

# IX-A. Electrostatique

## 1. Force et champ électrostatiques – Hecht chap.17

- Tout sauf le théorème de Gauss. Connaître par cœur le champ produit par un fil rectiligne uniformément chargé et le champ produit par un plan uniformément chargé

## 2. Potentiel électrostatique et capacité – Hecht chap.18

- Tout le chapitre

# X-A. Courant continu et circuits en courant continu

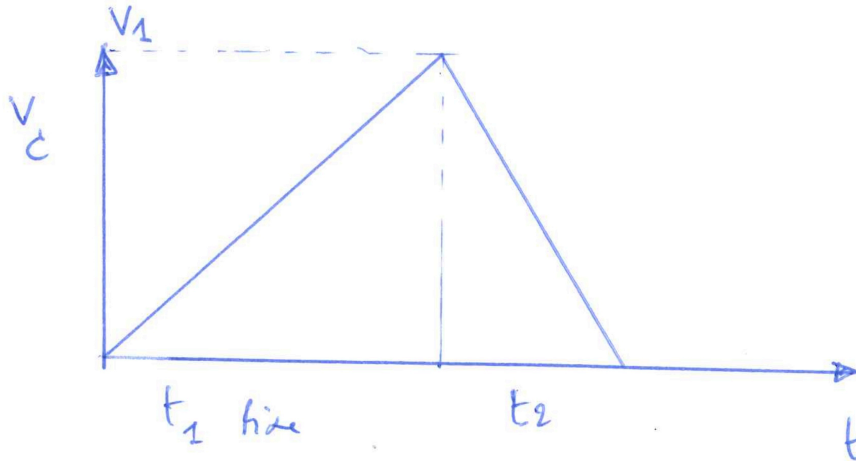
## 1. Courant continu – Hecht chap.19

- Tout sauf la variation de la résistivité avec la température, la supraconductivité et la notion de densité de courant

## 2. Circuits – Hecht chap.20

- Tout sauf les piles, la résistance interne d'une source de tension, les ampèremètre et voltmètre analogiques
- Connaître en plus:
  - Principe de fonctionnement du voltmètre numérique (voir slides suivants)
  - Propagation d'un signal le long d'un axone (voir slides suivants)

# Voltmètre numérique



Il comporte une capacité  $C$  qu'on charge avec un courant constant  $I_1$  pendant un temps  $t_1$  fixe. Après  $t_1$  la tension aux bornes de la capacité vaut:

$$V_1 = \frac{I_1 t_1}{C}$$

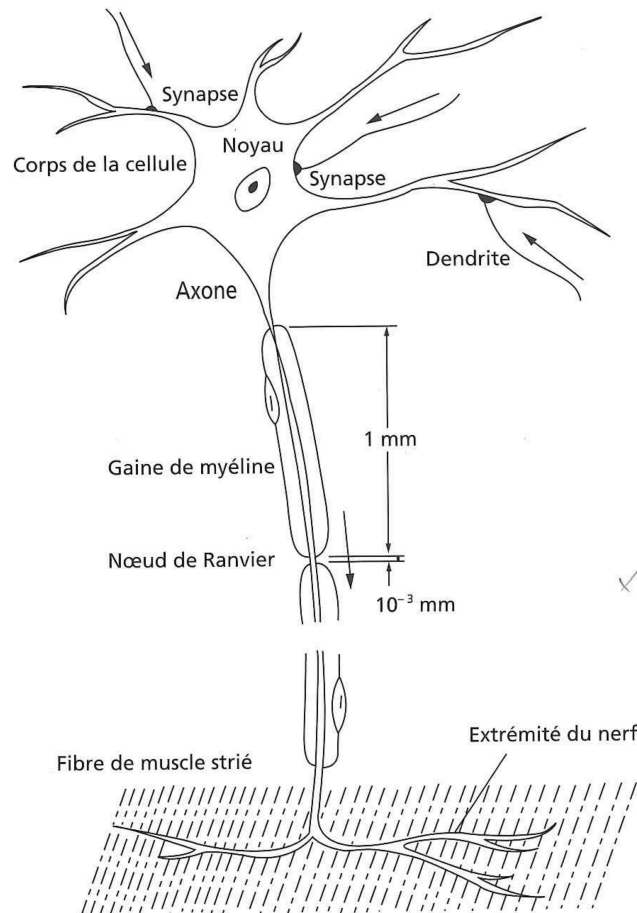
Ensuite, la capacité est déchargée avec un courant constant  $I_2$  proportionnel à la tension à mesurer. Le temps que  $C$  met pour se décharger vaut:

$$t_2 = \frac{C V_1}{I_2}$$

Ce temps est compté avec un chronomètre électronique très rapide.  $t_2$  est inversement proportionnel à  $I_2$ , donc inversement proportionnel à la tension à mesurer.

Cette opération s'appelle une conversion analogique-numérique: la tension à mesurer est convertie en un nombre (le temps  $t_2$  mesuré par le chonomètre électronique).

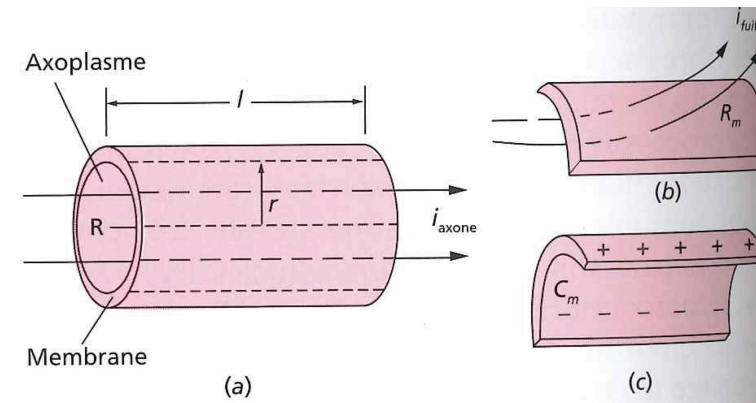
# Axone



source : Kane et Sternheim,  
Physique, eds. Dunod

Axone: extension d'un neurone; transmet le signal électrique vers d'autres neurones ou vers un muscle

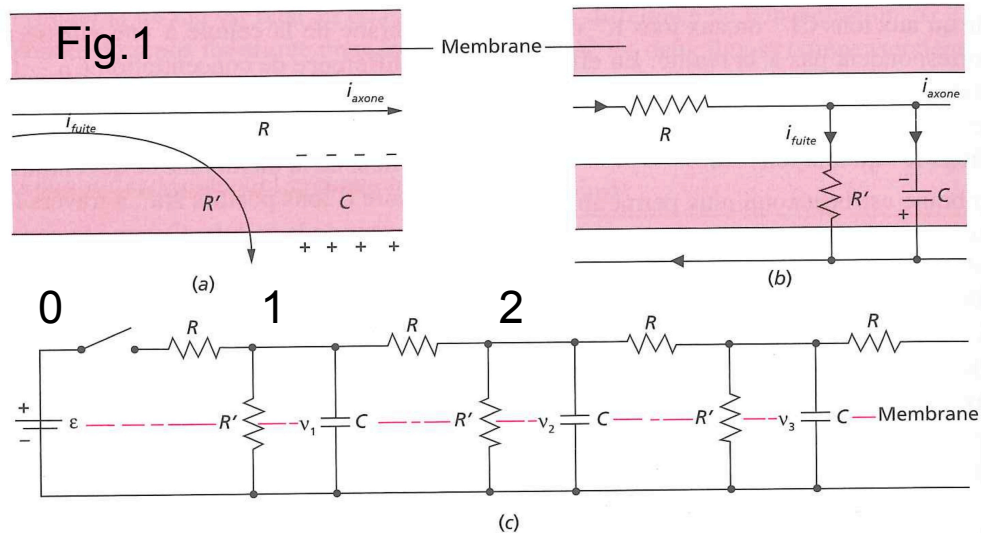
Gaine de myéline: épaissit beaucoup (200x) la membrane du neurone; augmente l'imperméabilité de la membrane aux ions; diminue la capacité électrique de la membrane



Paramètres électriques d'un axone typique de 10  $\mu\text{m}$  de diamètre

- Résistance de l'axoplasme par cm de longueur:  
 $R = 2,5 \cdot 10^8 \Omega$
- Capacité de la membrane par cm de longueur:
  - Axone non-myélinisé:  $C = 3,1 \cdot 10^{-9} \text{ F}$
  - Axone myélinisé:  $C = 1,6 \cdot 10^{-11} \text{ F}$
- Résistance de fuite de la membrane par cm de longueur:
  - Axone non-myélinisé:  $R' = 6,4 \cdot 10^5 \Omega$
  - Axone myélinisé:  $R' = 1,3 \cdot 10^8 \Omega$

# Axone – petits signaux



Petit segment d'axone:  
électriquement équivalent au  
circuit de la figure 1(b)

Au repos: ddp entre les faces  
de la membrane  $\sim -90$  mV

Deux types de stimulus:

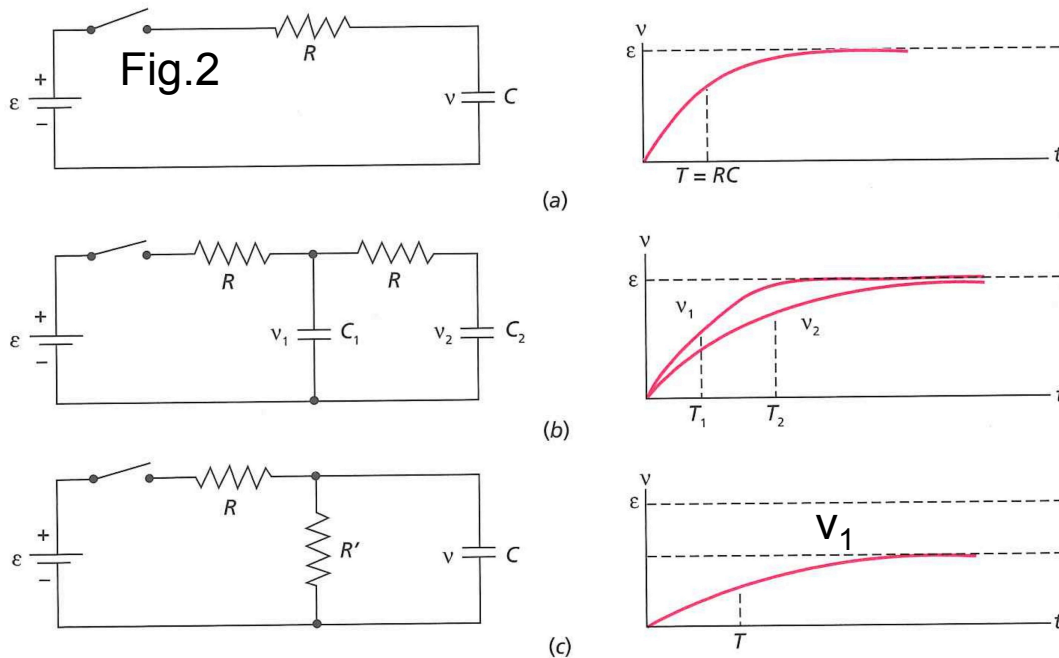
- « petit »: la ddp diminue de  $-90$  mV à  $-60$  mV
- Potentiel d'action: de  $-90$  mV à  $-50$  mV et au-delà

Cas d'un petit stimulus: le stimulus  $\varepsilon$  se propage par la charge successive des capacités des segments de membrane à travers la résistance de l'axoplasme

Cette charge se fait par un courant d'ions:

- au temps  $t=0$ , la ddp entre les faces de la membrane au point 0 change de  $-90$  mV à  $-60$  mV; il y a une ddp de  $-30$  mV entre les points 0 et 1 du circuit de la figure 1(c)
- Un courant d'ions positifs  $i_{axone}$  circule alors de 0 à 1
- Une partie de ce courant,  $i_{fuite}$ , passe à travers la membrane

## Axone – petits signaux



Figures 2(a) et 2(b) : charge des 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> segments en négligeant le courant de fuite (cas où  $R'$  est très grande p/r à  $R$ )

Figure 2(c): si  $R'$  est petite p/r à  $R$ , deux effets:

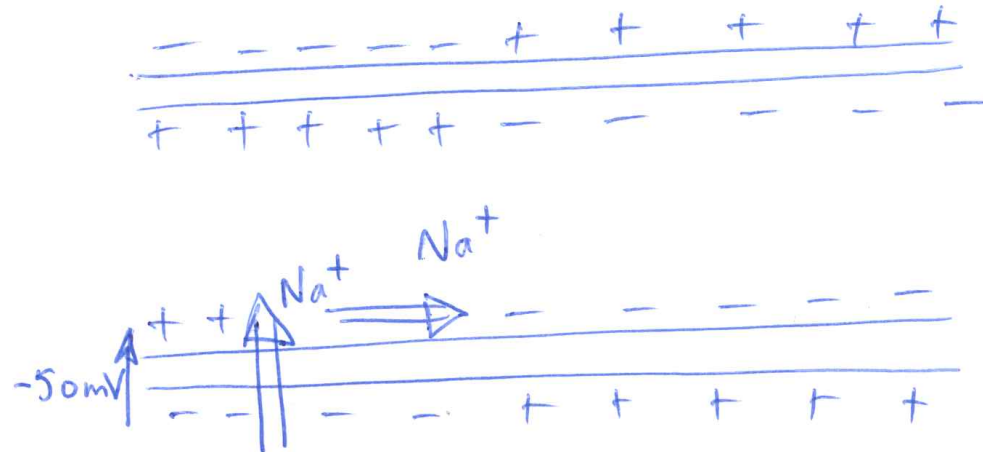
- le courant de fuite à travers la membrane ne contribue pas à charger  $C$ : la charge et donc la transmission du signal est plus lente
- Le signal au point 1 est plus petite que  $\varepsilon$  ( $R$  et  $R'$  jouent le rôle d'un diviseur de tension)

La tension  $v_1$  est transmise au segment suivant, après lequel le signal sera à nouveau atténué.

Axone myélinisé:

- Temps caractéristique de charge des capacités  $RC$  200 x plus petit que pour un axone non-myélinisé -> signal plus rapide
- $R'$  et courant de fuite 200 x plus petits que pour un axone non-myélinisé -> signal moins atténué

# Axone – grands signaux



Au-delà du potentiel d'action (-50mV), la membrane devient perméable aux ions  $\text{Na}^+$   
 -> courant d'ions vers l'intérieur puis le long de l'axone, ce qui fait diminuer la ddp tout le long de celui-ci

- la membrane change de perméabilité à mesure que le signal progresse
- le signal n'est pas atténué

# XI-A. Courant alternatif

Hecht chap.23

1. Distribution de la puissance électrique
  - Transformateurs; perte par effet Joule dans les lignes à haute tension (voir slides suivants)
2. Résistance en courant alternatif; puissance, tension et courant efficaces
3. Capacité en courant alternatif
  - Déphasage entre courant et tension
  - Impédance d'une capacité (appelée réactance dans le Hecht)



# Distribution de la puissance électrique

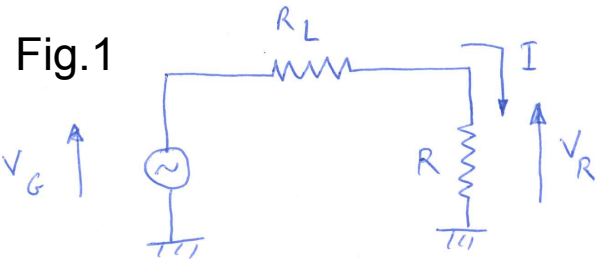
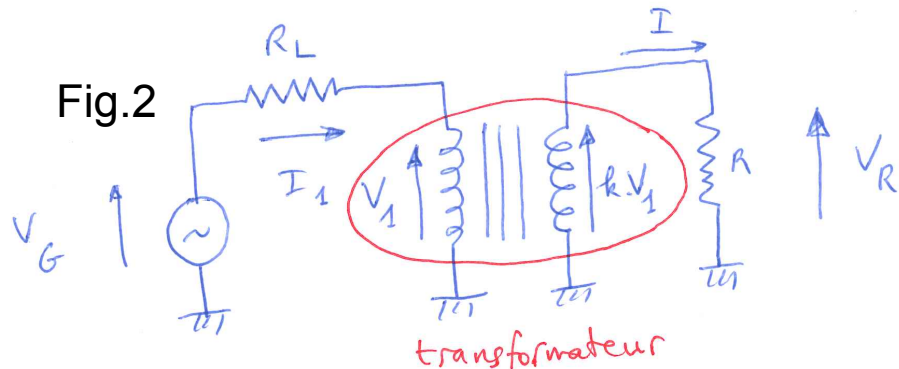


Fig.1: Puissance utile:  $P_u = RI^2$

Puissance dissipée par effet Joule dans la résistance de la ligne:  $P_J = R_L I^2$

Puissance fournie par le générateur:  
 $P_G = V_G I = P_u + P_J$



-> comment diminuer le courant dans la ligne sans diminuer le courant dans R ?

NB: les grandeurs ci-dessus sont des grandeurs efficaces

Fig.2: Transformateur sans perte de puissance:  $V_R I = V_1 I_1$ ;  $V_R = k.V_1$   
 $k < 1$  -> la ligne est à haute tension; la résistance est alimentée en basse tension

$I = I_1/k$ ;  $I > I_1$  -> un petit courant circule dans la ligne; un grand courant circule dans la résistance

Alors  $P_J = R_L I_1^2 = R_L (kI)^2 = k^2.R_L I^2$  : à puissance utile égale, la perte par effet Joule diminue d'un facteur  $k^2$

29/04/15 12:32

Références :

E. Hecht, « Physique », De Boeck Université

F. Rothen, « Physique générale – La physique des sciences de la nature et de la vie », Presses polytechniques et universitaires romandes

H. Benson, « Physique 1 (Mécanique) », De Boeck Université

J. Kane, M. Sternheim, « Physique », Dunod