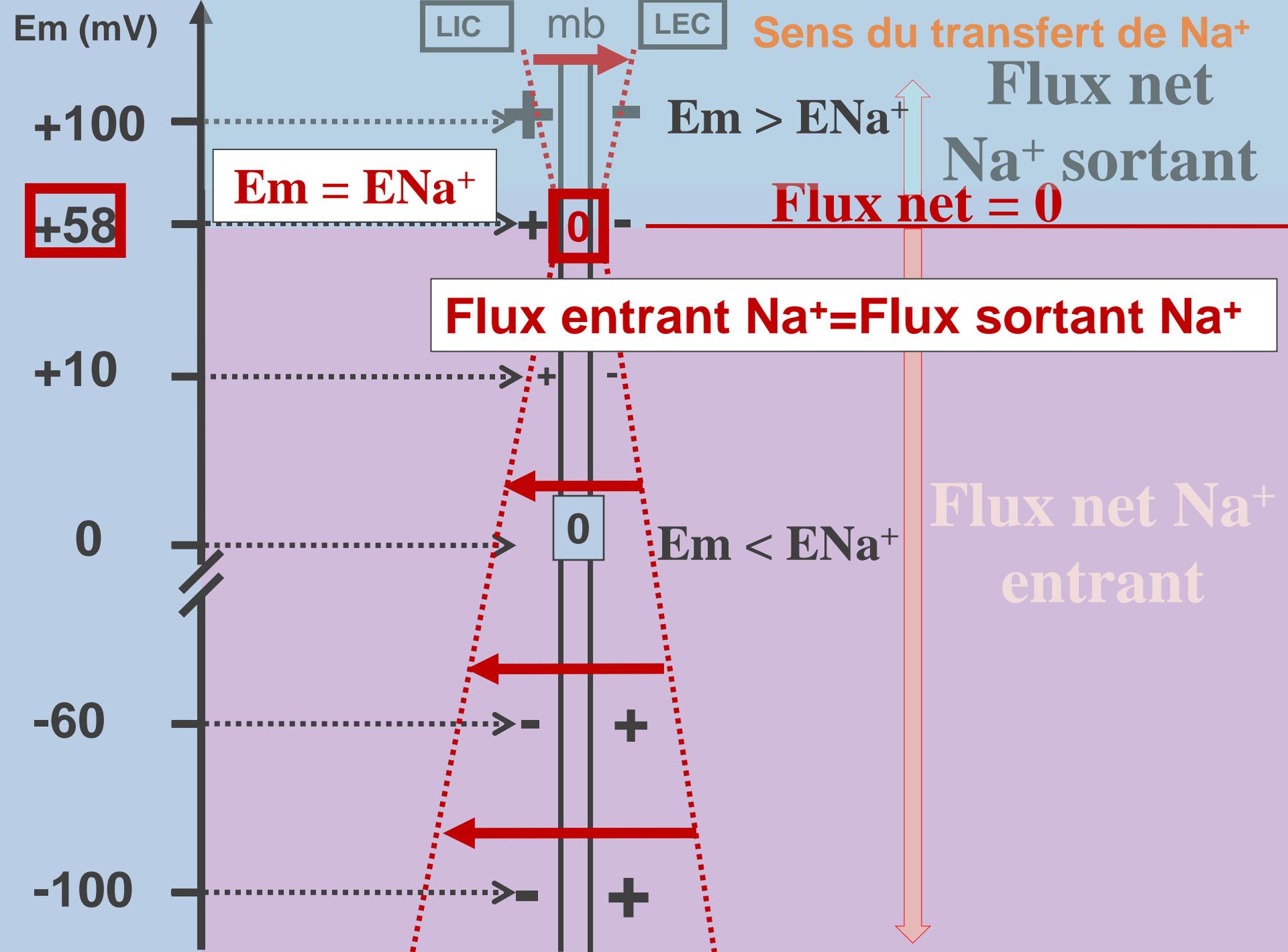


REPONSES

- A. +100 mV
- B. +58 mV
- C. +10 mV
- D. 0 mV
- E. -60 mV
- F. -100 mV







LE POTENTIEL D'ACTION

1. Particularités des membranes excitables
2. Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action
 - 2.1. Les ions Na^+
 - 2.2. Les ions K^+

Em (mV)

LIC

mb

LEC

+58

0

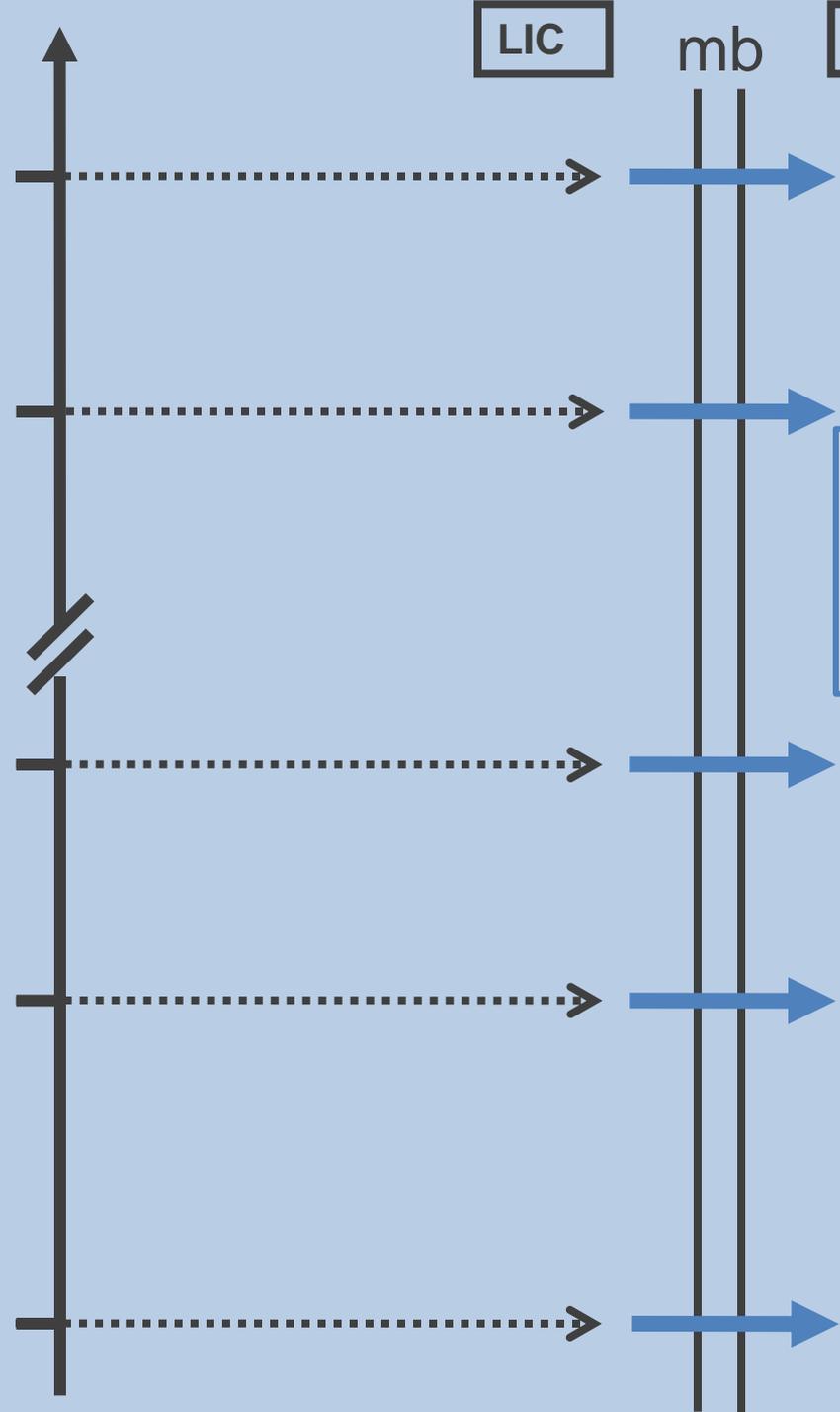
-60

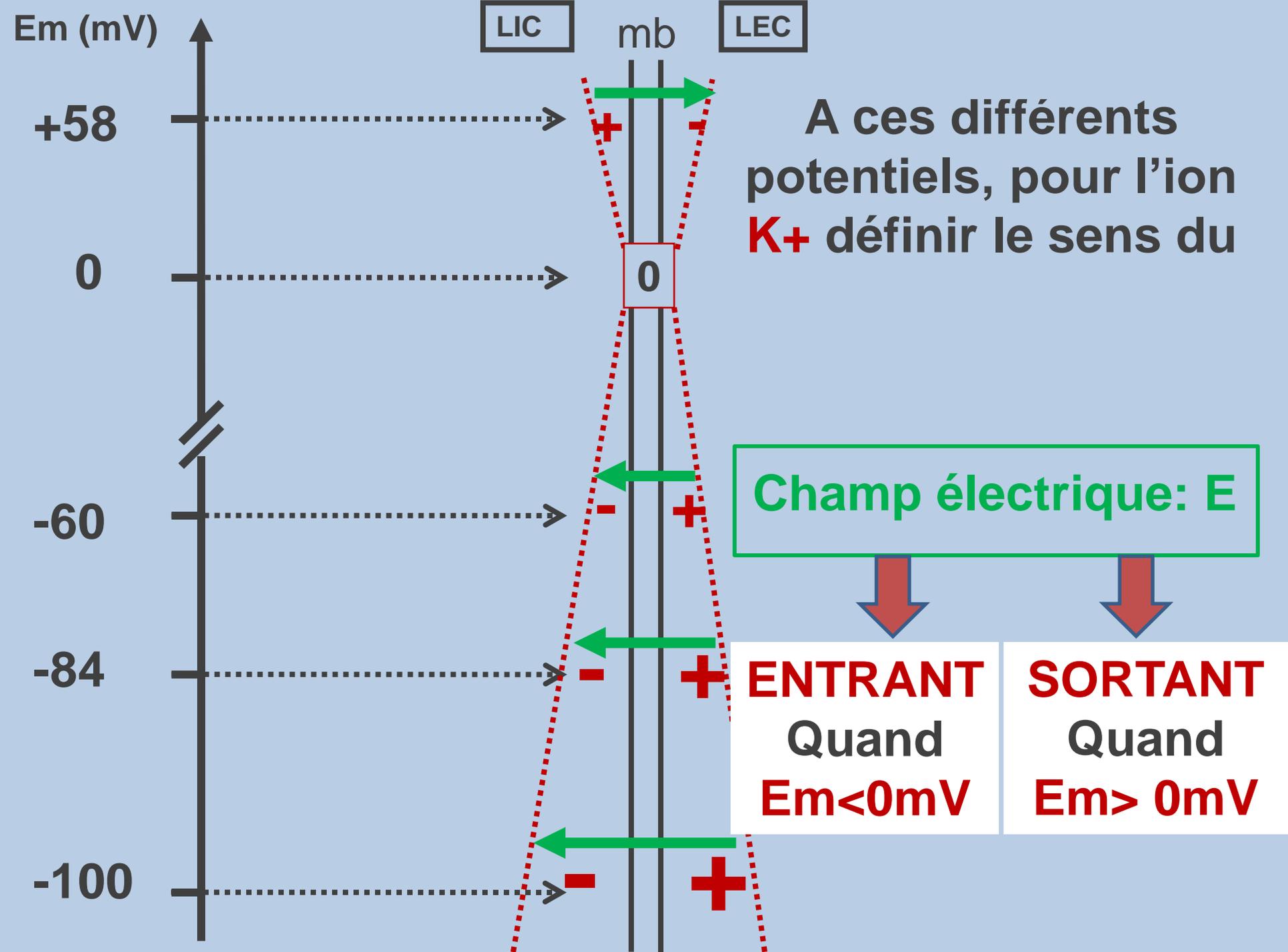
-84

-100

A ces différents potentiels, pour l'ion **K⁺** définir le sens du

Gradient de concentration : **G**





E_m (mV)

LIC

mb

LEC

+58

0

-60

-84

-100

0

A ces différents potentiels, pour l'ion K^+ définir le sens du

Champ électrique: E

ENTRANT
Quand
 $E_m < 0mV$

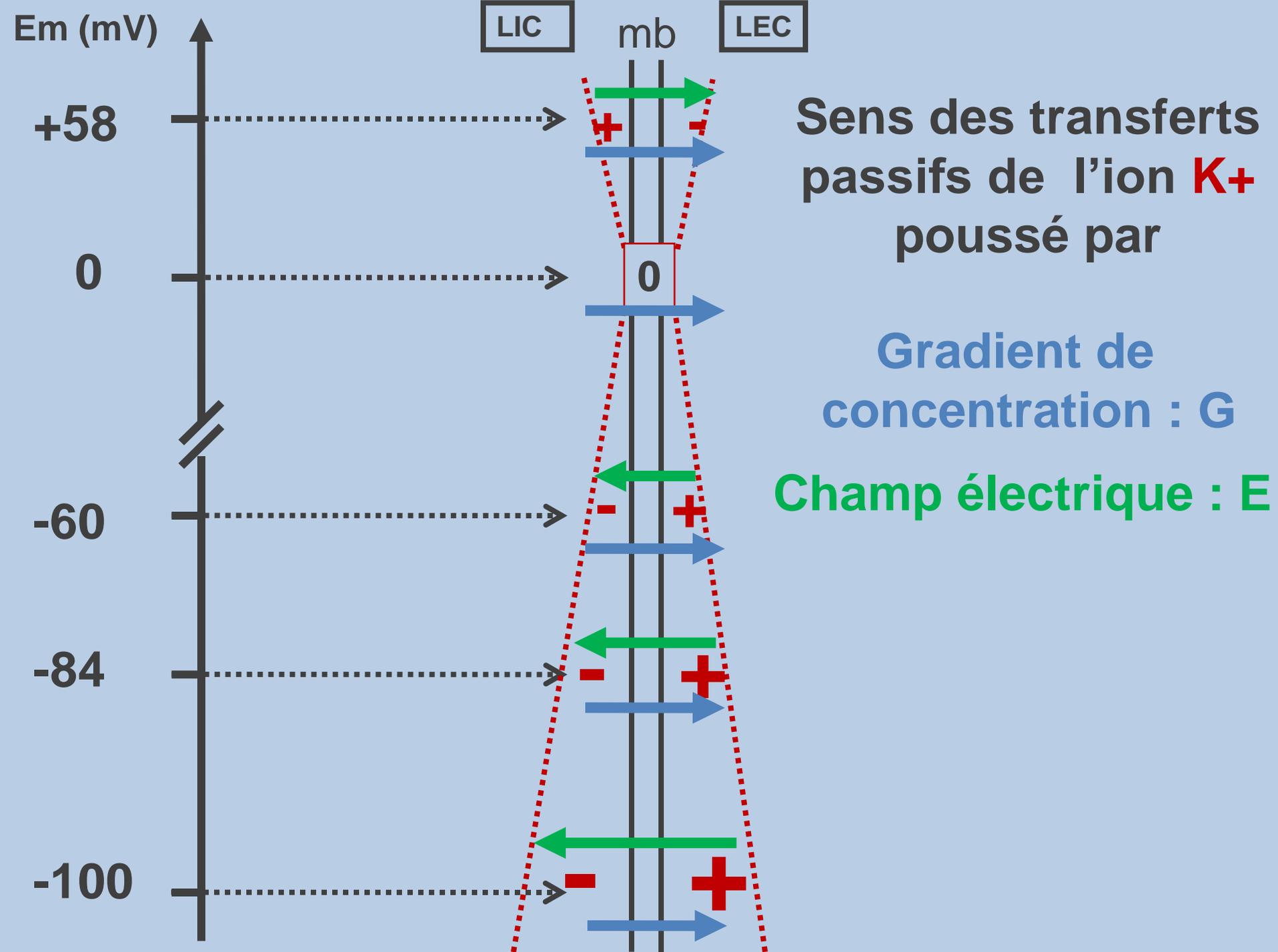
SORTANT
Quand
 $E_m > 0mV$

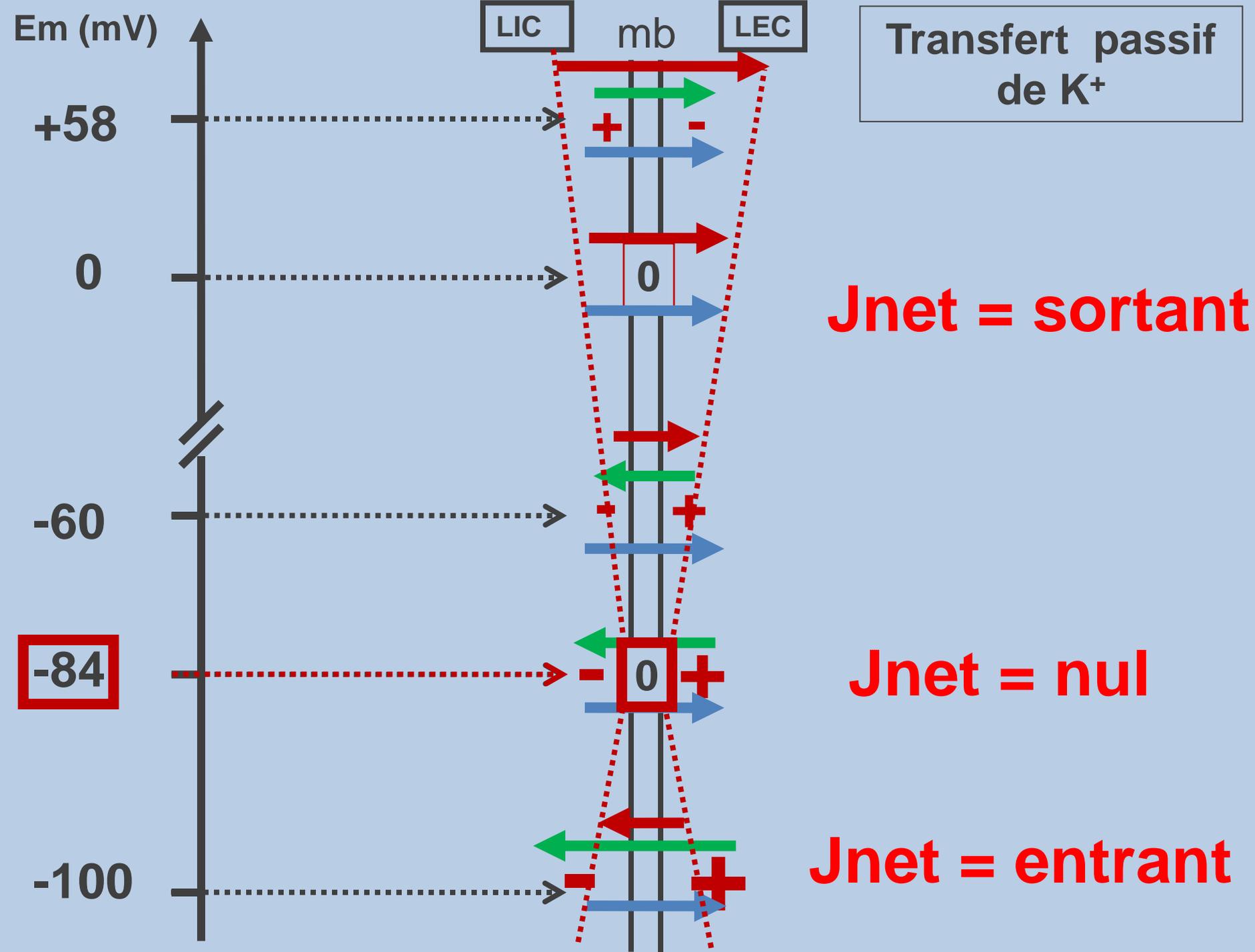


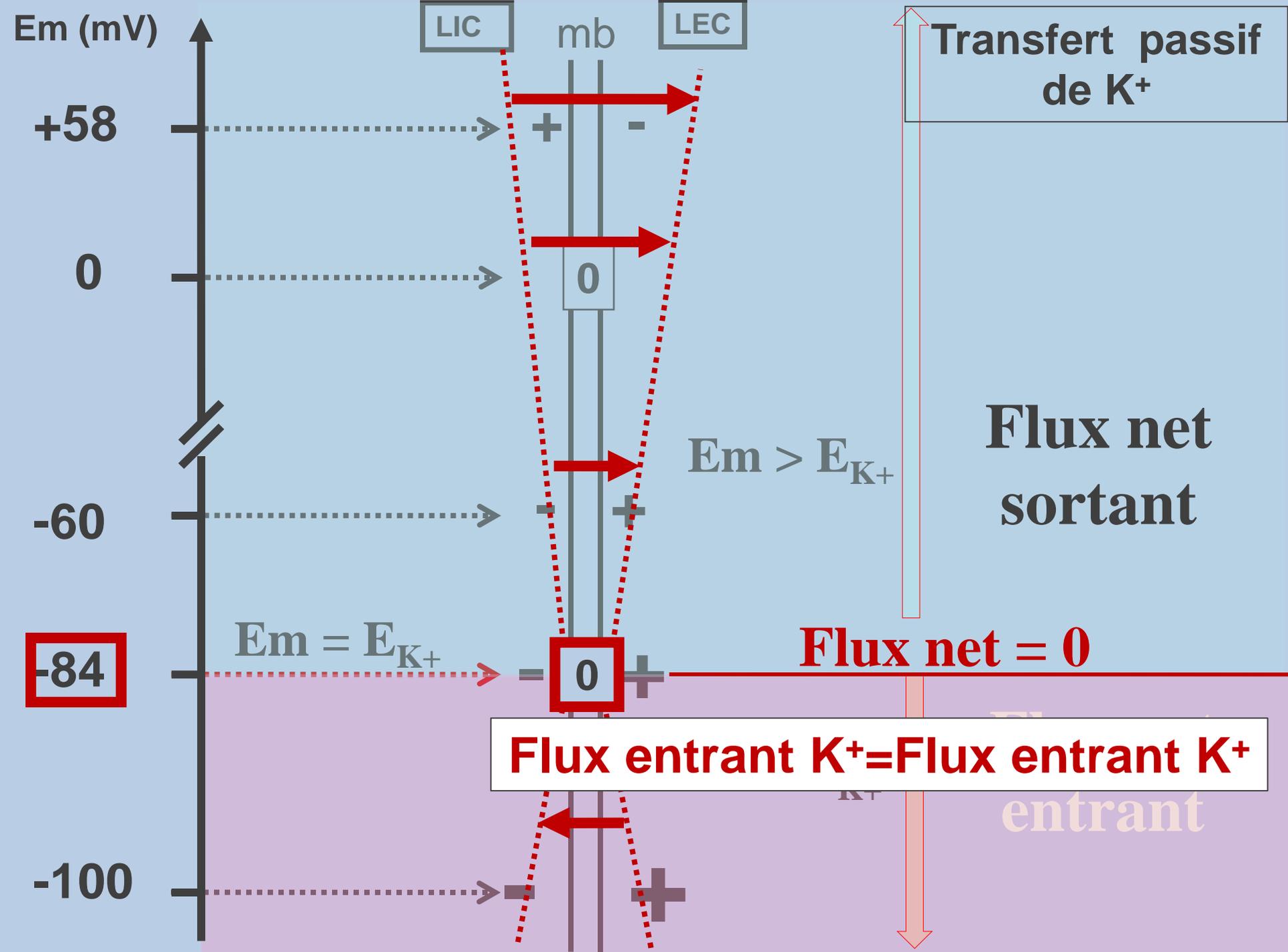
Flux net (**J_{net}**) du transfert passif de **K⁺** résultant de la combinaison de **E** et **G**

Après avoir placé **G** et **E**, d'après vous, vers quelle valeur de potentiel va se situer le potentiel d'équilibre de l'ion **K⁺** ?

REPONSE => $E_{K^+} = -84mV$







LE POTENTIEL D'ACTION

1. Particularités des membranes excitables
2. Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action
 - 2.1. Les ions Na^+
 - 2.2. Les ions K^+
 - 2.3. Le potentiel d'équilibre

Potentiel d'équilibre

Etat d'équilibre vers lequel tendent SPONTANEMENT tous les transferts PASSIFS transmembranaires d'ions

Le **flux** ionique **passif** tend toujours à **ramener** le potentiel membranaire **vers le potentiel d'équilibre** de l'ion = AIMANT

L'équilibre électrochimique :

donc la diffusion ne se fait pas jusqu'à l'équilibre des concentrations du K^+ , mais à l'**équilibre entre deux forces**:

Intracellulaire

K^+ K^+
 K^+ K^+

K^+
Gradient électrique
 K^+ K^+
 K^+ K^+

Le K^+ est attiré par les **charges** - de l'intérieur et repoussé par les **charges** + de l'extérieur



K^+

Gradient de concentration

Le K^+ cherche à diffuser en suivant son gradient de **concentration**

Extracellulaire

Le gradient électrique qui se forme s'oppose à la diffusion.

Remarques

- Le sens de transfert de l'ion peut **CHANGER** selon le potentiel de membrane
- C'est au niveau du **potentiel d'équilibre** que le **sens du flux change**
- Il n'y a que pour $E_m=0$ que le flux est seulement lié au gradient de concentration
- Pour toutes les autres valeurs de E_m le flux dépend du **gradient électrochimique**

LE POTENTIEL D'ACTION

2- Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action 2.3. Le potentiel d'équilibre

CALCUL POTENTIEL D'EQUILIBRE

$$E_{\text{ion}^+} \text{ (V)} = \frac{RT}{nF} \text{ Ln } \frac{[\text{ion}^+]_e}{[\text{ion}^+]_i}$$

E_{ion^+} : Potentiel d'équilibre pour un cation (ion^+) monovalent (Volt, V)

R: Cte des gaz parfaits 8,32 joule/mole et °Kelvin

T: Température en degré Kelvin $T(^{\circ}\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$

n: Valence de l'ion

Pour le Na^+ ou le K^+ (cations monovalents) $Z = +1$
pour Cl^- (anion monovalent) $Z = -1$

F: Constante de Faraday (96500 coulombs)

$[\text{ion}^+]$: Concentration en cation (moles/l) dans les milieux extérieur (e) et intérieur (i)

LE POTENTIEL D'ACTION

2- Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action 2.3. Le potentiel d'équilibre

POTENTIEL
D'EQUILIBRE

$$E_{\text{ion}^+} \text{ (V)} = \left(\frac{8,32 \times 309}{1 \times 96500} \right) \times 2,3 \log \frac{[\text{ion}^+]_e}{[\text{ion}^+]_i}$$

Si on remplace les constantes par leur valeur :

R: **8,32** Joule/mole et °Kelvin

T: Température en degré Kelvin $T(^{\circ}\text{K}) = 36 + 273 = 309$

n: valence pour le Na^+ ou le K^+ $Z = +1$

F: Constante de Faraday (**96500** Coulombs)

Et que l'on passe du Ln au log : $\text{Ln} = 2,3 \times \log$

A RETENIR : Equation de NERNST

$$\text{A } 36^{\circ}\text{C} \quad E_{\text{ion}^+} = 60 \log \frac{[\text{ion}^+]_e}{[\text{ion}^+]_i} \text{ mV}$$

LE POTENTIEL D'ACTION

2- Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action 2.3. Le potentiel d'équilibre

K⁺

$$E_{K^+} \text{ (mV)} = 60 \log \frac{5}{125} = -84 \text{ mV}$$

	Cellule de mammifère			Neurone		
Ions	[Ion] _i mM	[Ion] _e mM	E _{ion} mV	[Ion] _i mM	[Ion] _e mM	E _{ion} mV
K ⁺	125	5	-84	140	5	-89
Na ⁺	12	120	+61	14	140	+61
Cl ⁻	5	125	-86	14	147	-63
Pot de repos (PR)			-70			-60

Rappel : concentrations ioniques chez l'homme

Extérieur de la cellule :

Ions positifs: **Na⁺** (142mM) surtout
K⁺ (4mM) et Ca⁺⁺ (1-2mM)

Ions négatifs: Cl⁻ surtout (108mM)

Léger excès de **charges +**

mEq/L	Plasma	Liquide interstitiel	Liquide intracellulaire
protéines	15	0	55
Na ⁺	142	139	10
K ⁺	4	4	140
Cl ⁻	108	110	5
HCO ₃ ⁻	28	30	8
PO ₄ ⁻	1	1	100

Intérieur de la cellule :

Ions positifs: **K⁺** (140mM) surtout
Na⁺ (10mM)

Ions négatifs: protéines et phosphates

Léger excès de **charges -**

En réalité les potentiels d'équilibre sont différents de +/-60 mV et le potentiel de la cellule résulte de la combinaison de tous ces potentiels

Conclusion

- ✚ Les potentiels d'équilibre des ions Na^+ et K^+ définiront des bornes
- ✚ Le système évoluera entre ces bornes

En fonction des changements de la perméabilité membranaire

LE POTENTIEL D'ACTION

1. Particularités des membranes excitables
2. Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action
3. Les changements de perméabilité à l'origine du potentiel d'action

LE POTENTIEL D'ACTION

3- Les changements de perméabilité à l'origine du potentiel d'action

Imaginez un **funambule en EQUILIBRE** sur son fil :

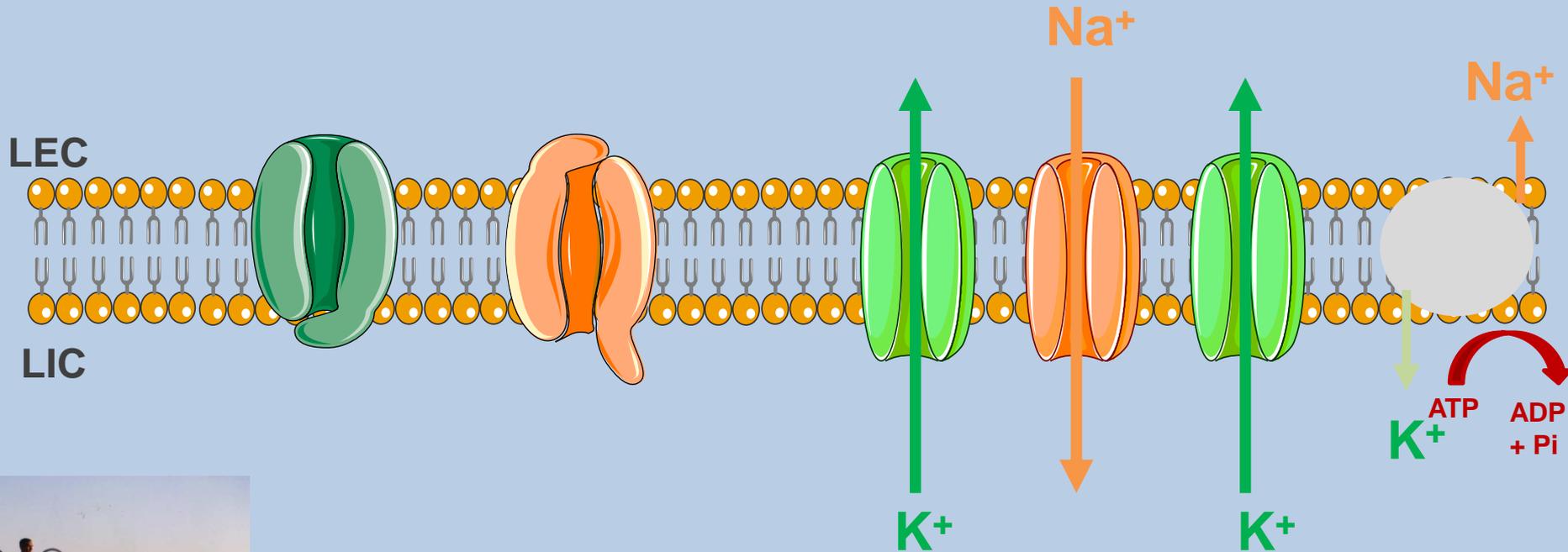


Toute **impulsion** induira un **changement d'équilibre**

LE POTENTIEL D'ACTION

3- Les changements de perméabilité à l'origine du potentiel d'action

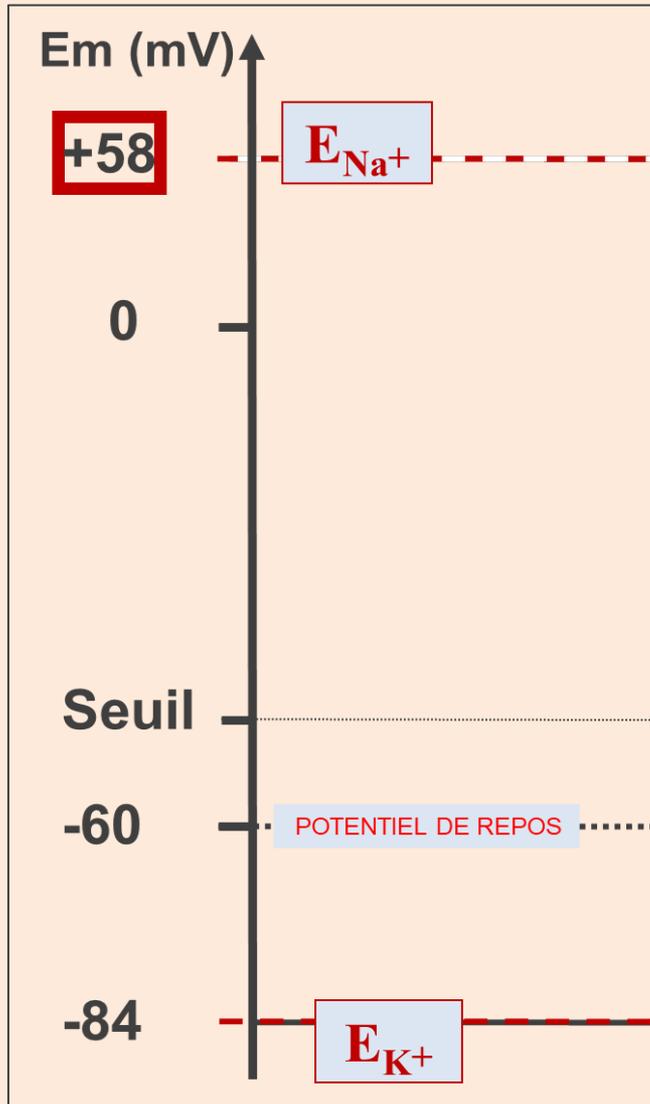
C'est la même chose pour une membrane excitable



Au **potentiel de repos** elle est en équilibre



QUIZZ 7 – Choix simple et question ouverte



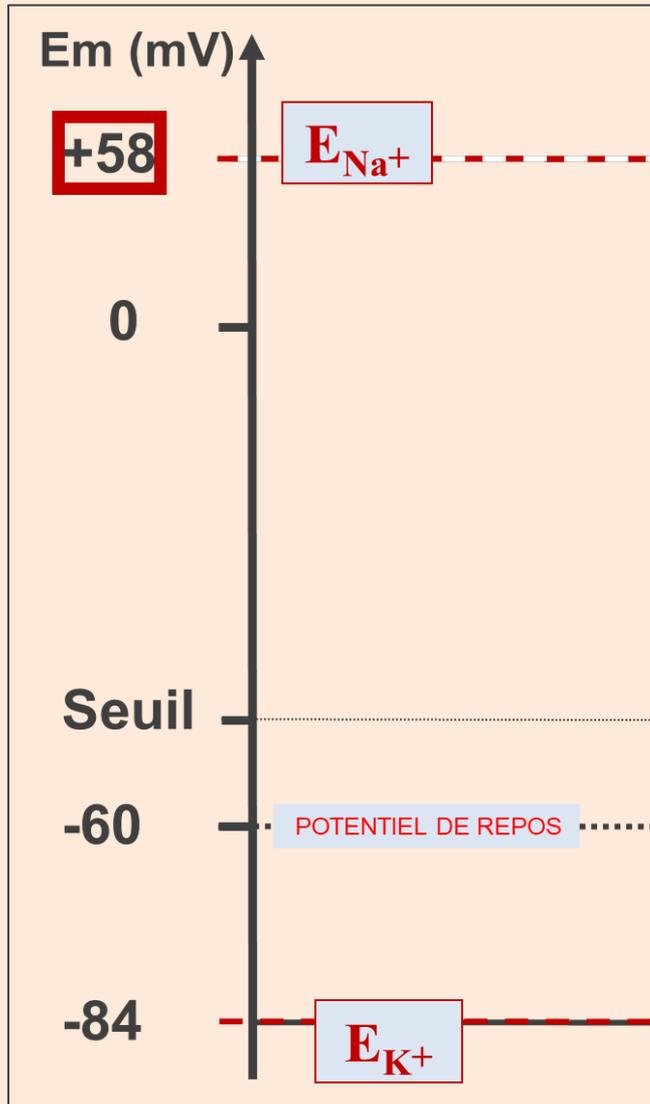
1- Au potentiel de repos, si un canal Na^+ s'ouvre en plus des canaux de fuite, quel sera l'impact du déplacement passif de Na^+ sur le potentiel de membrane?

- A. Aucun, la membrane restera au potentiel de repos
- B. La membrane se dépolarisera
- C. La membrane s'hyperpolarisera



QUIZZ 7 – Choix simple et question ouverte

REPONSE



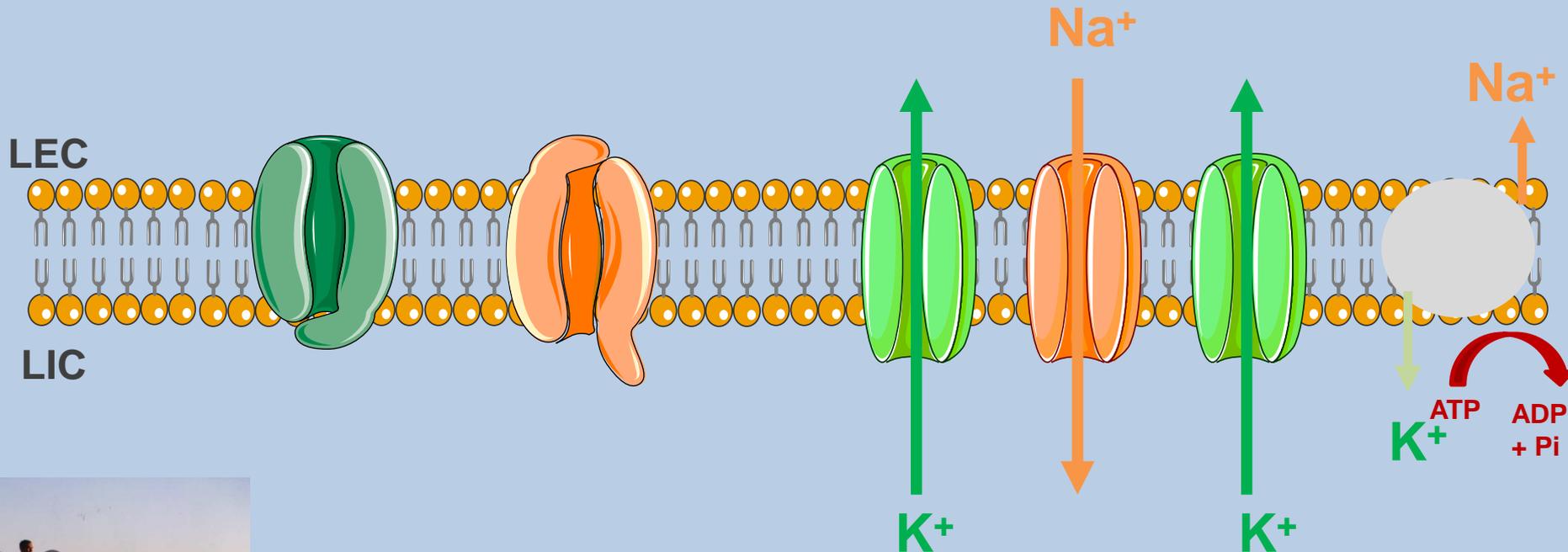
1- Au potentiel de repos, si un canal Na^+ s'ouvre en plus des canaux de fuite, quel sera l'impact du déplacement passif de Na^+ sur le potentiel de membrane?

- A. Aucun, la membrane restera au potentiel de repos
- B. La membrane se dépolarisera**
- C. La membrane s'hyperpolarisera

LE POTENTIEL D'ACTION

3- Les changements de perméabilité à l'origine du potentiel d'action

C'est la même chose pour une membrane excitable



Au **potentiel de repos** elle est en équilibre

Dès qu'un canal supplémentaire s'ouvrira, selon l'ion qui transitera, le potentiel évoluera immédiatement

LE POTENTIEL D'ACTION

1. Particularités des membranes excitables
 2. Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action
 3. Les changements de perméabilité membranaire à l'origine du potentiel d'action
- 3.1 Modèle de fonctionnement

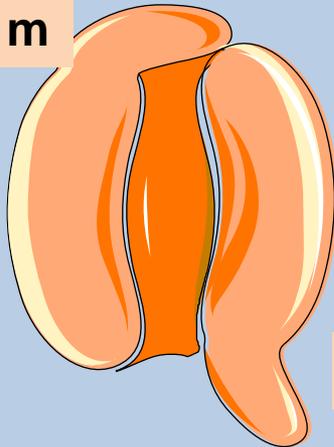
LE POTENTIEL D'ACTION

3- Les changements de perméabilité à l'origine du potentiel d'action

3.4. Modèle de fonctionnement

Les chercheurs ont proposé un modèle de fonctionnement faisant intervenir :

LEC : Porte m



LIC : Porte h

CANAUX VDEP **Na⁺**

LEC : Porte n



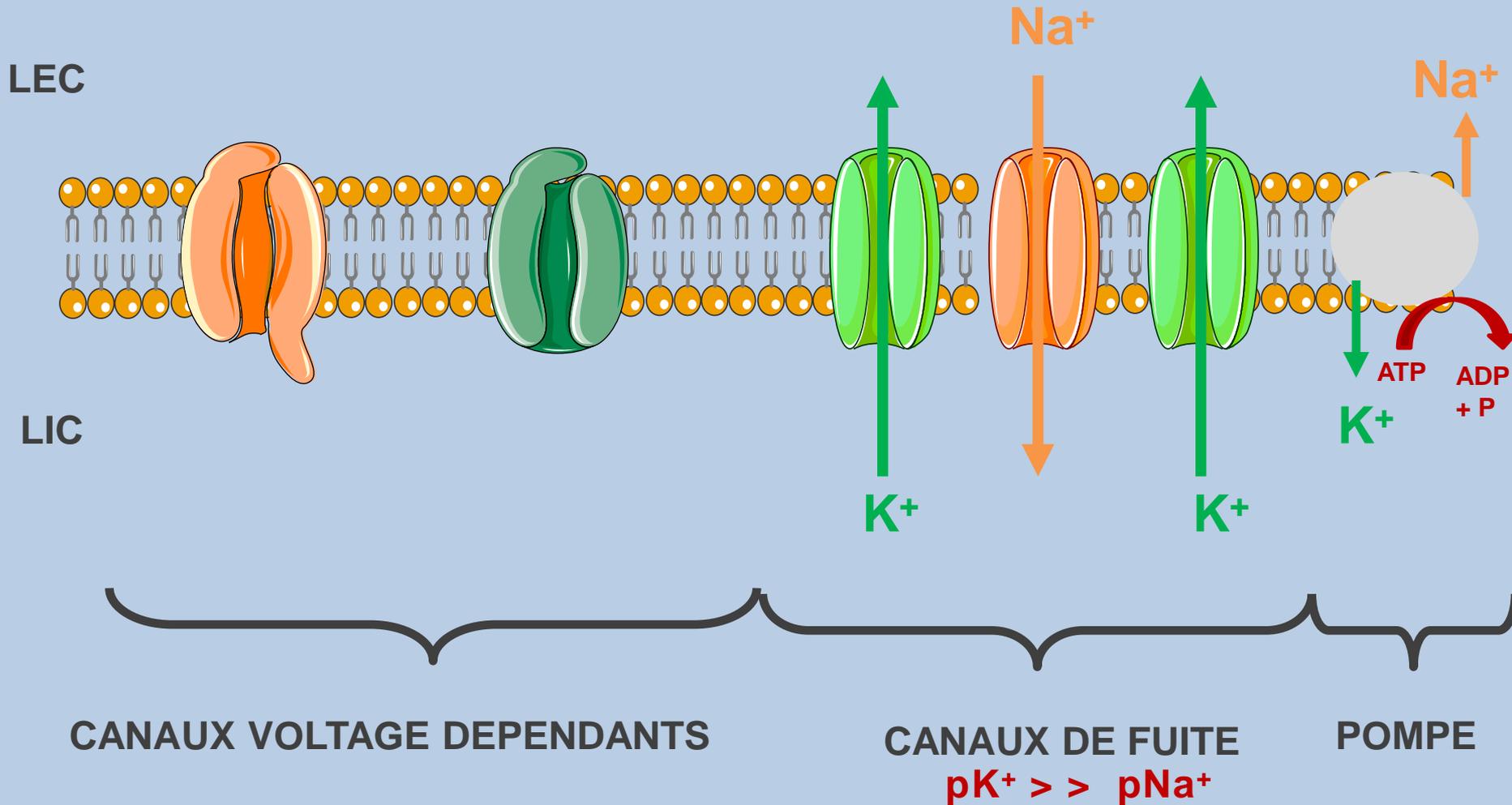
CANAUX VDEP **K⁺**

LE POTENTIEL D'ACTION

3- Les changements de perméabilité à l'origine du potentiel d'action

3.4. Modèle de fonctionnement

LA MEMBRANE EXCITABLE AU POTENTIEL DE REPOS



Le potentiel de repos

Intracellulaire

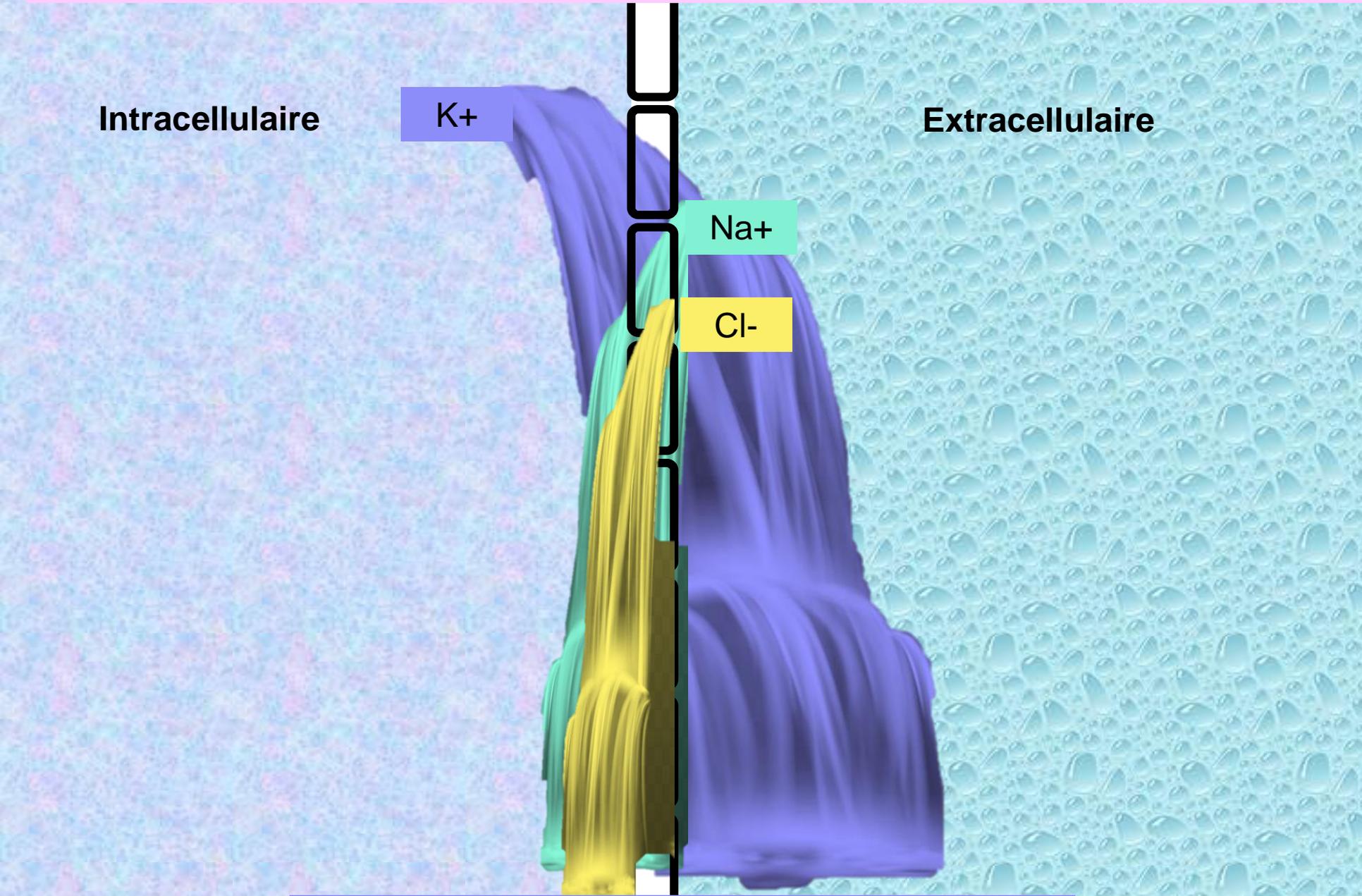
K⁺

Extracellulaire

Na⁺

Cl⁻

Perméabilité dominante au K⁺ : équilibre flux K⁺

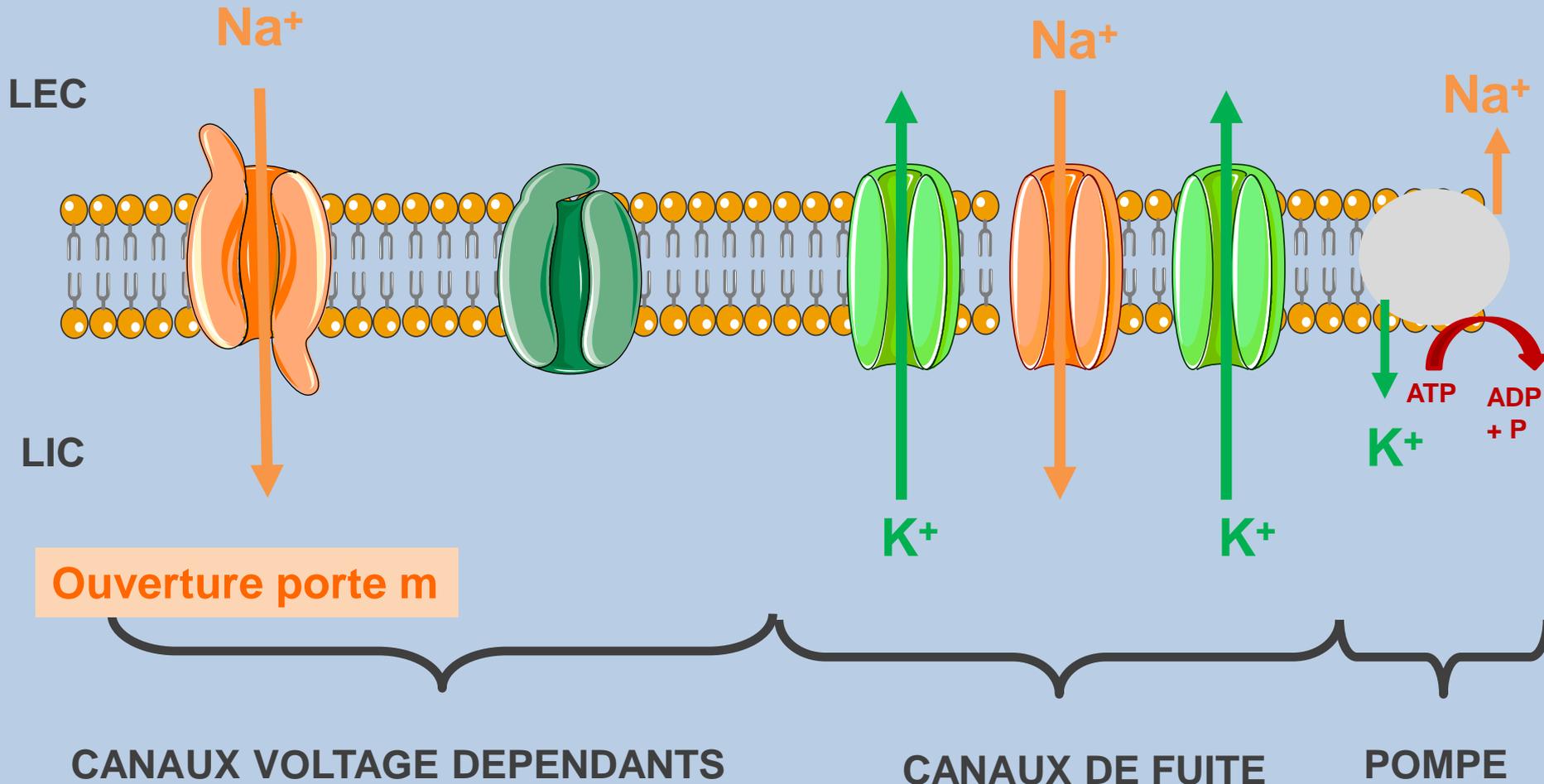


LE POTENTIEL D'ACTION

3- Les changements de perméabilité à l'origine du potentiel d'action

3.4. Modèle de fonctionnement

POTENTIEL D'ACTION : LA DEPOLARISATION



Le potentiel d'action : dépolérisation

Intracellulaire

K⁺

Extracellulaire

Na⁺

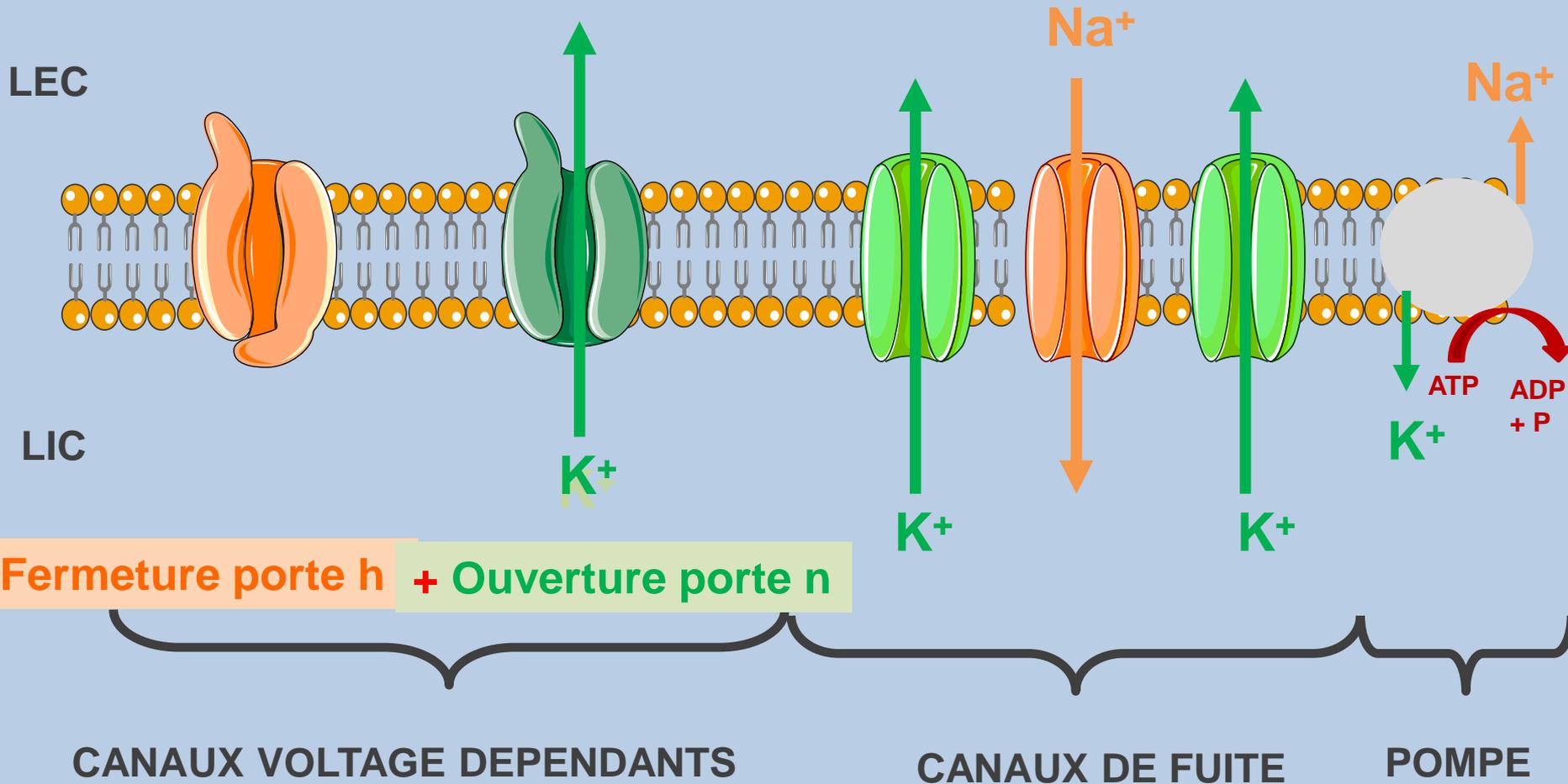
Cl⁻



Perméabilité dominante au Na⁺ : **entrée Na⁺**

LE POTENTIEL D'ACTION

POTENTIEL D'ACTION : LA REPOLARISATION



Le potentiel d'action : repolarisation

Intracellulaire

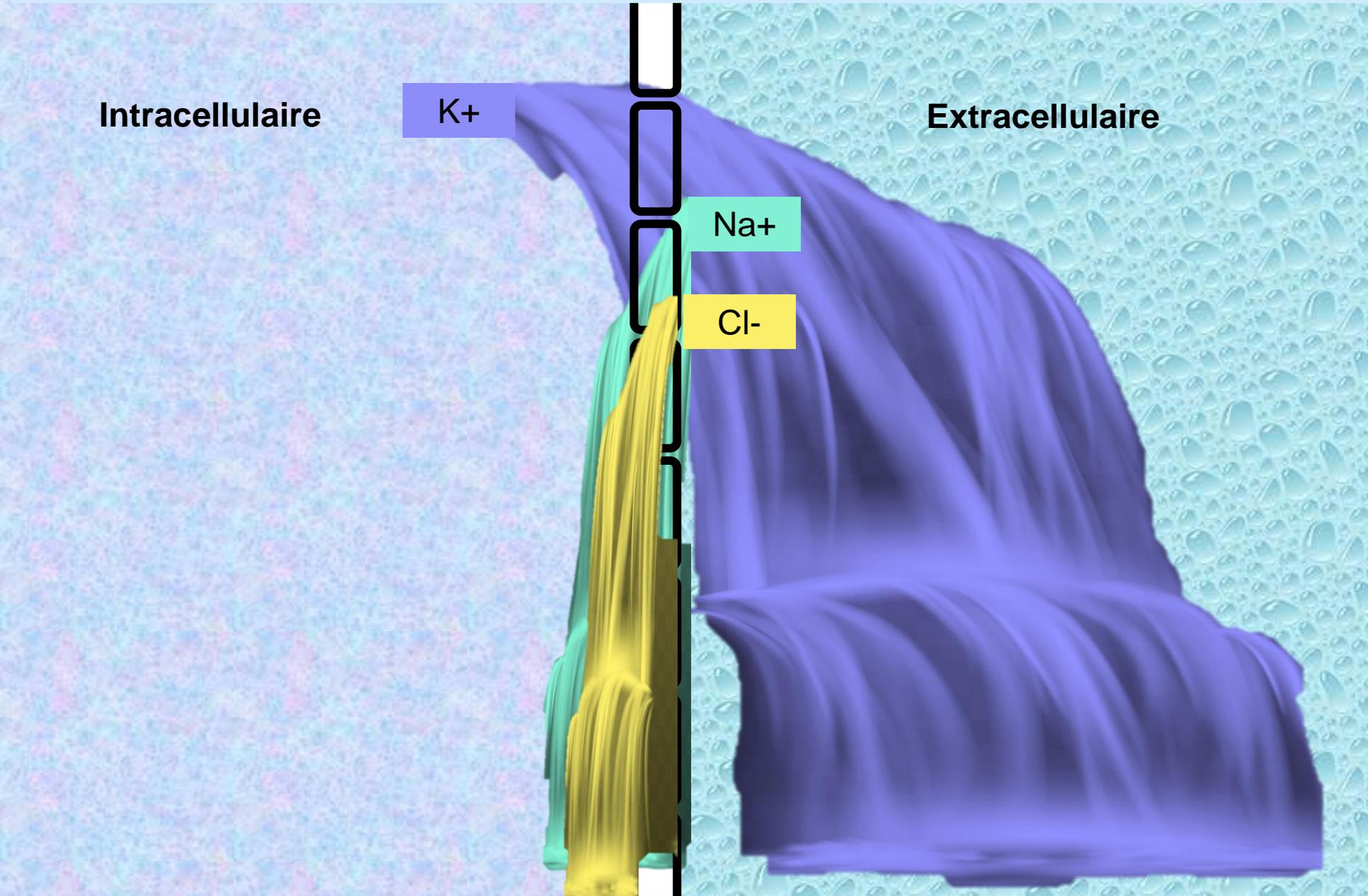
K⁺

Extracellulaire

Na⁺

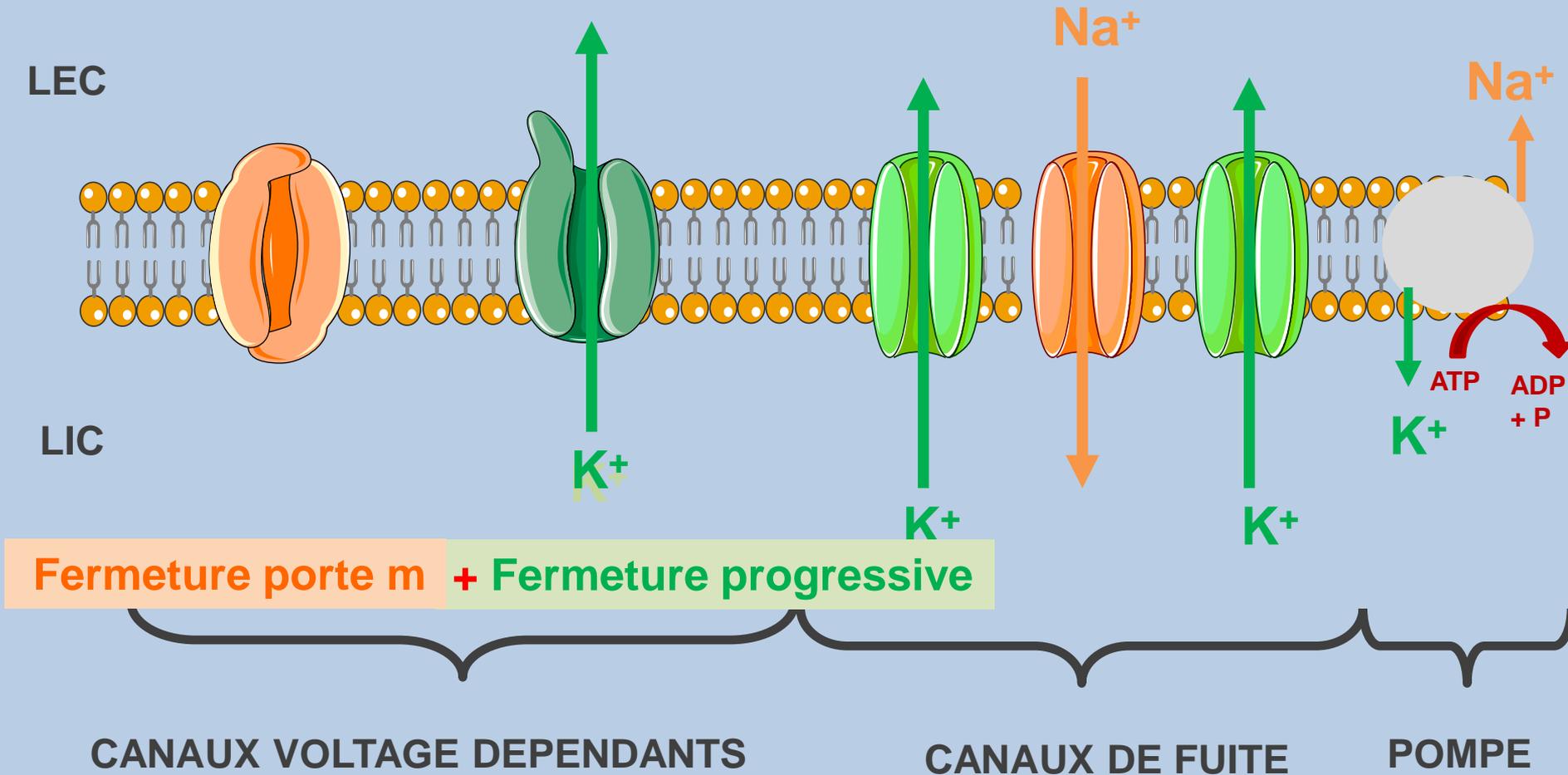
Cl⁻

Perméabilité dominante au K⁺ : fuite K⁺



LE POTENTIEL D'ACTION

POTENTIEL D'ACTION : L'HYPERPOLARISATION



Le potentiel d'action : repolarisation

Intracellulaire

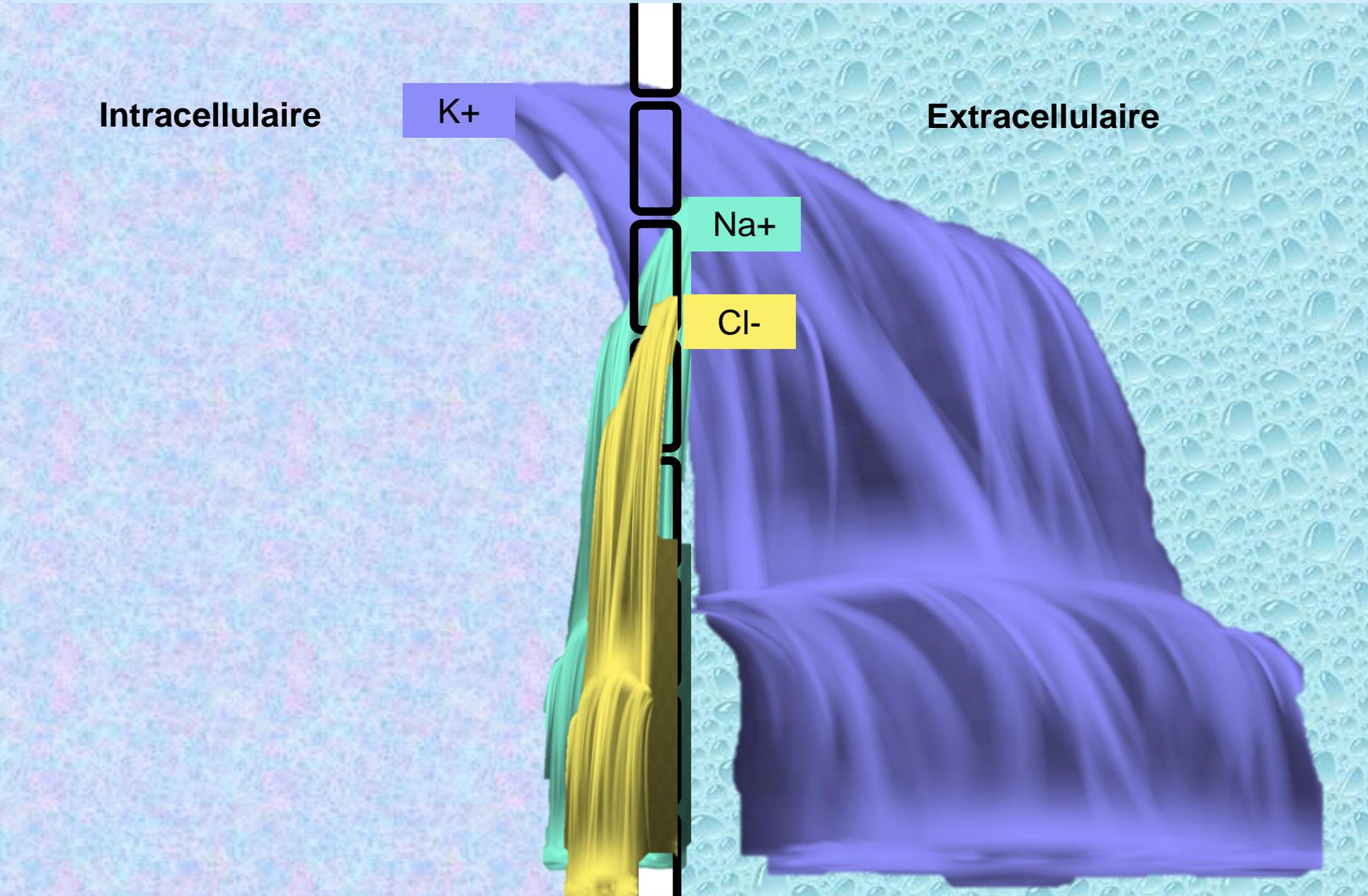
K⁺

Extracellulaire

Na⁺

Cl⁻

Perméabilité dominante au K⁺ : fuite K⁺

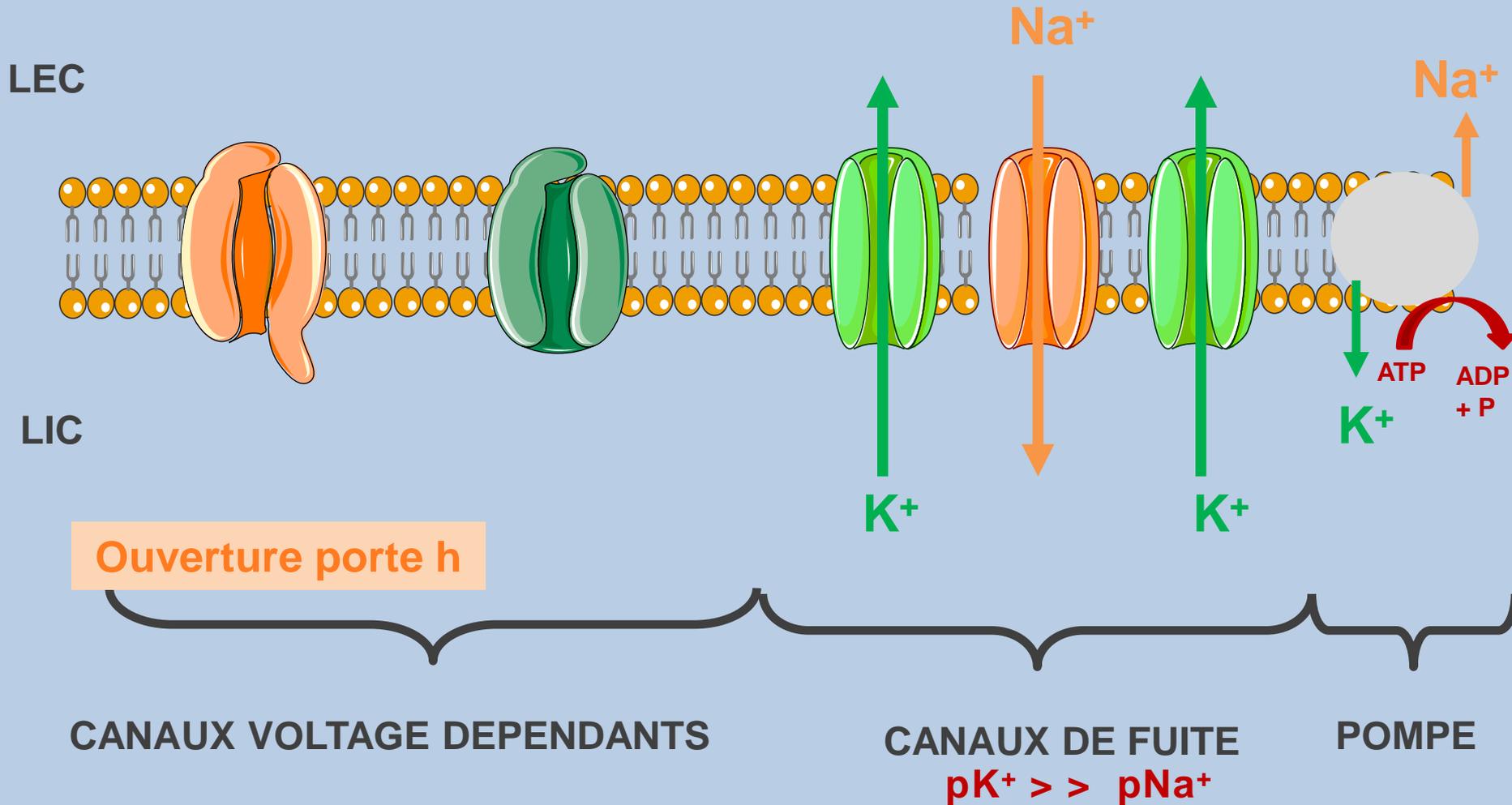


LE POTENTIEL D'ACTION

3- Les changements de perméabilité à l'origine du potentiel d'action

3.4. Modèle de fonctionnement

RETOUR AU POTENTIEL DE REPOS



Retour au potentiel de repos

Intracellulaire

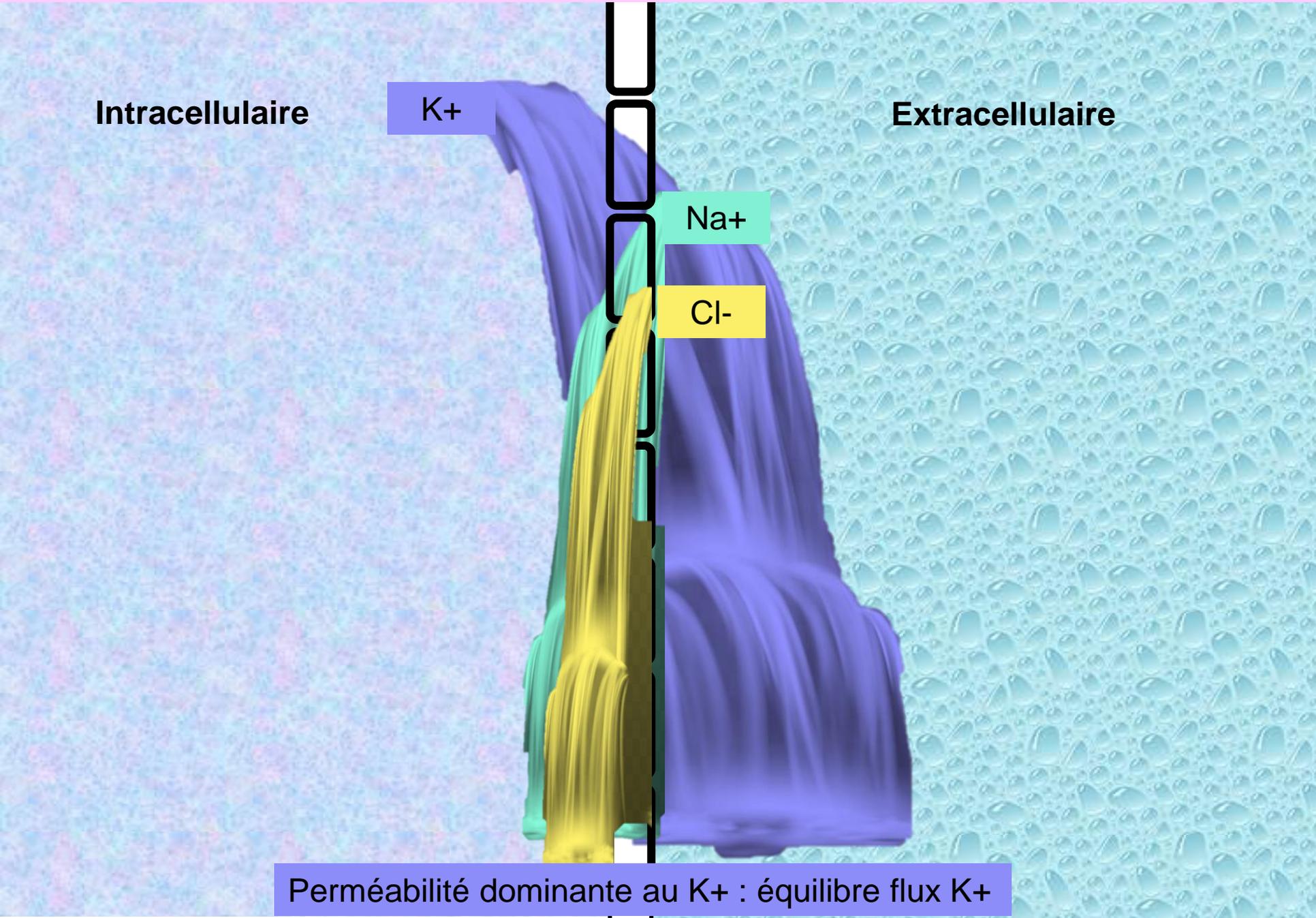
K⁺

Extracellulaire

Na⁺

Cl⁻

Perméabilité dominante au K⁺ : équilibre flux K⁺



POTENTIEL D'ACTION = COMBINAISON

d'une cinétique d'Ouverture/Fermeture différente pour les canaux V_{dep} Na^+ et K^+

Canal V_{dep} Na^+ : ouverture rapide (porte m),
fermeture lente (porte h)

Canal V_{dep} K^+ : ouverture/fermeture lente
(porte n)

LE POTENTIEL D'ACTION

1. Particularités des membranes excitables
2. Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action
3. Les changements de perméabilité membranaire à l'origine du potentiel d'action
4. Les propriétés du potentiel d'action
 - 4.1. Amplitude constante

L'amplitude du potentiel d'action dépend:

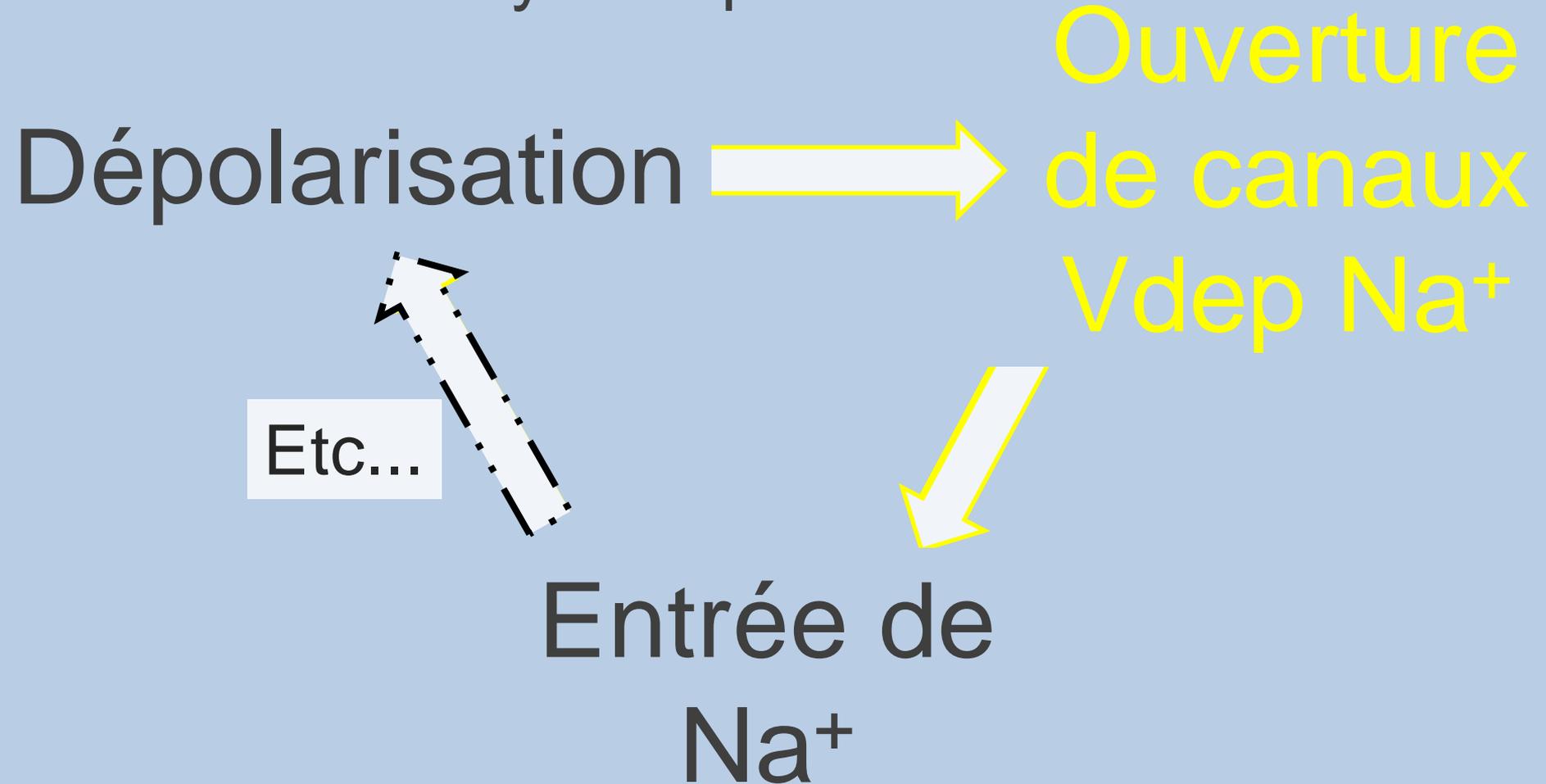
- 1- du nombre de canaux voltage-dépendants
- 2- des bornes E_{Na^+} et E_{K^+} du système

Ces paramètres sont stables ce qui explique la grande stabilité de l'amplitude de cette réponse

LE POTENTIEL D'ACTION

1. Particularités des membranes excitables
2. Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action
3. Les changements de perméabilité membranaire à l'origine du potentiel d'action
4. Les propriétés du potentiel d'action
 - 4.1. Amplitude constante
 - 4.2. Seuil de déclenchement

Pendant le potentiel d'action, une réaction dynamique s'instaure :

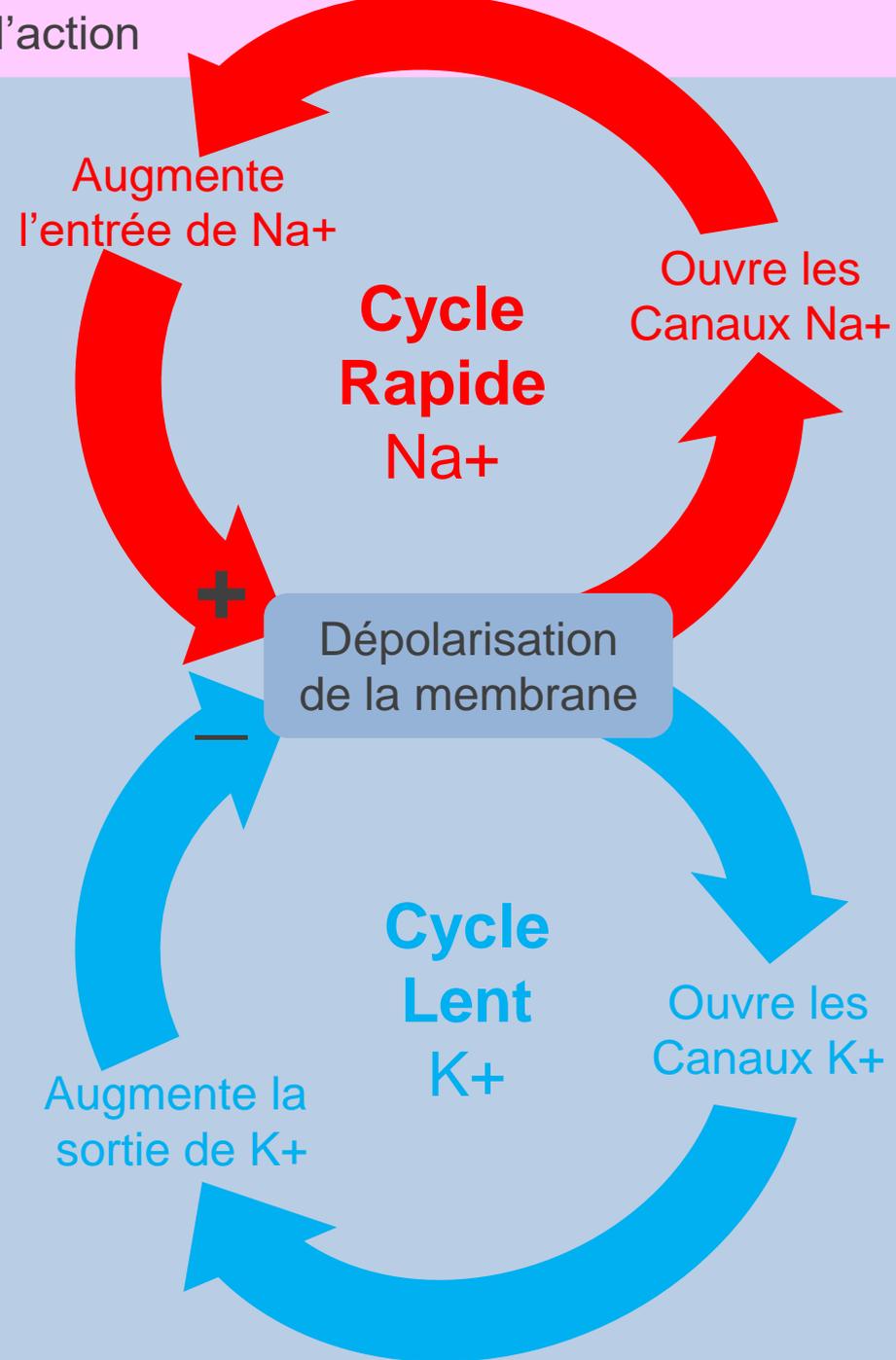


Le potentiel d'action

Le potentiel d'action s'accompagne de deux phénomènes **simultanés** qui ont des constantes de temps différentes:

Un **cycle rapide Na⁺**, en **rétroaction positive**, suivi d'une **inactivation salvatrice**

Un **cycle plus lent K⁺**, en **rétroaction négative**, sans inactivation



Le Potentiel d'action

V = 0 mVolt

Potentiel de repos

seuil

Intracellulaire

Na⁺

K⁺

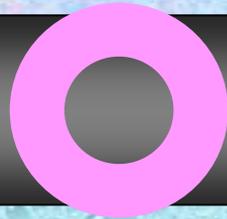
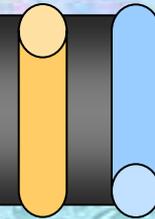
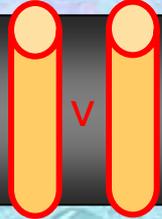
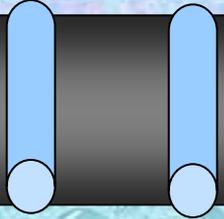
K⁺

K⁺

K⁺

Na⁺

K⁺



K⁺

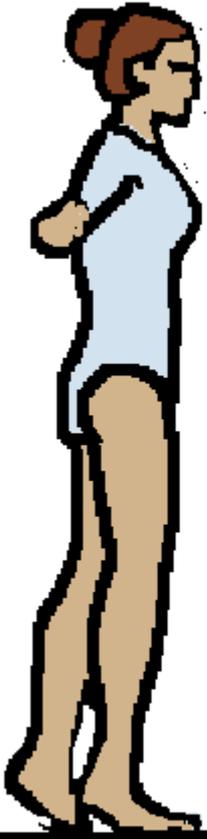
Na⁺ Na⁺

K⁺

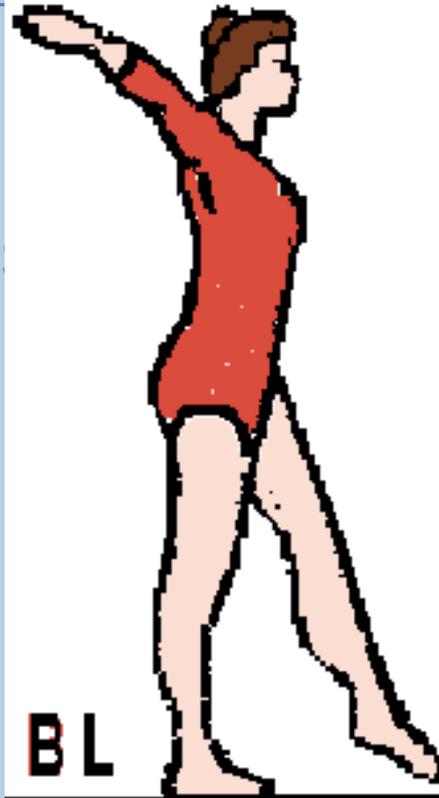
Extracellulaire

LES VARIATIONS DE POTENTIEL

Infraliminaire



Supraliminaire



Faible perturbation :
Equilibre peu perturbé
Le Potentiel local

Perturbation importante :
un Signal est généré
Le Potentiel d'Action

Au cours du potentiel d'action

la diffusion ne se fait pas jusqu'à l'équilibre des concentrations du K^+ ,
mais à l'équilibre entre deux forces :

Intracellulaire

Na^+

Na^+

K^+

K^+

K^+

K^+



Gradient électrique

K^+

K^+

K^+

K^+

Le K^+ est attiré par les **charges -** de l'extérieure et repoussé par les **charges +** de l'intérieure



Na^+

K^+

K^+

K^+



Gradient de concentration

Le K^+ cherche à diffuser en suivant son gradient de concentration

Extracellulaire

Le gradient électrique accroît la diffusion du K^+ ,
induisant une hyperpolarisation transitoire

LE POTENTIEL D'ACTION

1. Particularités des membranes excitables
2. Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action
3. Les changements de perméabilité membranaire à l'origine du potentiel d'action
4. Les propriétés du potentiel d'action
 - 4.1. Amplitude constante
 - 4.2. Seuil de déclenchement
 - 4.3. Période réfractaire

DEFINITION : Période réfractaire =

Située après la phase de dépolarisation du potentiel d'action, c'est une période pendant laquelle la membrane est temporairement inexcitable

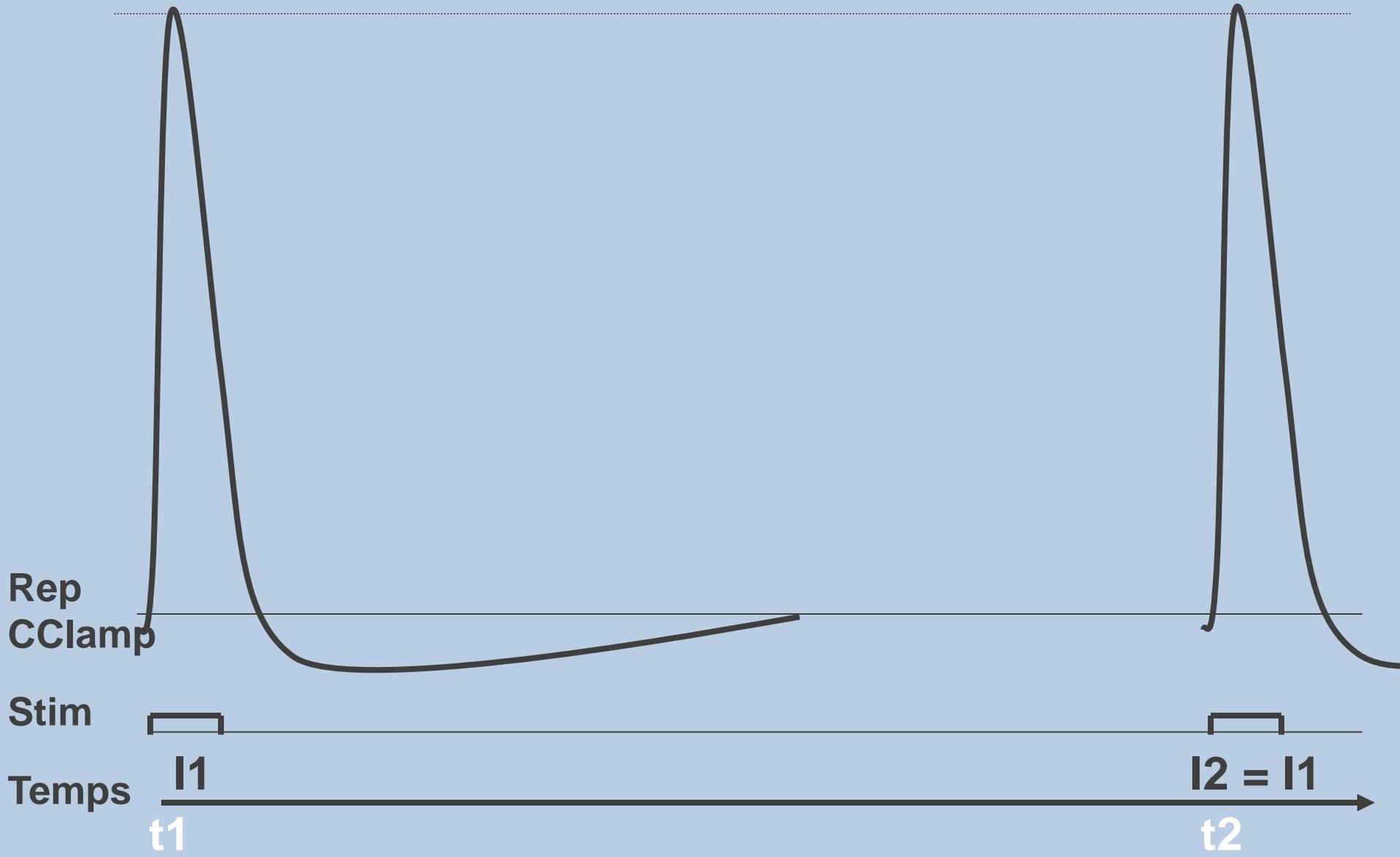
MISE EN EVIDENCE :

Par application de deux stimulations séparées par un délai variable

4. Les propriétés du potentiel d'action

4.3. Période réfractaire

LE POTENTIEL D'ACTION

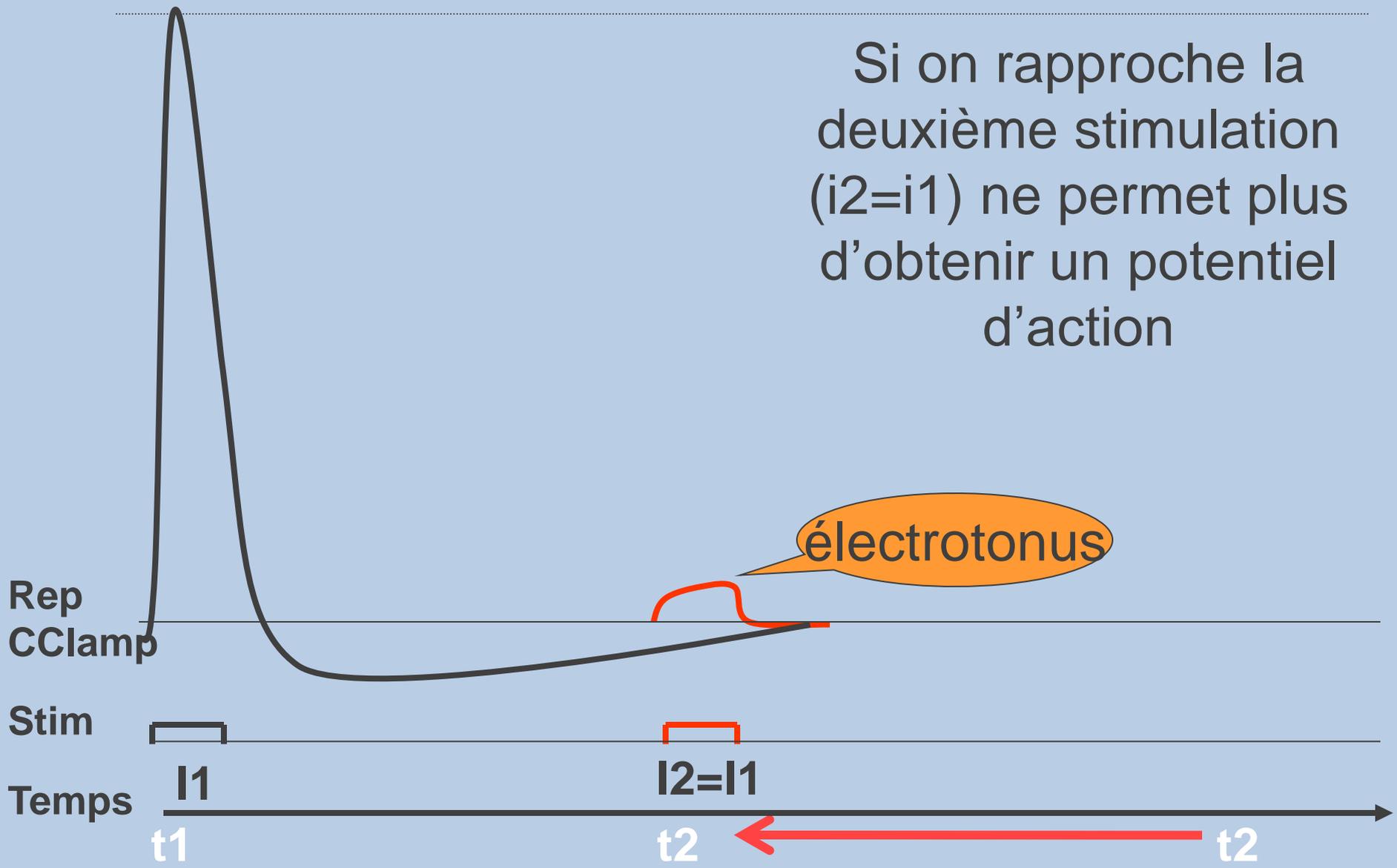


4. Les propriétés du potentiel d'action

4.3. Période réfractaire

LE POTENTIEL D'ACTION

Si on rapproche la deuxième stimulation ($i_2=i_1$) ne permet plus d'obtenir un potentiel d'action

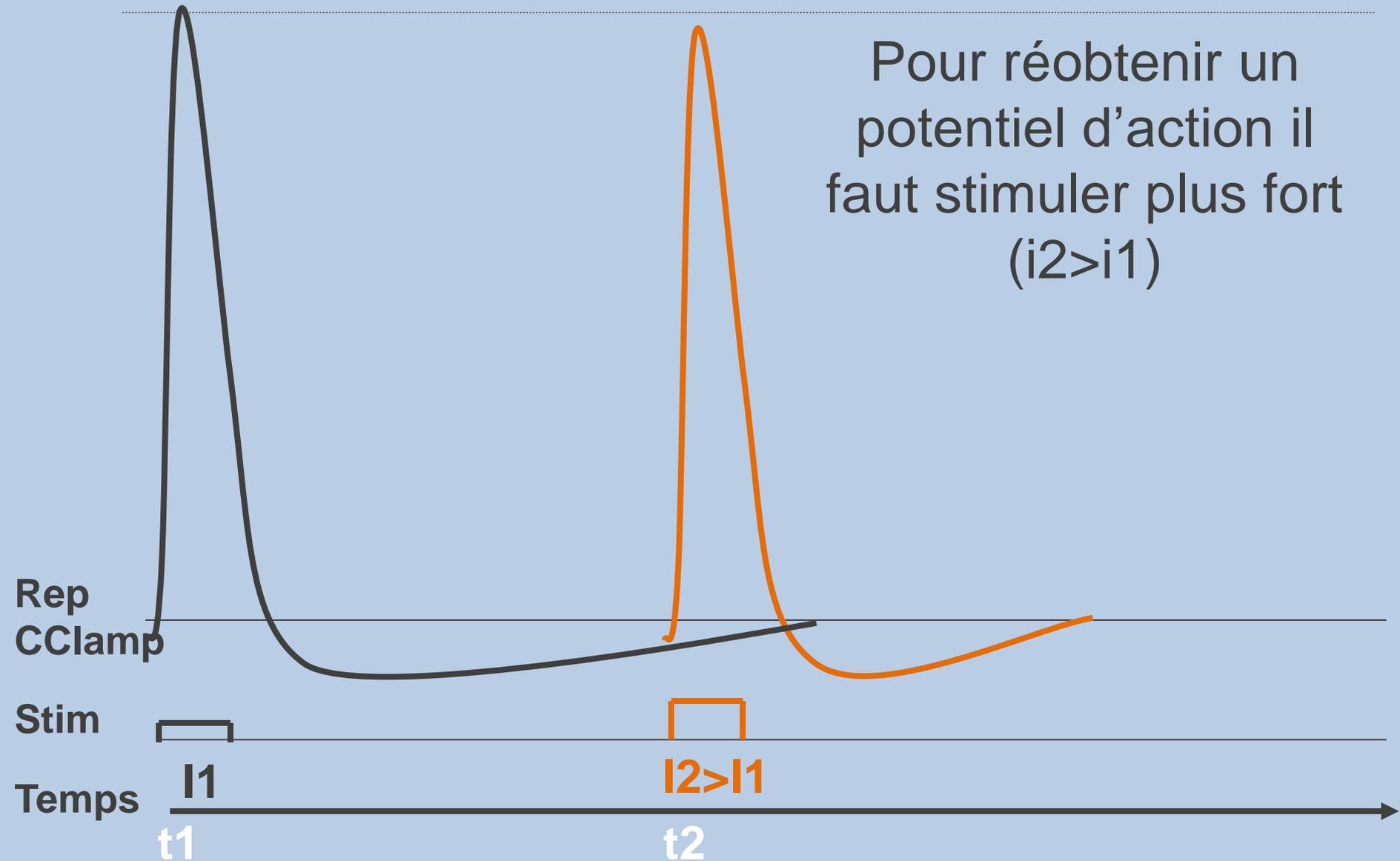


LE POTENTIEL D'ACTION

4. Les propriétés du potentiel d'action

4.3. Période réfractaire

Pour réobtenir un potentiel d'action il faut stimuler plus fort ($i_2 > i_1$)

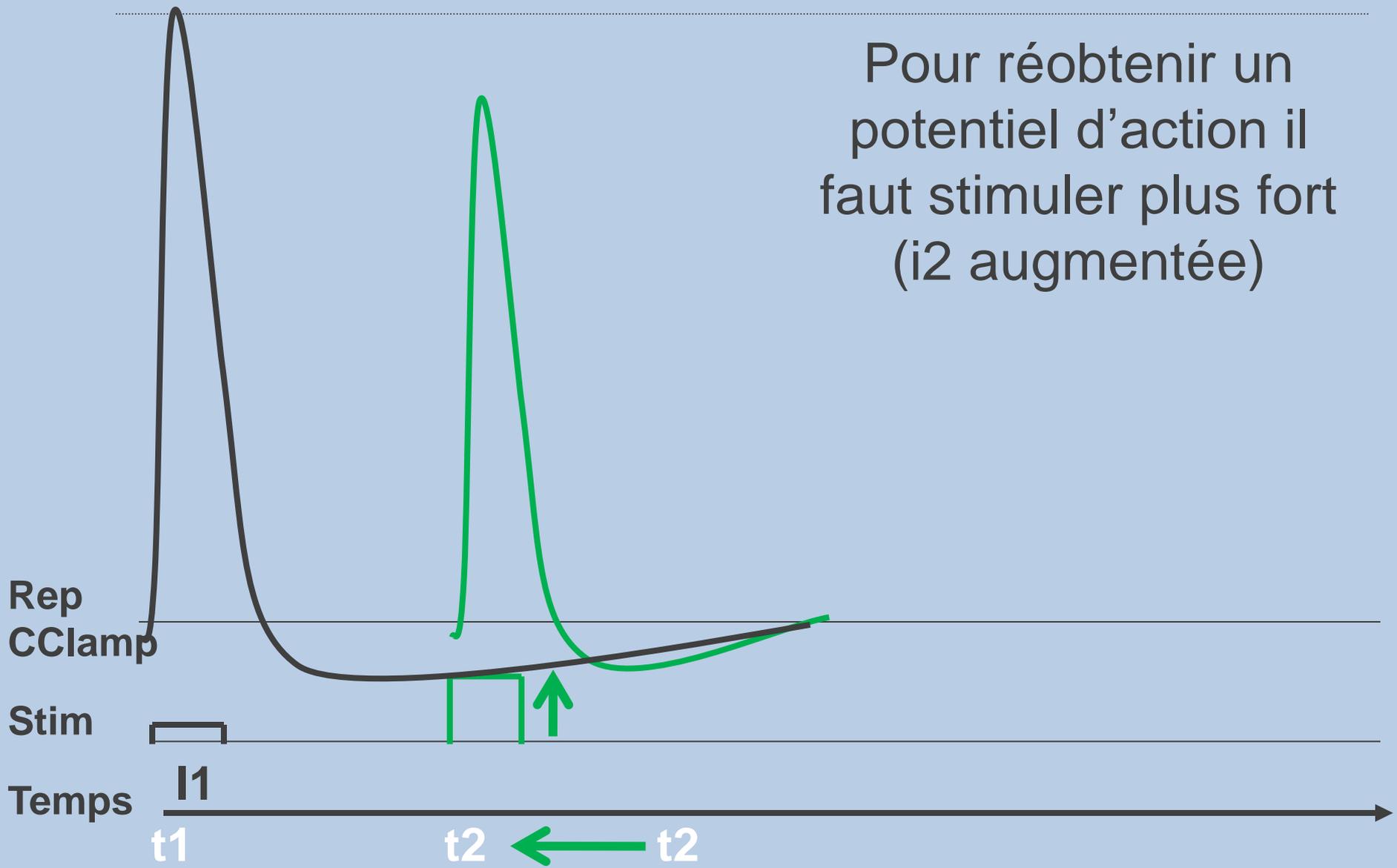


4. Les propriétés du potentiel d'action

4.3. Période réfractaire

LE POTENTIEL D'ACTION

Pour réobtenir un potentiel d'action il faut stimuler plus fort (i_2 augmentée)

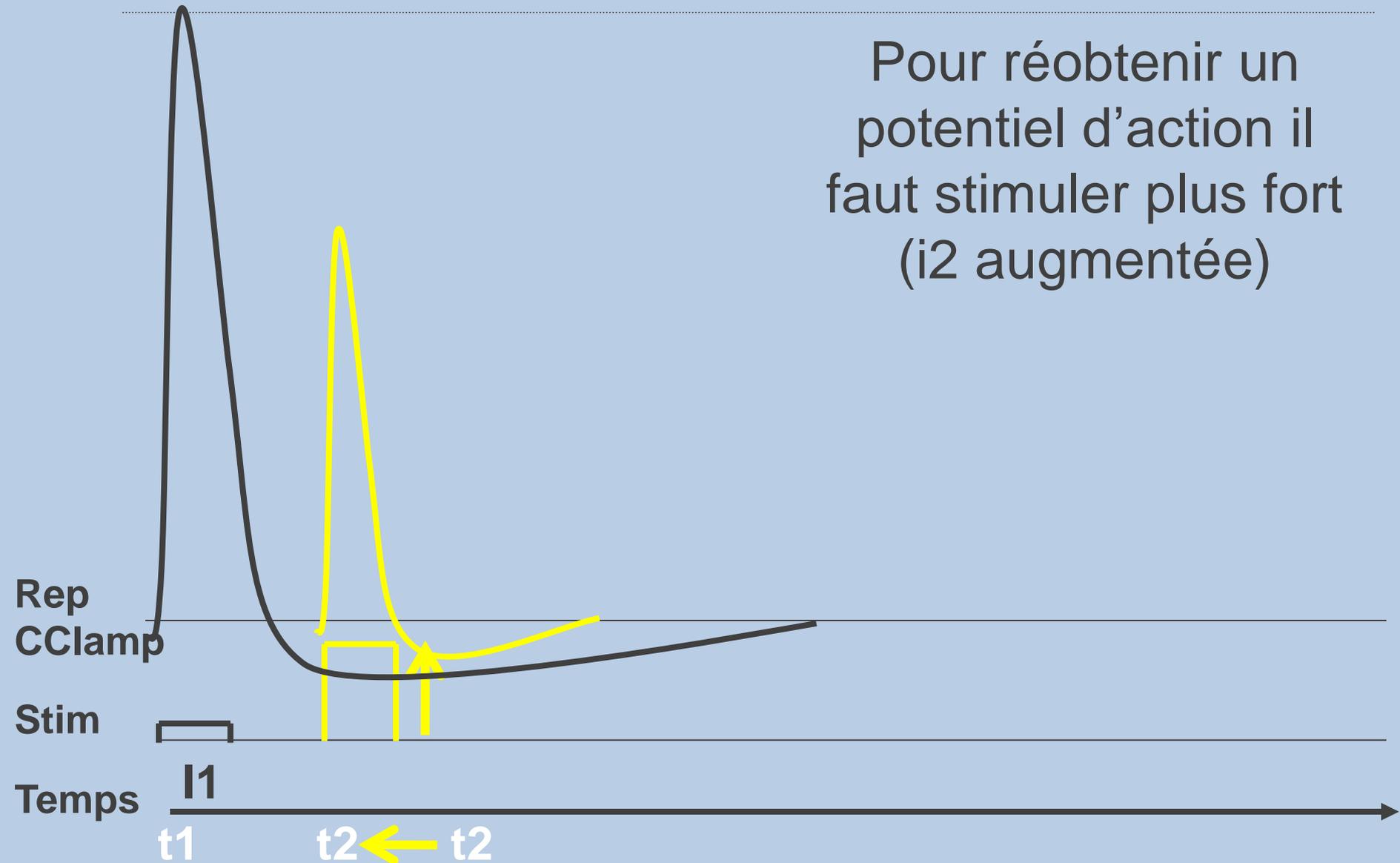


4. Les propriétés du potentiel d'action

4.3. Période réfractaire

LE POTENTIEL D'ACTION

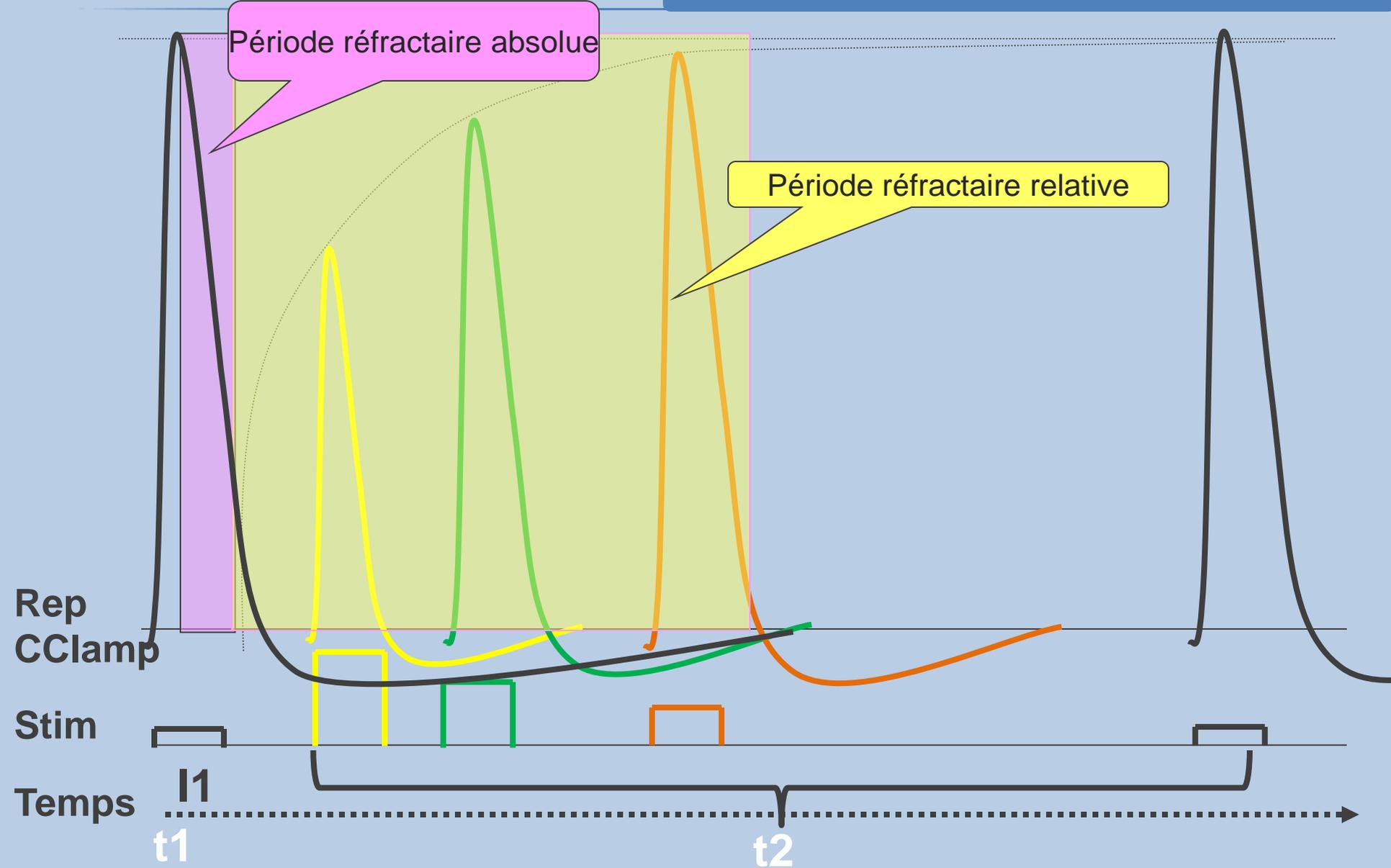
Pour réobtenir un potentiel d'action il faut stimuler plus fort (i_2 augmentée)



4. Les propriétés du potentiel d'action

4.3. Période réfractaire

LE POTENTIEL D'ACTION



DEFINITIONS:

**Période Réfractaire Absolue (PRA) ($\approx 1\text{ms}$) =
Inexcitabilité TOTALE de la membrane**

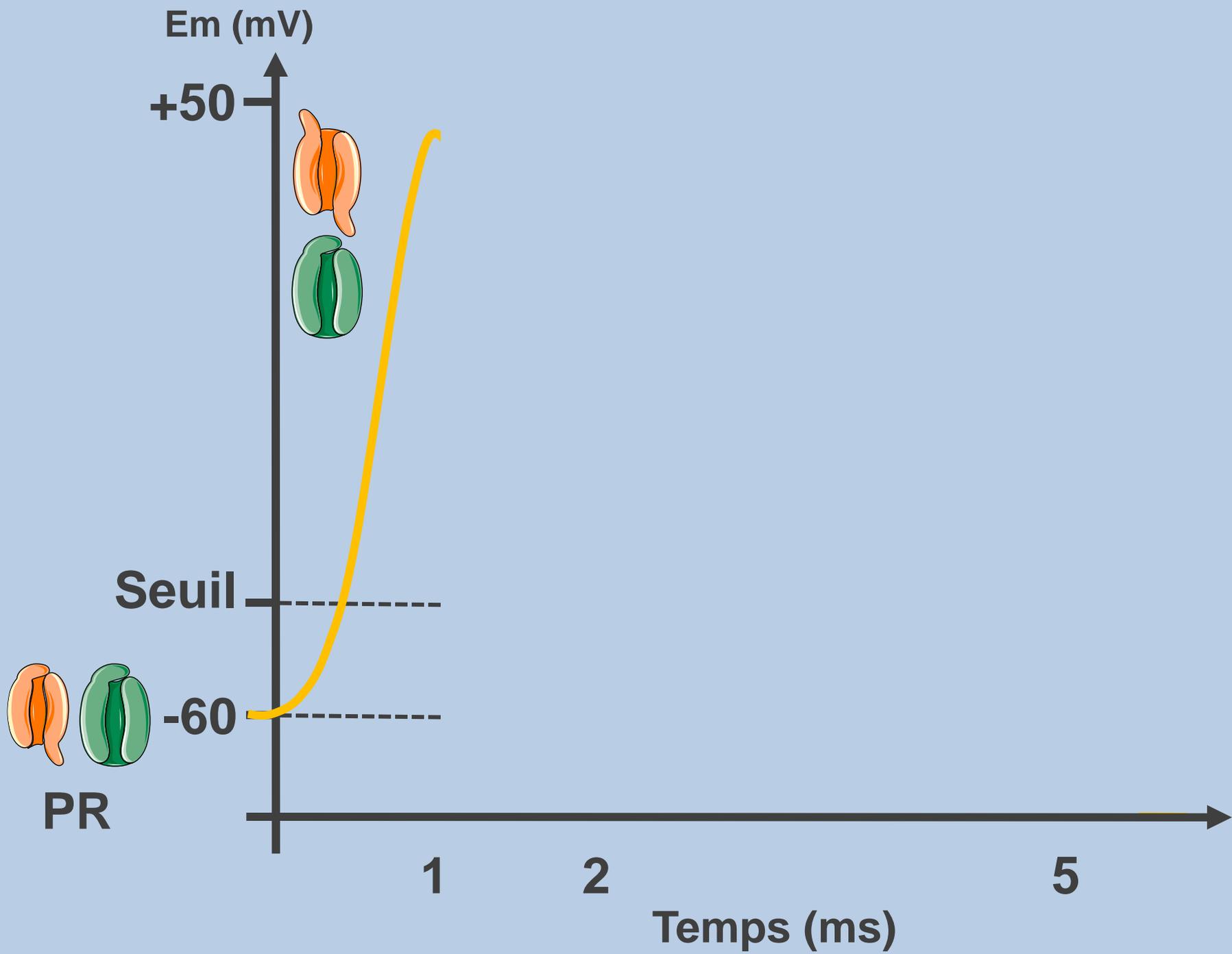
*(même en stimulant plus fort **on ne peut pas** induire un
potentiel d'action)*

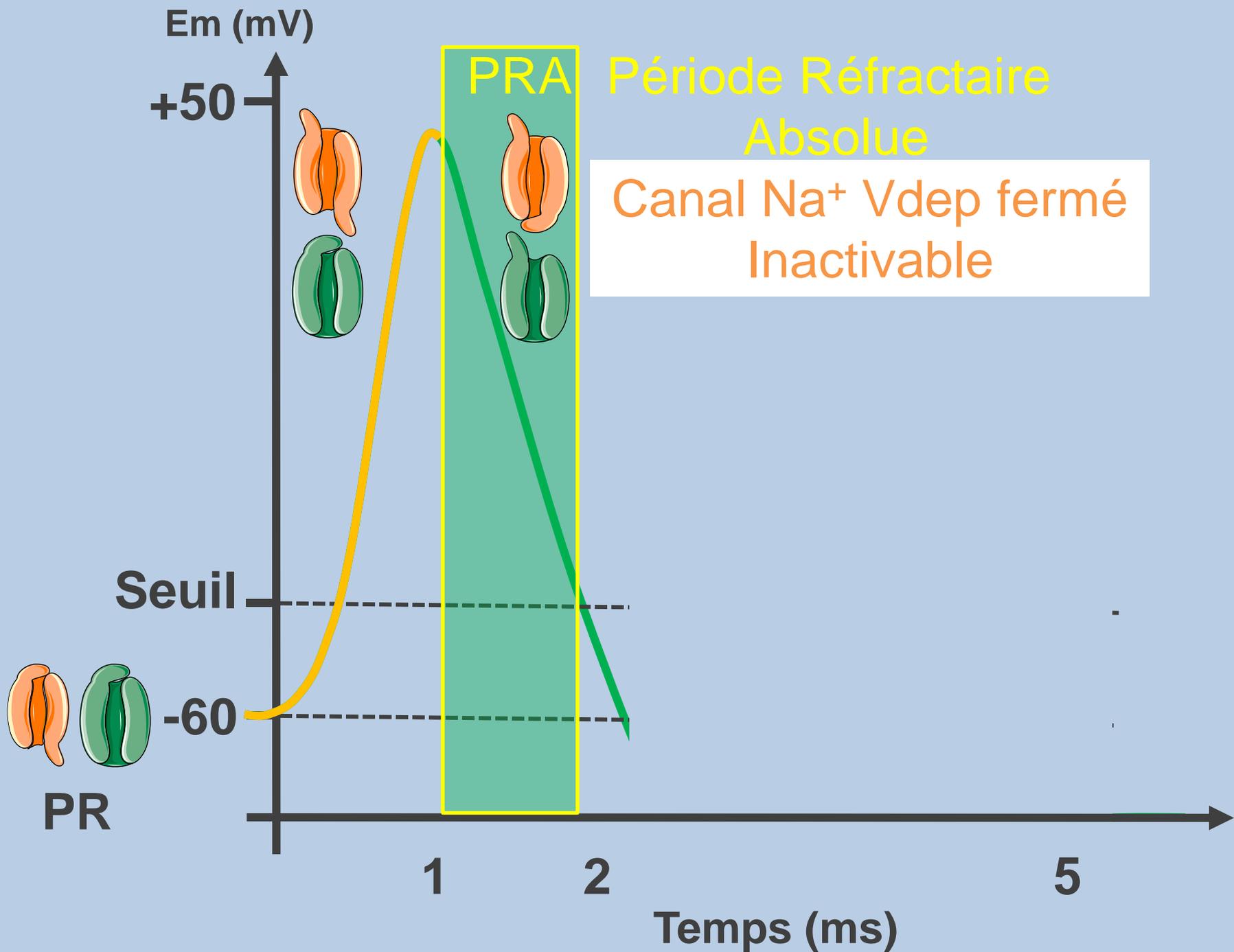
**Période Réfractaire Relative (PRR)=
Inexcitabilité PARTIELLE de la membrane**

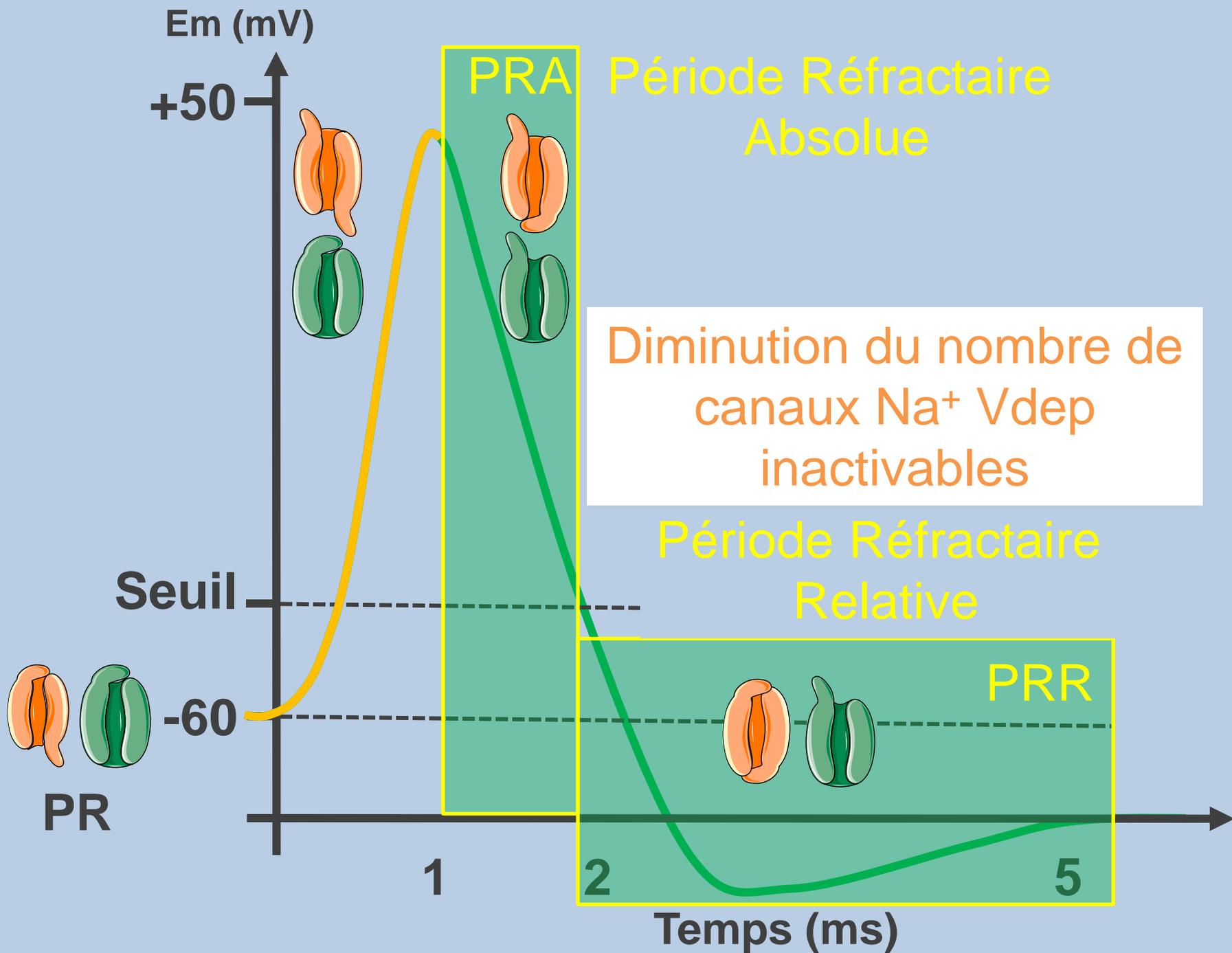
*(on pourrait obtenir un potentiel d'action
MAIS en stimulant plus fort)*

CONFIGURATION DES CANAUX V_{dep} Na^+ & K^+

Pendant la PRA & la PRR







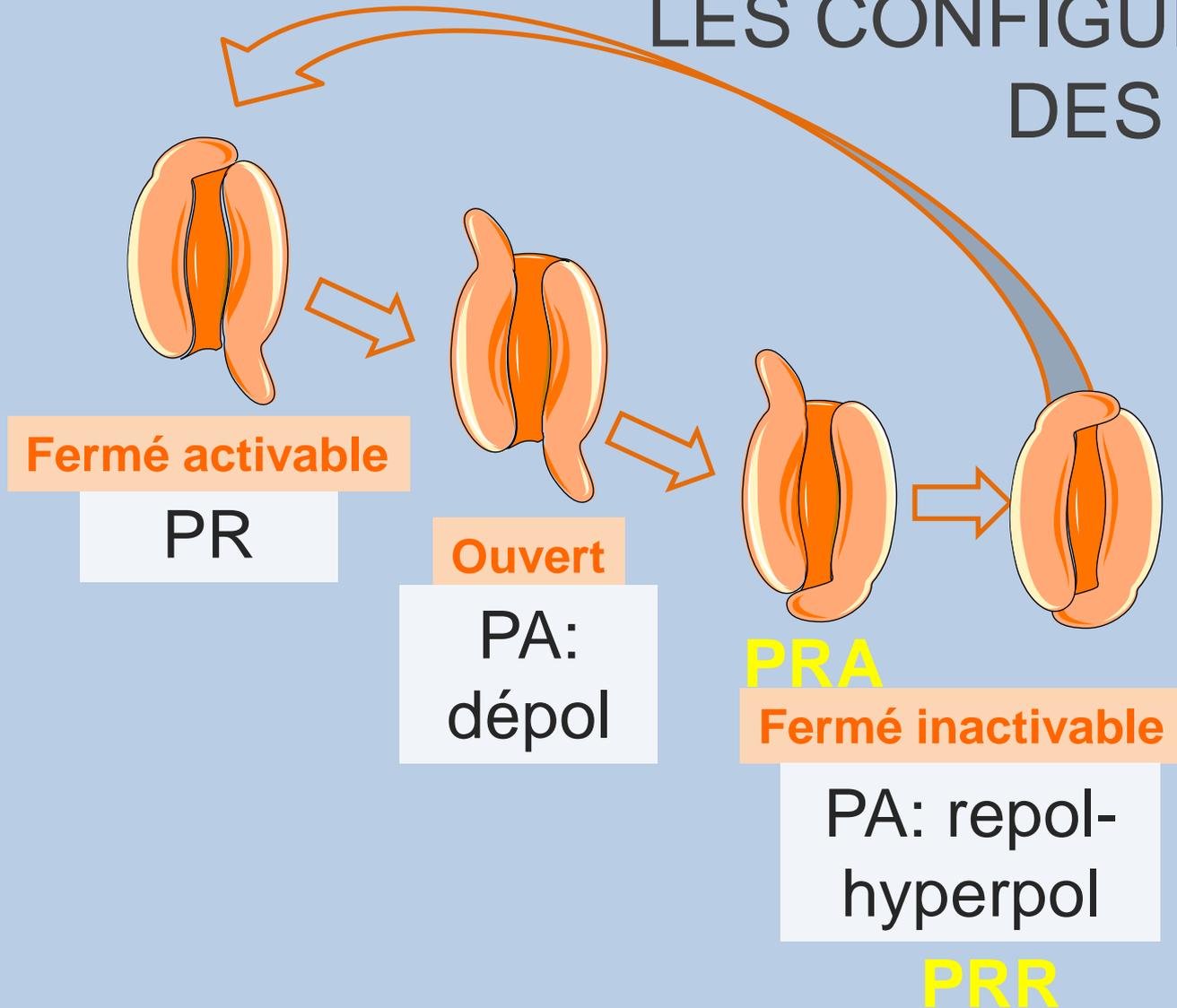
LE POTENTIEL D'ACTION

4. Les propriétés du potentiel d'action

4.3. Période réfractaire

LES CONFIGURATIONS DES CANAUX

$V_{dep} Na^+$



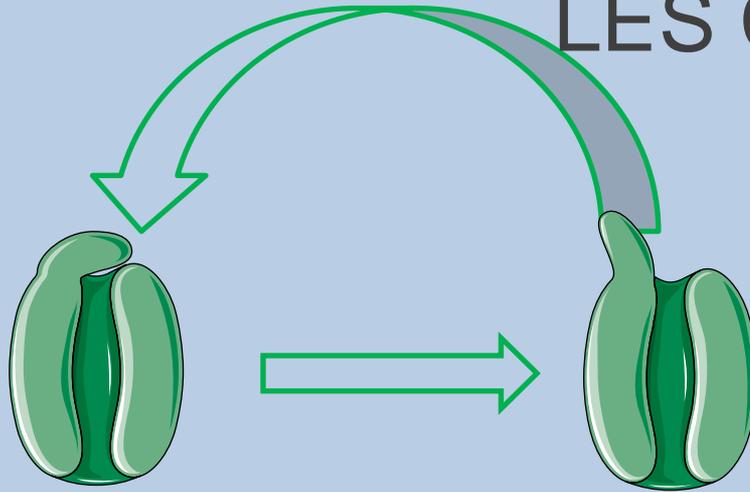
LE POTENTIEL D'ACTION

4. Les propriétés du potentiel d'action

4.3. Période réfractaire

LES CONFIGURATIONS DES CANAUX

$V_{dep} K^+$



Fermé

PR

&

PA:
dépol

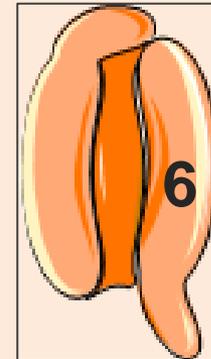
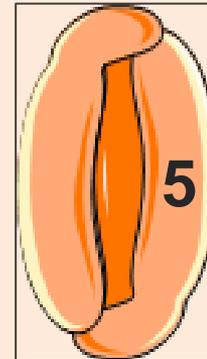
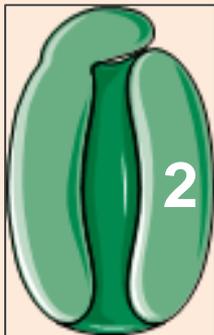
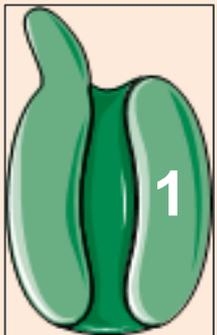
Ouvert

PA: repol-
hyperpol



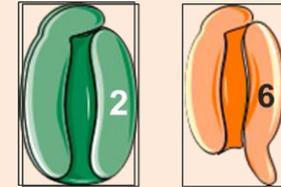
Pour chaque phase du potentiel d'action, indiquez la configuration des canaux Na^+ et K^+

- A. Potentiel de repos**
- B. Dépolarisation**
- C. Repolarisation**
- D. Hyperpolarisation**

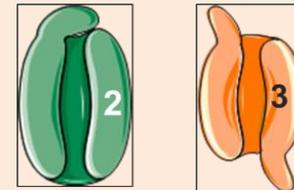


Pour chaque phase du potentiel d'action, indiquez la configuration des canaux Na^+ et K^+

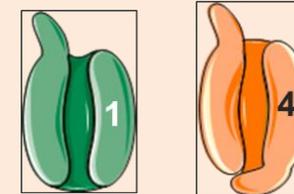
A. Potentiel de repos : **réponse 2.6.**



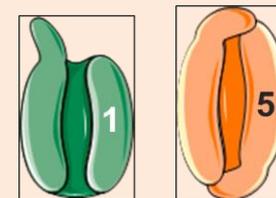
B. Dépolarisation: **réponse 2.3.**



C. Repolarisation: **réponse 1.4.**



D. Hyperpolarisation : **réponse 1.5.**



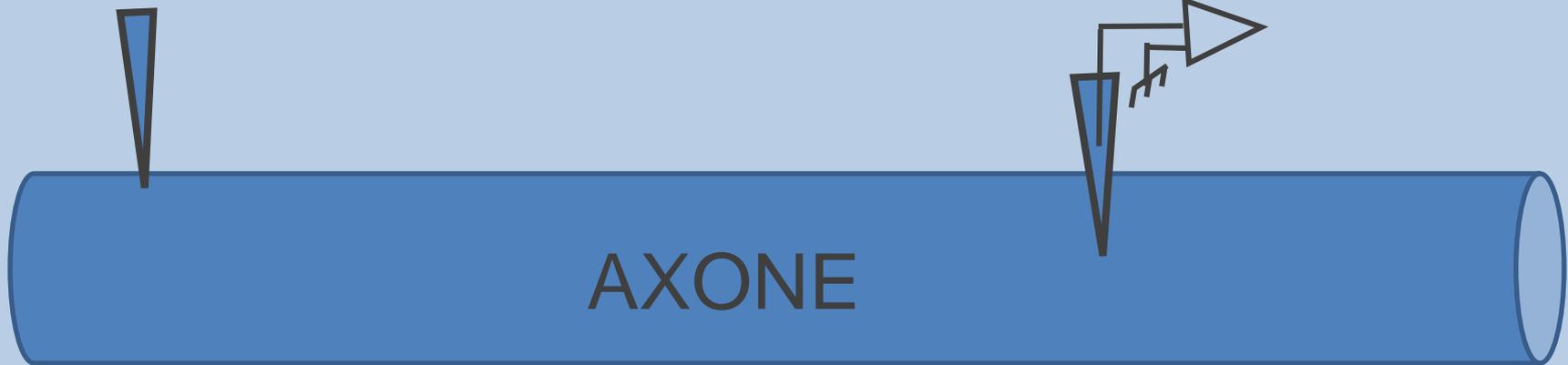
LE POTENTIEL D'ACTION

1. Particularités des membranes excitables
2. Evolution du transfert passif des ions durant le potentiel d'action
3. Les changements de perméabilité membranaire à l'origine du potentiel d'action
4. Les propriétés du potentiel d'action
 - 4.1. Amplitude constante
 - 4.2. Seuil de déclenchement
 - 4.3. Période réfractaire
 - 4.4. Propagation du PA

LE POTENTIEL D'ACTION

STIMULATION

ENREGISTREMENT



Evaluation de la vitesse de propagation

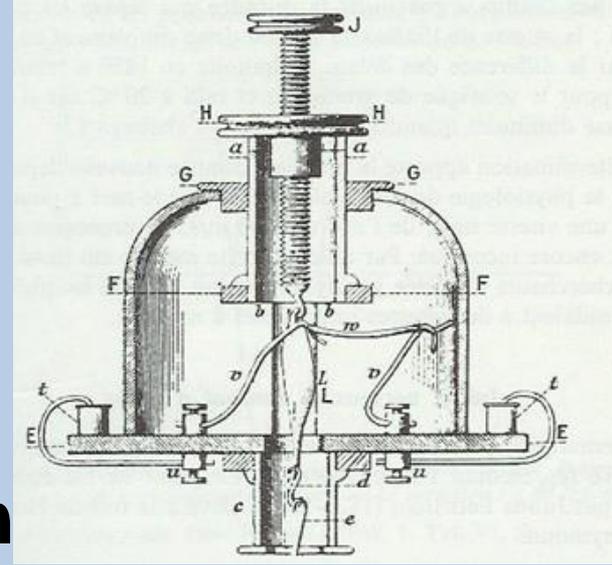
$$V = \frac{\text{Distance parcourue (cm)}}{\text{Temps mis à la parcourir (sec)}}$$



Emil Du Bois-Reymond
(1818-1896)
avec H von Helmholtz
(1852)

En stimulant un nerf de grenouille en différents points,
il observe que:

**le transport du courant
par le nerf est
étonnamment lent
(27m/s)**



Comment expliquer cette *lenteur*???

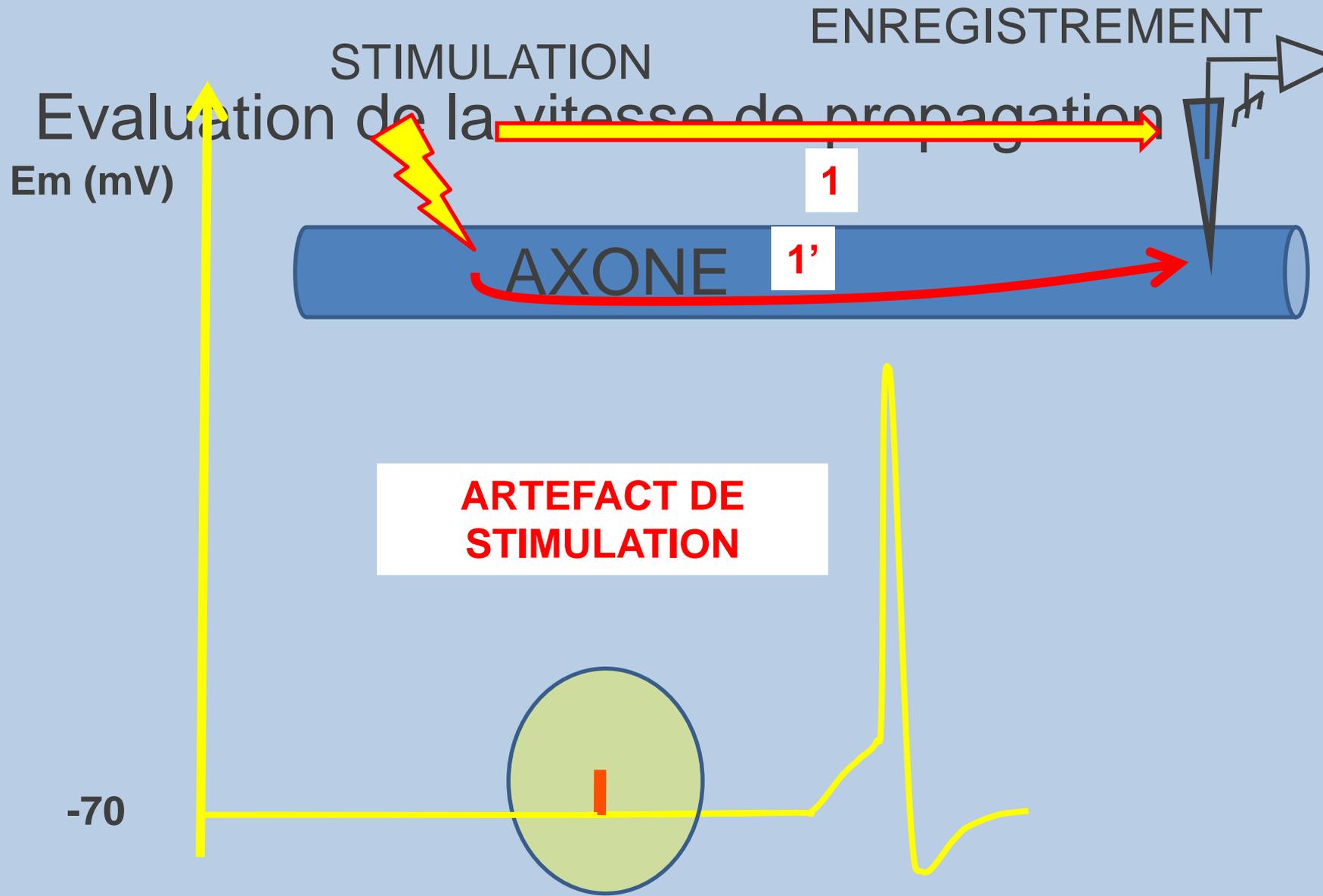
(par rapport à un milieu conducteur)



4. Les propriétés du potentiel d'action

4.4. Propagation du PA

LE POTENTIEL D'ACTION



Il existe donc **deux** types de fibres

Fibres **lentes**: non myélinisées

Fibres **rapides**: **myélinisées** de diamètre variable

Axone myélinisé

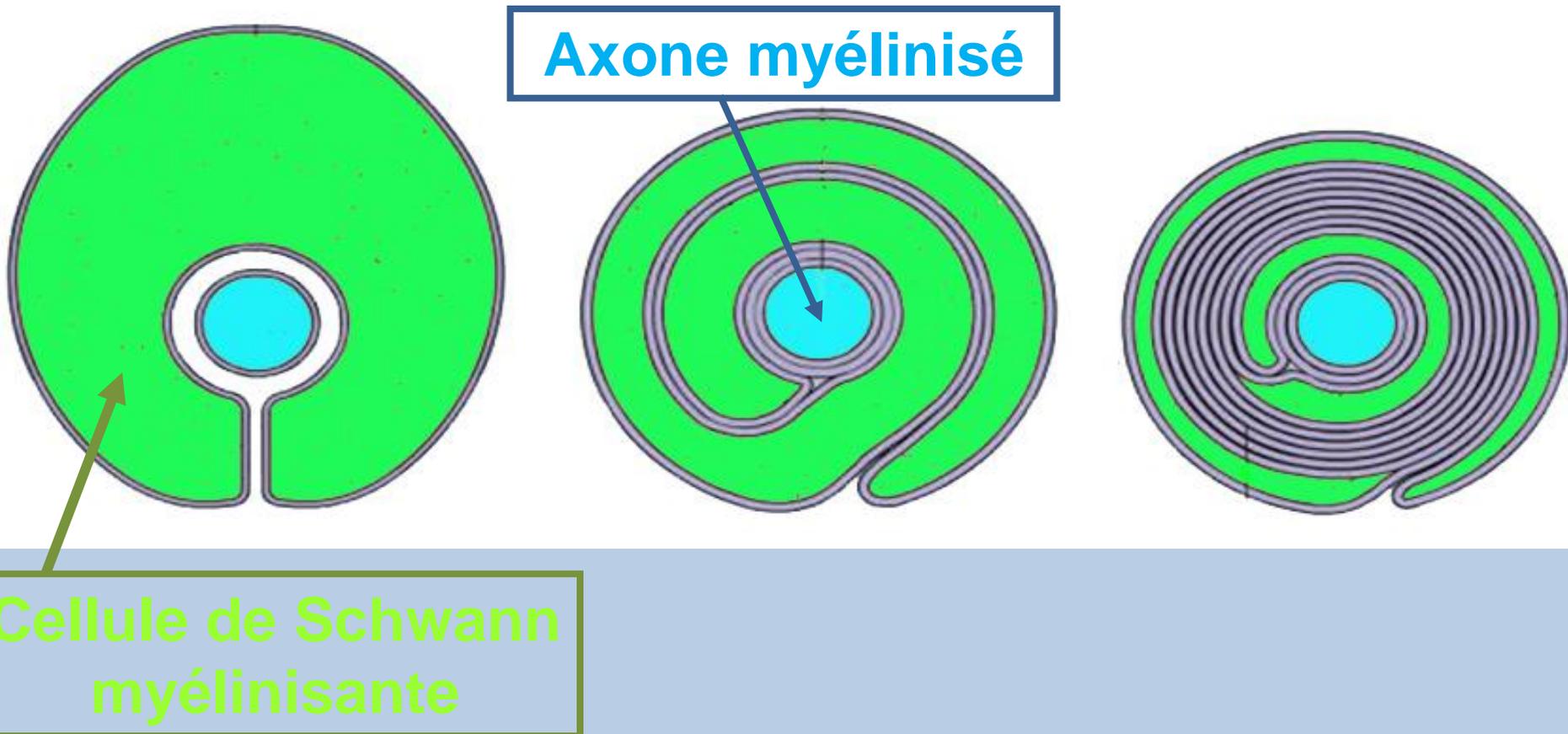
Myéline = Spirale compacte de membrane plasmique de cellule gliale : oligodendrocyte (SNC) ou cellule de Schwann (SNP).

Cette spirale riche en lipides (70%), entoure certains axones en formant une gaine autour de ceux-ci (gaine de myéline).

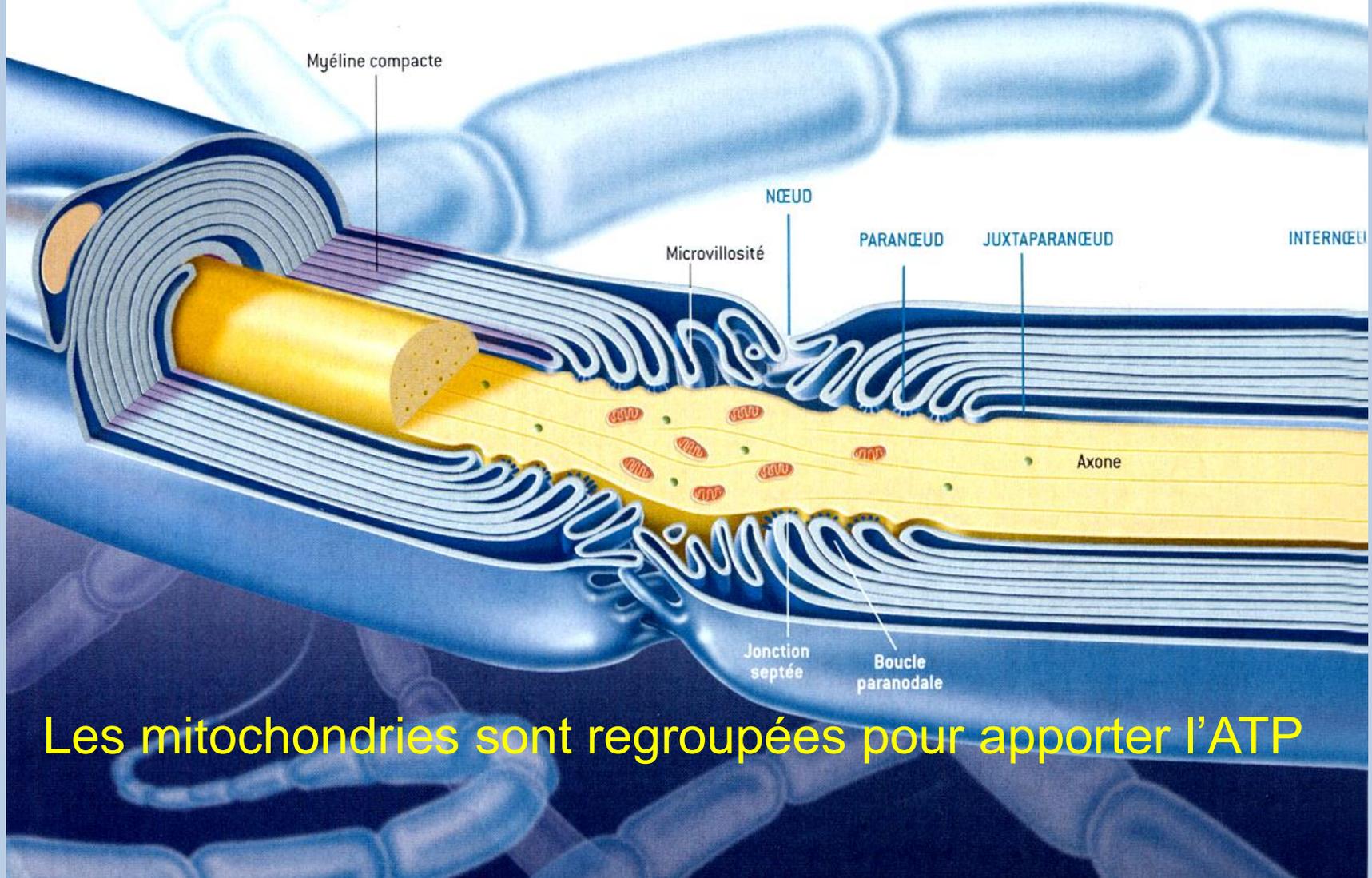
Cette gaine isole les axones les uns des autres et permet d'accroître la vitesse de propagation du message nerveux le long des fibres nerveuses.

Axone myélinisé SNP

(Système Nerveux Périphérique)
Coupe transversale



Les nœuds de Ranvier : Isolant local + conduction saltatoire



Les mitochondries sont regroupées pour apporter l'ATP

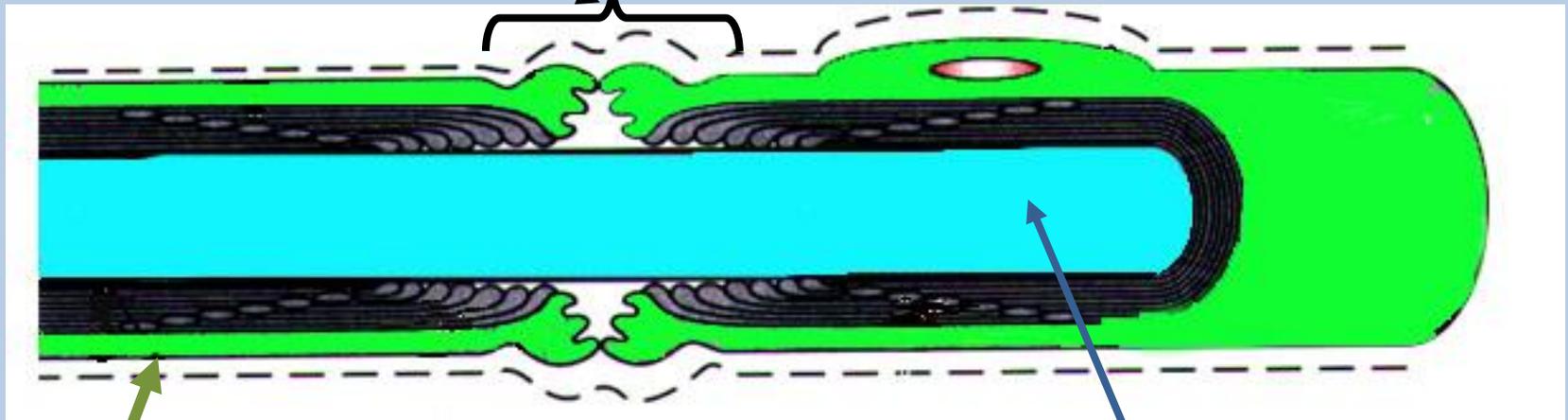
LE POTENTIEL D'ACTION

4. Les propriétés du potentiel d'action

4.4. Propagation du PA

Axone myélinisé SNP (Système Nerveux Périphérique) Coupe Longitudinale

Nœud de
Ranvier



Axone myélinisé

Cellule de Schwann
myélinisante

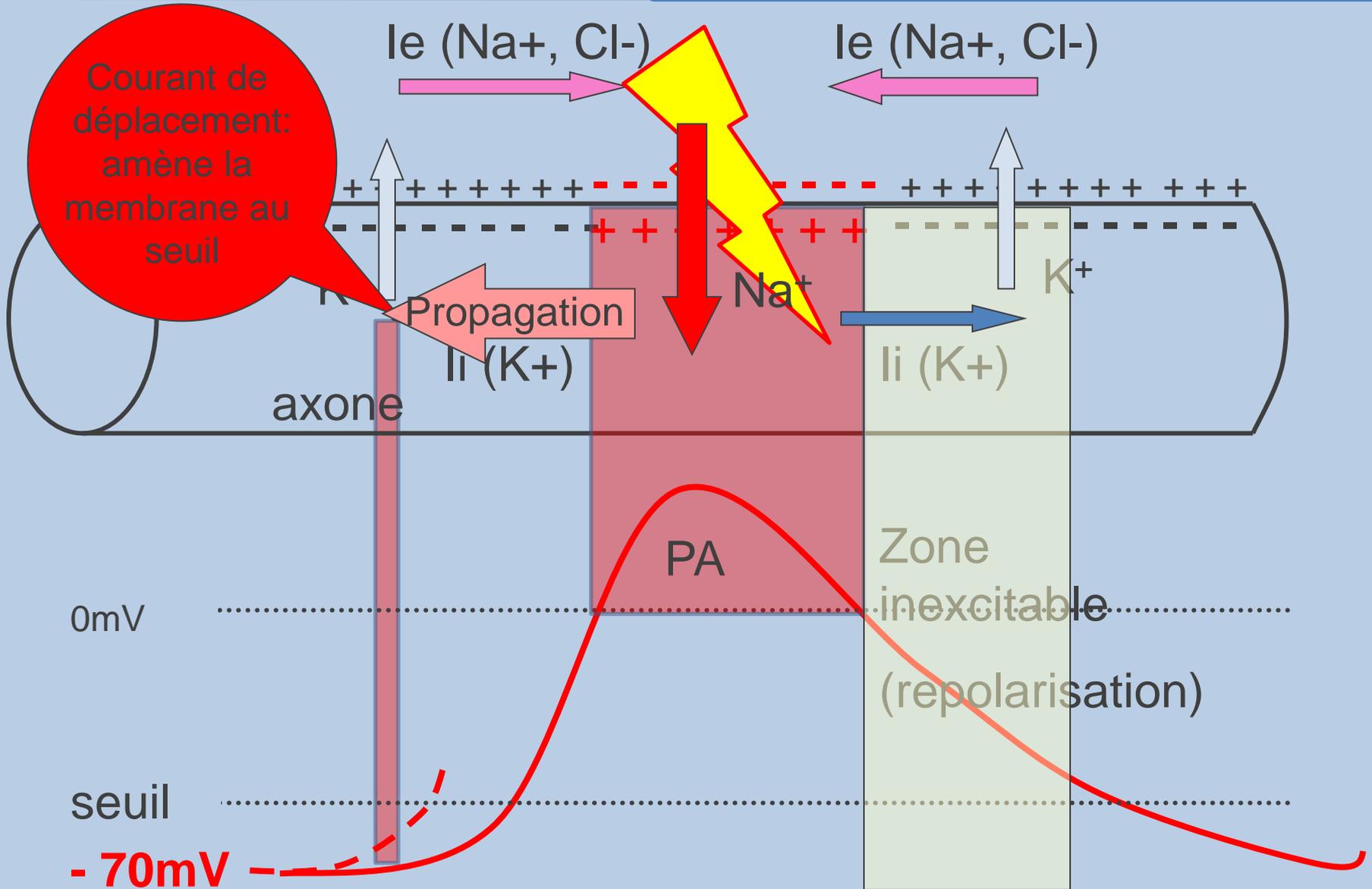
On distingue la propagation:

✚ De proche en proche: axone non myélinisé

4. Les propriétés du potentiel d'action

4.4. Propagation du PA

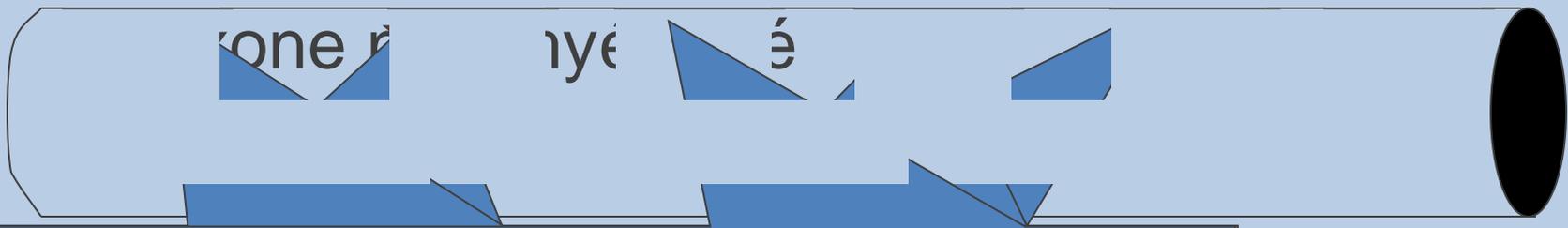
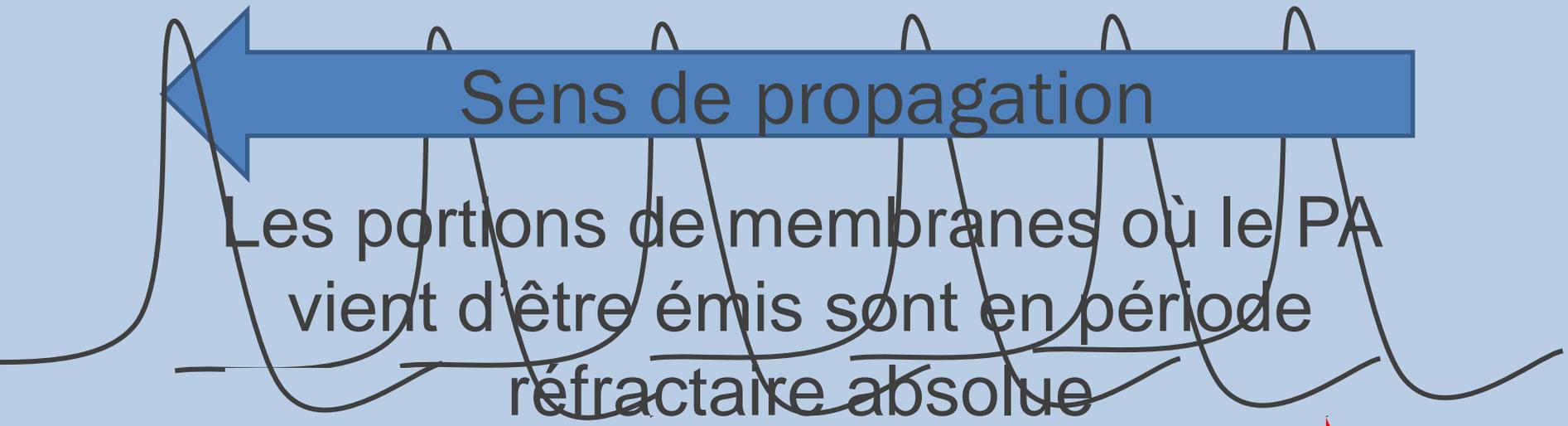
LE POTENTIEL D'ACTION



LE POTENTIEL D'ACTION

4. Les propriétés du potentiel d'action

4.4. Propagation du PA



En avant du PA le courant de déplacement amène la membrane au seuil du PA : Le PA apparaît en ce point

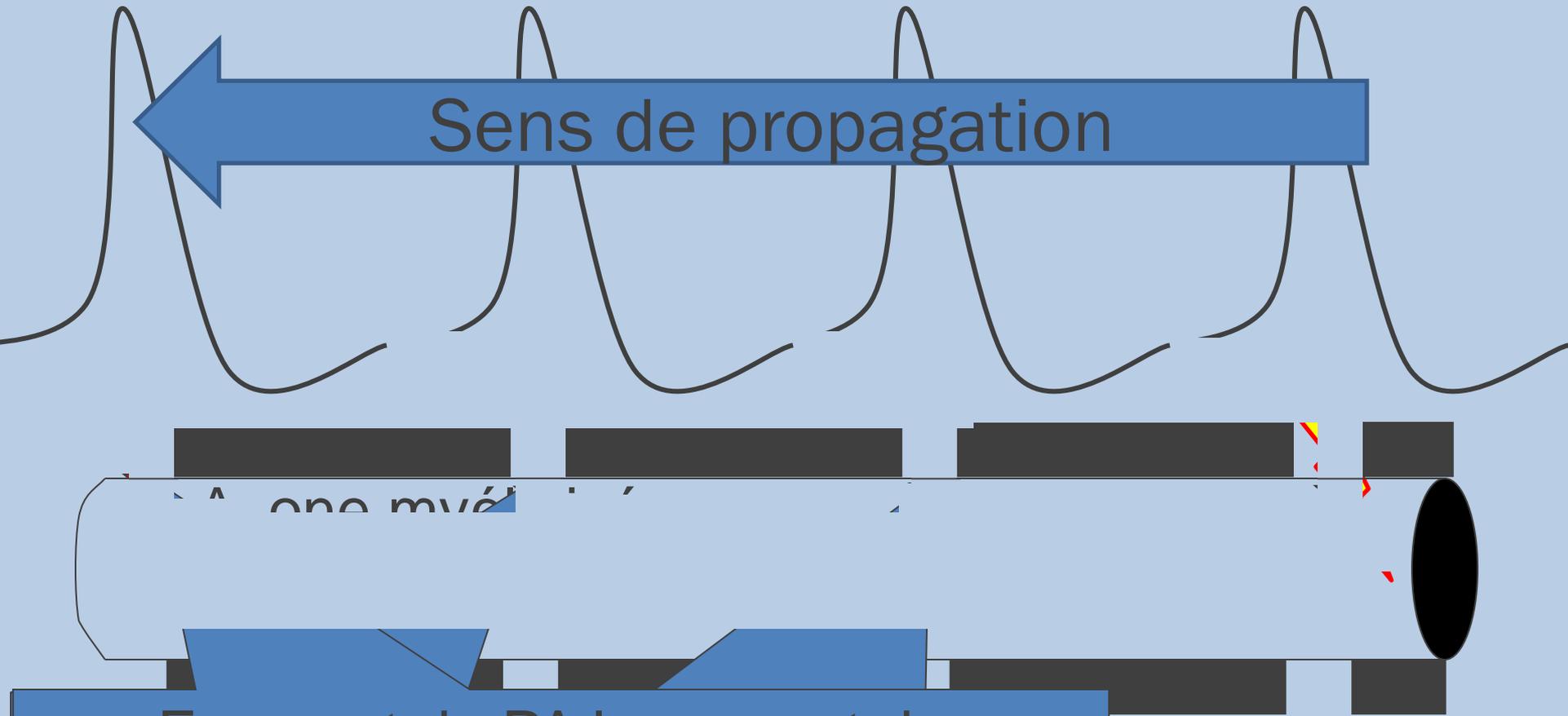
On distingue la propagation:

- ✚ De proche en proche : axone non myélinisé
- ✚ Saltatoire : axone myélinisé

LE POTENTIEL D'ACTION

4. Les propriétés du potentiel d'action

4.4. Propagation du PA



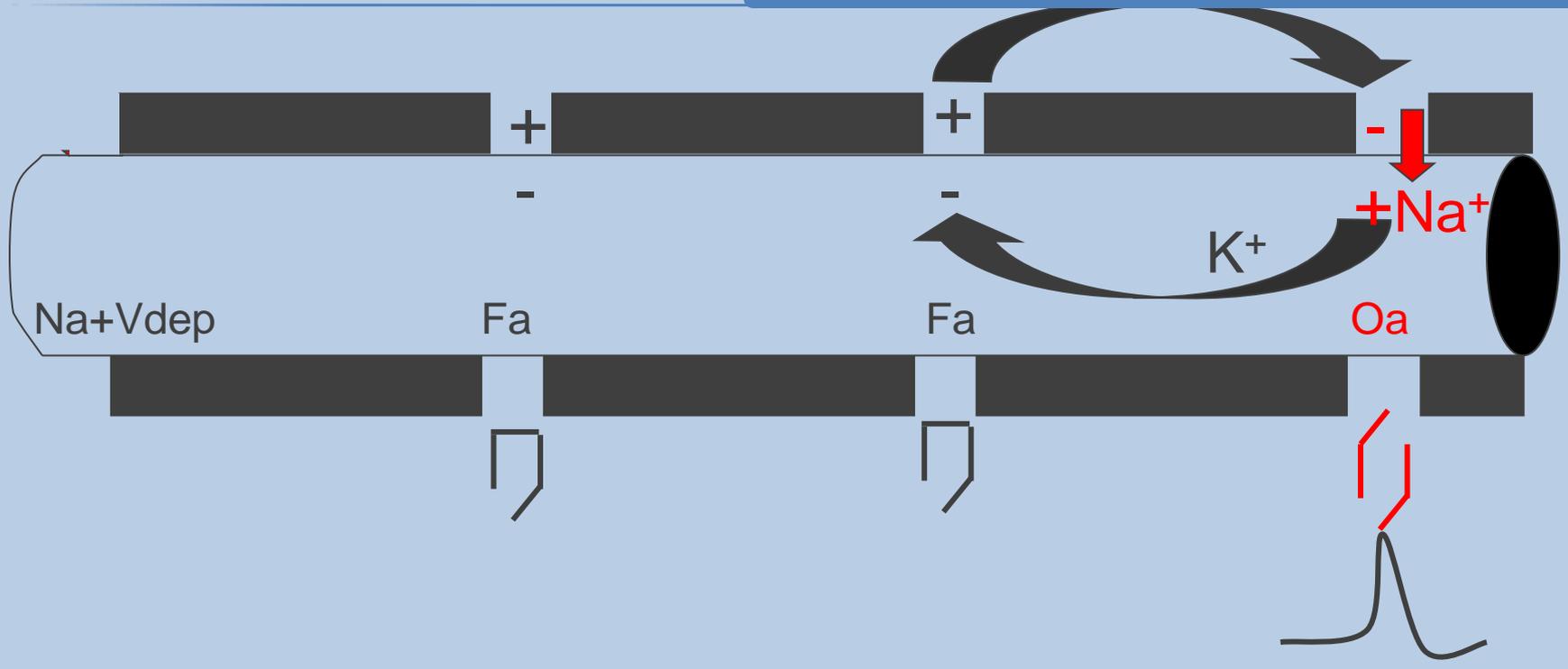
Sens de propagation

En avant du PA le courant de déplacement amène la membrane au seuil du PA: Le PA apparaît en ce point

LE POTENTIEL D'ACTION

4. Les propriétés du potentiel d'action

4.4. Propagation du PA





Facteurs influençant la vitesse de propagation

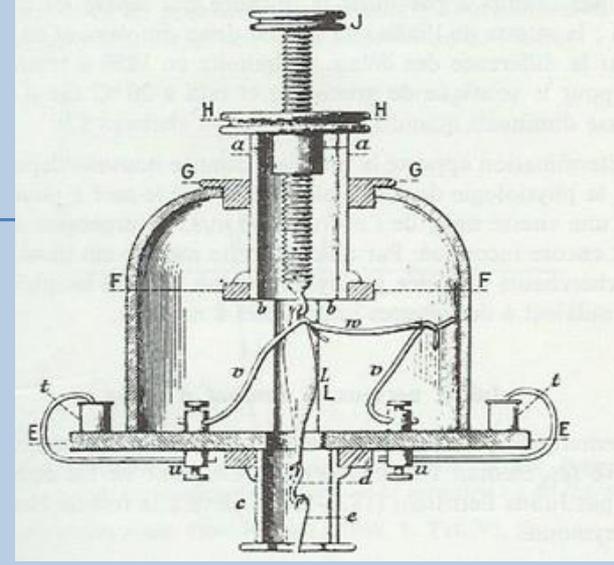
L'intensité du courant ionique entrant, plus elle est intense plus l'influx est rapide.

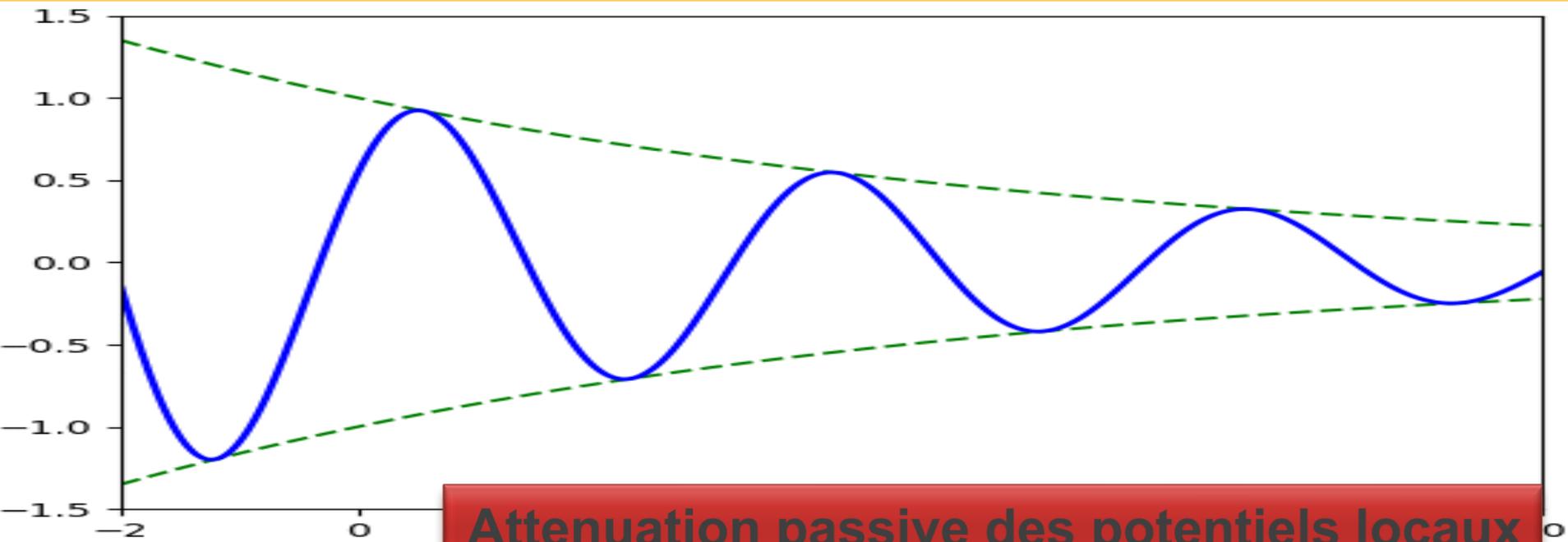
Le seuil de déclenchement, plus il augmente plus l'influx se propage lentement

La résistance du milieu intracellulaire, plus elle est forte plus la vitesse sera ralentie. Ce paramètre dépend du rayon de la fibre. Plus il est petit plus la résistance est grande.



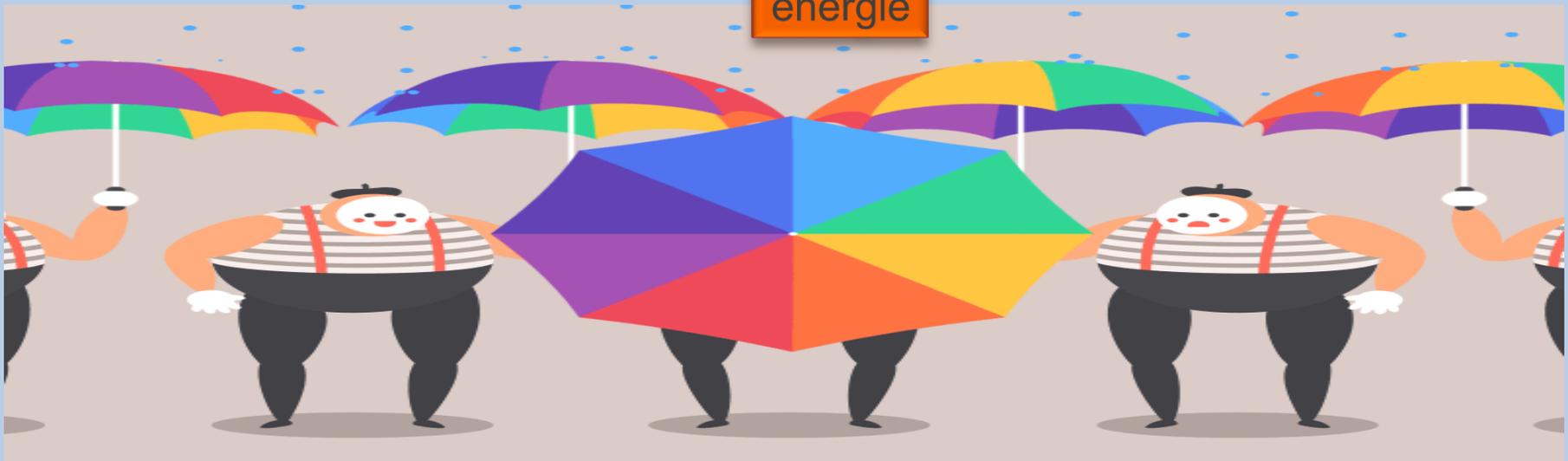
La vitesse de conduction nerveuse peut être modifiée par la pathologie



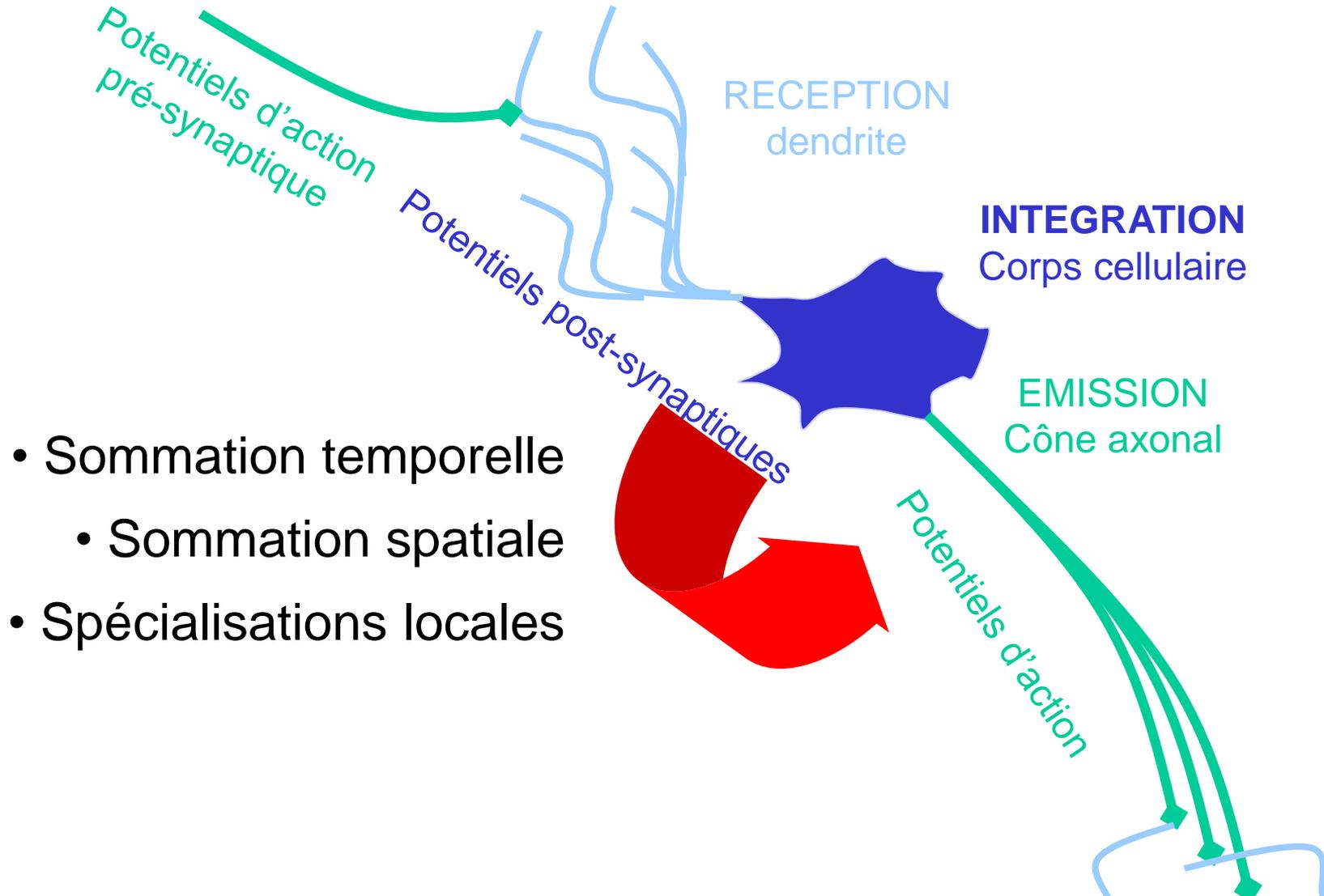


Attenuation passive des potentiels locaux
Propagation active des potentiels d'action

énergie



L'intégration des potentiels locaux



- Sommatation temporelle
 - Sommatation spatiale
- Spécialisations locales

Sommation temporelle

Constante de temps = période

Neurone
post-synaptique

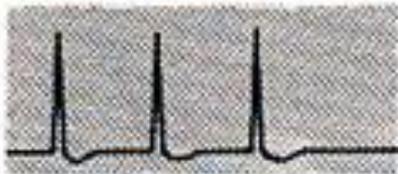


Neurone
pré-synaptique

Période brève

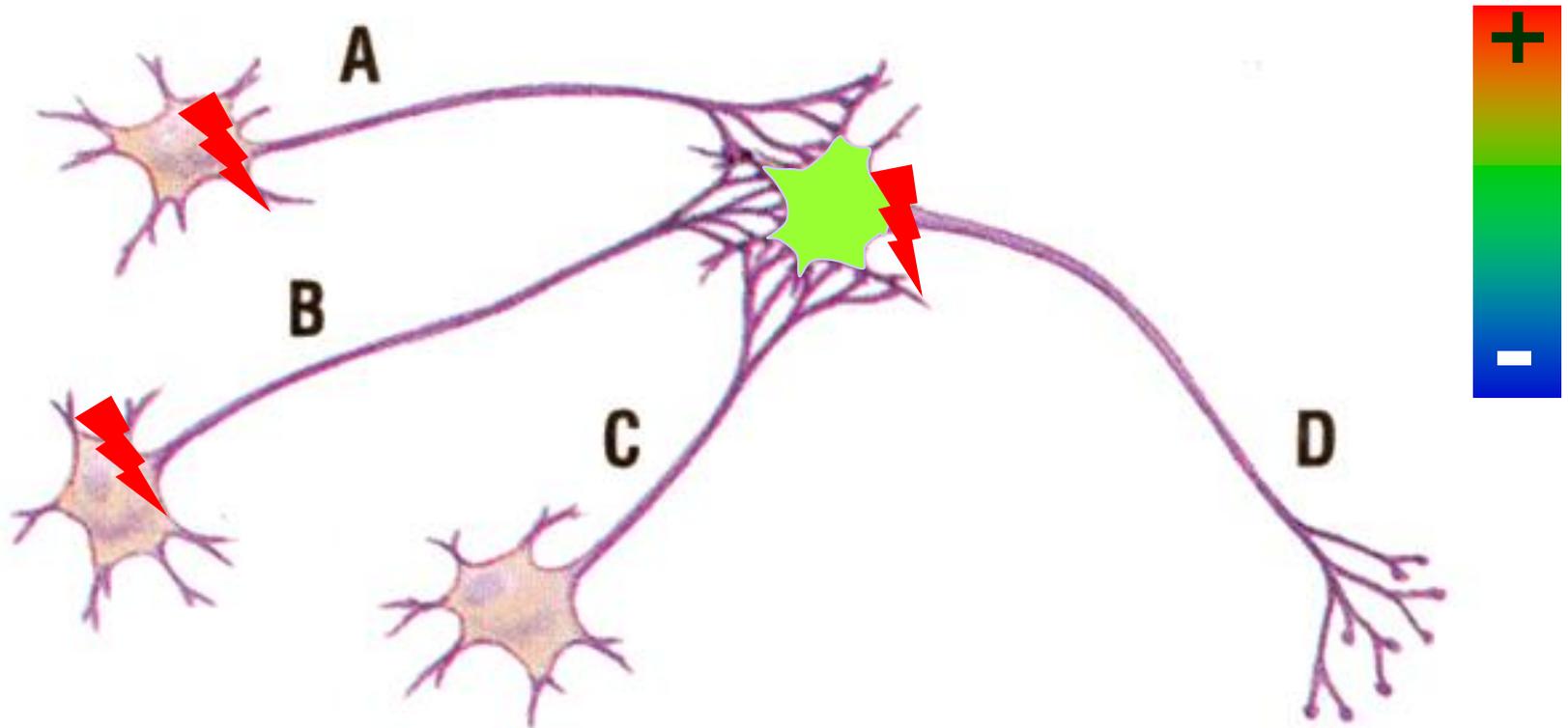


Potentiel
post-synaptique



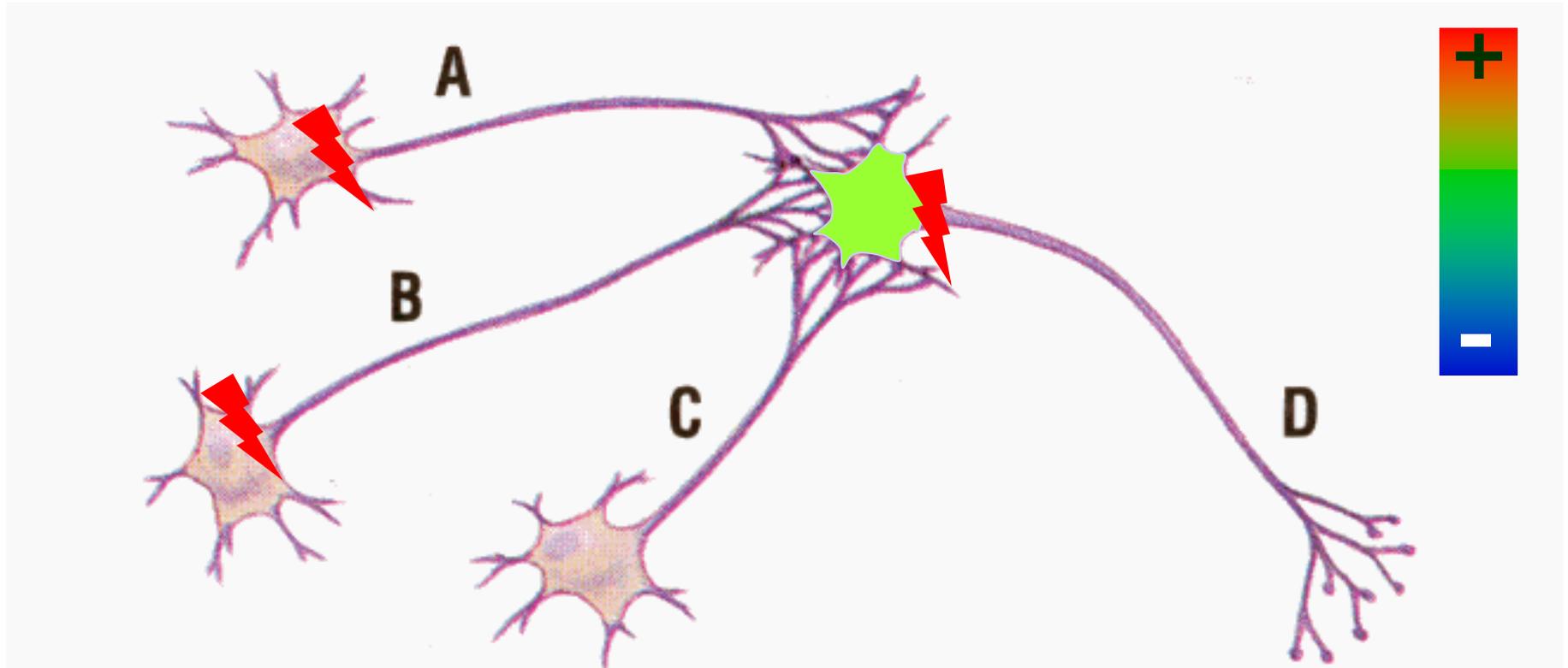
Potentils d'action
pré-synaptique

Sommation temporelle



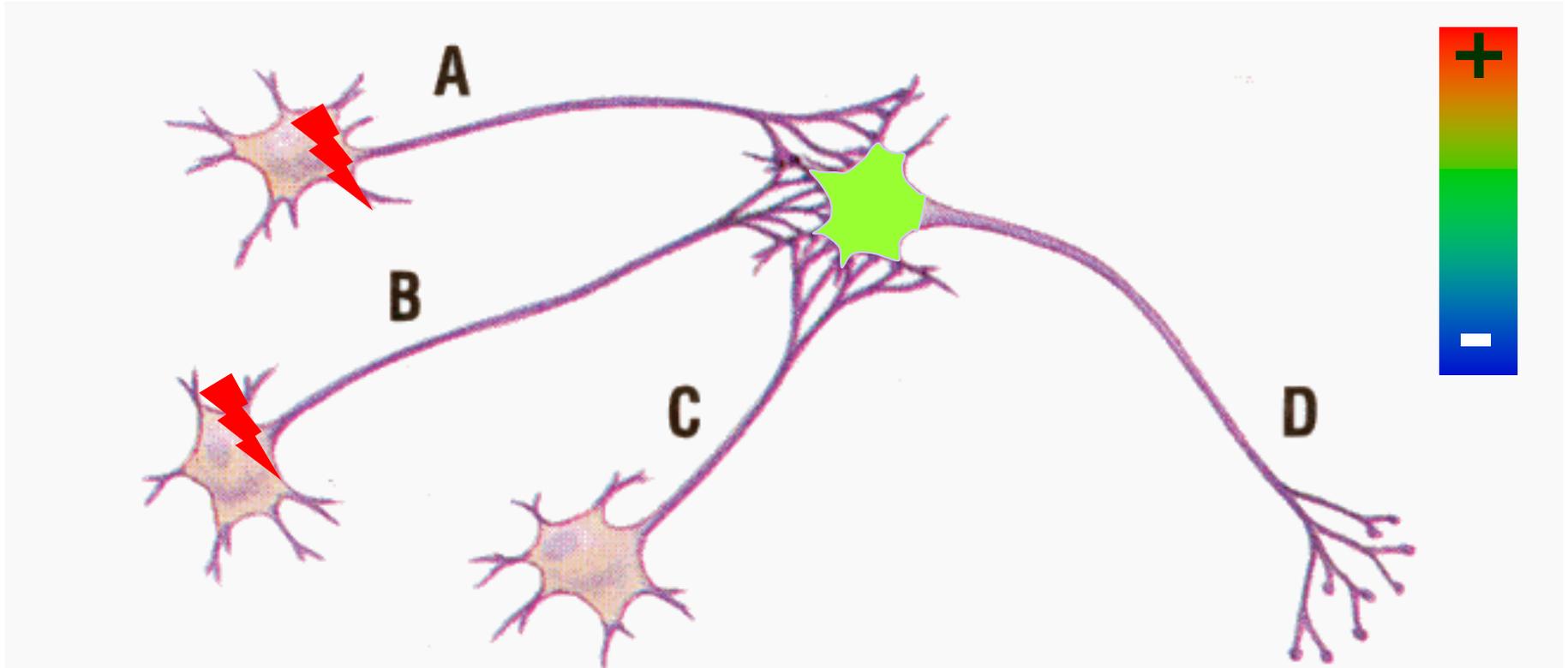
Modulation du potentiel de repos jusqu'au seuil :
=> génération d'un potentiel d'action post-synaptique

Sommation temporelle: décalage temporel léger



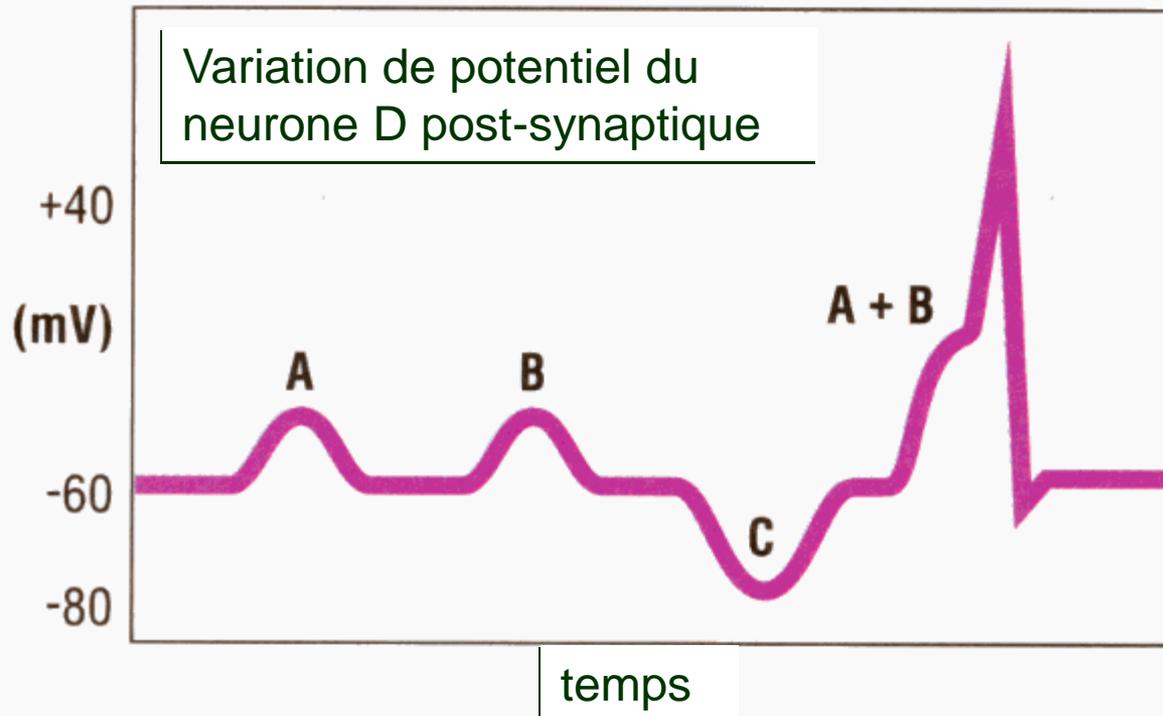
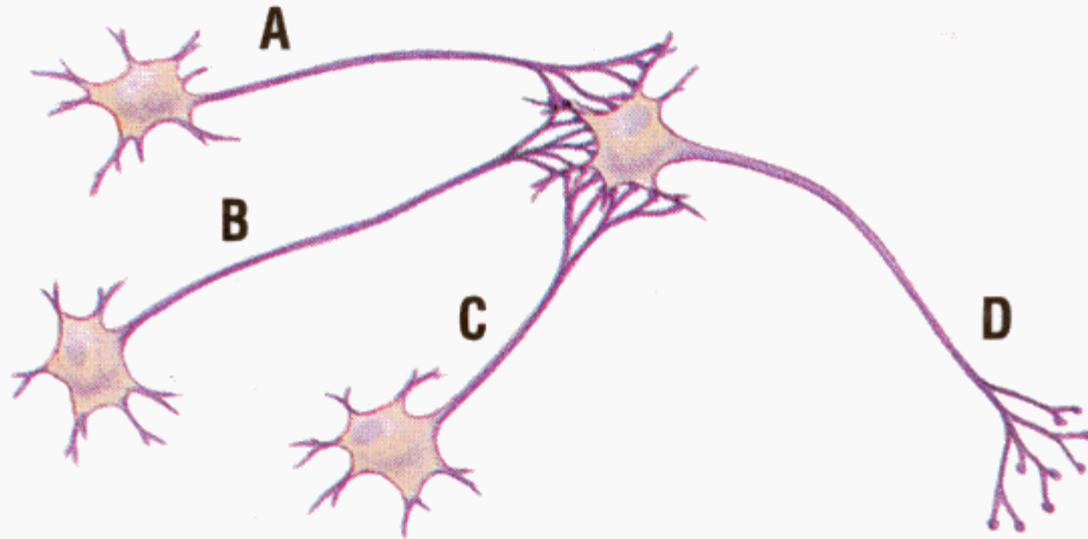
Modulation du potentiel de repos jusqu'au seuil :
=> génération d'un potentiel d'action post-synaptique

Sommation temporelle: décalage temporel important



Modulation du potentiel de repos insuffisante :
=> pas de potentiel d'action...

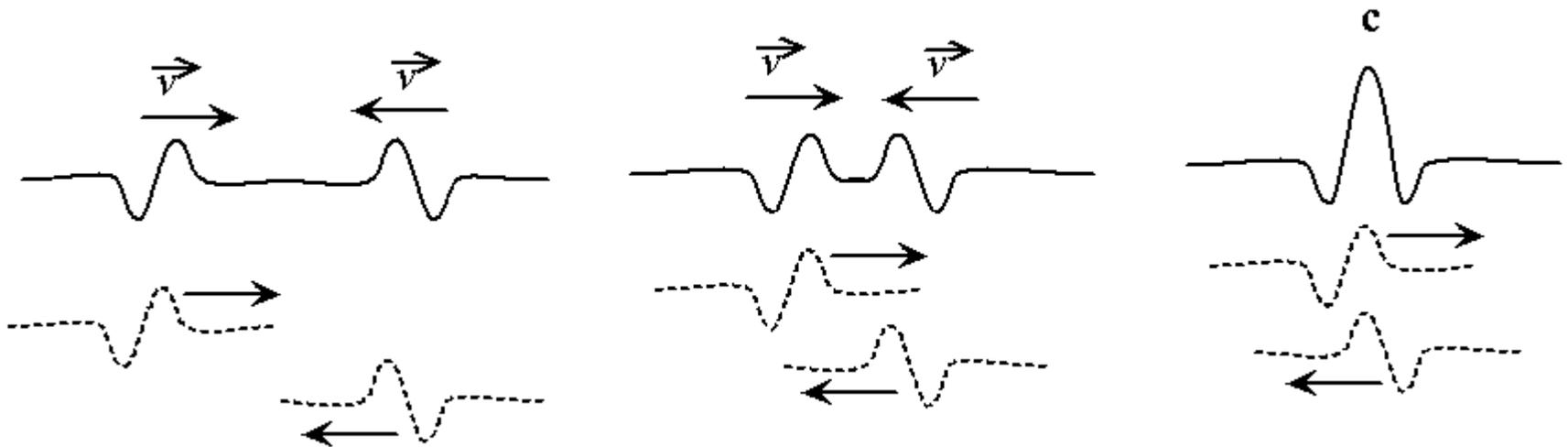
Neurone



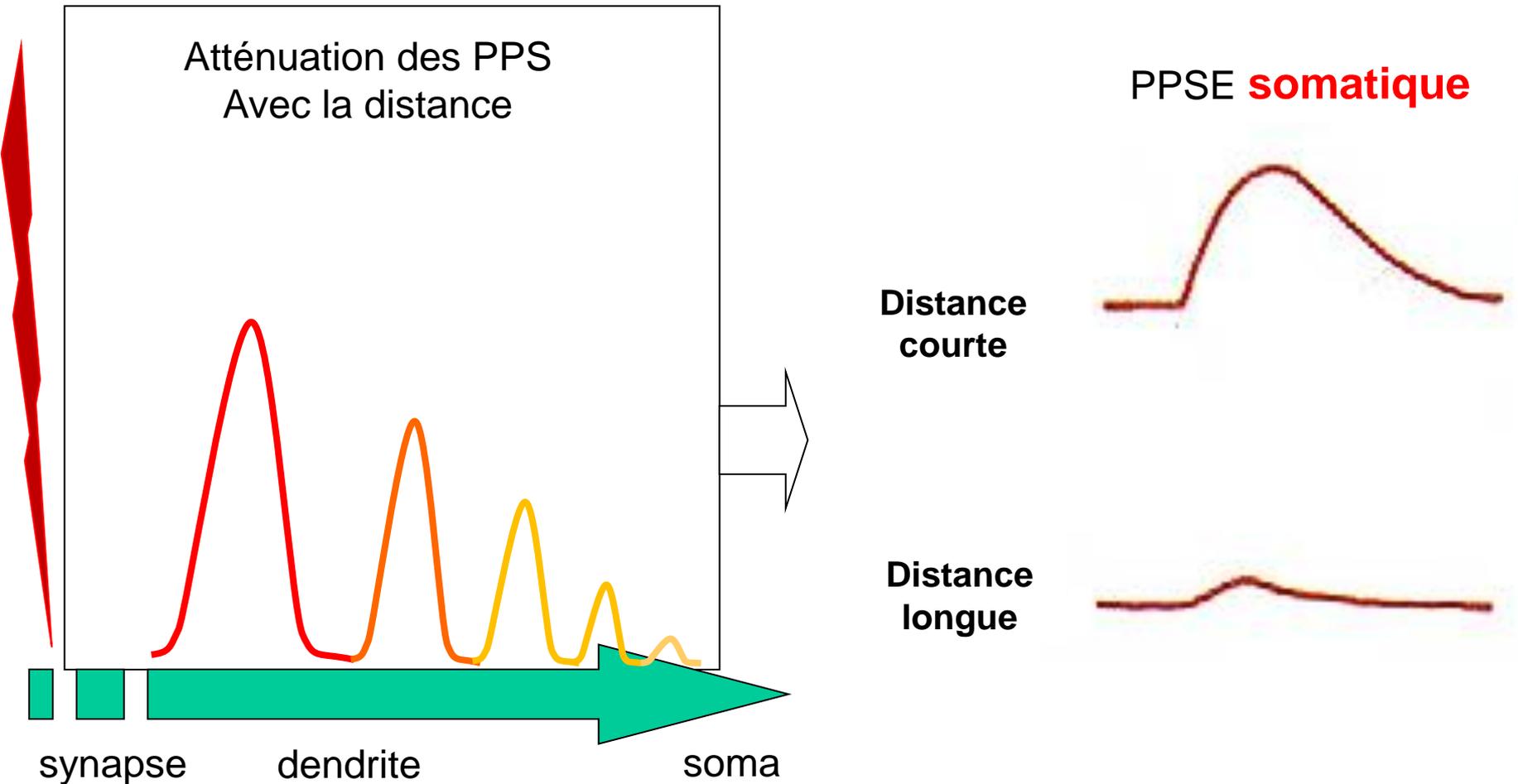
Sommation spatiale : addition



Cf. Phénomène de **mer croisée**:
interférence positive entre les vagues



Sommation spatiale : atténuation



⇒ L'influence somatique d'un PPS dépend de la distance entre la synapse et le soma

Poids synaptique : qq exemples



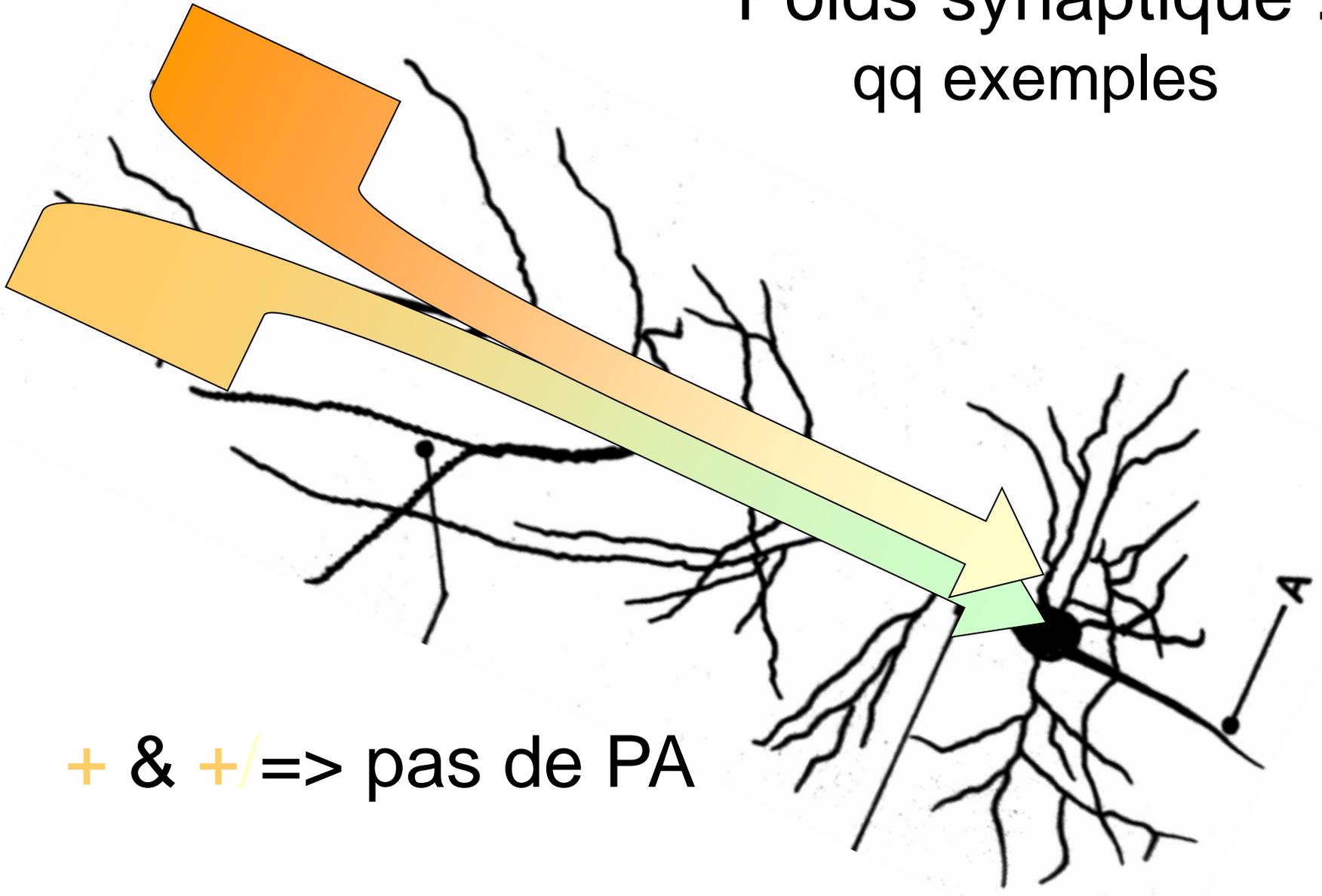
AMGEN[®] Foundation
HARVARD
Faculty of Arts and Sciences

LabXchange[™]
Learning without limits.



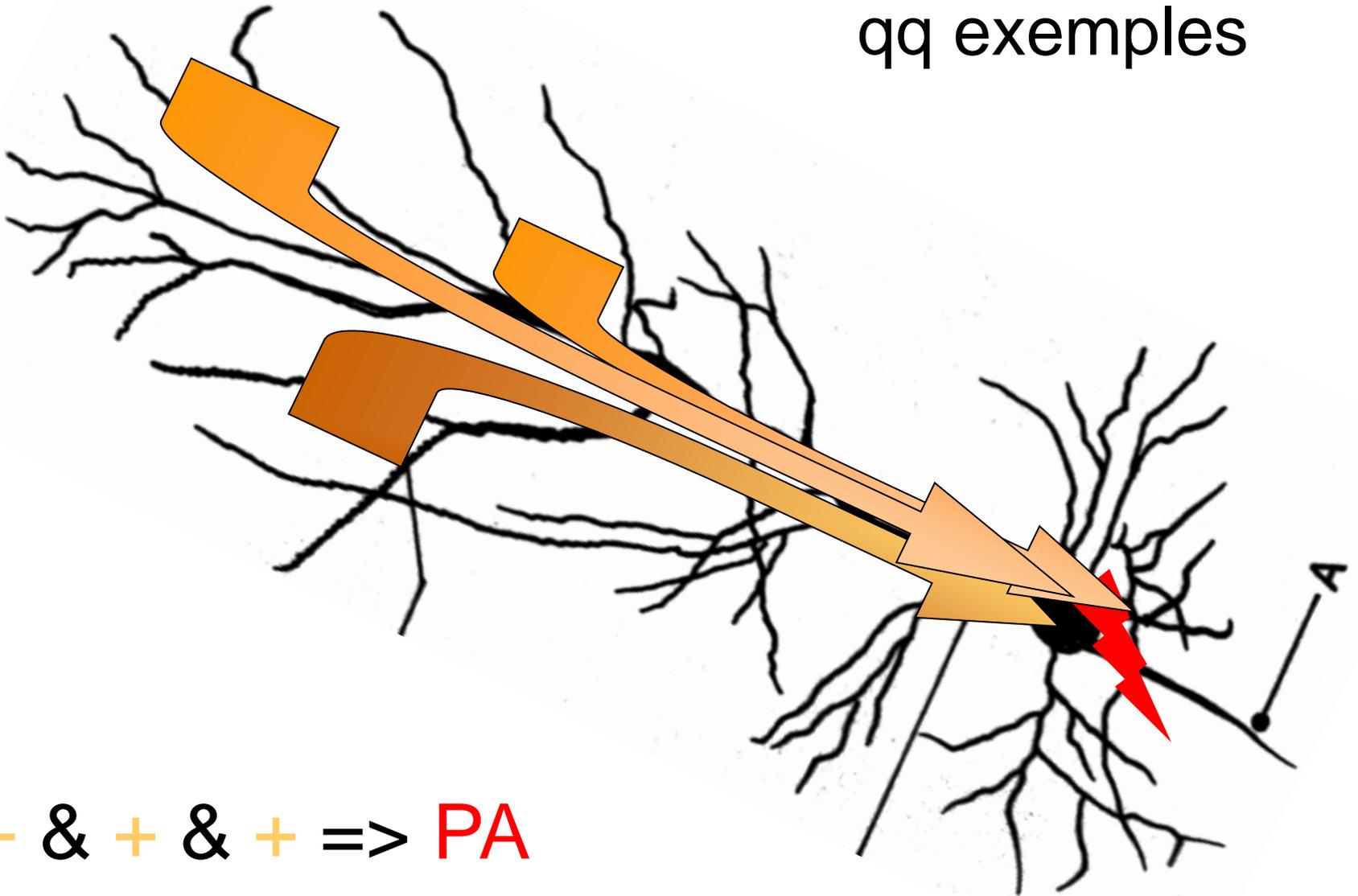
+ & + => PA

Poids synaptique : qq exemples



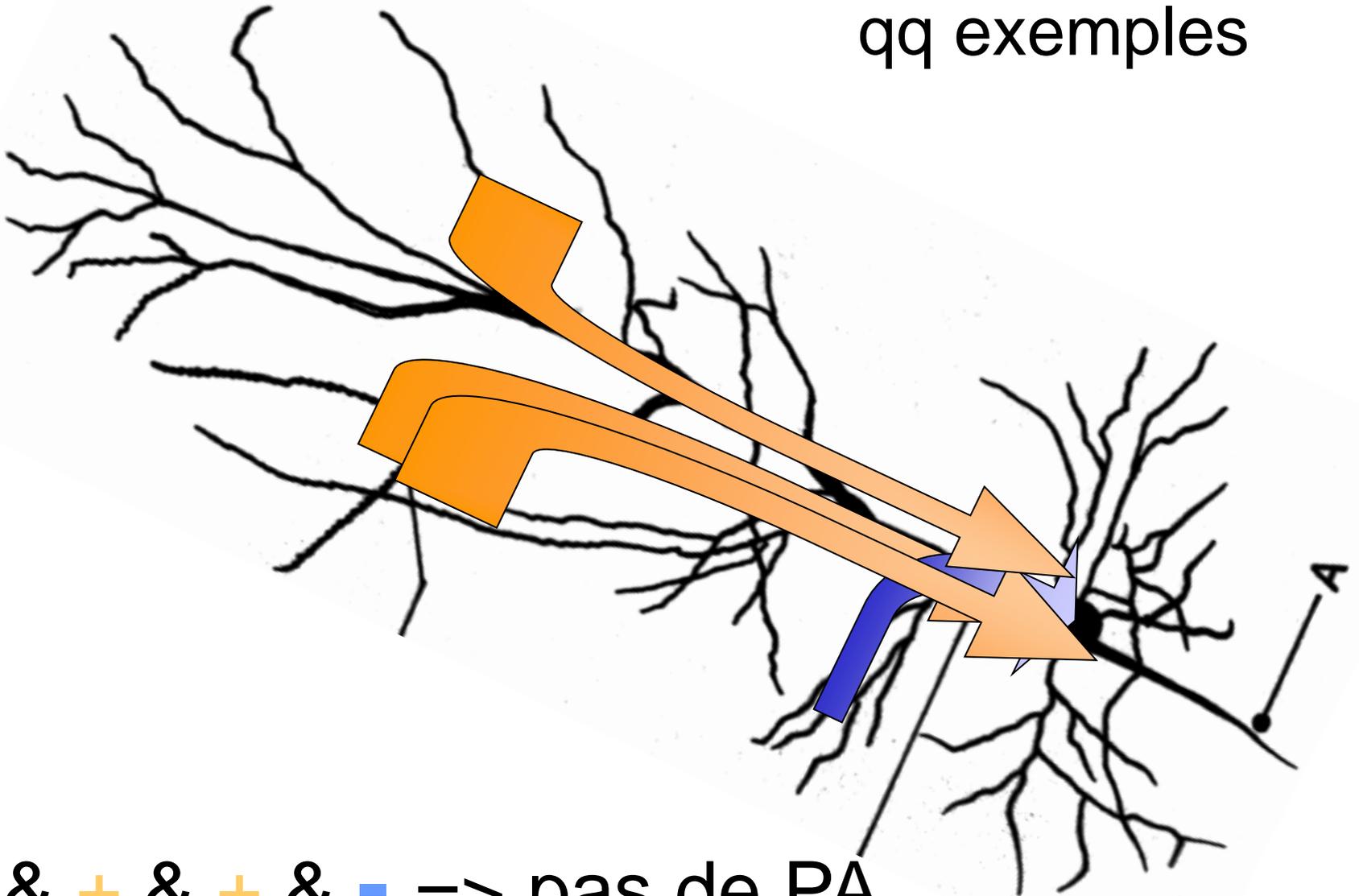
+ & +/- => pas de PA

Poids synaptique : qq exemples



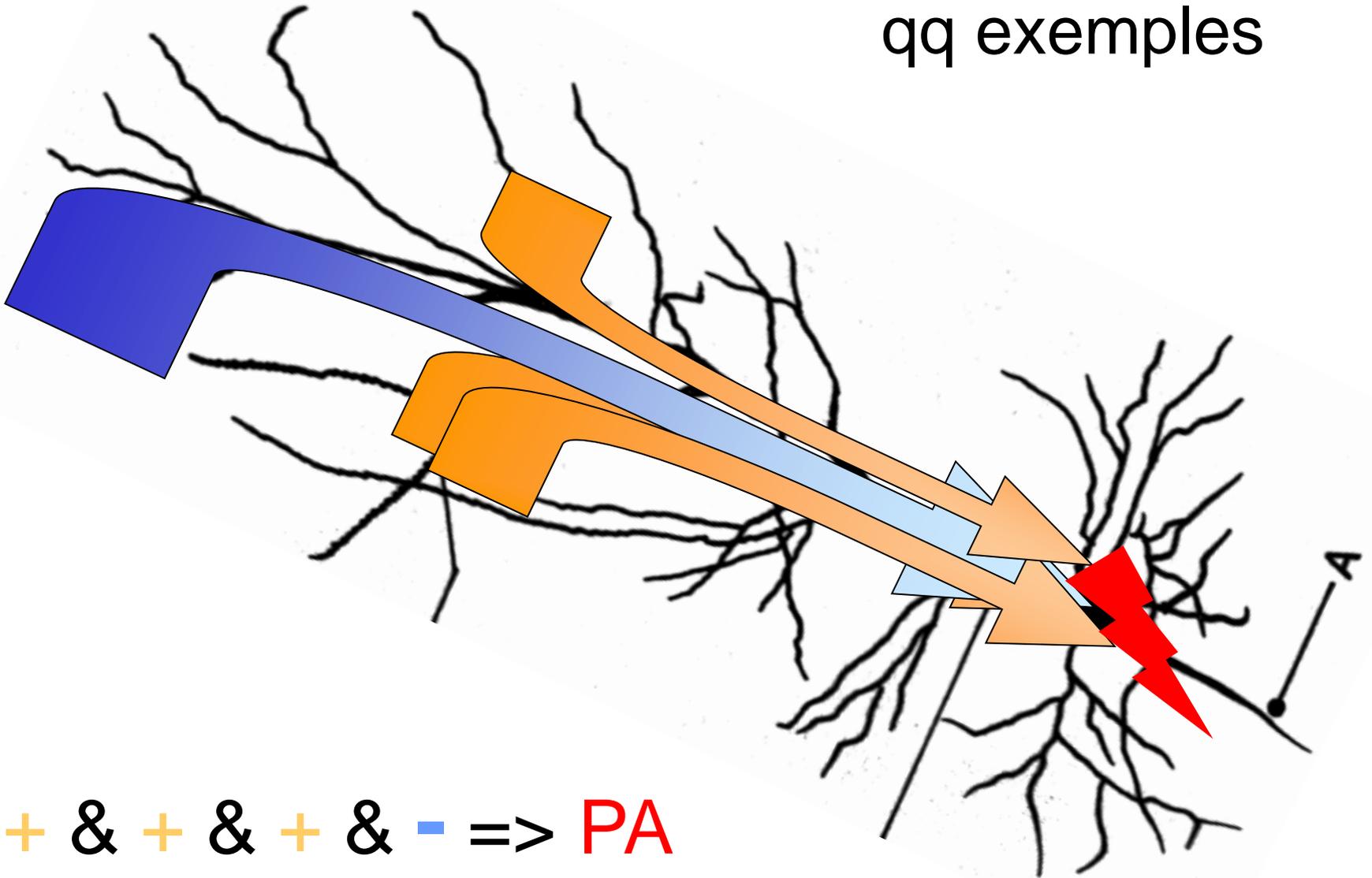
$$+ \& + \& + \Rightarrow PA$$

Poids synaptique : qq exemples



+ & + & + & - => pas de PA

Poids synaptique: qq exemples

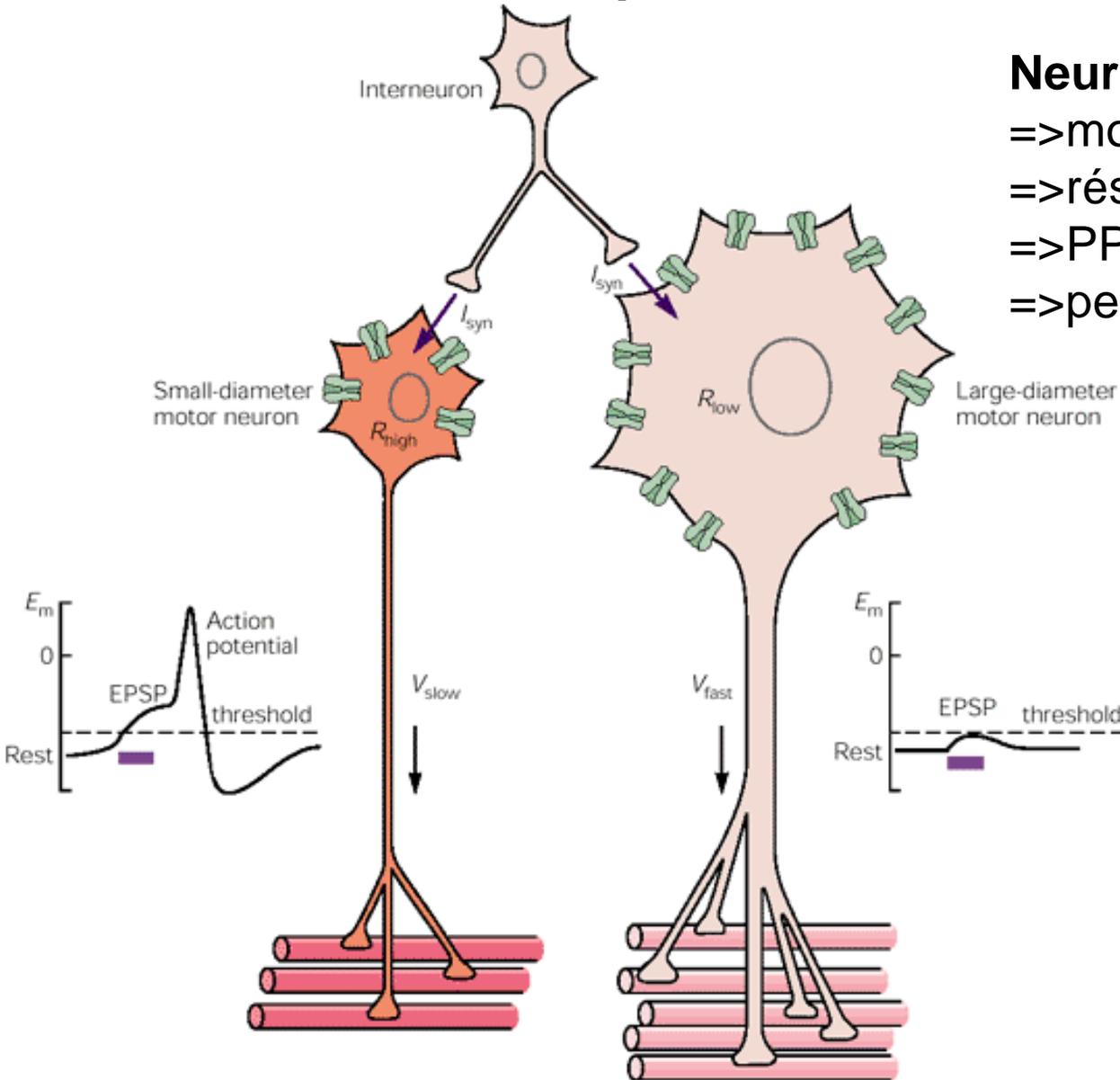


+ & + & + & - => PA

Neurone



L'impédance d'entrée



Neurone plus petit

=> moins de canaux

=> résistance augmentée

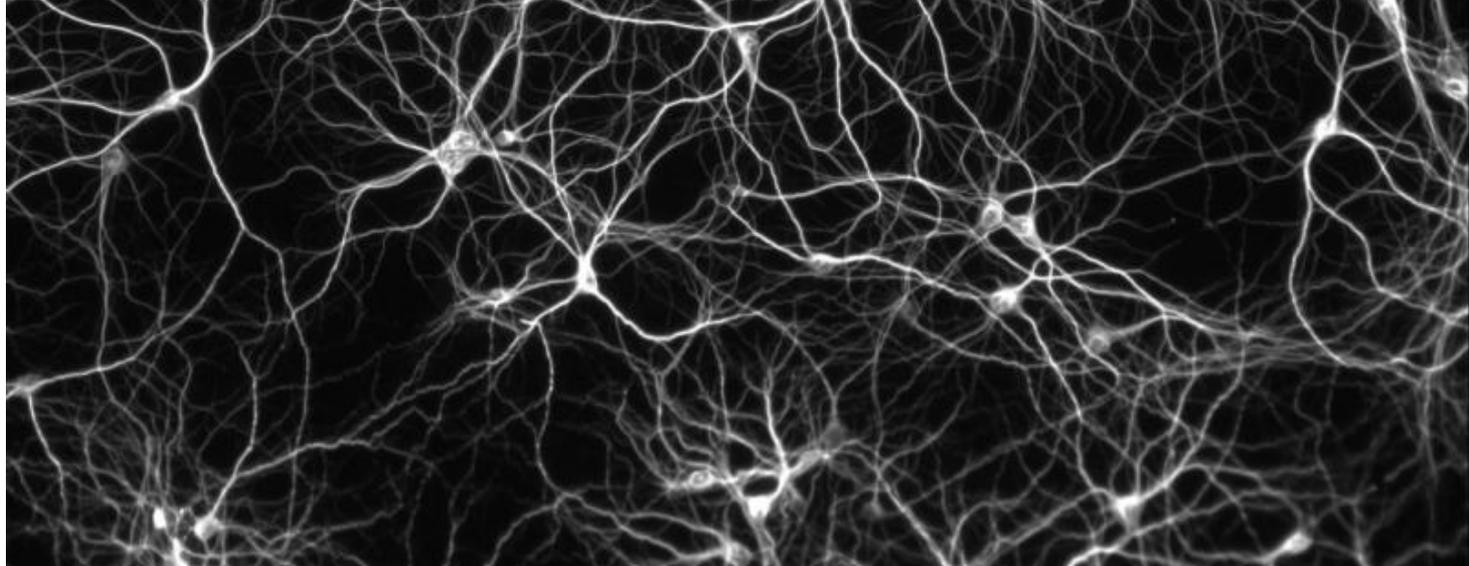
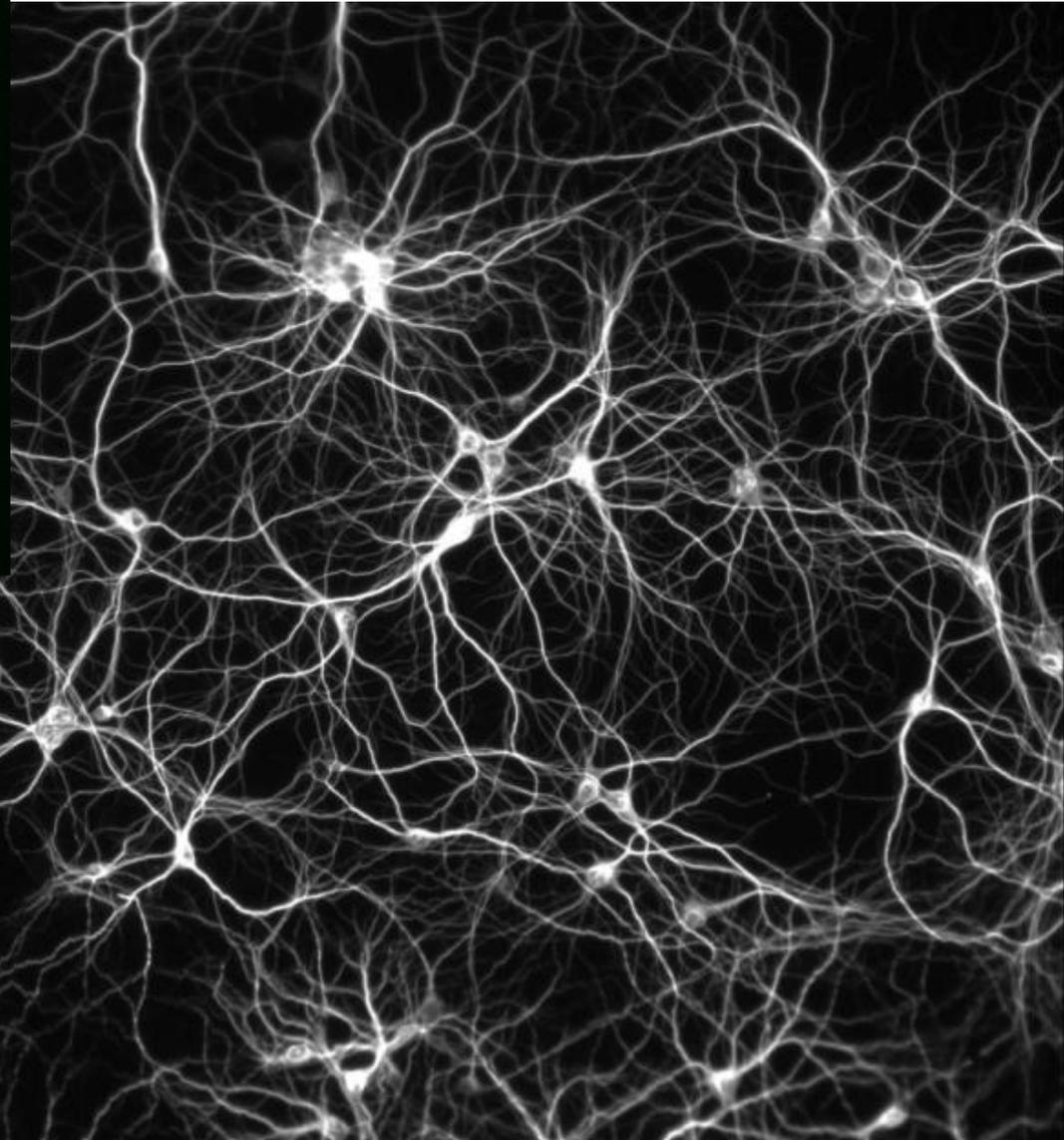
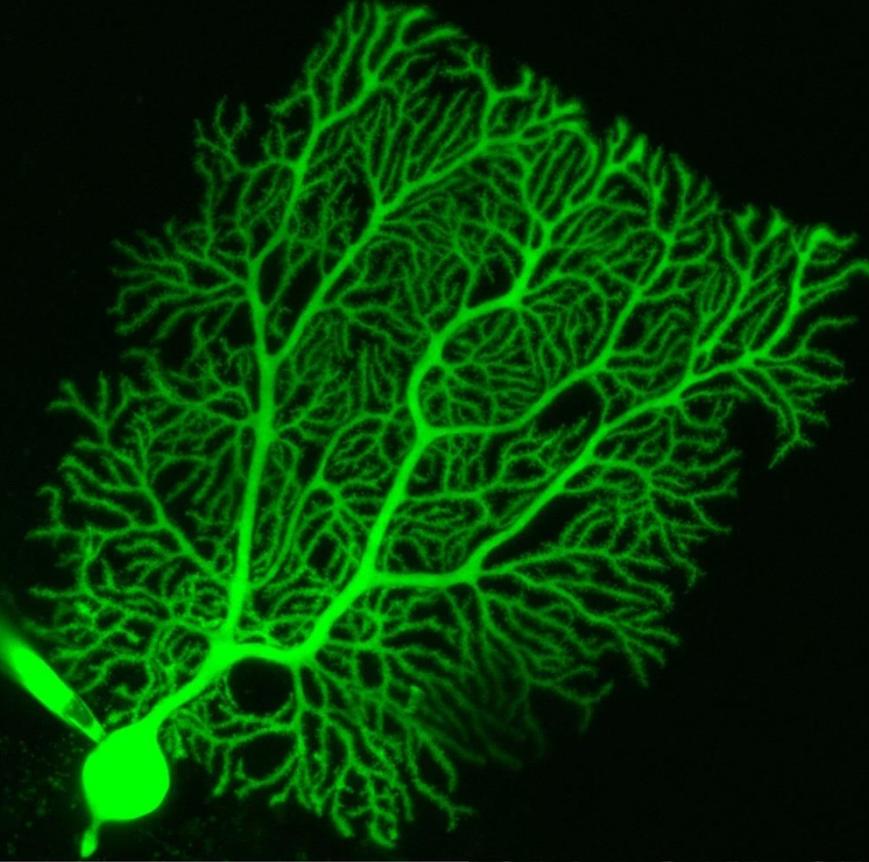
=> PPSE plus ample

=> peut plus facilement

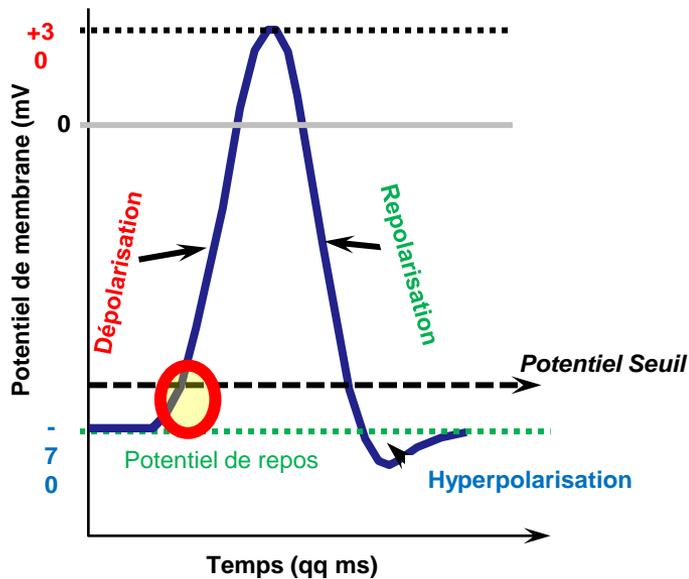
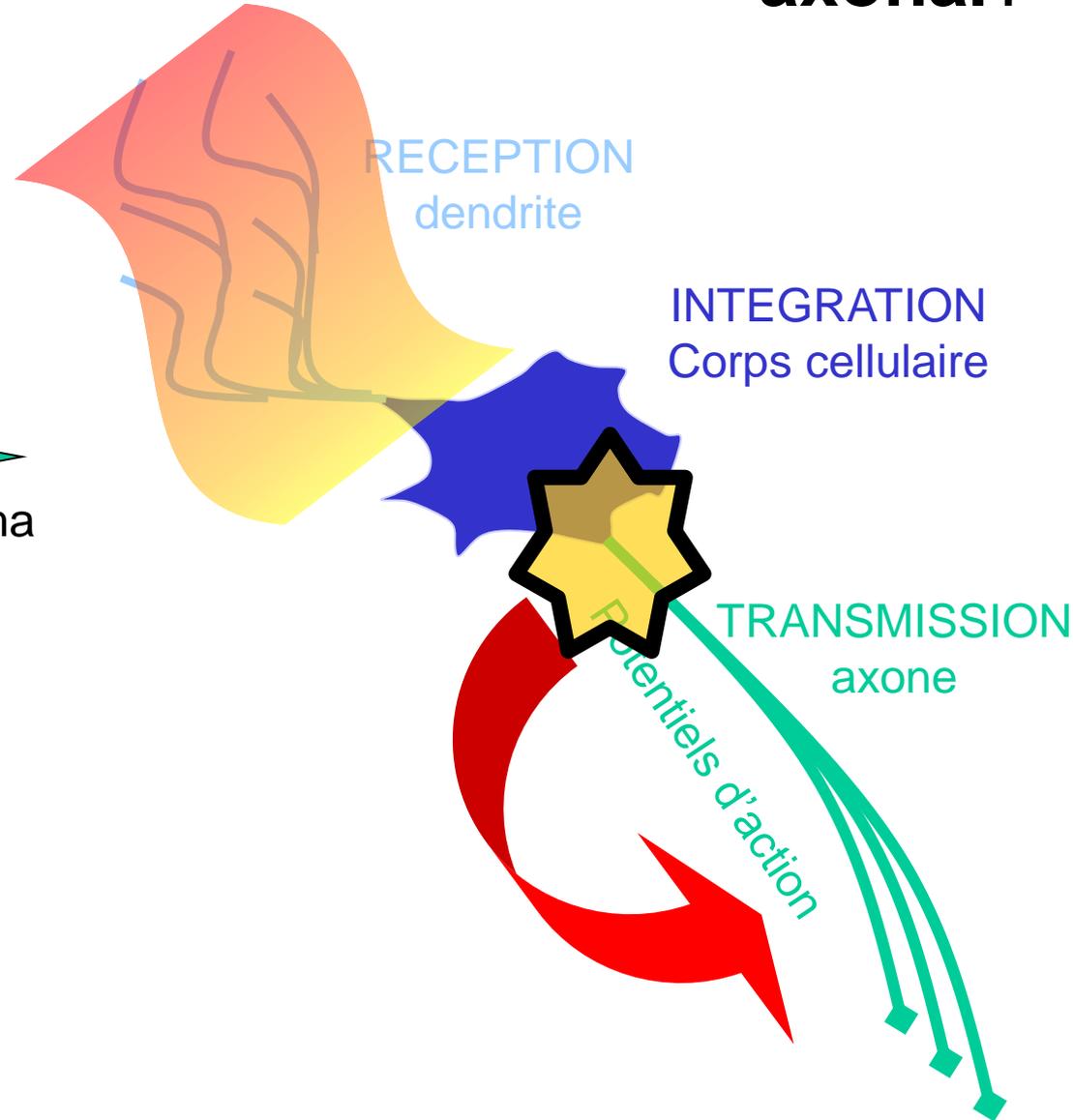
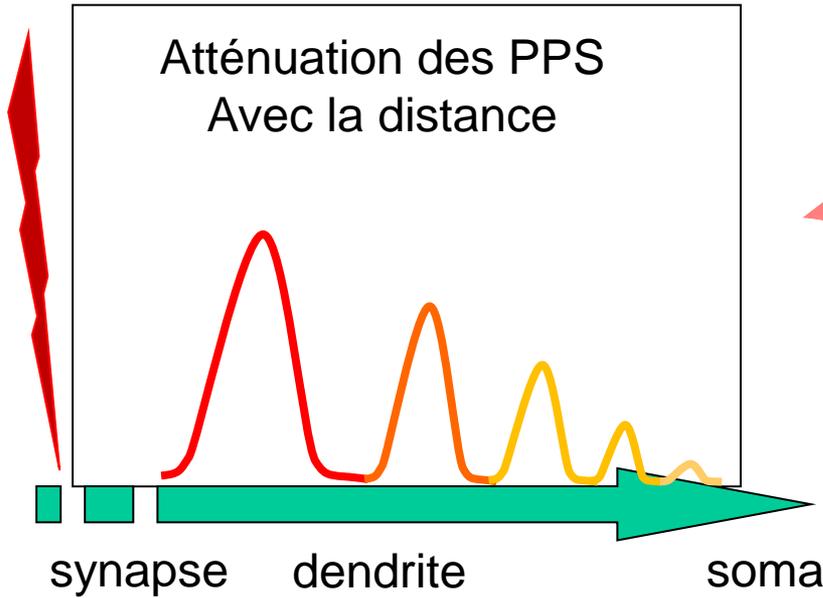
dépasser le seuil => PA

Neurone

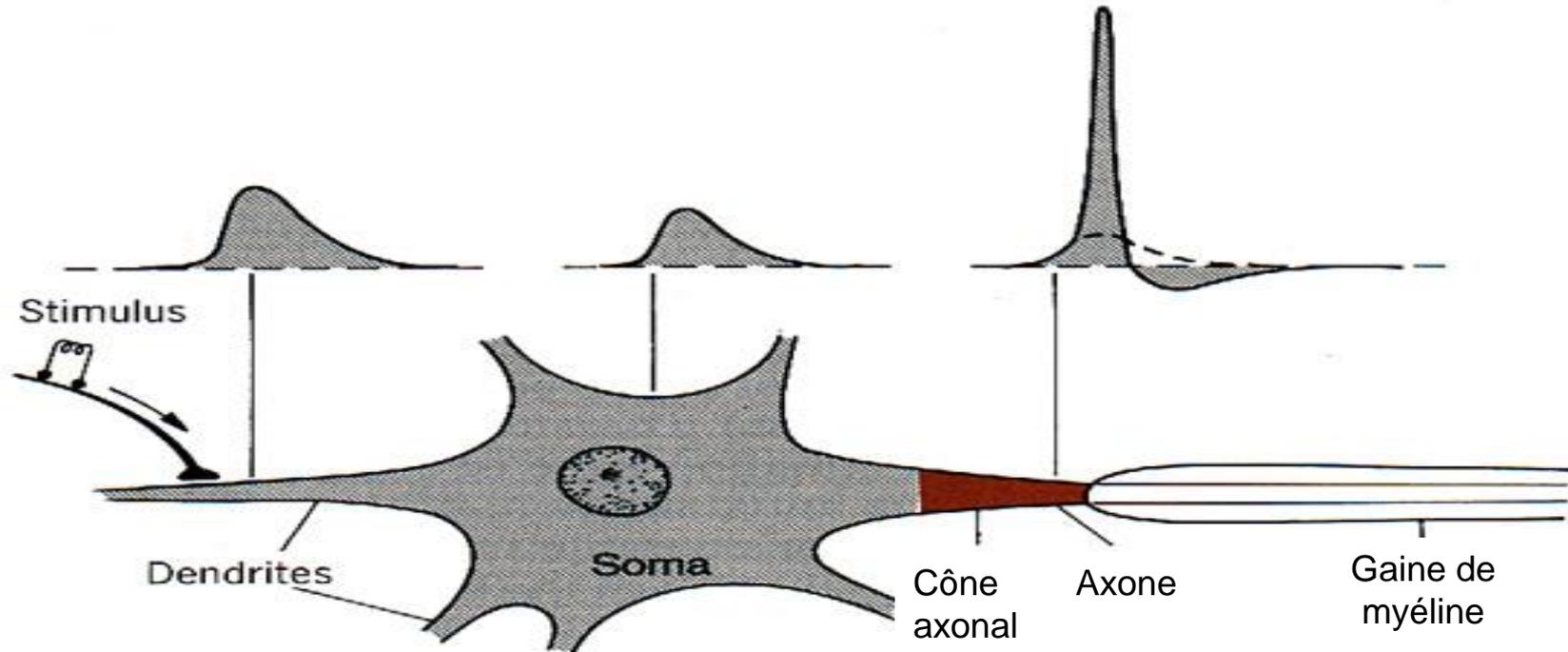
Arborisations et réseaux complexes...



Un paradoxe : pourquoi les PA apparaissent-ils au **cône axonal**?



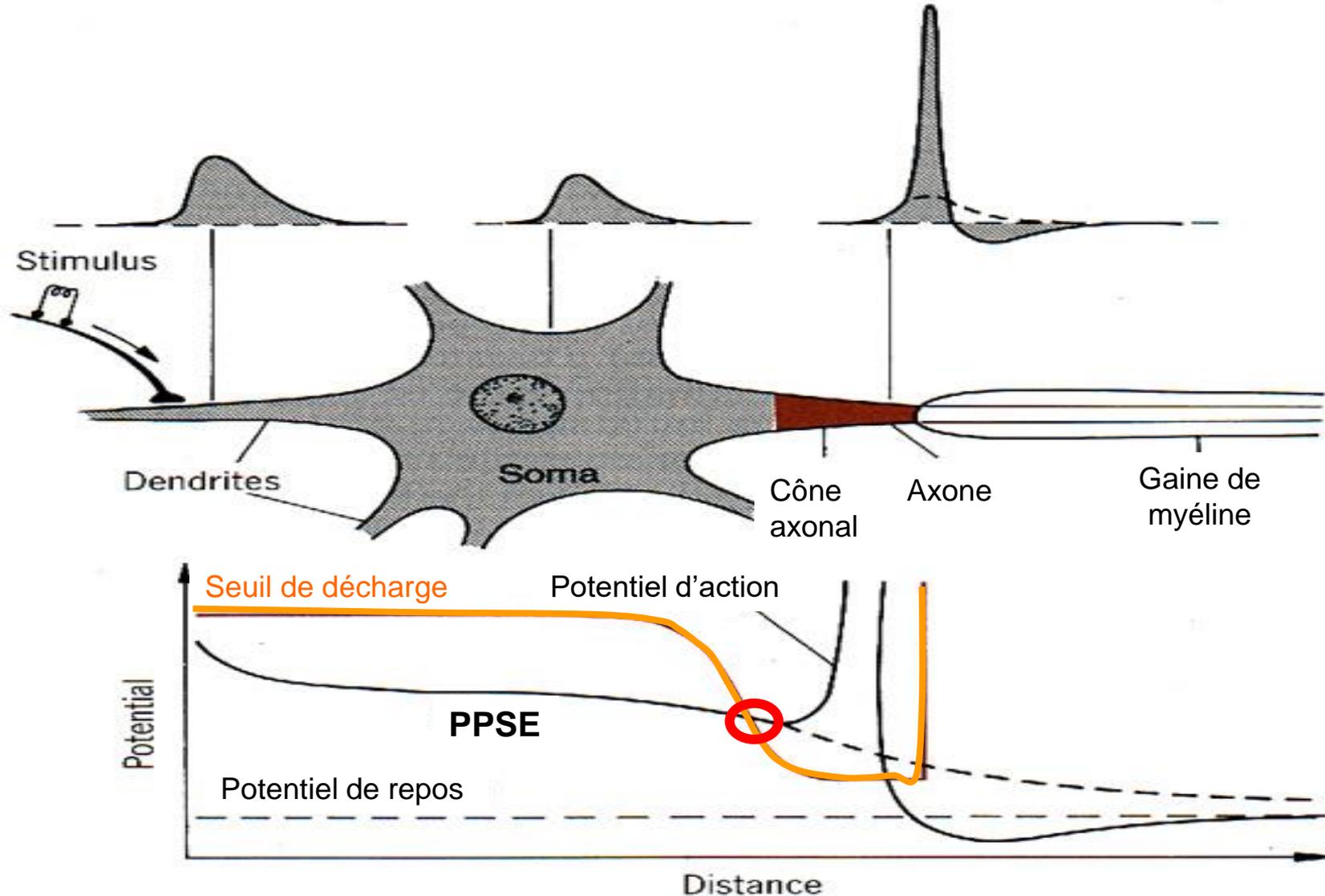
Génération : spécialisation locale



Le cône axonal est la région la plus sensible du neurone (seuil le + bas)

donc les PPSE mêmes atténués déclenchent un PA dans cette région plutôt qu'en amont. Ceci permet de protéger la zone réceptrice du neurone d'un « brouillage » électrique

spécialisations locales



Le cône axonal est la région dans laquelle le PPSE devient $>$ potentiel seuil