

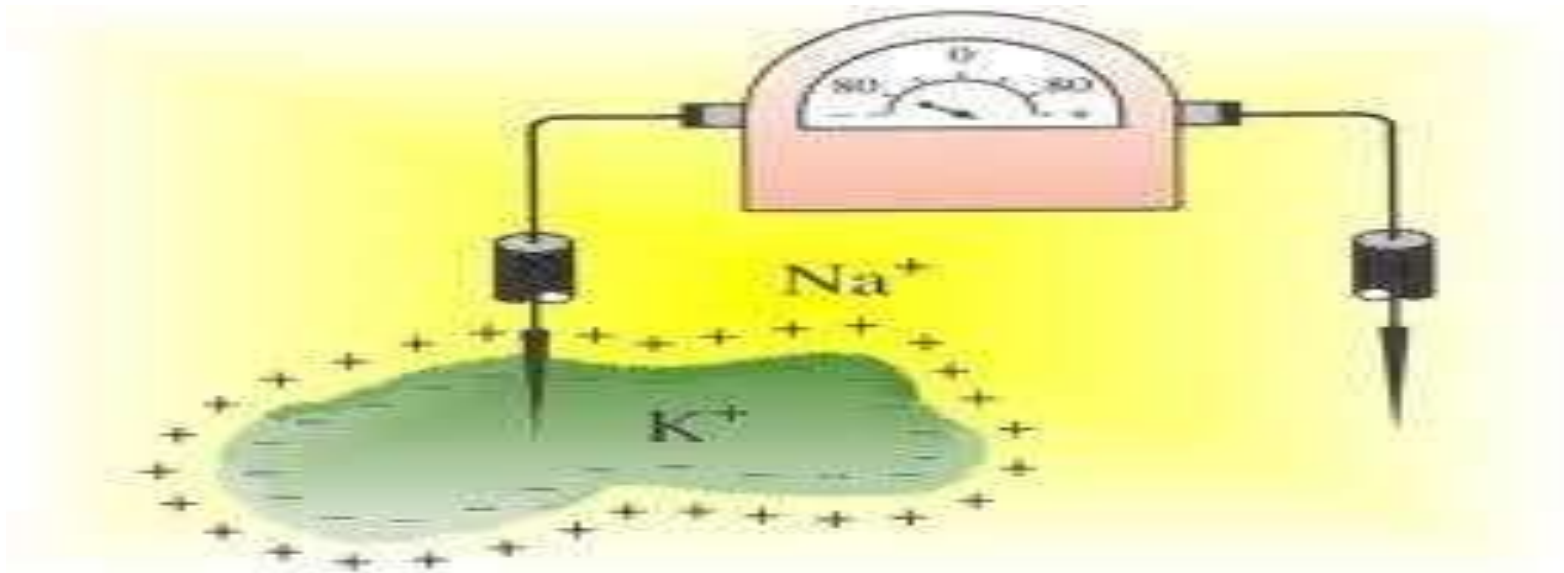
ELECTRICITE ET PHENOMENES BIOELECTRIQUES

POTENTIEL D'ACTION

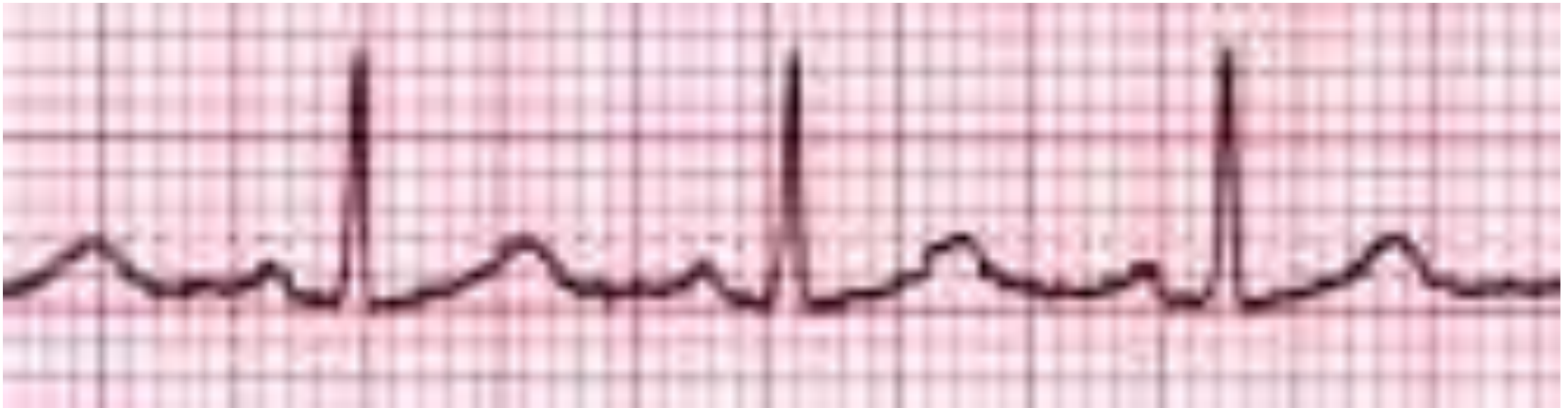
I. INTRODUCTION

- Le **potentiels électrique** recueilli au niveau des membranes des cellules de l'organisme est à la base **stable**, c'est un **potentiel de repos**.

$$E_{mb} = \frac{R.T}{F} \ln \frac{P_{Na^+} [Na^+]_{ext} + P_{K^+} [K^+]_{ext} + P_{Cl^-} [Cl^-]_{int}}{P_{Na^+} [Na^+]_{int} + P_{K^+} [K^+]_{int} + P_{Cl^-} [Cl^-]_{ext}}$$



- Cellules excitables $\xrightarrow{\text{stimulus}}$ **bouleversement** du potentiel de repos (PR) qui devient alors un potentiel d'action (PA).

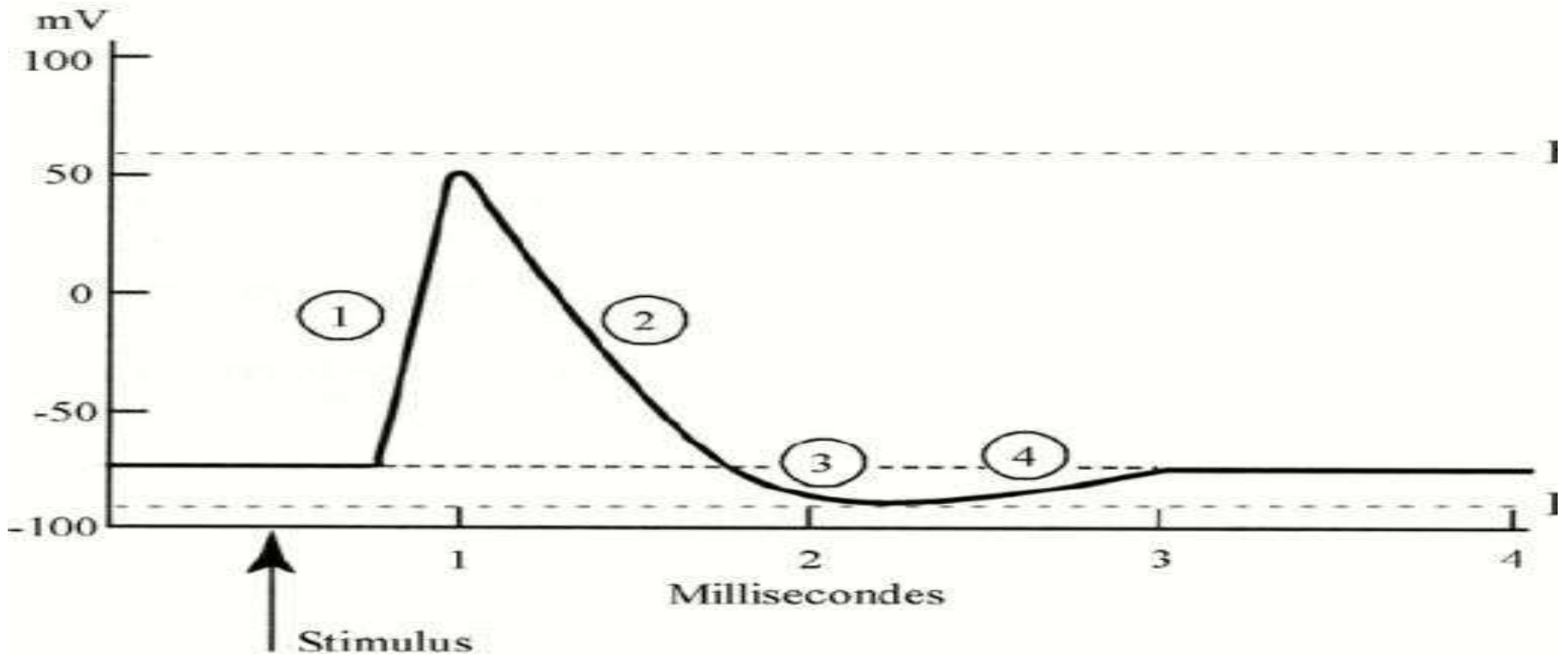


II. DEFINITION

- Modification **brusque** et **rapide** du PR d'une cellule excitable.
- Consécutif à une **stimulation**.
- Facilité par des **remaniements des protéines** de la membrane cellulaire.
- Variation de la **perméabilité** aux ions diffusibles.
- Conséquence : le PA aboutit à la genèse d'un **influx nerveux** qui se propage **sans atténuation**.

III. DESCRIPTION

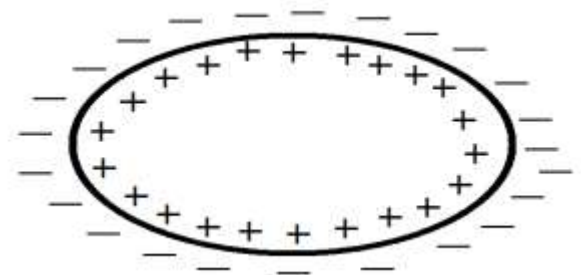
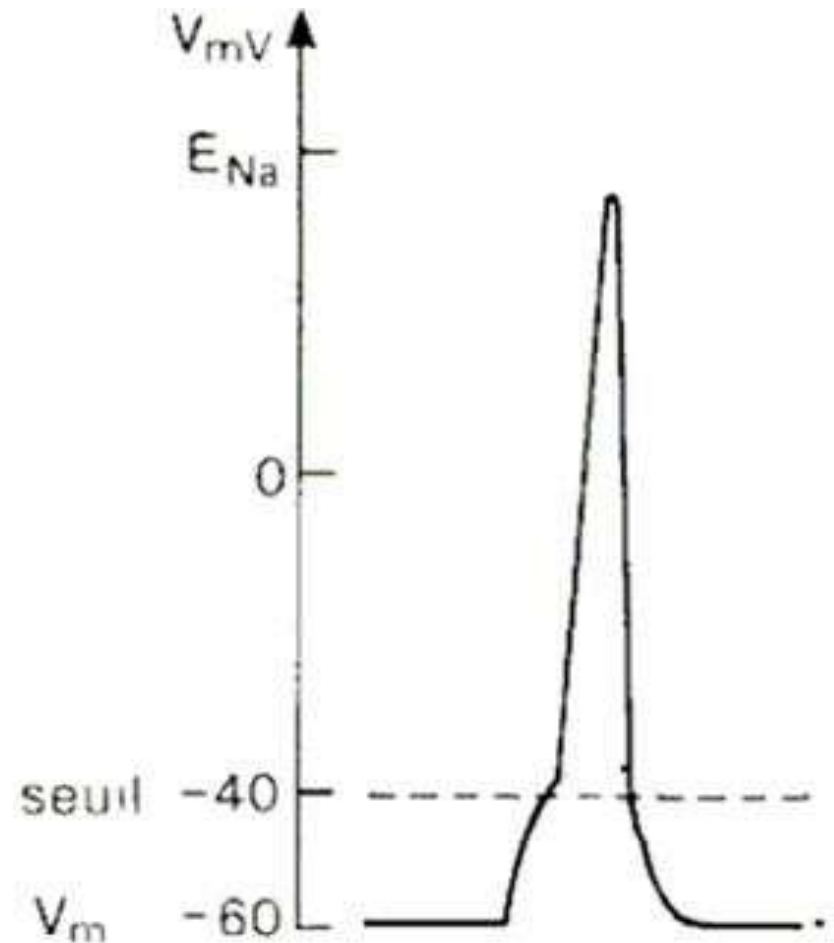
Lorsqu'on applique une stimulation électrique suffisamment importante à la membrane, on observe alors des **modifications du potentiel transmembranaire**, c'est le **PA**.



1. Dépolarisation :

- Phase 1 :
 - phase montante du PA
 - amplitude: **grande**
 - durée : très brève **< 0,5 ms**
- Début **lent** \Rightarrow phase de pré-potentiel.
- puis rapidement explosive.
- Le PR **négatif**, va **s'annuler** puis **se positiver**.
- IC devient \oplus , EC devient \ominus .

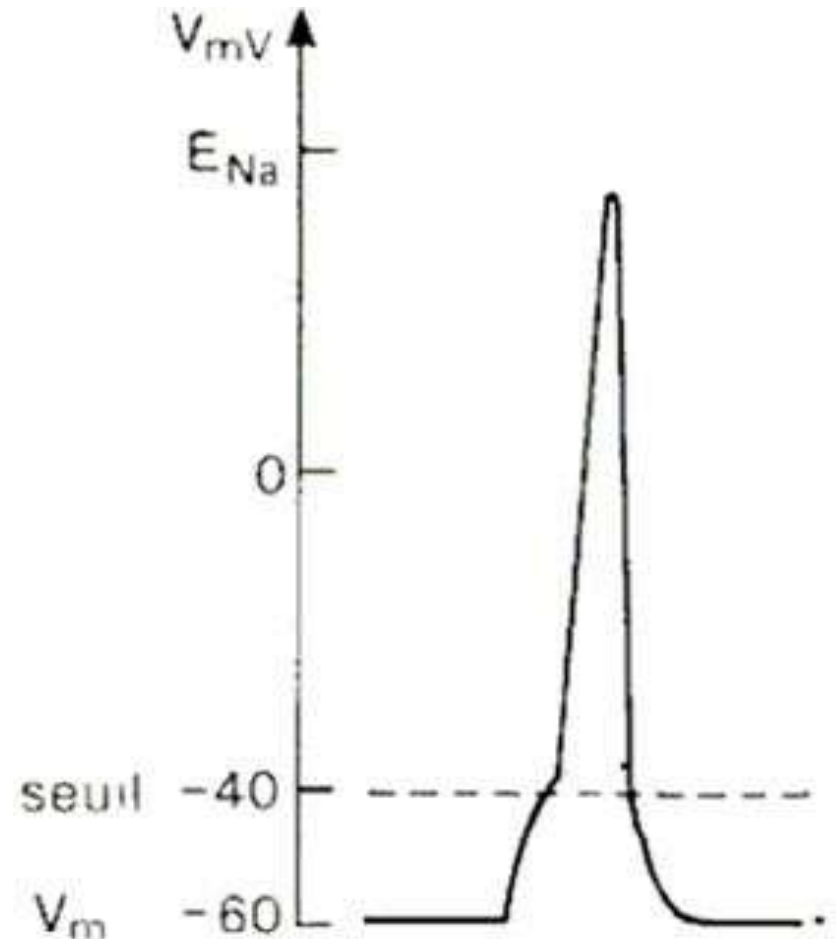
Dépolarisation



2. Repolarisation rapide :

Repolarisation rapide

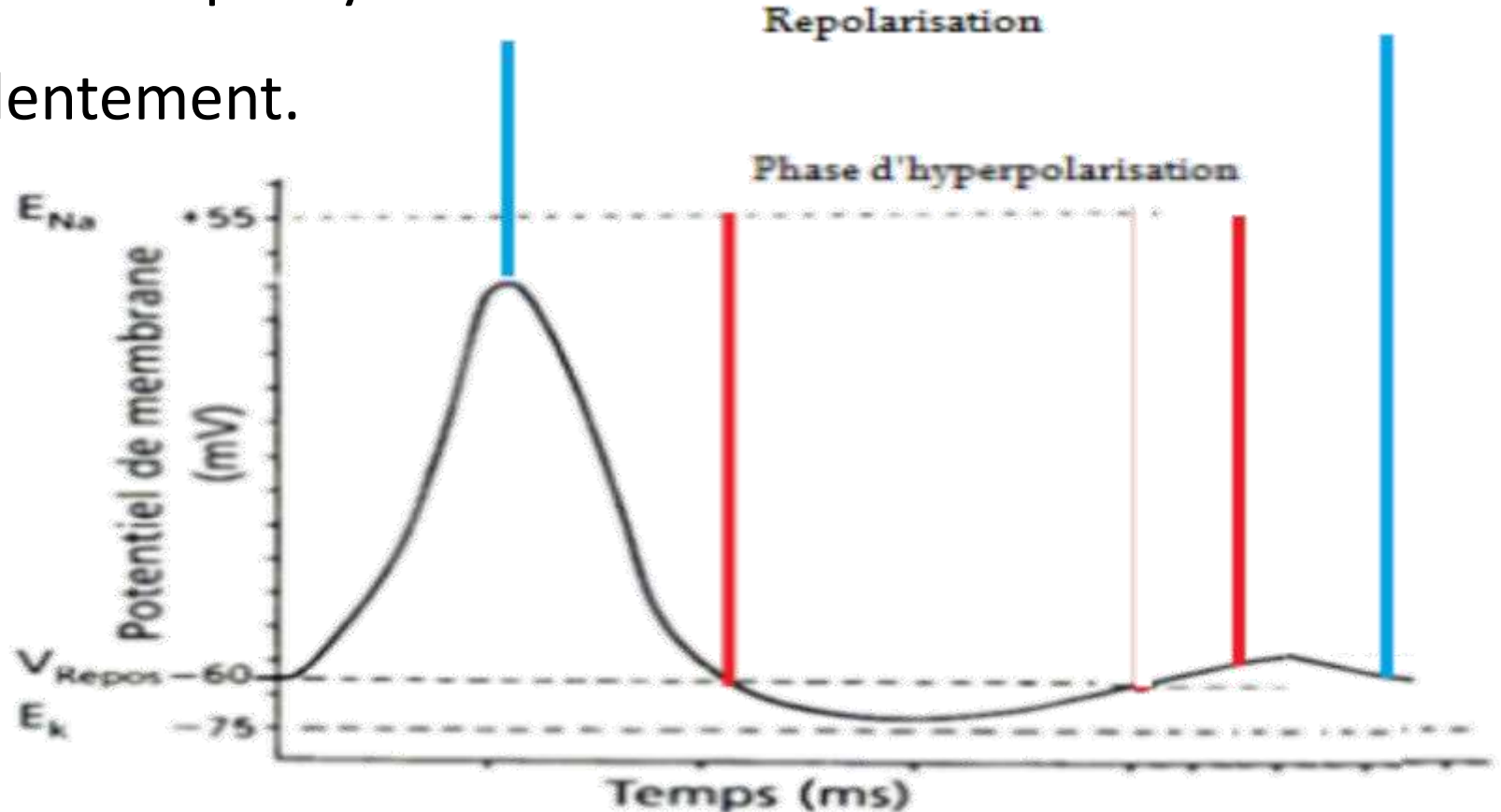
- POINTE : **brusque** et **abrupte**.
- PA ↘ rapidement ⇒ sa valeur initiale \ominus .
- Les phases **montante** et **descendante** du PA dessinent un « **Spike** ».



3. Repolarisation lente –hyperpolarisation :

Repolarisation lente Hyperpolarisation

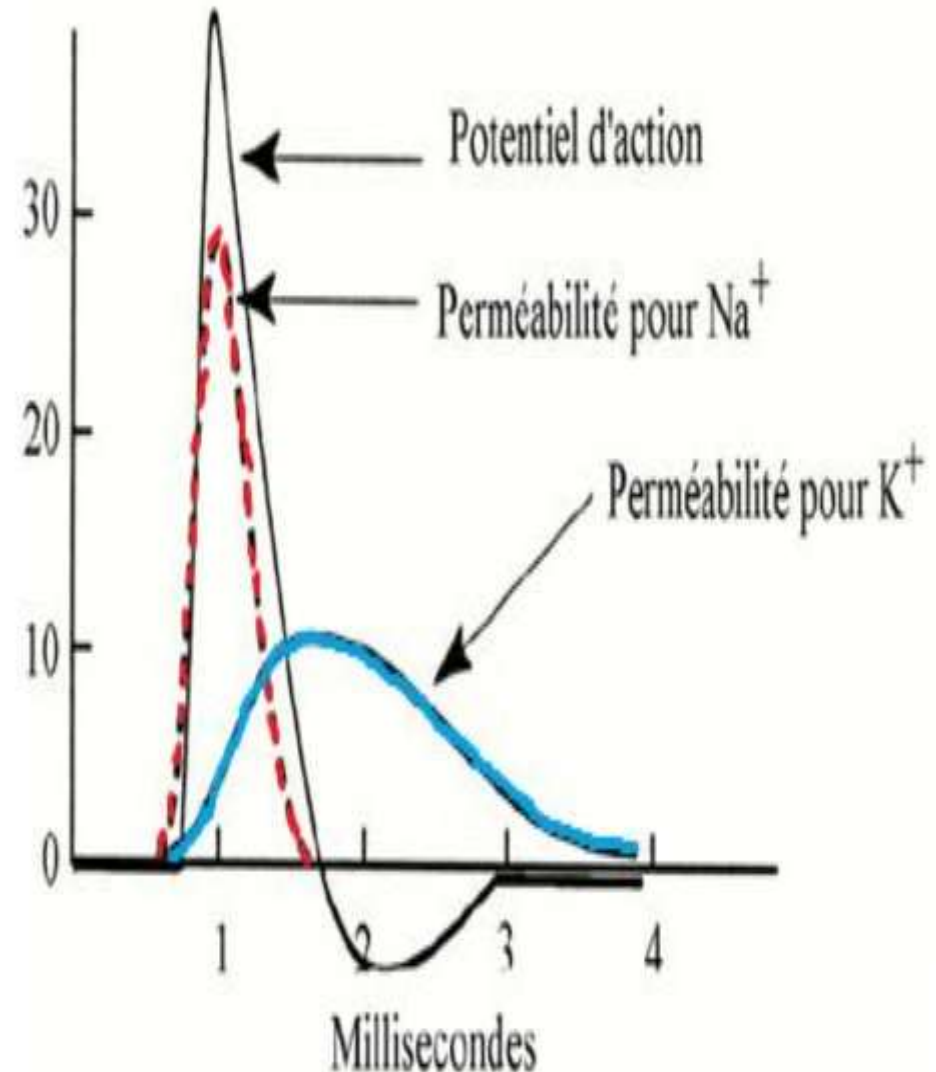
- Ralentissement de la repolarisation
- Il dépasse le potentiel de repos initial puis y retourne plus lentement.



IV. PHENOMENES IONIQUES EXPLIQUANT LE POTENTIEL D'ACTION:

Phénomènes ioniques

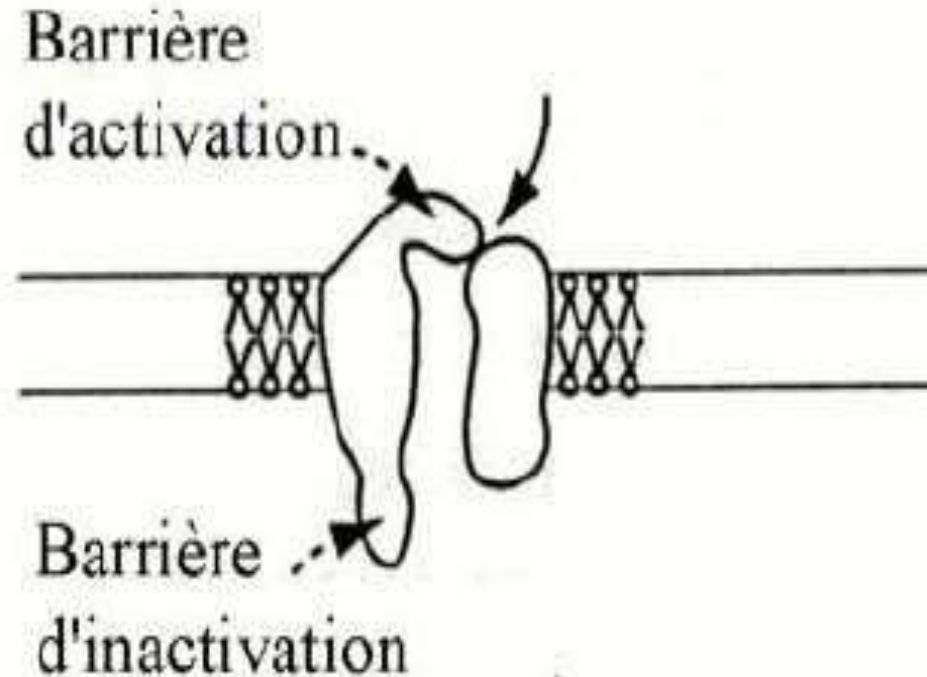
- **Remaniement** de la **distribution des ions** de part et d'autre de la membrane cellulaire.
- Favorisé par une **augmentation sélective** de sa perméabilité vis-à-vis des ions.



IV.1. CANAUX Na^+ VOLTAGE DEPENDANT :

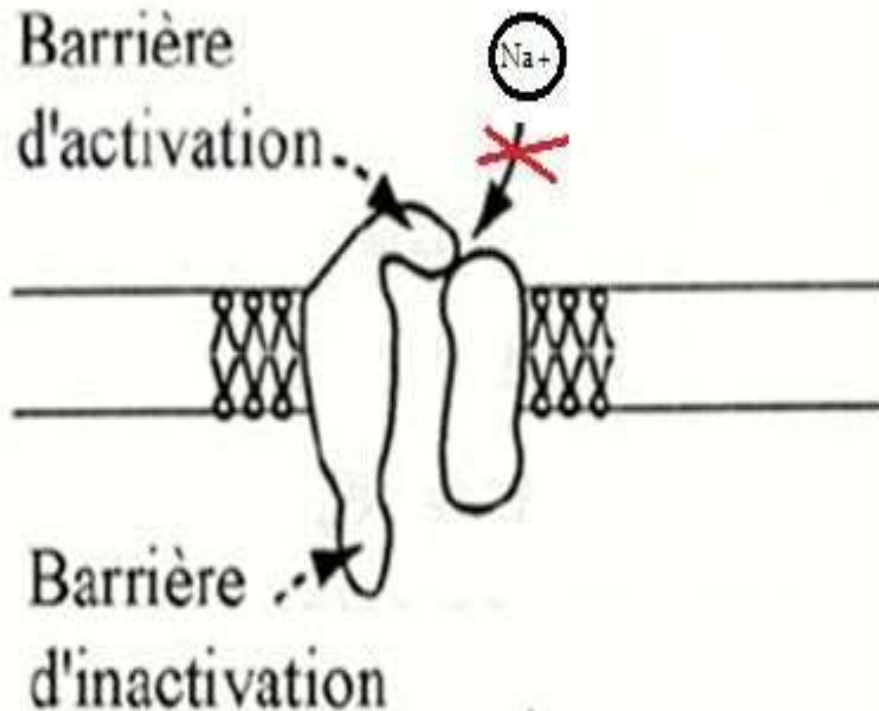
CANAUX Na⁺ VOLTAGE DEPENDANT :

- Ils ont deux barrières :
 - ✓ **Côté externe** = barrière d'activation.
 - ✓ **Côté interne** = barrière d'inactivation.



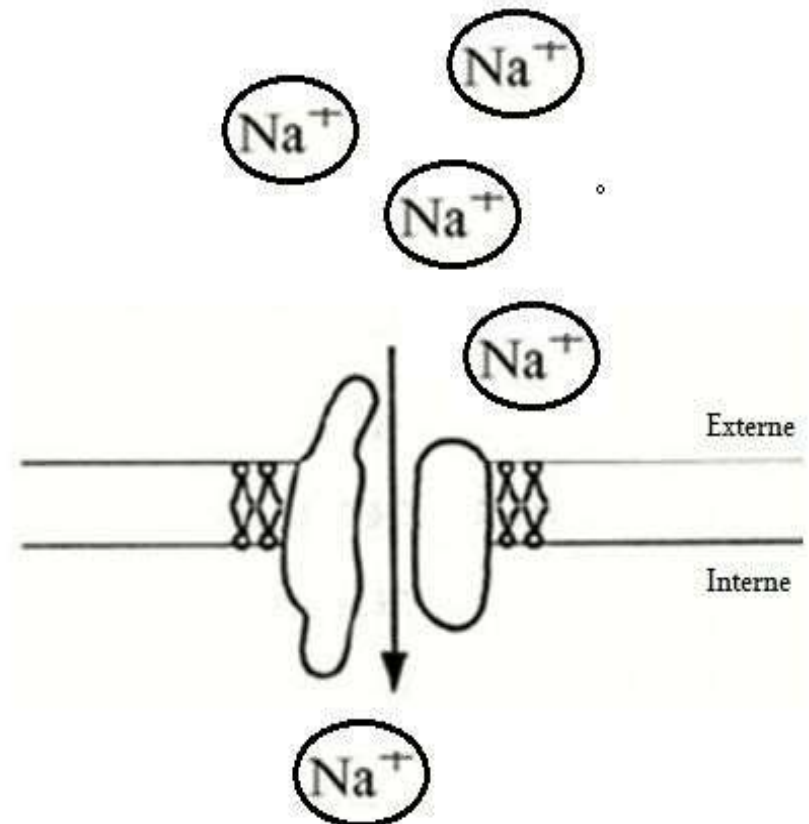
Pendant le PR

- ✓ la **barrière d'activation** est **fermée** ⇒ Empêche l'entrée du Na^+ .
- ✓ La **barrière interne** **d'inactivation** est **ouverte**.



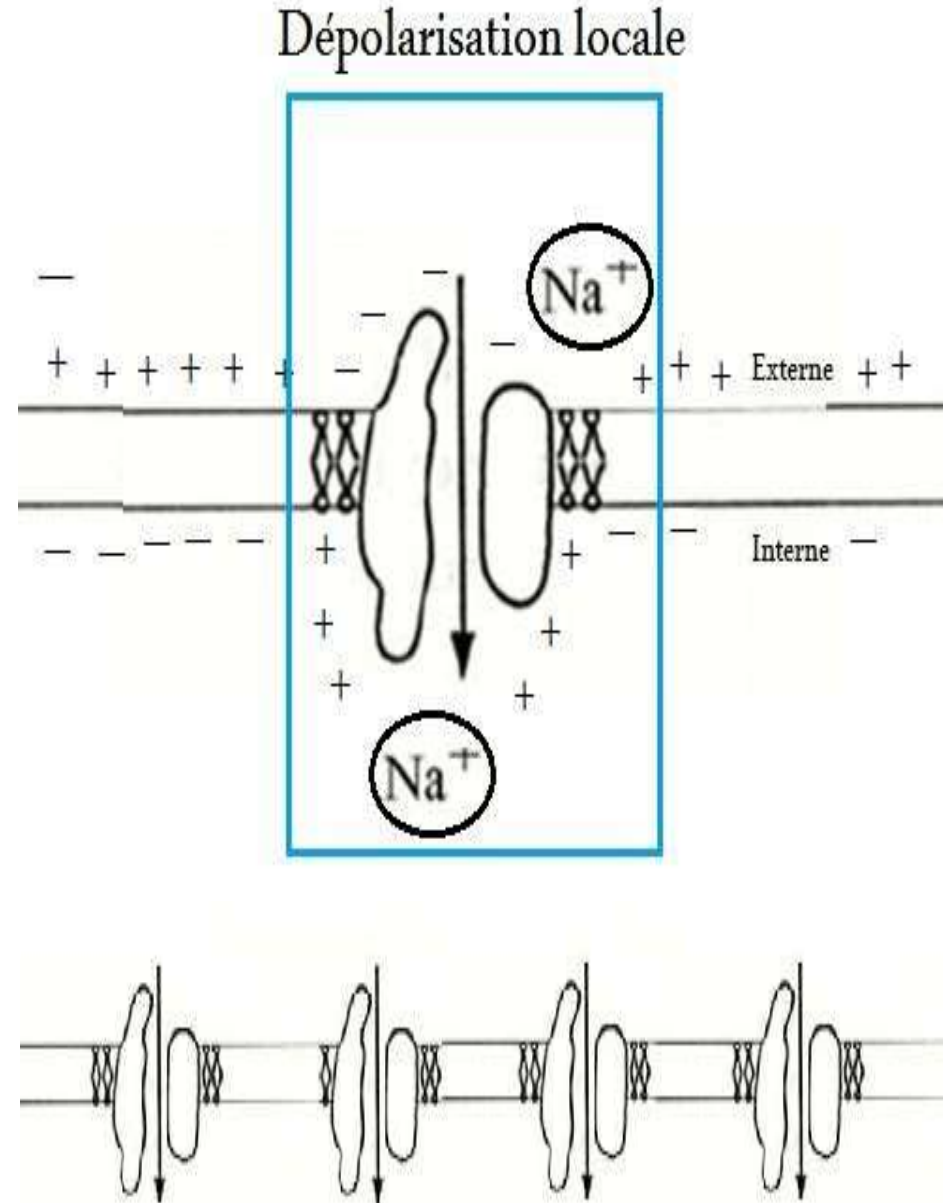
stimulus localisé > seuil

- ✓ La barrière d'activation de **qq canaux Na^+** change de configuration pour s'ouvrir.
- ✓ Laisse entrer **qq ions Na^+** à l'intérieur de la cellule.

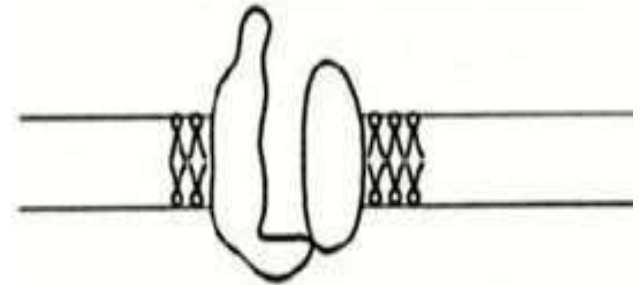
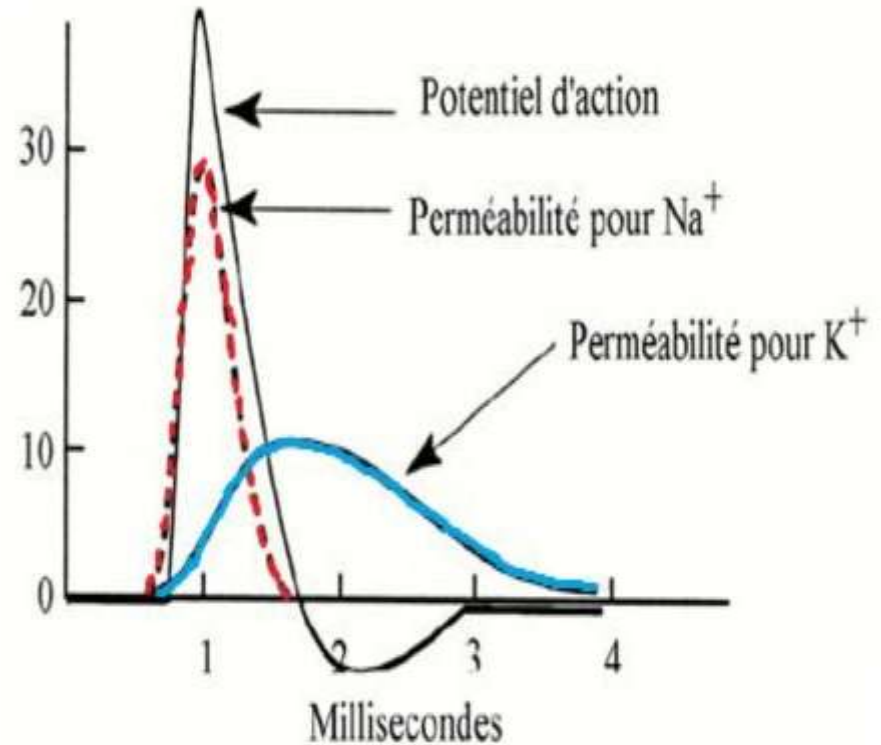


phénomène autorégénératif

- Entrée de Na^+
⇒ **dépolarisation partielle**.
- Le potentiel Mb passe de
-90 mV ⇒ **-60 mV**.
- **Dépolarisation partielle** ⇒
ouverture d'un **plus grand nombre** de canaux
 Na^+ ⇒ entrée plus grande
d'ions Na^+ ⇒ **dépolarisation plus forte** ⇒ ouverture
canaux sodium ⇒ ⇒ barrière
d'activation de tous les
canaux Na^+ ouverte
⇒ **dépolarisation atteint son sommet**.
- C'est un « **phénomène autorégénératif** ».



- Dépolarisation atteint son maximum \Rightarrow entrée du Na^+ commence à \searrow
- Barrières d'inactivation des canaux Na^+ se referment progressivement \Rightarrow met fin à l' \nearrow de la perméabilité de la Mb pour Na^+ .



- Fermeture de la barrière d'inactivation des canaux

Na^+ \Rightarrow pas d'entrée

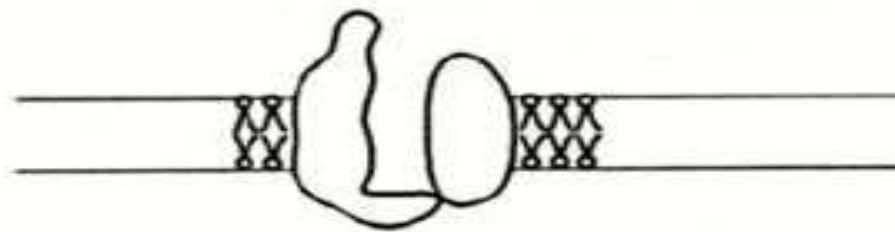
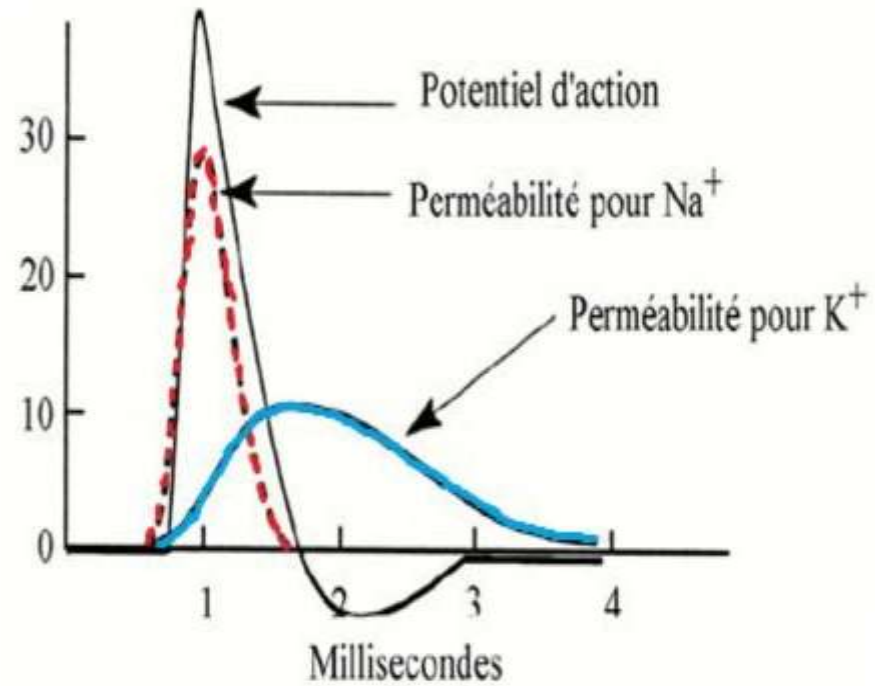
additionnelle d'ions Na^+ \Rightarrow

phase de repolarisation du

PA.

- Barrière d'inactivation fermée \Rightarrow canaux Na^+ ne peuvent pas être activés.

- phase de repolarisation du PA.



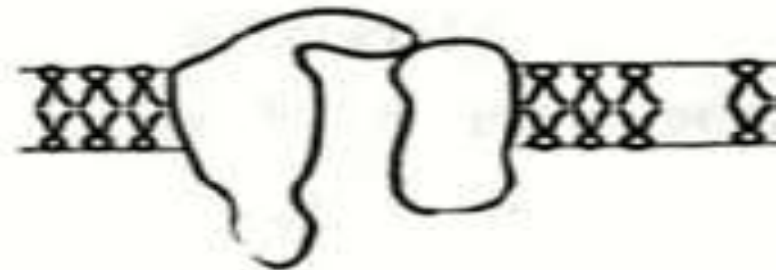
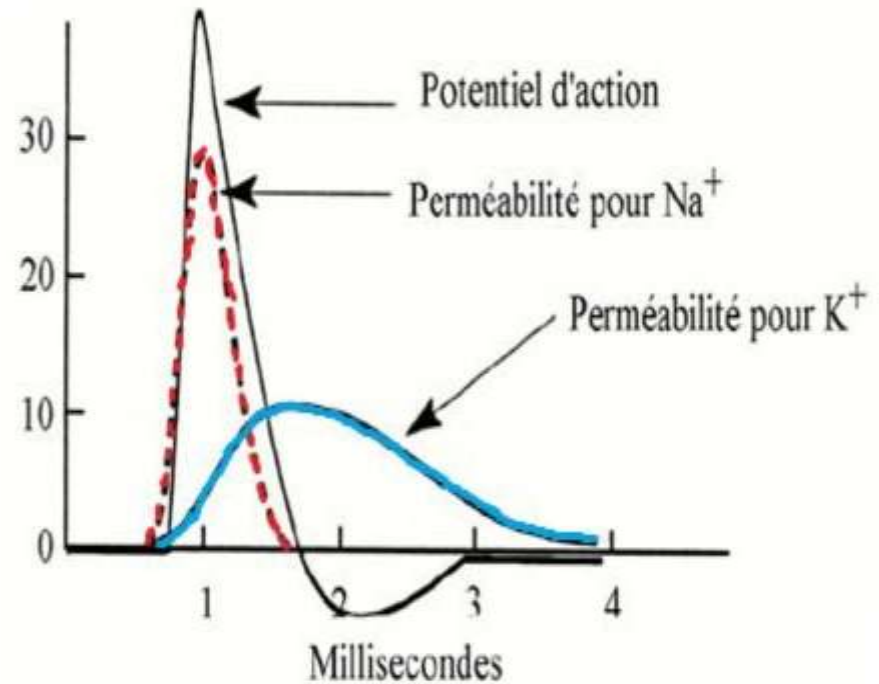
Fin de repolarisation

- Fin de la repolarisation:

ddp revient à la valeur du PR

❖ barrière d'activation **se referme.**

❖ barrière d'inactivation **s'ouvre.**



Phase d'hyperpolarisation

- Phase d'hyperpolarisation :

canaux Na^+ voltage

dépendants \Rightarrow reprennent

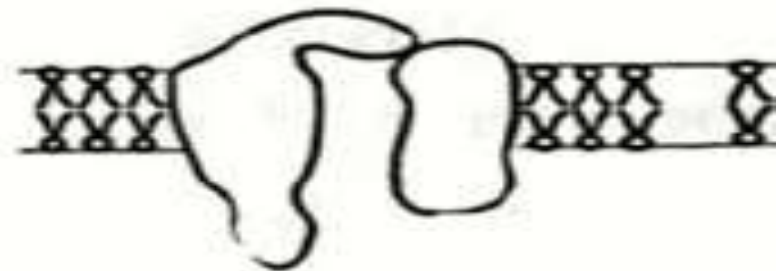
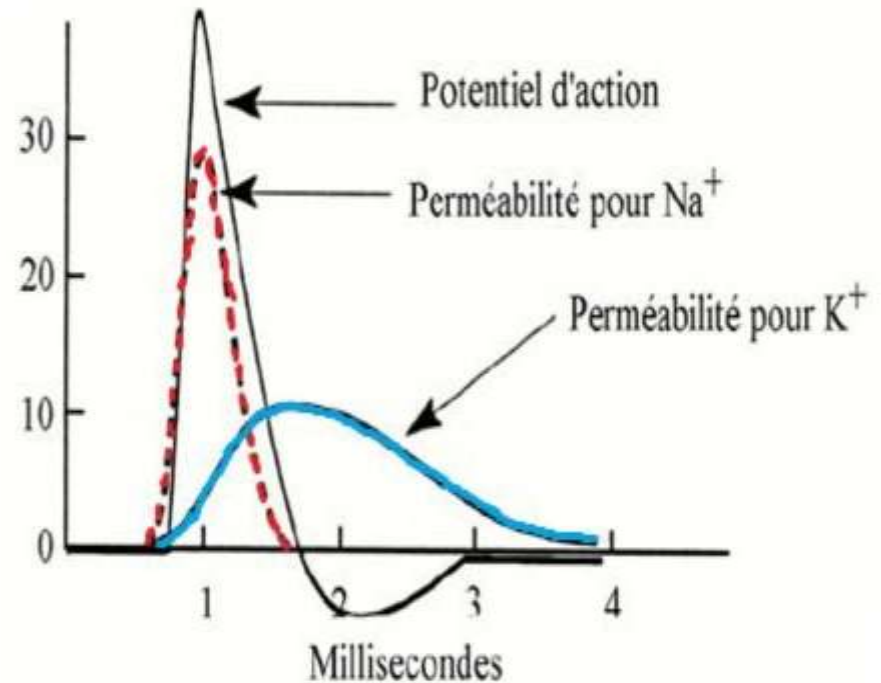
forme de repos stimuable.

- Fin d'hyperpolarisation :

tous les canaux Na^+ voltage

dépendants \Rightarrow ont repris

leur forme de repos.



IV.2. CANAUX K^+ :

Canaux K⁺ voltage dépendants

- Les canaux K⁺ voltage

dépendants :

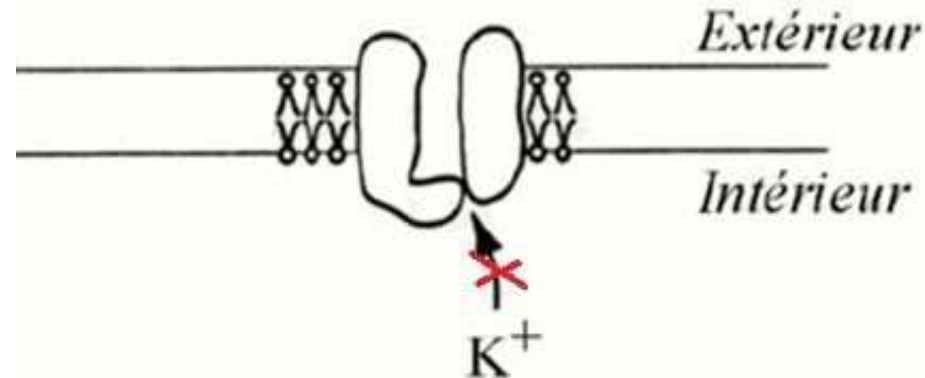
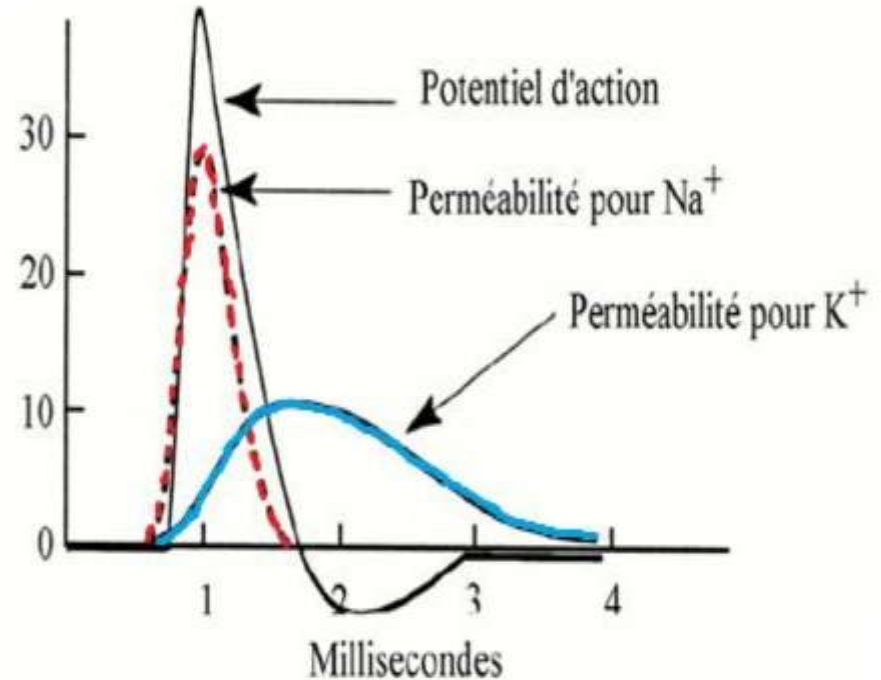
❖ ont **une seule barrière d'activation**.

❖ **Au PR :**

barrière des canaux K⁺

fermée ⇒ **pas de sortie**

des **ions K⁺**.



Dépolarisation

- Dépolarisation:

changement de voltage \Rightarrow

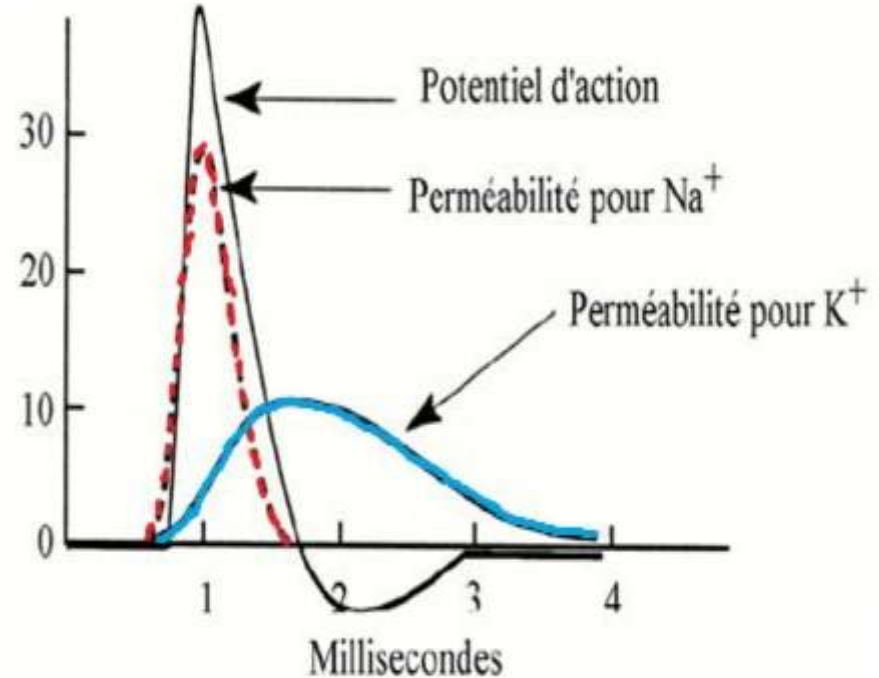
ouverture de la barrière

des canaux K^+ .

- **Canaux K^+ :**

- ❖ **Très lents.**

- ❖ Leur ouverture **ne se manifeste qu'au début** de la **repolarisation**.



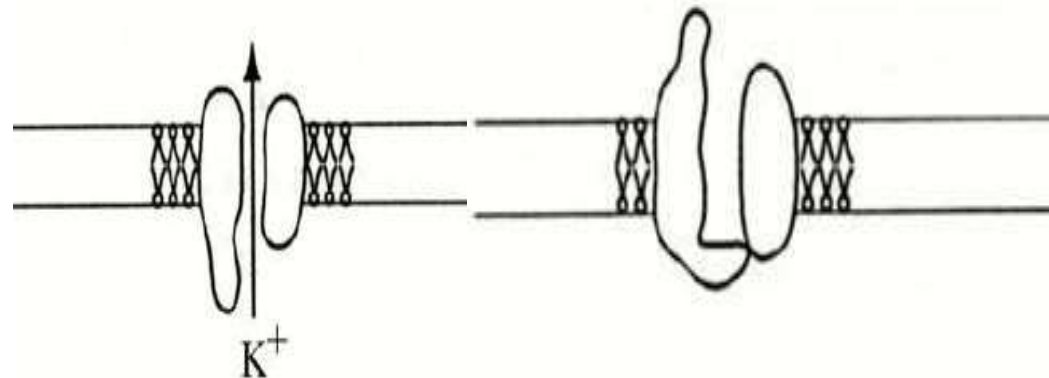
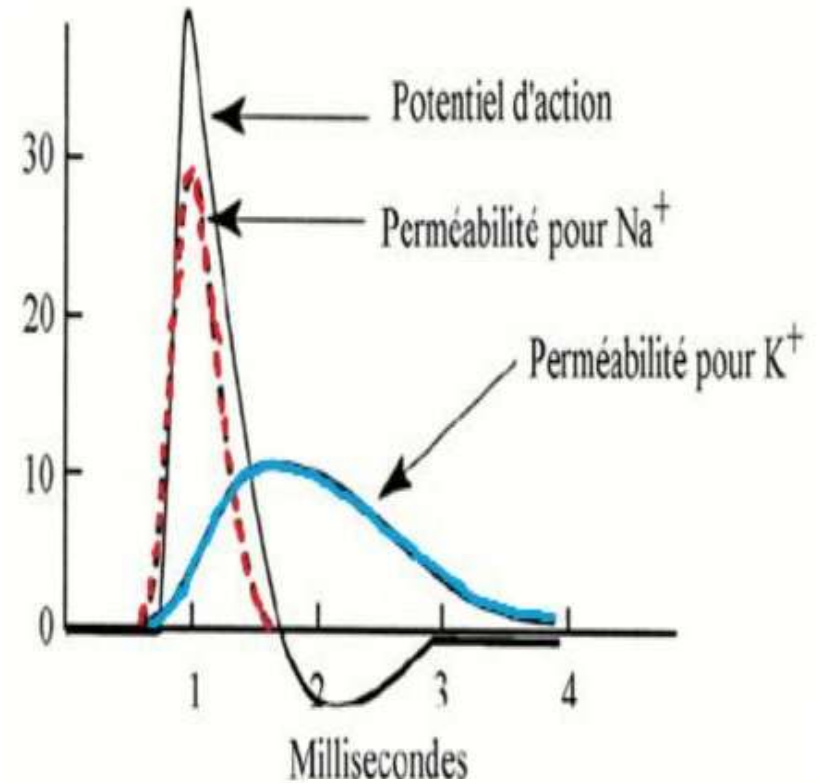
Repolarisation

- Les canaux K^+

commencent à s'ouvrir en même temps que les canaux Na^+ se referment.

- Augmentation de la perméabilité pour le K^+ \Rightarrow

sortie des K^+ à l'extérieur de la cellule.



Repolarisation

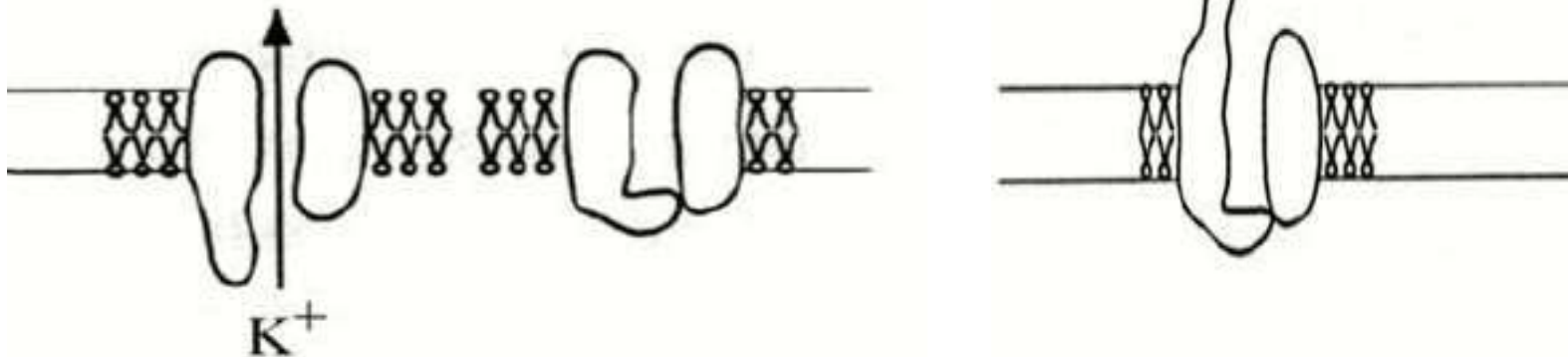
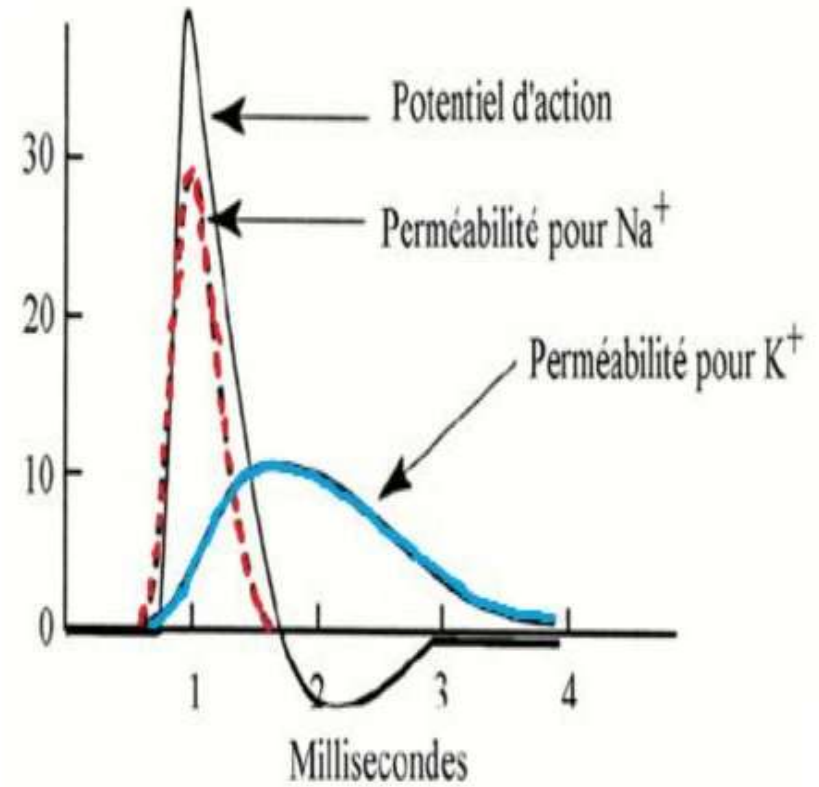
- La repolarisation est accompagnée à la fois par :

❖ ↘ **entrée** Na^+ à l'intérieur

de la cellule

❖ ↗ **sortie** K^+ à l'extérieur de

la cellule.



Repolarisation

- \oplus K^+ sortent \Rightarrow \oplus

repolarisation progresse

\Rightarrow \oplus nombre de canaux

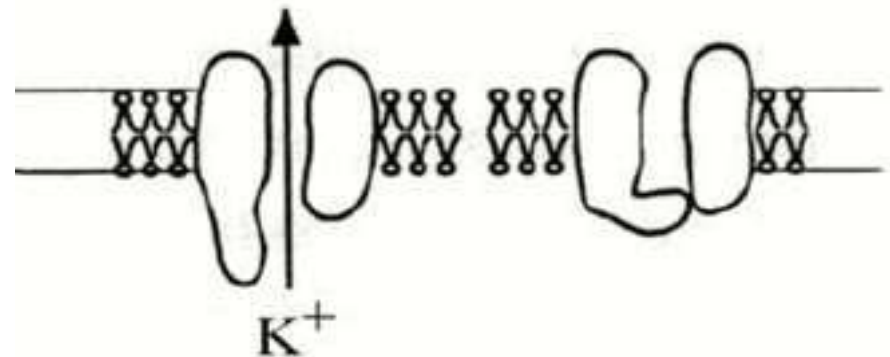
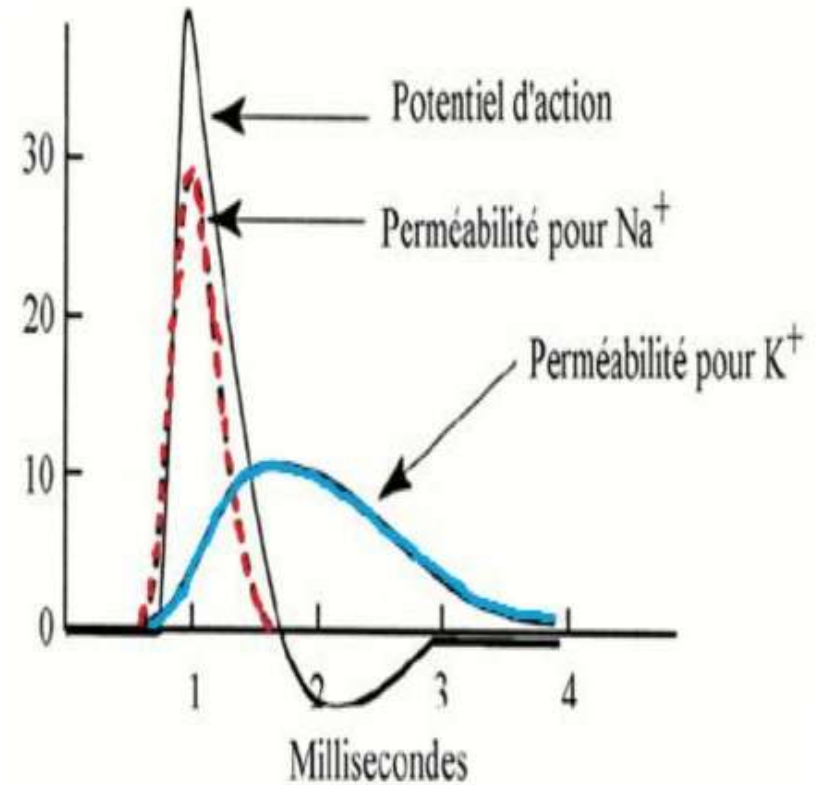
ouverts \nearrow .

- Les canaux K^+ restent

ouverts et ne se referment

que lorsque **ddp** revient à

la valeur de repos.



V. CARACTERISTIQUES DU POTENTIEL D'ACTION :

- Seuil d'excitation
- Loi du tout ou rien
- Propagation
- Périodes réfractaires

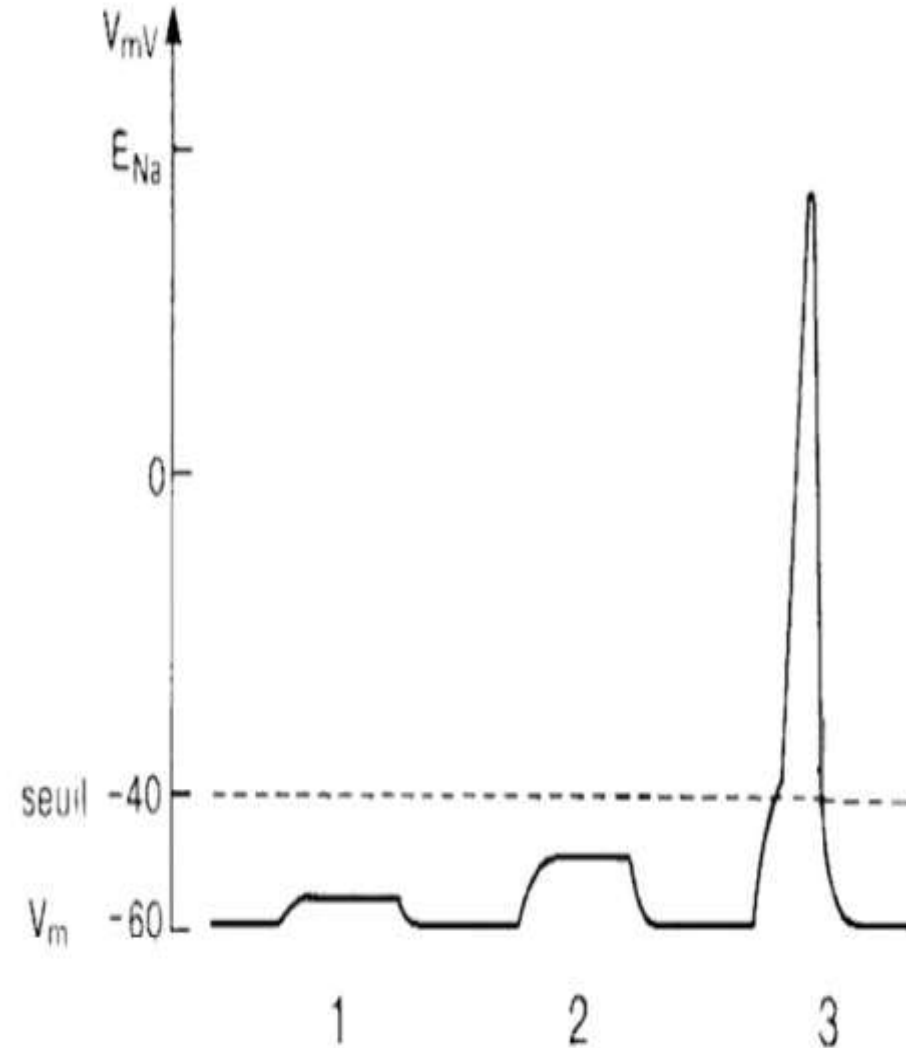
V.1. SEUIL D'EXCITATION :

Seuil d'excitation

- DEFINITION :

- ❖ Intensité minimale du stimulus \Rightarrow **produire PA.**

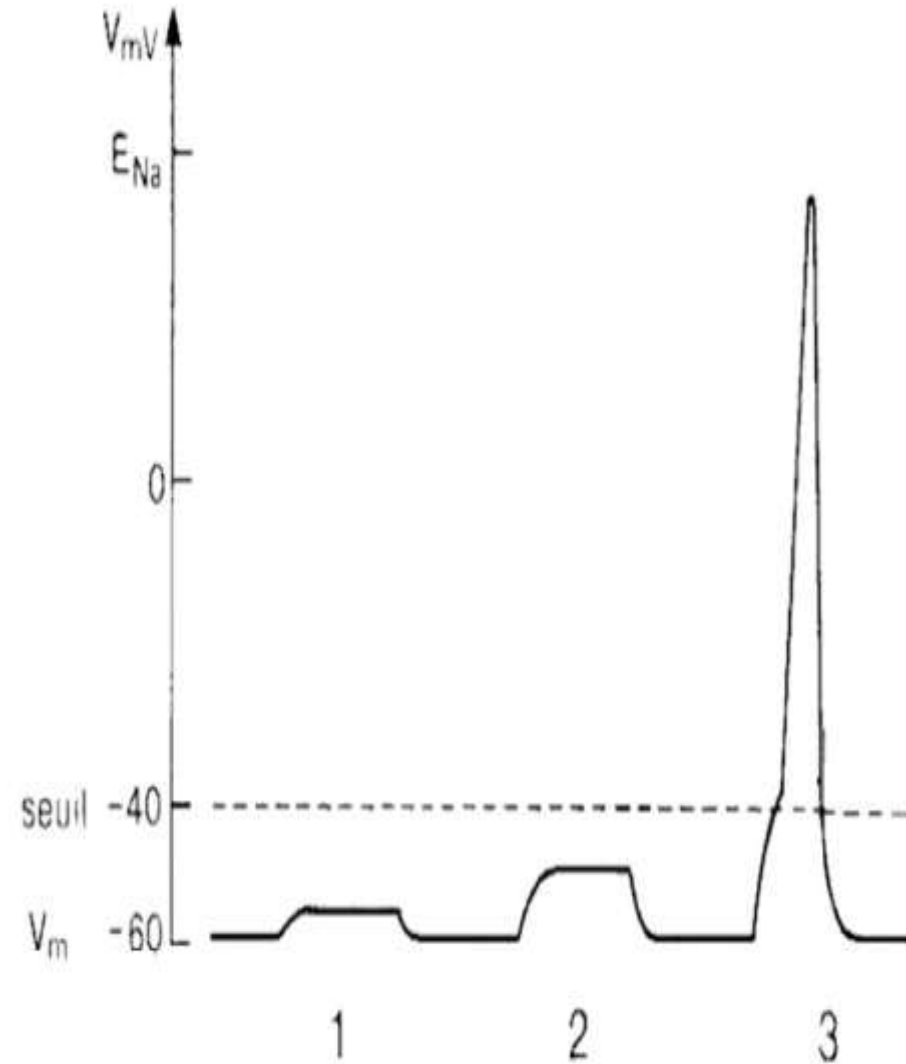
- ❖ Intensité minimale = seuil de déclenchement du PA.



Seuil d'excitation

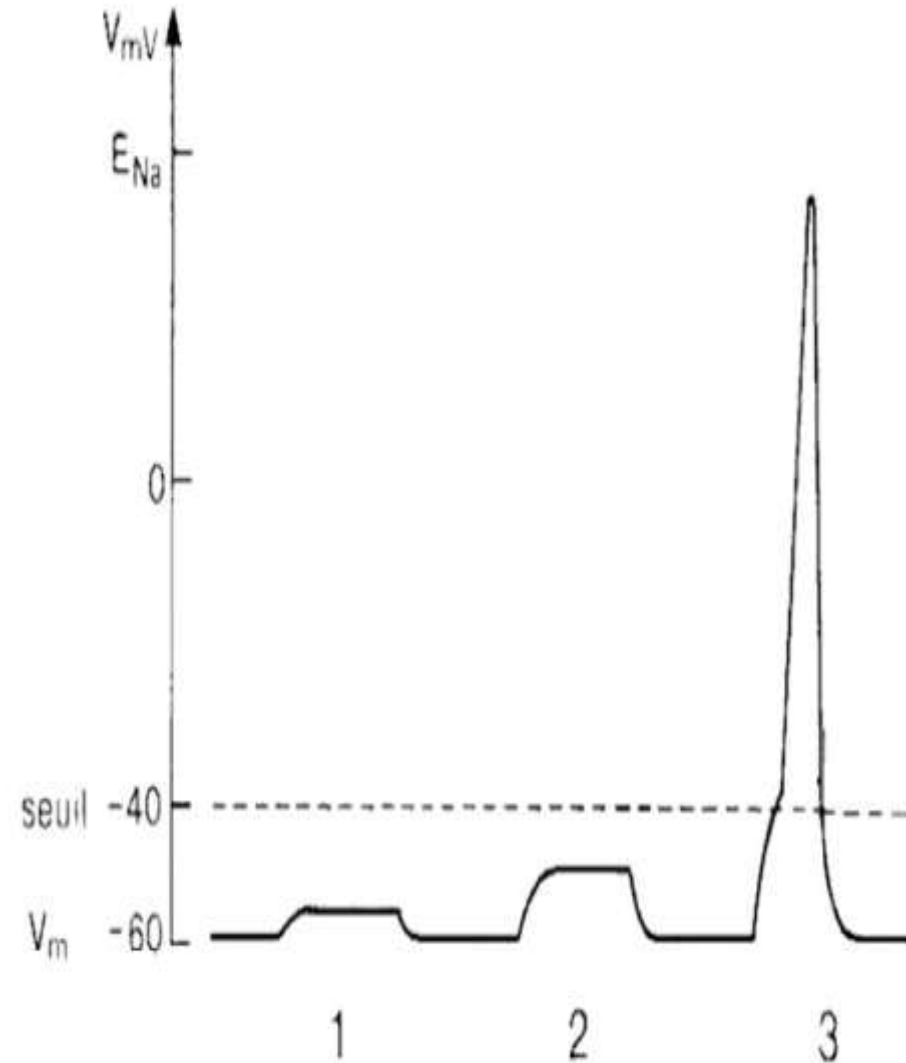
- seuil de déclenchement :

varie d'un type cellulaire à un autre.



Seuil d'excitation

- Les stimulations **NE SONT**
PAS TOUTES capables
d'induire un PA \Rightarrow
dites **INFRALIMINAIRES**.



Seuil d'excitation

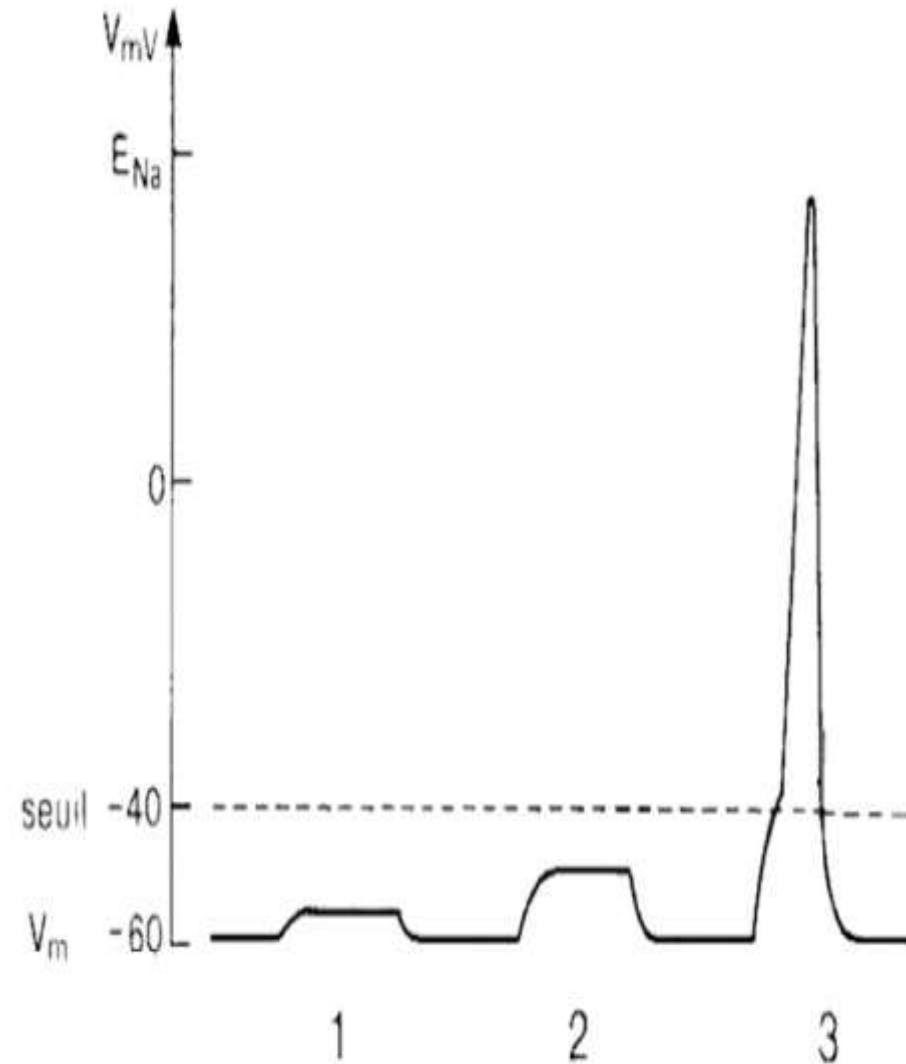
- Il faut qu'elles **atteignent**

un certain niveau pour le

déclencher.

- Au delà \Rightarrow dites

LIMINAIRES.



V.2. LOI DU TOUT OU RIEN :

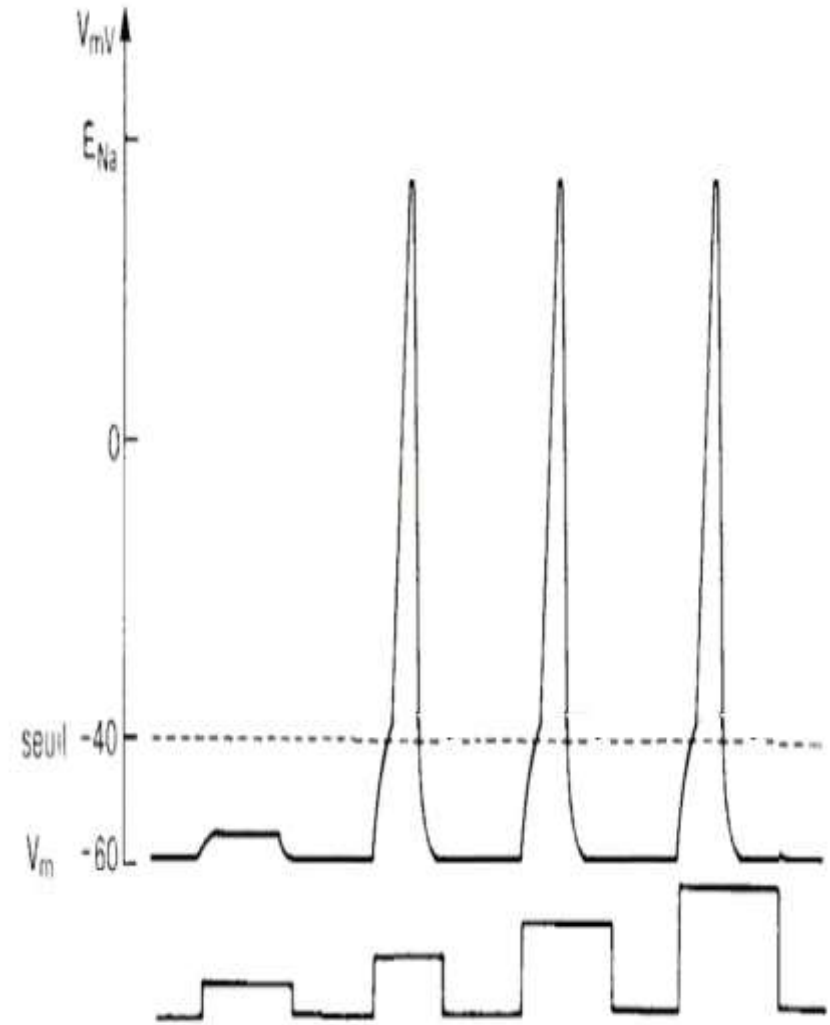
LOI DU TOUT OU RIEN

- Le potentiel d'action est

soit :

❖ Obtenu **EN ENTIER**.

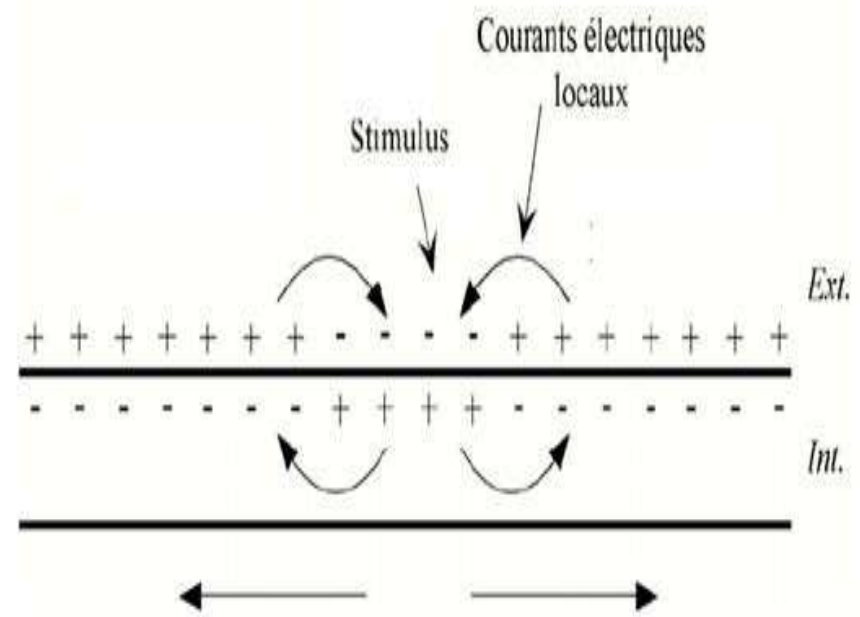
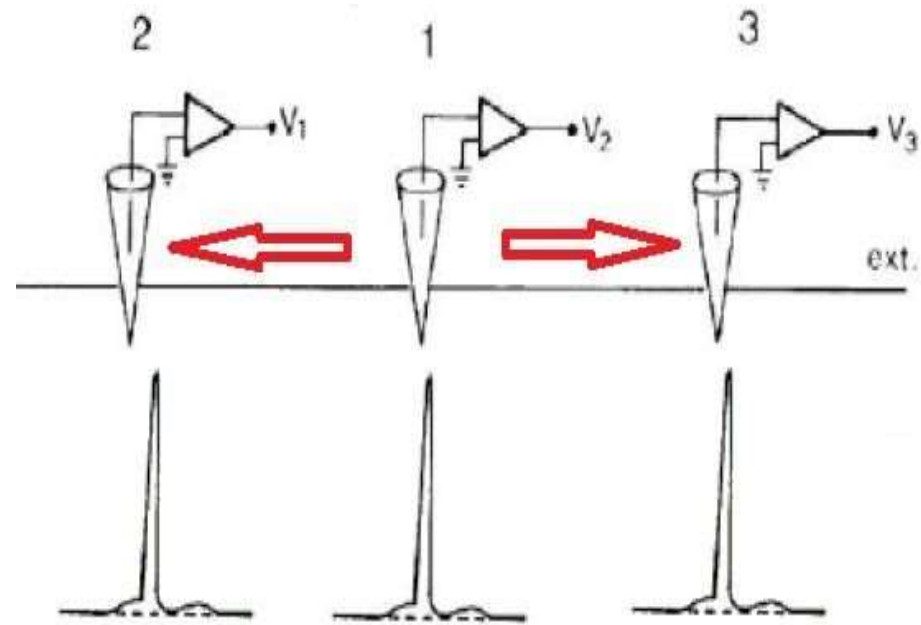
❖ il **NE L'EST PAS**.



V.3. PROPAGATION :

PROPAGATION

- Le PA apparaît des **deux côtés** du **point de stimulation**.
- La dépolarisation se poursuit de **PROCHE EN PROCHE**.
- Se fait **SANS ATTENUATION**
⇒ L'enregistrement du PA est **en tout point IDENTIQUE**.



CAS DE FIBRE MYELINISEE :

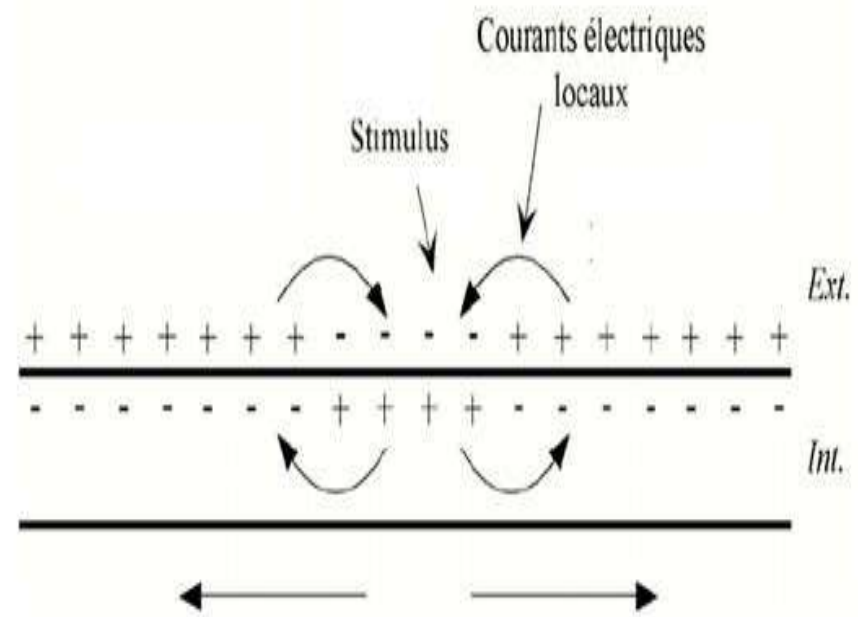
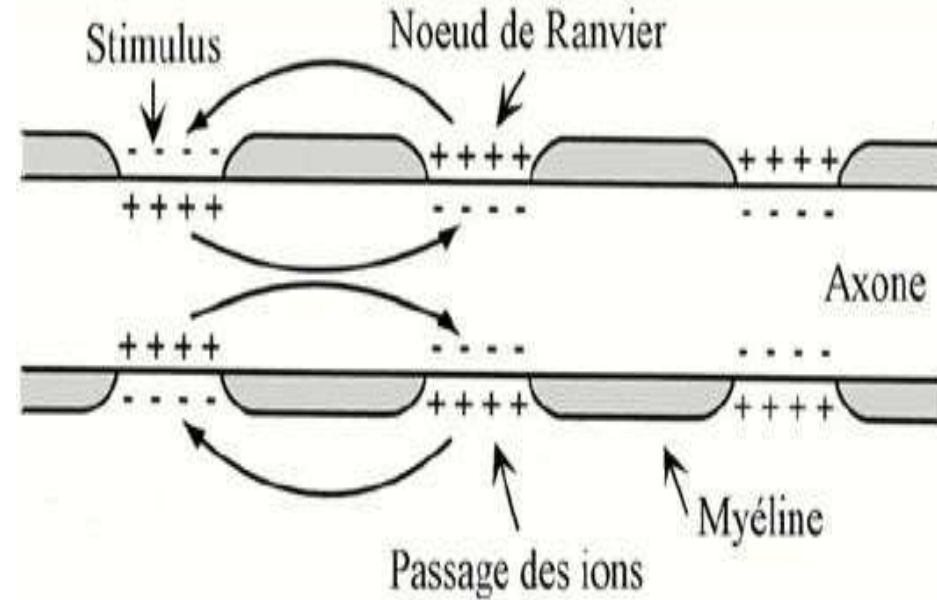
PROPAGATION

- Myéline \Rightarrow **ISOLANTE** pour les ions.

- PA observé **UNIQUEMENT**
 \Rightarrow **nœuds de RANVIER.**

- PA se propage **PAR SAUT** d'un nœud à un autre \Rightarrow

PROPAGATION SALTATOIRE.



V.4. PERIODES REFRACTAIRES :

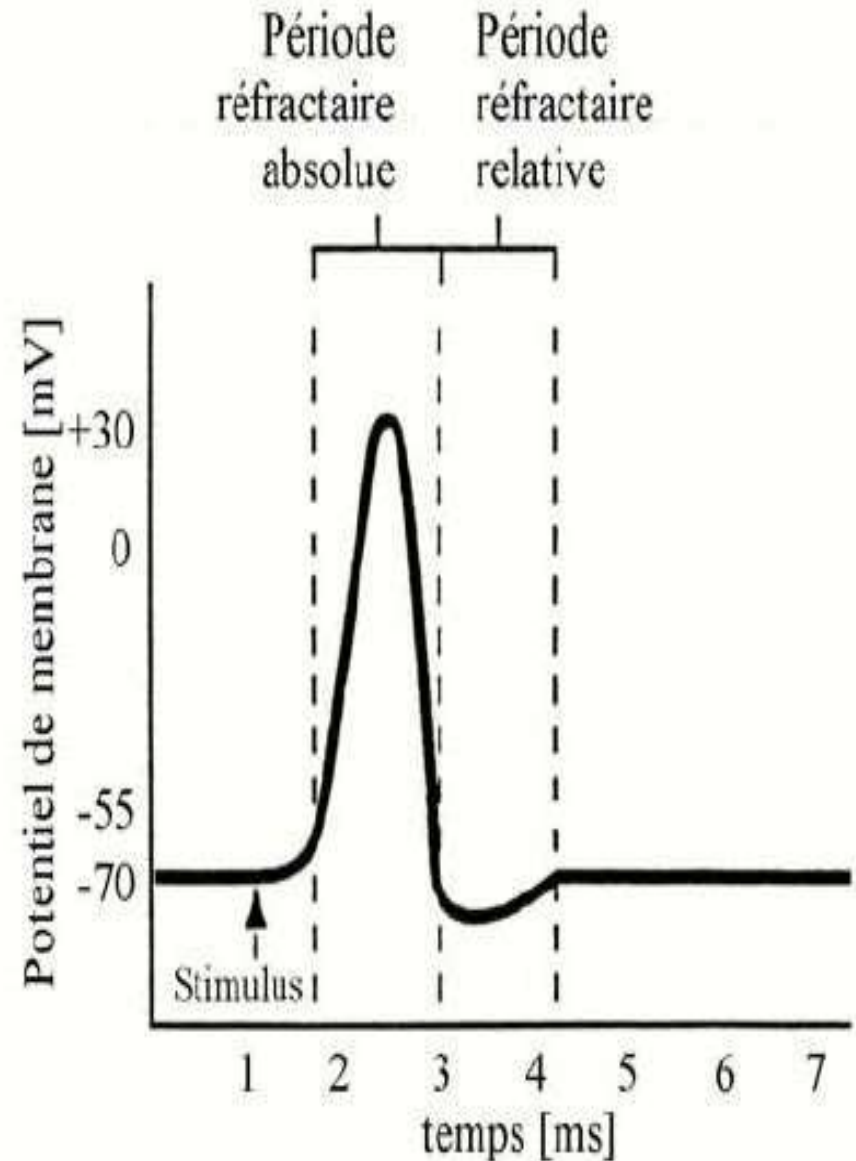
PERIODE REFRACTAIRE

- Période durant laquelle :

stimulation liminaire ⇒

PAS de PA.

- ❖ Période réfractaire
absolue (PRA)
- ❖ Période réfractaire
relative (PRR)



V.4.1. PERIODE REFRACTAIRE ABSOLUE :

PRA

- Couvre la **dépolarisation** et la **repolarisation**.

- ∇ **intensité 2^{ème} stimulus**

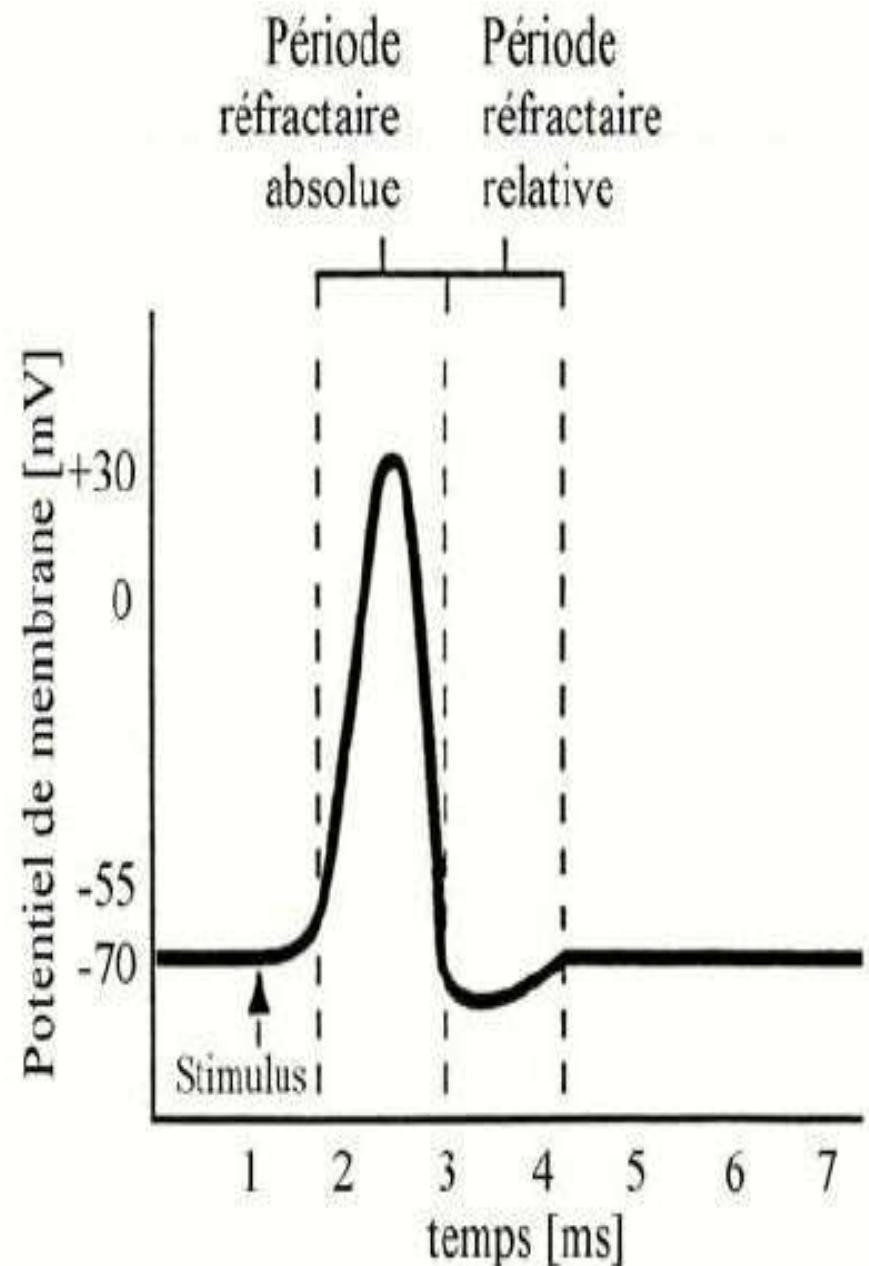
⇒ **PAS de 2^{ème} PA.**

- Car **processus d'ouverture**

des canaux Na^+ **DÉJÀ**

DECLENCHÉ ⇒ ne peut

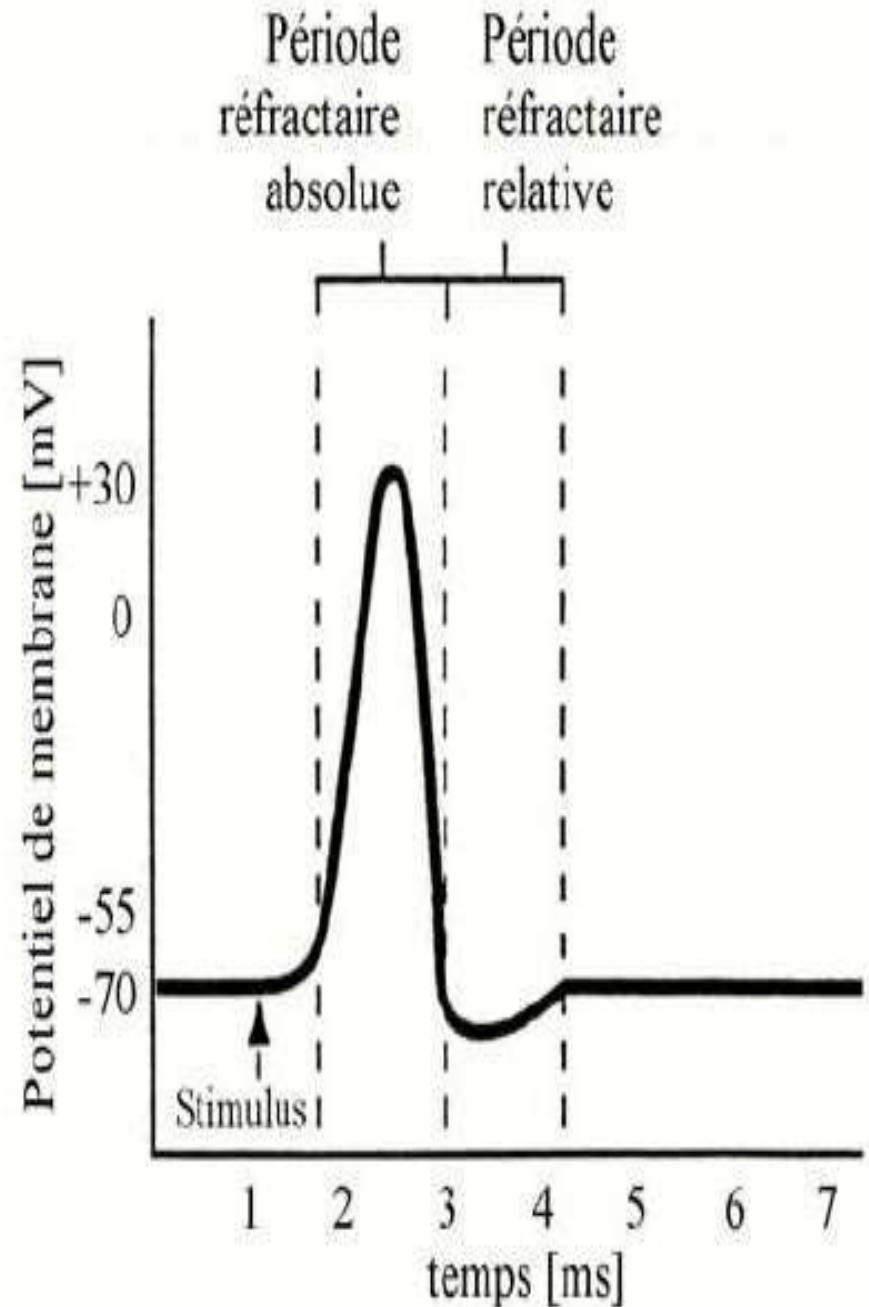
l'être davantage.



V.4.2. PERIODE REFRACTAIRE RELATIVE :

PRR

- Couvre la phase d'**hyperpolarisation**.
- **Intensité 2^{ème} stimulus** doit être **> 1^{er} stimulus** ⇒ **PA**.
- **Seuil d'excitation** de la fibre **⊕ ↗**.



VI.5. CONCLUSION :

- PA : PHENOMENE ELECTRIQUE COMMUN à toutes les cellules excitables \forall l'organe.
- La sommation des PA d'un ensemble de cellules ou d'un organe \Rightarrow SIGNAL ELECTRIQUE peut être:
CAPTÉ, AMPLIFIÉ et **ENREGISTRÉ** \Rightarrow **électrodes**
placées **MEME A DISTANCE**.

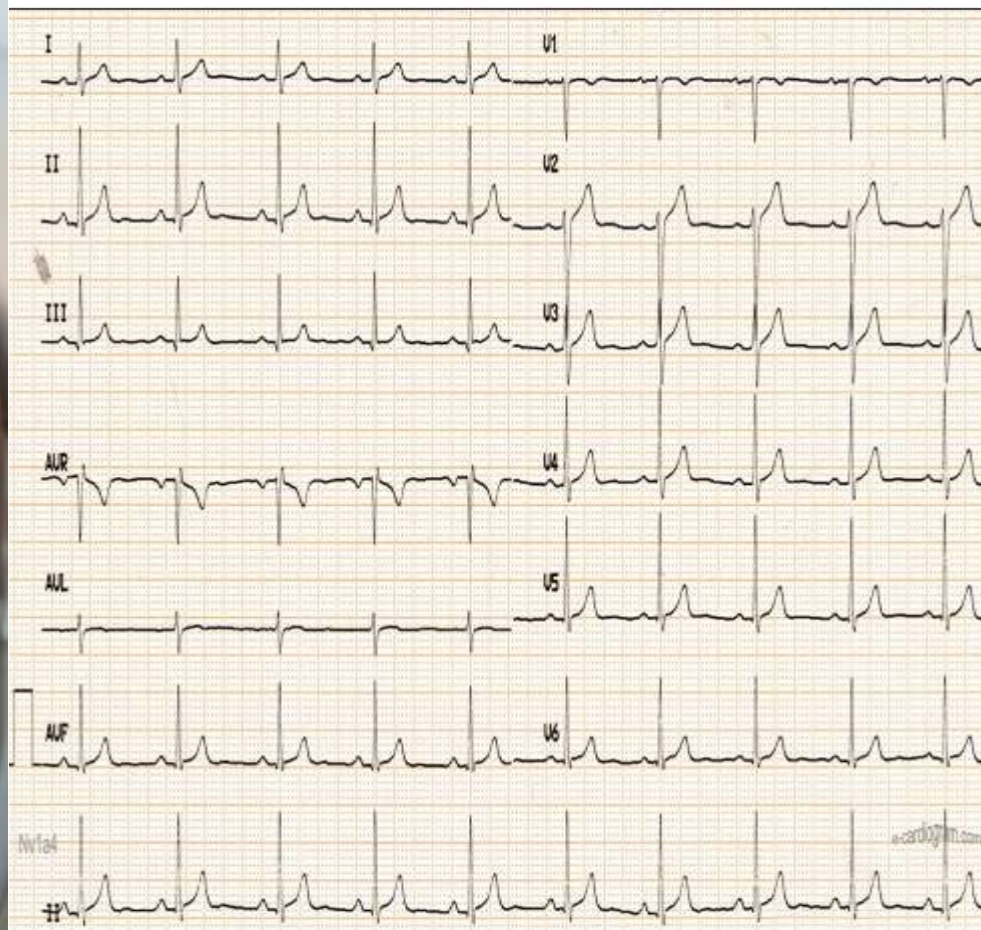
- Cet enregistrement reste **l'approche privilégiée** en médecine, pour **explorer des organes** tels que le **cœur (ECG)**, **l'œil (PEV et ERG)** et **l'audition (PEA)**,
...etc.



ECG normal

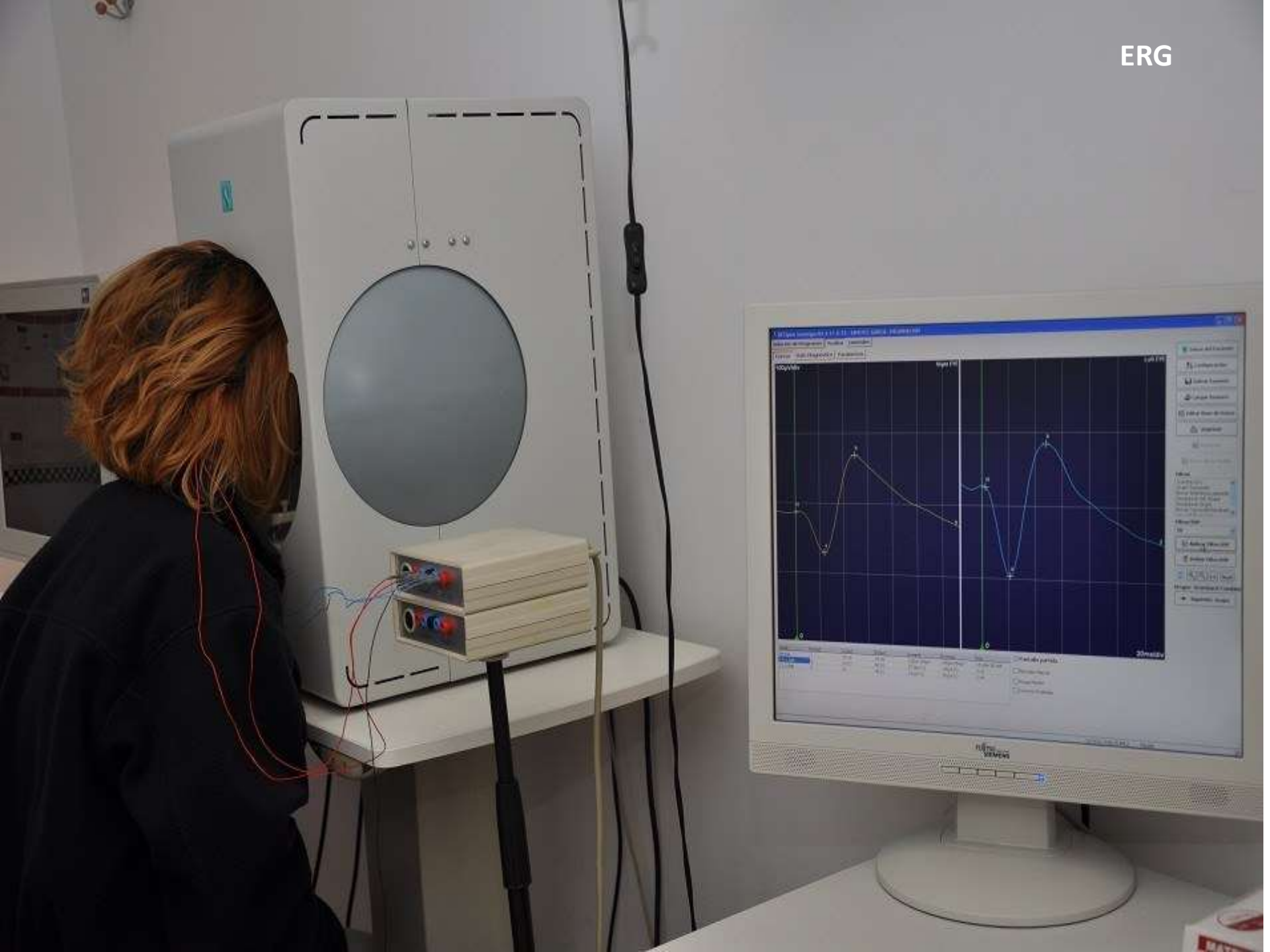
(homme 35 ans)

1. L'onde **P** positive en DI-DII (max. en DII) et de **type sinusal** (dôme)
2. Une **seule onde P identique** précède chaque QRS ($\leq 2,5$ mm et $< 0,12$ s)
3. L'**intervalle P-R** (ou P-Q) est isoelectrique, durée constante : 0,12 à 0,20 s
4. La **fréquence sinusale** habituelle est comprise entre 60-100/min
5. Le QRS est positif en DI-DII-VF (**ÀQRS : 0 à 90°**)
6. Les QRS sont tous fins (**durée QRS $\leq 0,11$ s**)
7. Il n'y a **pas d'onde Q** (mais il doit exister une micro onde q en V5-V6)
8. L'aspect en **V1** est rS et en **V6** qR ; l'onde R croit de V1 à V4 (< 25 mm)
9. L'**intervalle QT corrigé** est normal ($< 0,44$ s chez l'homme et $< 0,46$ s chez la femme)
10. Le segment **ST** est **isoelectrique au segment PQ** (sus-décalage possible : variantes)
11. L'onde **T** est **positive et asymétrique** (sauf en VR et V1)
12. L'onde **T** a une **amplitude proportionnelle au QRS** ($T < R$ sauf en V2-V3)



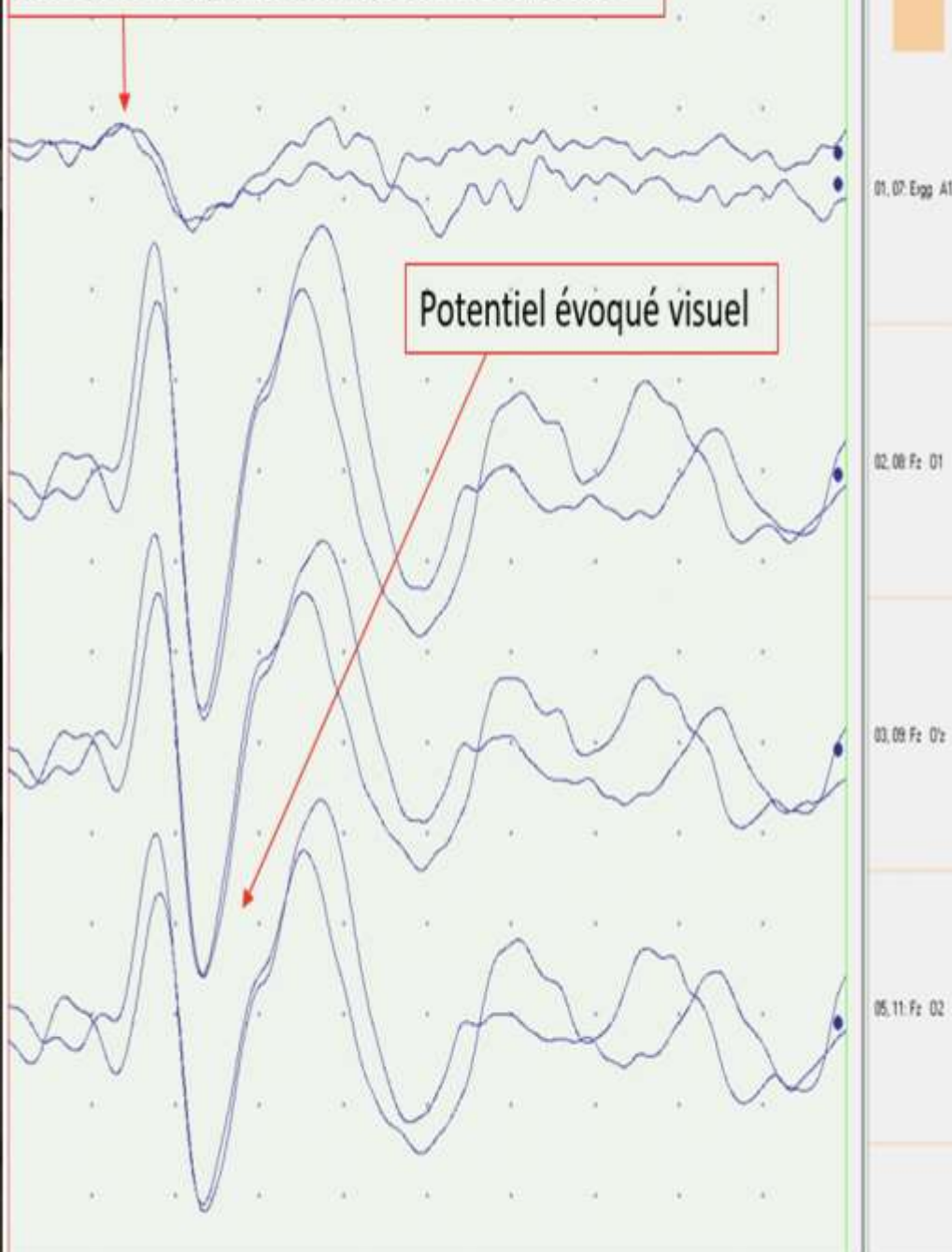


ERG

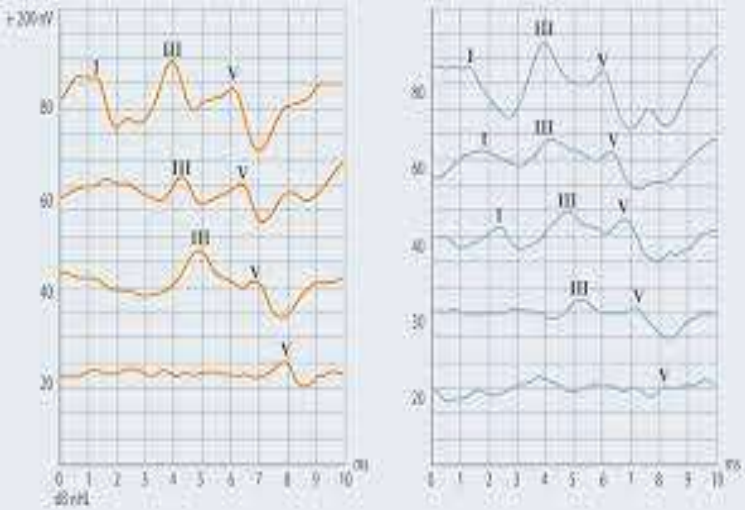




Electrorétinogramme: réponse de la rétine



PEA



MERCI