

Module de Biophysique

BIOELECTRICITE

Introduction à l'Electrophysiologie
Electrophysiologie cellulaire
- éléments et notions à retenir -

Professeur M. CHEREF

Laboratoire de Biophysique

Faculté de Médecine - Université ALGER 1

I – Introduction : Phénomène bioélectrique (1)

L'ÊTRE HUMAIN :

SIÈGE DE PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES
INTIMEMENT LIÉS AUX ACTIVITÉS VITALES

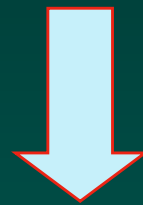
MISE EN ÉVIDENCE DE CES PHÉNOMÈNES
BIOÉLECTRIQUES



CAPTER LES SIGNAUX BIOÉLECTRIQUES :
COURANTS OU DIFFÉRENCES DE POTENTIEL
[LEURS VARIATIONS AU COURS DU TEMPS]

I – Introduction : Phénomène bioélectrique (2)

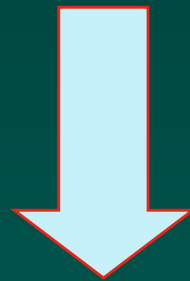
CAPTER LES SIGNAUX BIOÉLECTRIQUES :
COURANTS OU DIFFÉRENCES DE POTENTIEL
[LEURS VARIATIONS AU COURS DU TEMPS]



ÉLECTRODES PLACÉES EN SURFACE
OU
PLACÉES DANS LA PROFONDEUR DES TISSUS

I – Introduction : Phénomène bioélectrique (5)

L'ÉTUDE
DE CES PHÉNOMÈNES BIOÉLECTRIQUES
ET
DES TECHNIQUES DE RECUEIL
QUI Y SONT ASSOCIÉES :

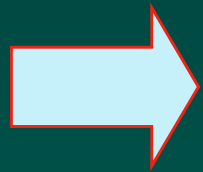


ELECTROPHYSIOLOGIE

I – Introduction : Phénomène bioélectrique (7)

➤ Electrophysiologie : Définition

- L'Electrophysiologie a pour objet l'étude des phénomènes électriques liés au fonctionnement des structures biologiques ou organes de l'individu.



Décrit les différents aspects

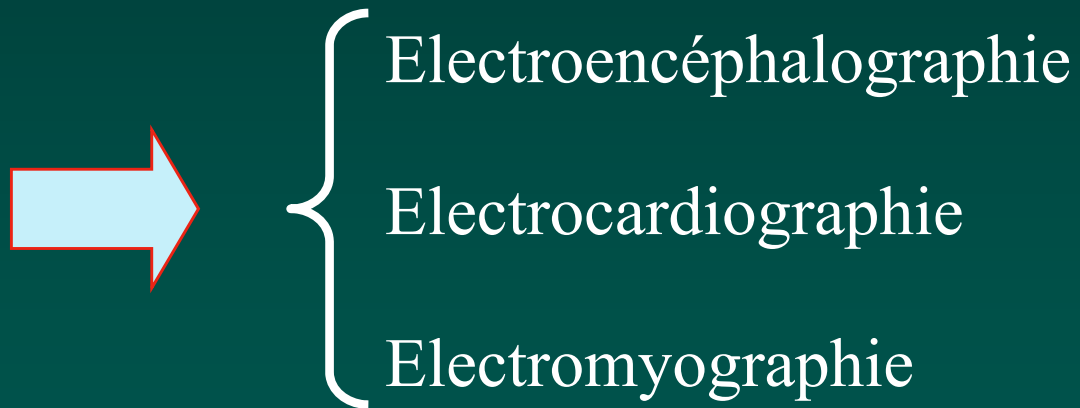
Tente d'en découvrir les causes

Tente de leur attribuer éventuellement un rôle fonctionnel

I – Introduction : Phénomène bioélectrique (9)

➤ Electrophysiologie : Intérêt

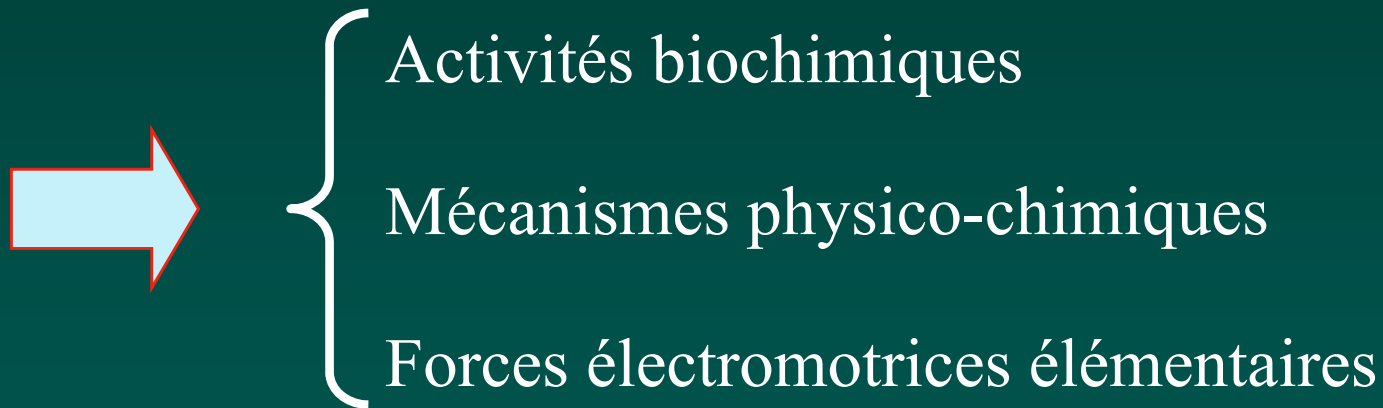
- L'étude de ces signaux bioélectriques permet d'acquérir des enseignements sur le fonctionnement normal ou pathologique de l'organe qui leur donne naissance.



I – Introduction : Phénomène bioélectrique (11)

➤ Electrophysiologie : Bioélectrogénèse

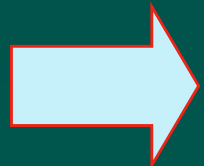
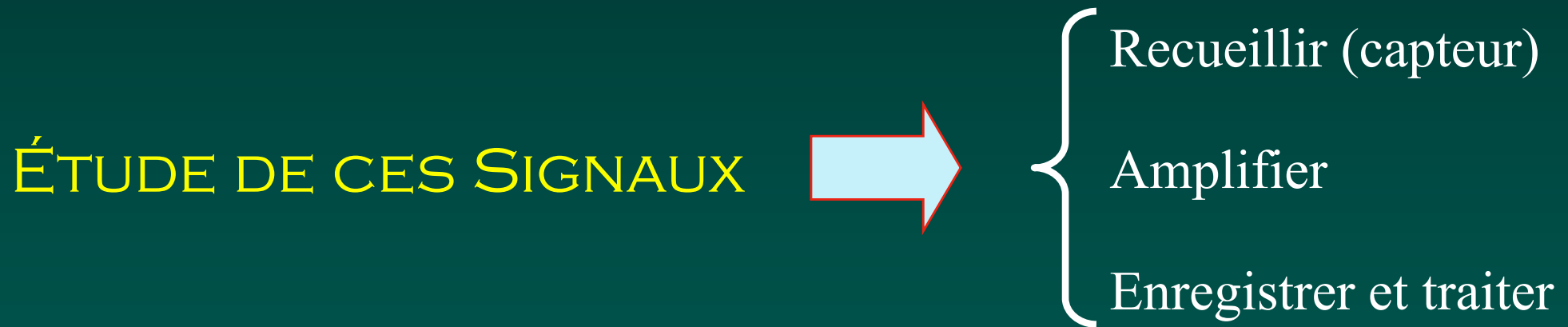
- L'origine des manifestations bioélectriques : explicitation du métabolisme



II– Techniques de l'Electrophysiologie (4)

➤ Chaîne de mesure des signaux physiologiques (1)

- Un fait : les Signaux bioélectriques sont souvent de faible amplitude



POUR ANALYSER CES SIGNAUX

II– Techniques de l'Electrophysiologie (7)

➤ Chaîne de mesure des signaux physiologiques (4) : Recueil

- Notions de signal émis, de signal recueilli, et de bruit

$$X(t) = s(t) + b(t)$$

- Caractère relatif du bruit

ÉTUDIER L'ACTIVITÉ ÉLECTRIQUE DU CŒUR
REVIENT À CONSIDÉRER L'ACTIVITÉ PULMONAIRE « COMME DU BRUIT »
(ET INVERSEMENT)

II– Techniques de l'Electrophysiologie (10)

➤ Chaîne de mesure des signaux physiologiques (7) : Amplification

- Amplification de l'information

$$X(t) = G \cdot S(t)$$

$$X(t) = S(t) + B(t)$$

- Notions de distorsions et adaptation d'impédances

DISTORSIONS : INTRODUCTION DE PHÉNOMÈNES PARASITES

NÉCESSITÉ D'ADAPTER

LES IMPÉDANCES DE CHAQUE ORGANE DE LA CHAÎNE DE MESURE

II– Techniques de l'Electrophysiologie (12)

➤ Chaîne de mesure des signaux physiologiques (9) : Traitement

- Traitement et enregistrement de l'information

TRAITEMENT ANALOGIQUE DE L'INFORMATION

TRAITEMENT NUMÉRIQUE DE L'INFORMATION

OBJECTIFS

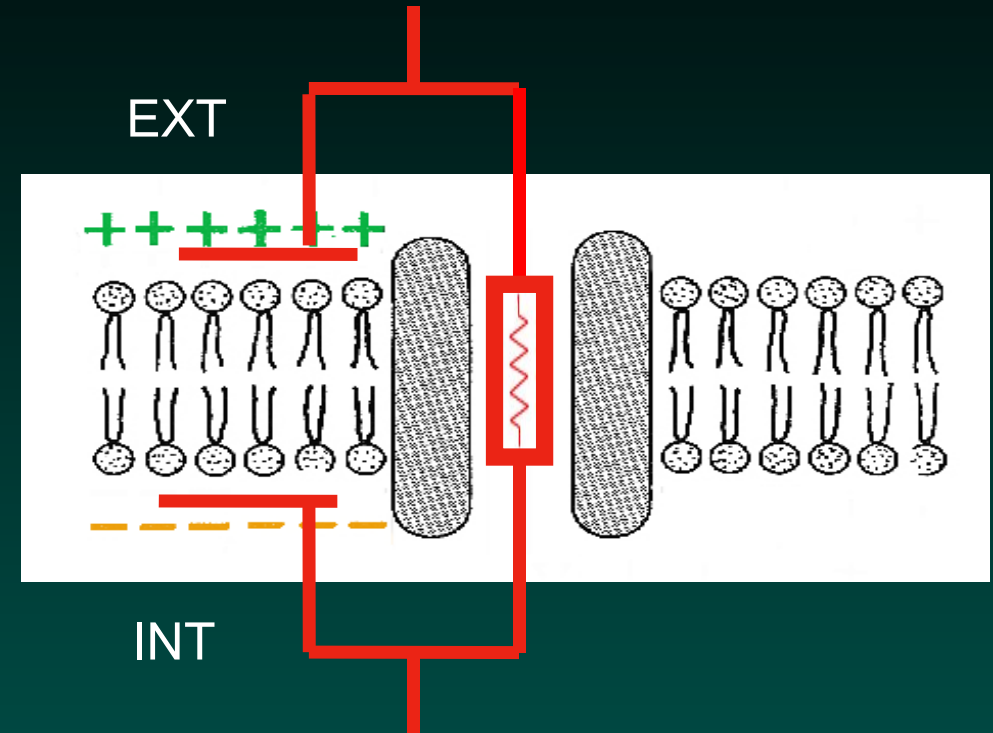
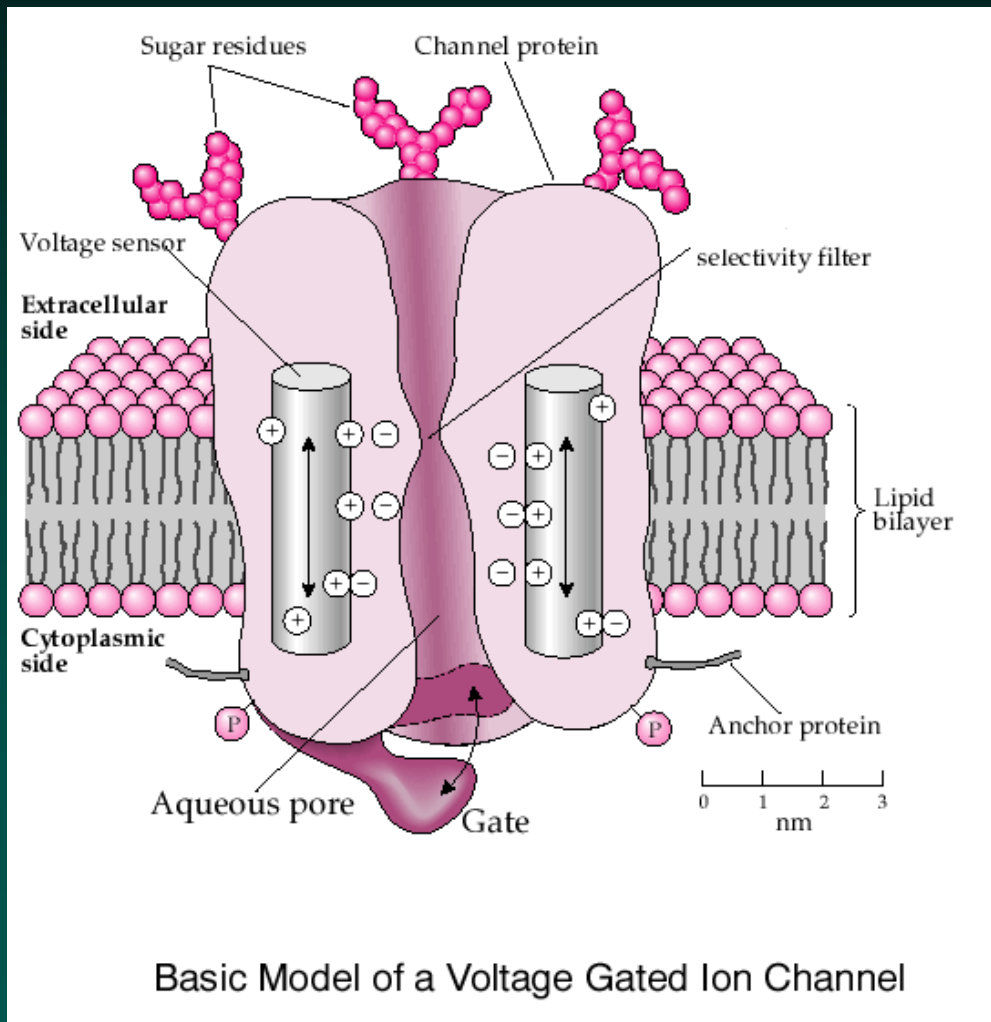
AUGMENTER LE RAPPORT SIGNAL / BRUIT

+

TRADUIRE L'INFORMATION EN UNE GRANDEUR DIRECTEMENT UTILISABLE

III– Electrophysiologie cellulaire (1)

➤ Définition



Étude des propriétés électriques des cellules, liées aux caractéristiques de la membrane cellulaire (aux propriétés ultra-structurelles de la membrane cellulaire) : responsable de l'existence d'une différence de potentiel entre le milieu intracellulaire et extracellulaire.

III – Electrophysiologie cellulaire (4)

➤ Potentiel de repos (2) : Origine

- Cellule vivante (excitable ou non excitable) :

INÉGALITÉ DE RÉPARTITION IONIQUE

K^+ INTRACELLULAIRE (PRINCIPALEMENT)

Na^+ EXTRACELLULAIRE (ESSENTIELLEMENT)

DDP ÉLECTRIQUE

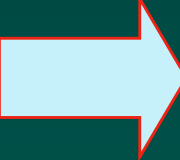
$$V_{INT} < V_{EXT}$$

DDP DIFFÉRENTES SUIVANT LA NATURE DE LA CELLULE

III – Electrophysiologie cellulaire (6)

➤ Potentiel de repos (4)

- La ddp est strictement localisée à la membrane, la face interne étant toujours négative par rapport à l'extérieur.

 {

- ~ (-10 mV) pour les cellules dites non excitables
- ~ < (-50 mV) pour les cellules dites excitables
- ~ (-90 mV) pour les cellules nerveuses (exemple de cellules excitables)

III – Electrophysiologie cellulaire (9)

➤ Potentiel de repos : théories explicatives



Hypothèse de Bernstein (1902)

seuls les ions K^+ et H^+ sont diffusibles

Hypothèse de Boyle et Conway (1941)

les ions Cl^- et CO_3H^- , également

Théorie de Hodgkin et Huxley (1952)

III – Electrophysiologie cellulaire (14)

➤ Potentiel de repos : Explications (1)

- Hypothèse de Boyle et Conway :

LA MEMBRANE JOUE LE RÔLE D'UNE MEMBRANE SEMI PERMÉABLE IDÉALE

PERMÉABLE À TOUS LES IONS K^+ ET Cl^-

STRICTEMENT IMPERMÉABLE AUX IONS Na^+

ÉQUILIBRE DE DONNAN

$$DDP \text{ } Cl^- \text{ } \text{ÉGA} \quad z \cdot F \cdot (V_2 - V_1) = -R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{[ions (2)]}{[ions (1)]} \right) \quad \text{TIMENTS} \quad \text{QUE}$$

LOI DE NERNST - DONAN

III – Electrophysiologie cellulaire (17)

➤ Potentiel de repos : Explications (4)

- Théorie de Hodgkin et Huxley : (expérience avec du sodium radioactif)

IL N'EXISTE PAS D'ÉTAT D'ÉQUILIBRE (HYPOTHÈSE DE BOYLE ET CONWAY)

RÉGIME PERMANENT QUI CONSOMME DE L'ÉNERGIE
(FLUX PERMANENT D'IONS K^+ ET Na^+ À TRAVERS LA MEMBRANE)

POMPE Na^+/K^+ (RÉACTION D'HYDROLYSE DE L'ATP)

RELATION DE GOLDMANN

$$V_{\text{int}} - V_{\text{ext}} = \frac{R \cdot T}{q_0} \cdot \log \left(\frac{U_{K^+} [K^+]_{\text{ext}} + U_{Na^+} [Na^+]_{\text{ext}}}{U_{K^+} [K^+]_{\text{int}} + U_{Na^+} [Na^+]_{\text{int}}} \right)$$

III – Electrophysiologie cellulaire (20)

➤ Potentiel d'action (PA) : Origine

- L'existence du PA : Caractérisation de la cellule excitable

VARIATION RAPIDE DE LA DDP TRANSMEMBRANAIRE AU COURS DU TEMPS
(CONSÉCUTIVE À UNE EXCITATION SUPRALIMINAIRE)

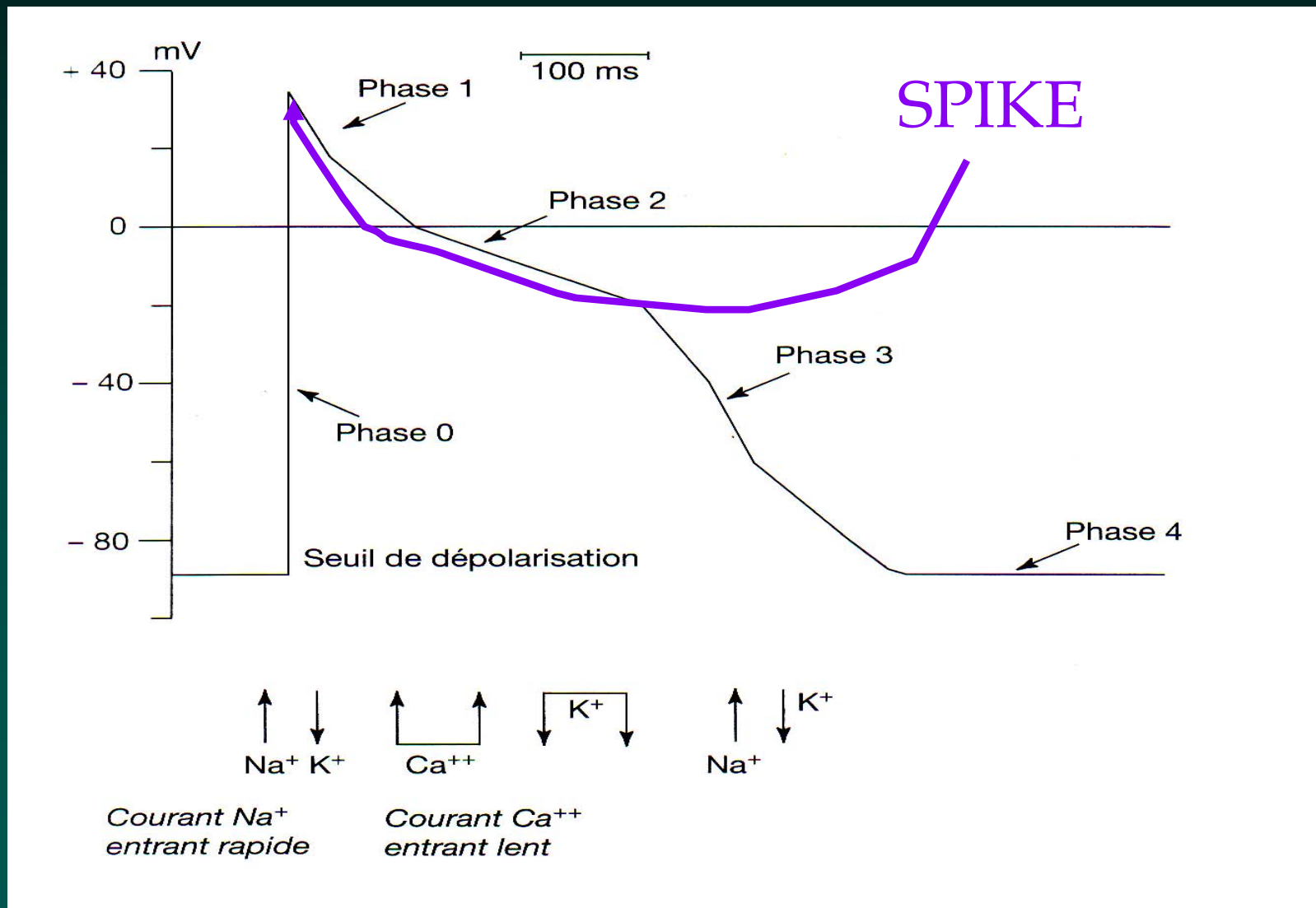
LE PA TRADUIT UNE BRUTALE AUGMENTATION DE LA PERMÉABILITÉ
MEMBRANAIRE AU Na^+ (en particulier)

LA POLARISATION S'INVERSE ($V_{\text{INT}} > V_{\text{EXT}}$)
DÉPOLARISATION MEMBRANAIRE

INTÉRÊT TOUT PARTICULIER POUR LA FIBRE NERVEUSE

III – Electrophysiologie cellulaire (22)

➤ Potentiel d'action (PA) : Exemple de la cellule cardiaque



III – Electrophysiologie cellulaire (24)

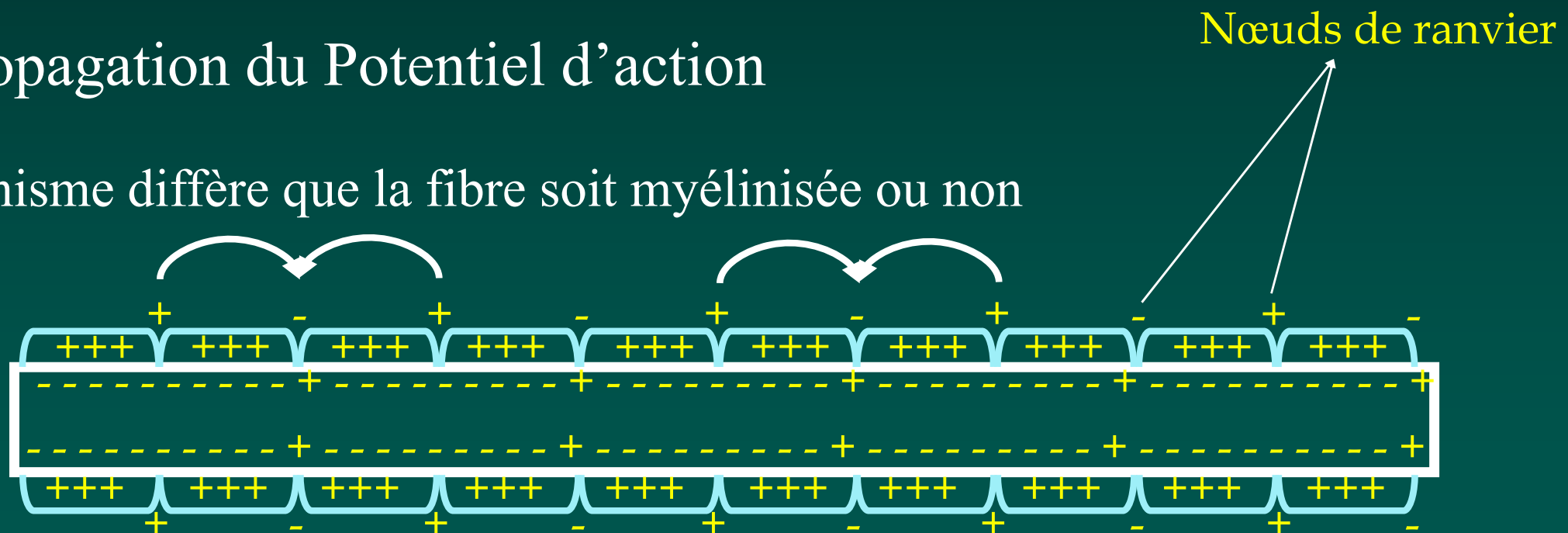
➤ Potentiel d'action (PA) : Loi du Tout ou Rien

- Activation du PA : Stimulation supérieure à une stimulation SEUIL

EXCITATION INFRALIMINAIRE = PAS D'ACTIVATION DU PA

➤ Propagation du Potentiel d'action

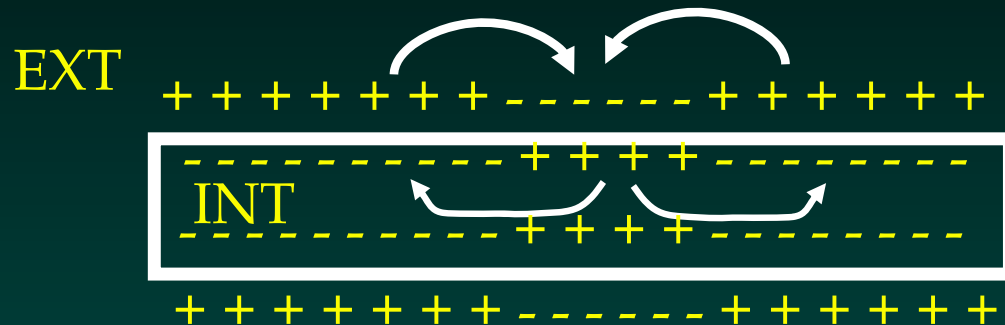
Mécanisme diffère que la fibre soit myélinisée ou non



FIBRE MYÉLINISÉE

III – Electrophysiologie cellulaire (29)

➤ Propagation du Potentiel d'action



FIBRE NON MYÉLINISÉE

➤ Propagation du Potentiel d'action (PA) : explications

Gaine de Myéline : Résistance très grande entre deux nœuds de Ranvier

Les courants locaux ne peuvent traverser la membrane qu'entre ceux-ci

La propagation du PA est dite SALTATOIRE

(Vitesses de propagation ~ dizaines de mètres/seconde)