

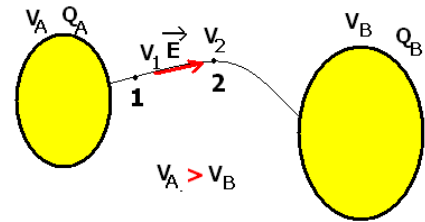
## CHAPITRE 3

## ELECTROCINETIQUE

L'électrocinétique est l'étude des charges électriques en mouvement.

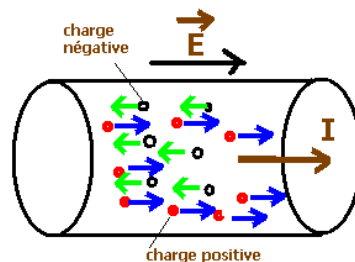
## 1. COURANT ELECTRIQUE

Soient deux conducteurs chargés  $A$  et  $B$  aux potentiels  $V_A$  et  $V_B$  tels que  $V_A > V_B$ . On les relie par un fil conducteur pour obtenir un conducteur unique (A-fil-B) qui n'a pas le même potentiel en tout point : il existe une différence de potentiel  $dV$  entre 2 points quelconques 1 et 2 du fil. Il en résulte un champ électrique  $E = -dV/dr$  qui agit sur les charges pour les déplacer. En se déplaçant ces charges forment un courant électrique qui circule de  $A$  vers  $B$ . Donc un courant électrique est un écoulement de particules chargées. Il est caractérisé par une intensité et un sens.



## a. Sens du courant :

Par convention, le sens de  $I$  est celui des charges positives (celui du champ).



## b. Intensité du courant :

Si pendant le temps  $t$  s'écoulent  $n$  particule de charge, l'intensité du courant est égale à la charge totale qui s'écoule par unité de temps :

$$I = \frac{nq}{t} = \frac{Q}{t}$$

L'unité du courant est l'ampère (A) :  $1 A = 1 C/s$

## c. Densité de courant :

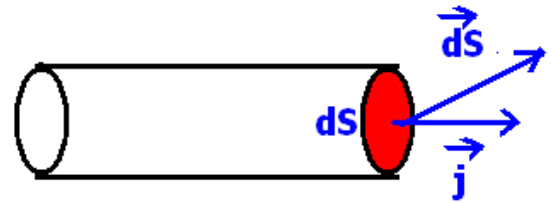
Soit un fil conducteur de section  $S$  et de longueur  $l$  qui contient  $n$  particules de charge  $q$  animées par une vitesse  $\vec{v}$ .

Pendant le temps  $dt$  ces charges parcourent la distance  $dl = v dt$ .

Soit un élément de surface  $\vec{dS} = \vec{n} dS$ . La quantité de charge  $dq$  qui traverse  $dS$  pendant le temps  $dt$  est :

$$dq = nq dV = nq dS dl = nq \frac{dS dl}{dt} dt \Rightarrow dq = nq dt \vec{v} dS \vec{n} = \vec{j} dt dS \vec{n}$$

Le vecteur :  $\vec{j} = nq\vec{v}$  est la densité de courant.



Le courant dans le fil est :

$$I = dQ/dt = 1/dt \iint_{section} dq = 1/dt \iint_{section} \vec{j} \vec{dS} dt \Rightarrow I = \iint_{section} \vec{j} \vec{dS}$$

**Le courant dans le fil est donc le flux à travers la section du fil de la densité du courant.**

Donc :

$$J = I/S$$

L'unité de  $j$  est ( $\frac{A}{m^2}$ ) et  $S$  représente la section droite du conducteur ( le courant est perpendiculaire à cette section).

**d. Energie d'entretien de  $I$  :**

Si une charge  $q$  se déplace à travers une ddp  $V = V_1 - V_2$  , elle gagne une énergie  $w = qV$ .

Si on a  $N$  charges, l'énergie totale gagnée est  $W = NqV = QV$  .  $W$  est l'énergie nécessaire pour maintenir le courant  $I$  constant : c'est l'énergie d'entetien de  $I$ .

**e. Puissance électrique :**

La puissance est l'énergie par unité de temps.

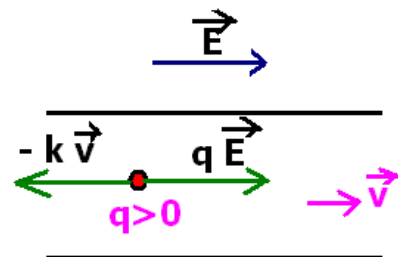
$$P = W/t = QV/t = IV$$

$P$  se mesure en watts ( $w$ ) et  $W$  en joules ( $J$ ).

**f. Mobilité électrique :Modèle de Drude**

Soit une charge  $q$  qui est soumise à une force électrique  $\vec{F}$  et aux collisions.

On applique la loi de Newton sur la particule chargée.



$$\sum \overrightarrow{forces} = m\vec{\gamma}$$

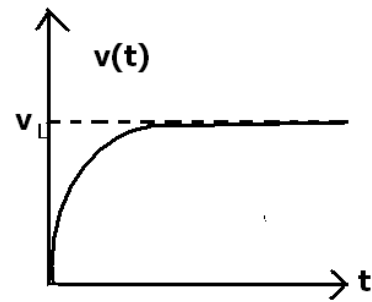
$$\Rightarrow q\vec{E} - k\vec{v} = m d\vec{v}/dt$$

$$\Rightarrow qE - kv = mdv/dt$$

$$\Rightarrow dv/(qE - kv) = dt/m$$

$$\Rightarrow \ln(qE - kv) = -k \frac{t}{m} + Cte$$

$$\Rightarrow v(t) = \frac{qE}{k} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$



Lorsque le mouvement de la particule est stationnaire ( $dv/dt = 0$ ), la vitesse de la charge est constante est vaut :  $\vec{v} = \frac{q}{k} \vec{E} = \mu \vec{E}$  où  $\mu = \frac{q}{k}$  est la mobilité.

Le régime stationnaire est atteint pour  $t = \tau = \frac{m}{k}$  qu'on appelle temps de relaxation.

### g. Relation entre $\vec{j}$ et $\vec{E}$ : loi d'Ohm microscopique

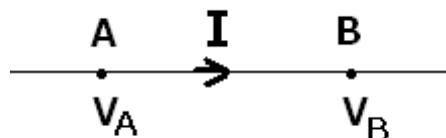
Généralement, la densité de courant  $\vec{j}$  est toujours proportionnelle au champ électrique  $\vec{E}$  telle que :  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ .

La vitesse des particules est reliée au champ par la relation :  $\vec{v} = \mu \vec{E}$ . Le coefficient de proportionnalité est la mobilité des porteurs de charge.

Comme  $\vec{j} = nq\vec{v}$ , on peut l'écrire sous la forme :  $\vec{j} = nq\mu \vec{E} = \sigma \vec{E}$ .

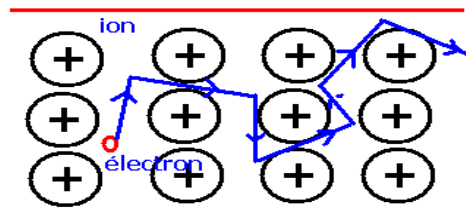
Le coefficient  $\sigma$  représente la conductivité électrique du milieu.

- $\sigma$  se mesure en  $\frac{A}{V.m} = \Omega^{-1}.m^{-1} = \frac{S}{m}$ .
- L'inverse de  $\sigma$  ( $\rho = 1/\sigma$ ) est la résistivité du milieu, elle se mesure en  $\Omega.m$ .
- $\sigma$  est une grandeur locale positive :  $\sigma_{cuivre} = 58 \cdot 10^6 \frac{S}{m}$  (conducteur) et  $\sigma_{verre} = 10^{-11} \frac{S}{m}$  (isolant).
- 
- D'après  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ , on constate que les lignes de champ sont aussi les lignes de courant. Comme  $\sigma$  est une grandeur positive, le courant s'écoule de A vers B avec  $V_B < V_A$ .



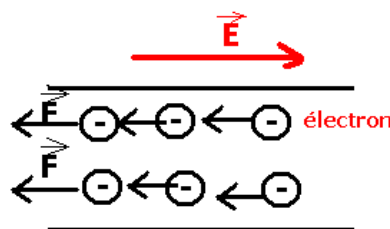
## 2. RESISTANCE ELECTRIQUE : LOI D'OHM

La matière est constituée d'atomes. Dans les conducteurs les électrons des dernières couches sont faiblement liés aux noyaux et ils se déplacent librement au sein du conducteur. Donc un conducteur est formé d'ions positifs entre lesquels circulent les électrons ( de charge négatives).

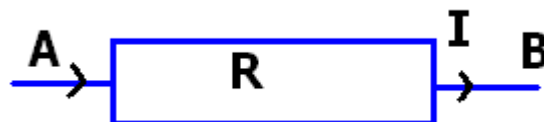


Si  $\vec{E} = \vec{0}$ , le déplacement moyen des électrons est nul. La vitesse moyenne des électrons est aussi nulle ( $\bar{v} = 0 \text{ m/s}$ ).

Si  $\vec{E} \neq \vec{0}$ , les charges sont poussées par la force  $\vec{F} = q\vec{E}$ . Donc le champ  $\vec{E}$  oriente le mouvement des électrons. La vitesse moyenne est différente de zéro ( $v \neq 0$ ) et il y a naissance d'un courant électrique.



Le mouvement des électrons est perturbé par des obstacles comme les ions, les lacunes et les interstitiels. Ces obstacles ralentissent le mouvement des particules chargées et l'intensité du courant diminue. Ce phénomène est caractérisé par une constante R qu'on appelle « résistance électrique ».



$$V = V_A - V_B$$

Lorsque la température est constante, la ddp entre A et B est proportionnelle à

$$I \Rightarrow V = RI$$

La résistance R se mesure en Ohms ( $\Omega$ ).

### a. Résistance d'un conducteur : loi d'Ohm macroscopique

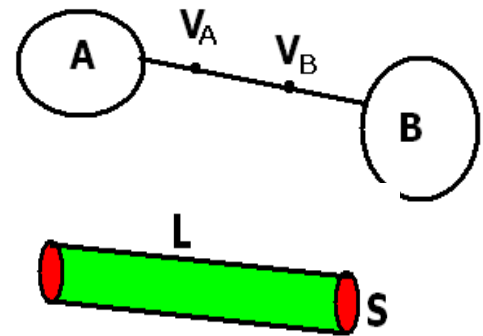
Soient 2 conducteurs A et B .

$$\text{On a : } V = V_A - V_B = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \text{ et } I = \iint \sigma \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

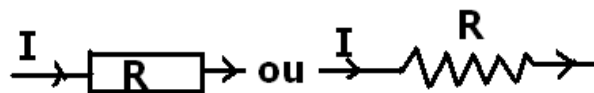
$$\text{Comme } V = RI \Rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}}{\iint \sigma \vec{E} \cdot d\vec{S}}$$

Pour un fil de section  $S$  et de longueur  $L$ , on a :

$$R = \frac{E \cdot L}{\sigma \cdot E \cdot S} = \frac{L}{\sigma \cdot S} = \rho \frac{L}{S}$$



Symbole de la résistance :



### b. Effet Joule :

Lorsque les électrons sont ralentis, leur vitesse diminue et il y a perte de l'énergie cinétique ( $mv^2/2$ ). Cette énergie perdue va chauffer le conducteur :

$$V = RI \text{ et } P = VI = RI^2$$

L'énergie perdue par effet joule est :

$$W = P \cdot t = RI^2 t$$

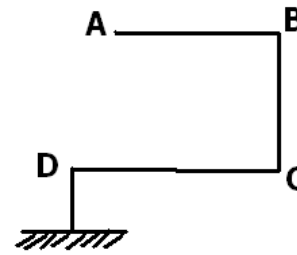
### c. Applications de l'effet Joule :

- **Chauffage électrique** : Un alliage Nickel-Chrome est utilisé comme résistance électrique ( $T \approx 1000^\circ\text{C}$ ).
- **Eclairage électrique par incandescence** : le tungstène est utilisé comme fil électrique dans les lampes.
- **Fusibles** : sont des conducteurs qui coupent le circuit électrique lorsque  $I$  dépasse une certaine valeur limite (Ag, Al, Pb).

**d. Générateurs électriques :**

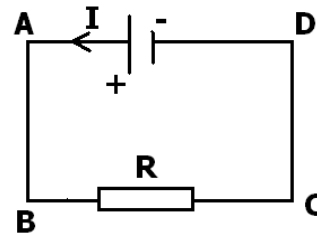
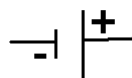
Soit le circuit ABCD suivant :

Si  $V_A > V_D$  , un courant  $I$  va circuler de  $A$  vers  $B$  . Au bout d'un certain temps , tous les points du circuit seront au même potentiel. Donc  $V_A = V_D$  et  $I = 0$ .



Pour entretenir ce courant, on introduit dans entre A et D un générateur électrique : c'est un appareil capable de maintenir une ddp fixe entre 2 conducteurs métalliques.

Symbole :

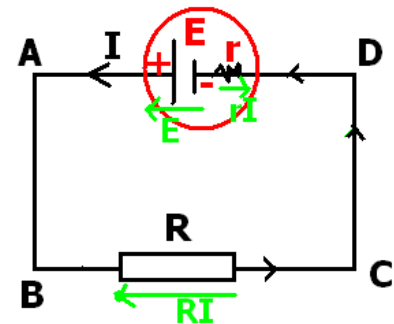


Un générateur électrique est caractérisé par :

- Une force électromotrice (fem) :  $E$
- Une résistance interne :  $r$

$$E = (R + r)I \Rightarrow E - rI = RI$$

$$\Rightarrow V_A - V_D = V_B - V_C$$



Récepteur : Force contre électromotrice ( f.c.é.m.).Un récepteur est un appareil qui transforme l'énergie électrique en d'autres formes d'énergie (énergie mécanique (moteur), énergie lumineuse ( lampe) ,....etc ).

Si un récepteur de résistance  $R$  est branché entre les points B er C, l'énergie totale dépensée est :

$$W = W_J + W_R$$

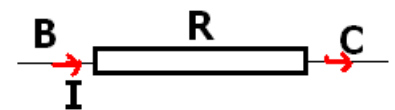
$W_J = RI^2t$  est l'énergie dépensée sous forme de chaleur.

$W_R$  est l'énergie dépensée dans le récepteur.

Comme :  $W = P.t = (V_B - V_C) It$  et  $W = W_J + W_R$

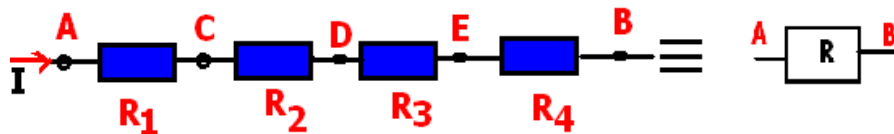
$$\text{On aura : } (V_B - V_C)It = RI^2t + W_R \Rightarrow (V_B - V_C) = RI + \frac{W_R}{It} = RI + e$$

Où  $e = \frac{W_R}{It}$  est la force contre électromotrice (c'est une d.d.p, elle se mesure en Volts).



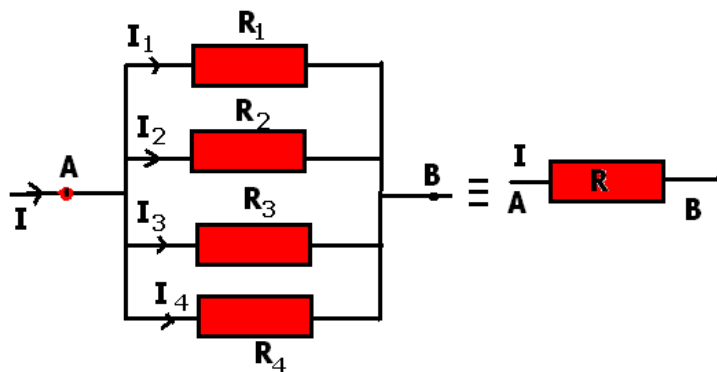
**d. Associations des résistances :**

- **En série :** les résistances sont traversées par un même courant.



$$\begin{aligned}
 V_A - V_B &= (V_A - V_C) + (V_C - V_D) + (V_D - V_E) + (V_E - V_B) \\
 \Rightarrow V_A - V_B &= R_1 I + R_2 I + R_3 I + R_4 I = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) I = R I \\
 \Rightarrow R &= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \\
 \Rightarrow R &= \sum_{i=1}^n R_i
 \end{aligned}$$

- **En parallèle :** elles ont la même différence de potentiel ( ddp)



$$\begin{aligned}
 V = V_A - V_B &= R_1 I_1 = R_2 I_2 \\
 &= R_3 I_3 \\
 &= R_4 I_4
 \end{aligned}$$

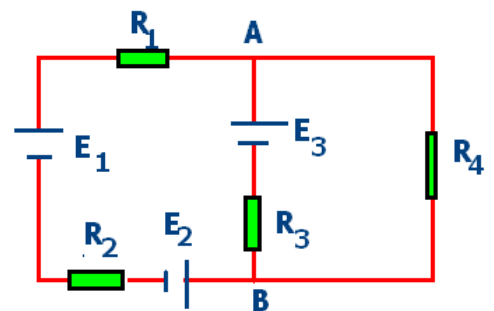
Comme  $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \frac{V}{R} &= \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \frac{V}{R_4} \\
 \Rightarrow \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}
 \end{aligned}$$

**3 . LES LOIS DE KIRCHHOFF**

**a. Définitions :**

- **Nœud :** point où arrivent plus de 2 fils de connexion.
- **Branche :** partie du circuit située entre 2 nœuds voisins.
- **Maille :** ensemble de branches constituant



une boucle (circuit) fermée.

- **Circuit** : ensemble de mailles.

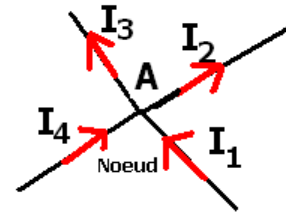
**Exemple** : Pour le circuit ci-dessous on note 2 nœuds A et B, 3 branches et 3 mailles.

**b. Lois de Kirchhoff :**

- **Loi des nœuds** : La somme des courants qui arrivent en un nœud est égale à la somme des courants qui partent de ce nœud.

On a pour ce nœud :  $I_1 + I_4 = I_2 + I_3$

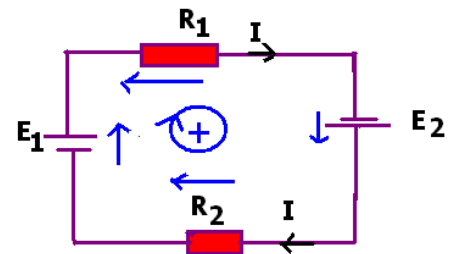
- **Loi des mailles** : Le long d'une maille, la somme algébrique des tensions est égale à zéro.



On a pour cette maille : Après avoir choisi un sens positif pour les tensions, on trouve :

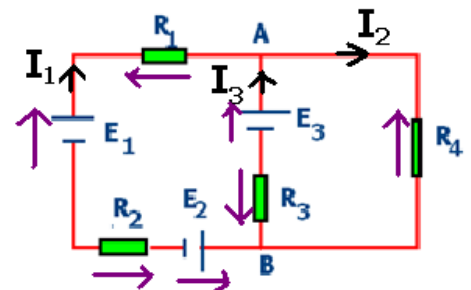
$$E_1 - R_1 I + E_2 + R_2 I = 0$$

On utilise ces 2 lois pour déterminer des valeurs des courants qui traversent chaque branche du circuit.



**c. Courant de branche :**

Pour déterminer les valeurs des courants dans les branches, on choisit arbitrairement le sens de courant qui traverse chaque branche puis on applique les lois de Kirchhoff. Après avoir fait les calculs, si la valeur de I trouvée est positive, cela veut dire que le sens choisi est le bon, sinon, c'est le sens contraire ( avec la même valeur absolue).



**Exemple** : On considère le circuit suivant avec :

$$E_1 = 30V, E_2 = 10V, E_3 = 20V, R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 30\Omega \text{ et } R_4 = 40\Omega$$

Il y a 2 nœuds et 3 mailles.

Loi des nœuds :  $I_2 = I_3 + I_1$

Loi des mailles :

$$\text{Maille 1: } E_1 - R_1 I_1 - E_3 + R_3 I_3 - E_2 - R_2 I_1 = 0$$

$$\text{Maille 2: } E_3 - R_4 I_2 - R_3 I_3 = 0$$

$$\text{Maille 3: } E_1 - R_1 I_1 - R_4 I_2 - E_2 - R_2 I_1 = 0$$

On constate qu'on a un système de 3 équations à 3 inconnues qu'il fallait

$$\text{résoudre : } \begin{cases} I_2 = I_3 + I_1 \\ E_3 - R_4 I_2 - R_3 I_3 = 0 \\ E_1 - R_1 I_1 - R_4 I_2 - E_2 - R_2 I_1 = 0 \end{cases}$$



$$\Rightarrow \begin{cases} I_2 = I_3 + I_1 \\ 4I_2 + 3I_3 = 2 \\ 3I_1 + 4I_2 = 2 \end{cases}$$

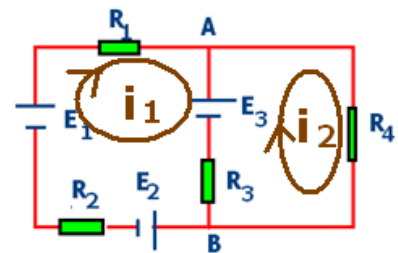
$$\Rightarrow \begin{cases} I_2 = I_3 + I_1 \\ 7I_2 - 3I_1 = 2 \\ 3I_1 + 4I_2 = 2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_2 = \frac{4}{11} A \text{ (le sens choisi est le bon)} \\ I_1 = \frac{2}{11} A \text{ (le sens choisi est le bon)} \\ I_3 = \frac{2}{11} A \text{ (le sens choisi est le bon)} \end{cases}$$

**d. Courants de maille :**

On suppose que chaque maille est parcourue par un courant de maille ( le sens est choisi arbitrairement). Chaque branche commune 2 mailles est parcourue par 2 courants de maille. Une fois les courants de mailles sont connus, on peut déterminer facilement les courants des branches. Comme exemple on reprend le circuit précédent :

$$E_1 = 30V, E_2 = 10 V, E_3 = 20 V, R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 30\Omega \text{ et } R_4 = 40\Omega$$



On considère les 2 mailles indépendantes parcourues par les courants de maille  $i_1$  et  $i_2$ .  
On applique la loi des mailles pour le circuit :

Maille1:

$$-R_1 i_1 - E_3 - R_3(i_1 - i_2) - E_2 - R_2 i_1 = 0$$

Maille 2:  $E_3 - R_3(i_2 - i_1) - R_4 i_2 = 0$

En remplaçant par les données :

$$\begin{cases} E_1 - R_1 i_1 - E_3 - R_3(i_1 - i_2) - E_2 - R_2 i_1 = 0 \\ E_3 - R_3(i_2 - i_1) - R_4 i_2 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} -6i_1 + 3i_2 = 0 \\ 3i_1 - 7i_2 = -2 \end{cases}$$

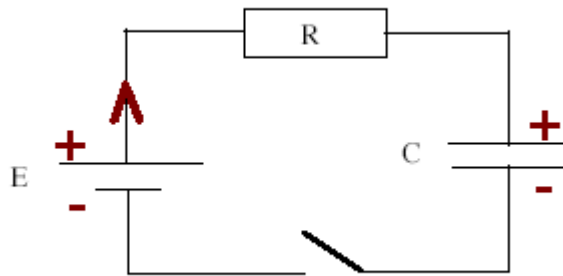
$$\Rightarrow \begin{cases} i_1 = \frac{2}{11} A \\ i_2 = \frac{4}{11} A \end{cases}$$

Avec les courants de maille on peut retrouver les courants des branches :

$$\Rightarrow \begin{cases} I_1 = i_1 = \frac{2}{11} A \\ I_2 = i_2 = \frac{4}{11} A \\ I_3 = i_2 - i_1 = \frac{2}{11} A \end{cases}$$

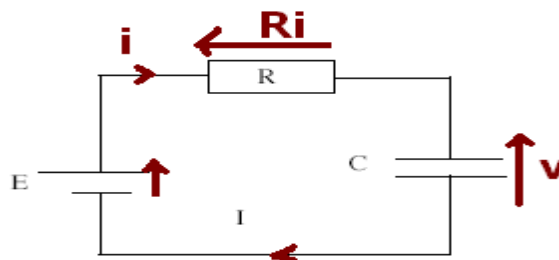
#### 4. CHARGE ET DECHARGE D'UN CONDENSATEUR

Soit un système formé d'une résistance  $R$  en série avec un condensateur de capacité  $C$ . On alimente le système à l'aide d'une source de tension continue  $E$ .



##### a. Charge du condensateur :

A l'instant  $t = 0s$  on ferme l'interrupteur, le condensateur est initialement déchargé .



Soit  $i(t)$  le courant circulant dans le circuit à l'instant  $t$ . Les électrons se déplacent en sens inverse de  $i$ . Ils quittent l'armature supérieure du condensateur qui se charge alors positivement pour aller sur l'armature inférieure qui se charge négativement. Soit  $q(t)$  et  $V(t)$  respectivement la charge de l'armature supérieure et la différence de potentiel aux bornes de  $C$  (par convention  $i, q, V$  sont des quantités positives). La loi d'Ohm permet d'écrire:

$$E = Ri + V$$

Comme  $q = CV$  et que  $i = dq/dt$  (augmentation de la charge pendant le temps)

On obtient :

$$E = Rdq/dt + q/C$$

$$\Rightarrow EC = \frac{RCdq}{dt} + q$$

$$\Rightarrow EC - q = \frac{RCdq}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{dq}{EC - q} = dt/RC$$

$$\Rightarrow \ln(EC - q) = -dt/RC$$

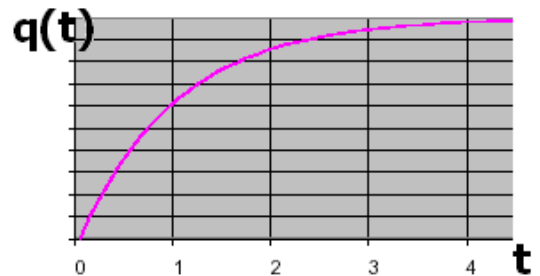
$$\Rightarrow EC - q = Ae^{-t/RC}$$

On détermine la constante A en se mettant dans les conditions initiales : à  $t = 0$  on avait  $q = 0$ .

On obtient  $A = EC$ .

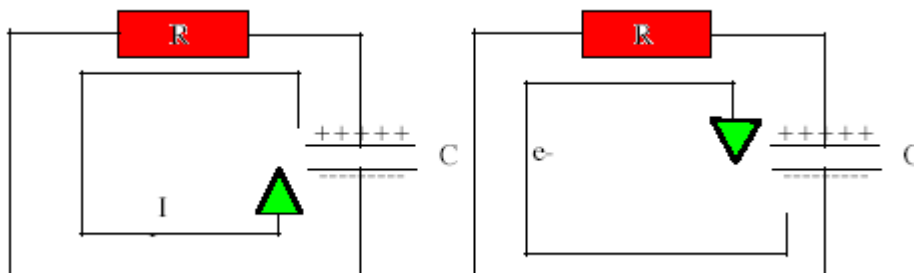
$$\text{Donc : } q(t) = EC(1 - e^{-t/RC})$$

$$\text{Et on déduit le courant : } i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{E}{R}e^{-t/RC}$$



### b. Décharge du condensateur :

Le condensateur ayant atteint sa charge limite  $q_0 = CE$ , on remplace maintenant (à  $t = 0$ ) la source de tension continue par un court-circuit.



Le courant a maintenant changé de sens : les électrons quittent l'armature inférieure pour aller sur l'armature supérieure; la charge  $q(t)$  décroît au cours du temps.

Toujours avec la convention  $i, q, V$  positifs, la loi d'Ohm s'écrit :

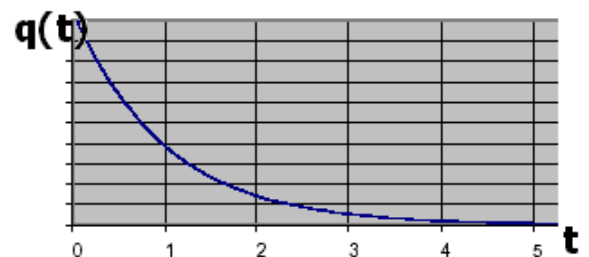
$$V = RI \text{ avec } q = CV \text{ et } i = dq/dt$$

Comme  $q$  décroît  $\frac{dq}{dt} < 0$ .

On a :

$$-\frac{Rdq}{dt} = q/C$$

$$\Rightarrow \frac{dq}{q} = -dt/RC$$



$$\Rightarrow \ln q = -t/RC + Cte$$

$$\Rightarrow q(t) = B e^{-t/RC}$$

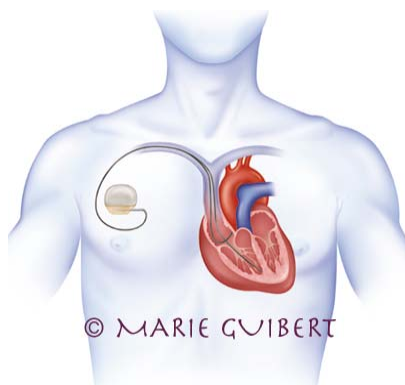
La constante  $B$  est fournie par les conditions initiales : à  $t = 0, q = q_0 = CE$  d'où  $B = CE$ .

Donc :  $q(t) = CE e^{-\frac{t}{RC}}$

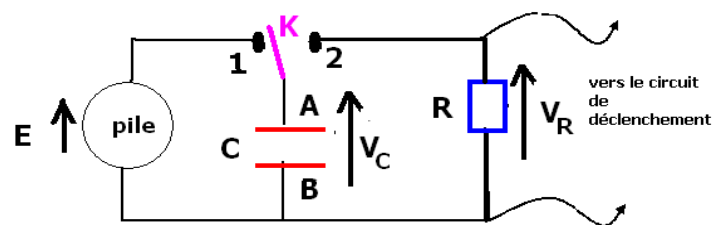
$$\Rightarrow i(t) = -\frac{dq}{dt} = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

### 5. APPLICATIONS :

1. **Stimulateur cardiaque (pacemaker)** : Notre cœur se contracte plus de 100 000 fois par jour. Il bat 24 h sur 24 pendant toute notre vie, entre 60 et 80 fois par minute, grâce à un stimulateur naturel : le nœud sinusal. Lorsque celui-ci ne remplit plus correctement son rôle, la chirurgie permet aujourd'hui d'implanter dans la cage thoracique un stimulateur cardiaque artificiel (appelé aussi **pacemaker**), qui va forcer le muscle cardiaque à battre régulièrement en lui envoyant de petites impulsions électriques par l'intermédiaire de sondes.



Le « **pacemaker** » est en fait un générateur d'impulsions ; il peut-être modélisé par le circuit électrique suivant :



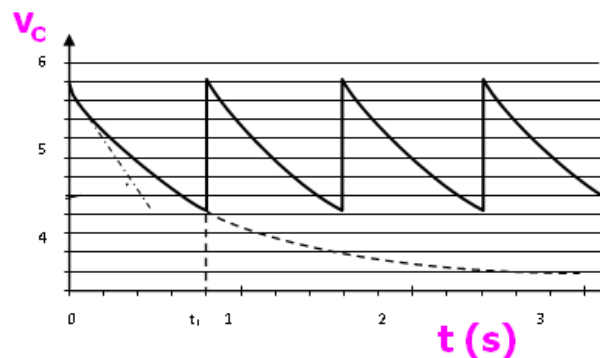
Il comprend un condensateur de capacité  $C = 470 \text{ nF}$ , une résistance  $R$ , une pile de f.é.m  $E$  et de résistance interne négligeable et un composant électronique qui joue le rôle d'interrupteur  $K$  (Transistor). Quand l'interrupteur  $K$  (Transistor) est en position (1) le

condensateur se charge de façon quasi instantanée. Puis, quand l'interrupteur bascule en position (2), le condensateur se décharge lentement à travers la

résistance  $R$ , jusqu'à atteindre une valeur limite :  $V_{limite} = \frac{E}{2.71}$  en volt.

A cet instant, le circuit de déclenchement envoie une impulsion électrique vers les sondes qui la transmettent au cœur : on obtient alors un battement !

Cette dernière opération terminée, l'interrupteur bascule à nouveau en position (1) et le condensateur se charge, etc. La tension  $V_C(t)$  aux bornes du condensateur a alors au cours du temps l'allure indiquée sur la courbe suivante :



Le pacemaker va forcer le muscle cardiaque à battre régulièrement en lui envoyant de petites impulsions électriques par l'intermédiaire des sondes. C'est un boîtier de longueur 5 cm, d'épaisseur 6 mm et d'une masse de 30 g.

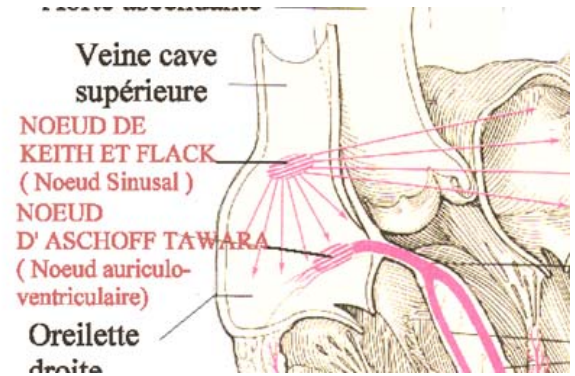
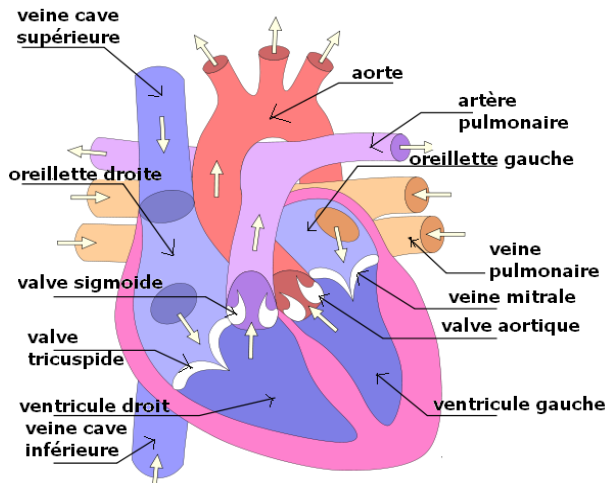
## 2. ELECTROCARDIOGRAPHIE (ECG) ET ELECTROENCEPHALOGRAPHIE (EEG) :

### Introduction :

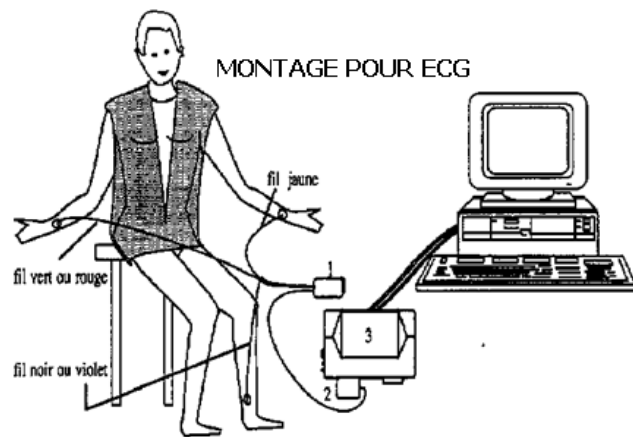
Pour pouvoir observer directement les impulsions nerveuses il faut insérer une sonde dans le nerf lui-même, ce qui n'est pas pratique. Pour remédier à cette difficulté, des électrodes placées sur la peau peuvent capter des signaux liés à l'activité électrique globale dans le corps. Ceci rend possible l'électrocardiographie (ECG) et l'électroencéphalographie (EEG) qui sont des instruments qui apportent une aide précieuse dans l'étude des troubles cérébrales et cardiaques.

### Electrocardiographie:

Elle s'intéresse aux propriétés électriques du muscle cardiaque et particulièrement à son activité électrique spontanée (qui est une ddp (différence de potentiels) générée naturellement). La cellule cardiaque (myocarde) est remarquable par ses propriétés d'excitabilité, de conductivité, de contractilité et d'automatisme.



L'activité électrique du myocarde se traduit par des tracés ou des courbes enregistrées des potentiels spontanés (électrocardiogramme) qu'on obtient par apposition directe d'électrodes spécifiques en des endroits spécifiques de l'organisme (thorax, pieds, poignets).



La propriété la plus importante de l'ECG est la reproductibilité de sa forme typique. Cette caractéristique fait de l'ECG une technique de sondage de l'état du muscle cardiaque.

L'ECG est constitué par un ensemble de déflexions ou ondes quasi-présentes dans les enregistrements.

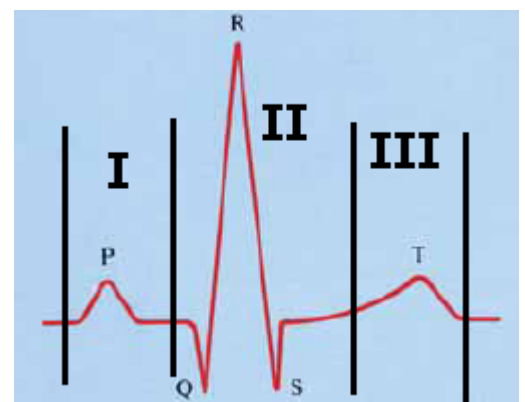
Les déflexions sont notées par les lettres *P, Q, R, S* et *T*. Elles correspondent à l'activité progressive du muscle cardiaque.

La courbe est scindée en 3 régions :

**Région I** : activation auriculaire (oreillettes)

**Région II** : activation ventriculaire (qui est la plus importante).

**Région III** : zone de Restauration.



Le signal ECG provient progressivement des différentes régions du muscle cardiaque en suivant l'ordre ci-après :

1. L'activation du myocarde commence au niveau des oreillettes dans le nœud sinusal de Keith et Flack (pic P). Le pic P correspond à l'impulsion initiale qui déclenche un cycle cardiaque (activation auriculaire).
2. L'activation du ventricule commence ensuite au niveau du nœud de Tawara. L'intervalle de P à Q dure  $\sim 0.12$  à  $0.20$  s et correspond à la propagation de l'impulsion dans les oreillettes (chambres supérieures du cœur).
3. L'intervalle QRS dure  $0.06$  à  $0.1$  s et correspond à la propagation de l'impulsion dans les ventricules (chambres inférieures du cœur). Cette phase (complexe ventriculaire) comprend une onde positive importante et 2 ondes négatives mais de faible consistance.
4. Le pic T est associé au retour du cœur à son état normal après une impulsion.

### Les dérivations standard :

Une dérivation est la prise d'une mesure entre 2 points bien déterminés. Les dérivations standard sont au nombre de 12 (elles sont conventionnées).

Il existe 2 types :

- **Les dérivations frontales :**  
Ce sont "les dérivations des membres" : DI, DII, DIII, aVR, aVL, et aVF .
- ✓ Les dérivations DI, DII, DIII sont des dérivations bipolaires qui traduisent la différence de potentiel entre deux membres :

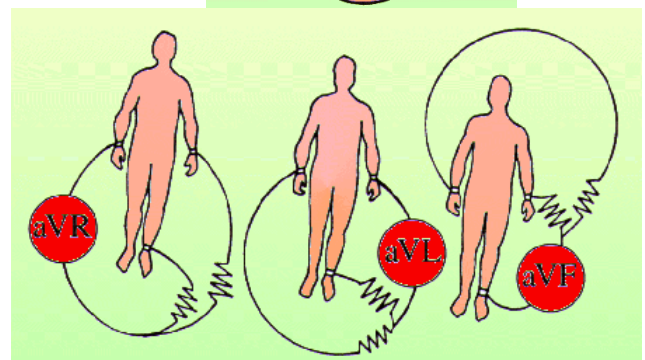
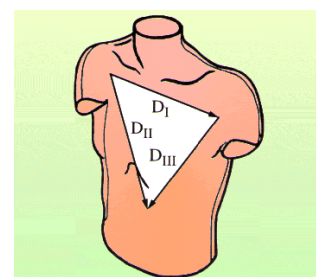
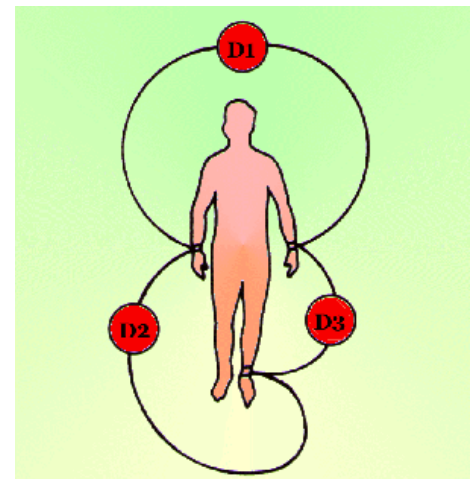
DI: Les électrodes sont apposées entre le bras droit (BD) et le bras gauche (BG).

DII: Les électrodes sont apposées entre le bras droit (BD) et la jambe gauche (JG) .

DIII : Les électrodes sont apposées entre le bras gauche (BG) et la jambe gauche (JG) .

Ces 3 dérivations décrivent « **le triangle d'Einthoven** ».

- ✓ Les dérivations **aVR**, **aVL**, et **aVF** sont des dérivations unipolaires et

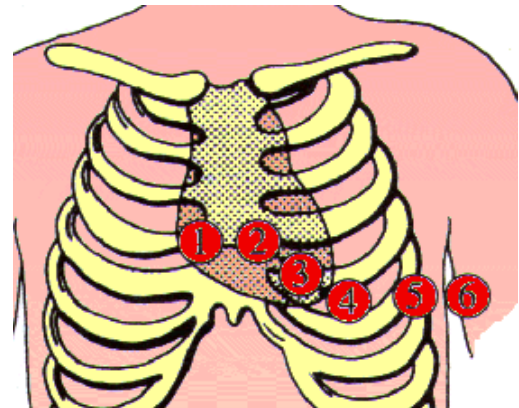


correspondent au membre avec lequel elles sont connectées soit respectivement le bras droit, le bras gauche, et la jambe gauche. C'est la théorie de Wilson et Goberger, où l'électrode exploratrice positive correspond au membre appliqué. Le voltage est alors amplifié (d'où le préfixe **a**) pour obtenir un tracé de même amplitude que DI, DII et DII.

- **Les dérivations précordiales :**

Ce sont des dérivations unipolaires fixées en des points définis sur la paroi thoracique désignés par Wilson. On les nomme pour les dérivations standards : V1 à V6 :

V1 est placée sur le 4ème espace intercostal droit, au bord droit du sternum. V2 est placée sur le 4ème espace intercostal gauche, au bord gauche du sternum. V4 est placée sur le 5ème espace intercostal gauche, sur la ligne médioclaviculaire. V3 est placée entre V2 et V4. V5 est placée sur le 5ème espace intercostal gauche, sur la ligne axillaire antérieure. V6 est placée sur le 5ème espace intercostal gauche, sur la ligne axillaire moyenne.



## ELECTROENCEPHALOGRAHIE (EEG)

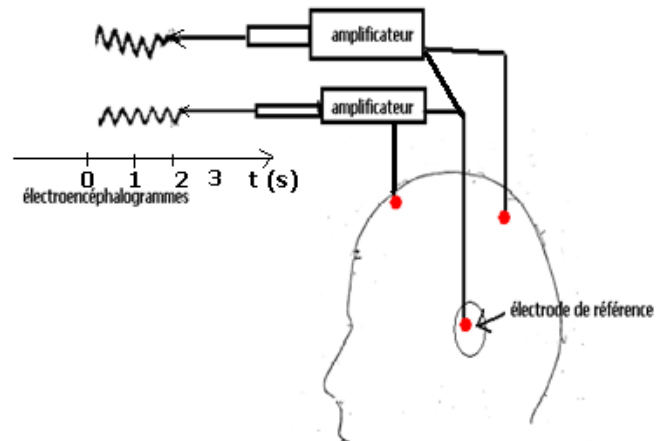
L'électroencéphalographie est une technique de mesure de l'activité électrique du cerveau par des électrodes placées directement sur le crâne (cuir chevelu). Cette mesure est représentée par un tracé appelé électroencéphalogramme. L'examen EEG est non invasif et renseigne sur l'activité neurophysiologique du cerveau au cours du temps (cortex cérébral) pour des besoins de diagnostics en neurologie ou de recherche. Le signal donné par l'EEG est la somme des potentiels issus d'un très grand nombre de neurones.

On enregistre les signaux émis par des électrodes placées sur le crâne en différentes positions standard. Les déviations par rapport à la normale peuvent aider dans le diagnostic de l'épilepsie, des tumeurs, d'altérations cérébrales dues à des accidents divers.



Premier EEG (1929)





Une électrode est placée à l'oreille donne le potentiel de référence. Les enregistrements sont typiques de la réponse des différentes régions.

Le EEG est indiqué dans :

- Le suivi d'un enfant prématuré.
- L'épilepsie
- Diagnostic d'un état de mort cérébrale (tracé molle).
- Troubles de conscience et/ou de vigilance
- Troubles du sommeil
- Maladies de Creutzfeldt-Jakob.