

# chapitre 03 : Electrocinétique

الكهرباء الساكنة

## 1° Définitions

def 1° Electrocinétique est l'étude du mouvement des charges libres dans un milieu conducteur, sous l'effet d'une différence de potentiel appliqué entre deux points de ce conducteur.

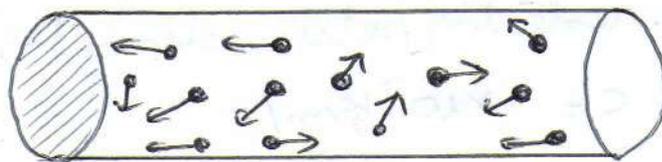
def 2° Electrocinétique est l'étude du courant parcourant un circuit électrique en régime permanent.

تيار مستمر

ثابت

## 2° Vitesse de déplacement $V_D$

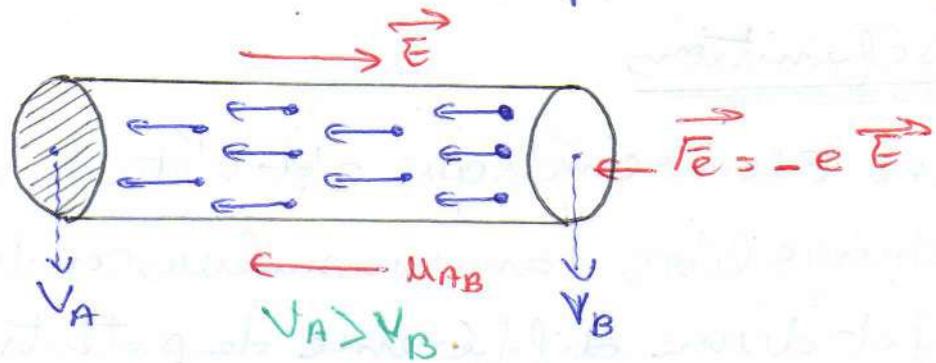
- Sous l'effet de l'agitation thermique, les charges libres ( $e^-$ ) se déplacent aléatoirement avec des vitesses importantes dans un conducteur en équilibre, mais le mot de l'ensemble des charges est nul ( $\sum v_i = 0$ )



$$\sum v_i = 0$$

- Lorsque l'on applique une différence de potentiel entre deux points du conducteur, les charges situées entre ces deux points sont soumises

à un champ électrique  $\vec{E}$ , elle sont donc accélérées et orientées vers le sens opposé du champ  $\vec{E}$ .



Lors de leur passage des charges dans le conducteur, elles subissent des chocs successifs avec les électrons fortement liés au noyau des atomes du conducteur, donc leurs vitesses tendent vers une valeur limite appelée "la vitesse moyenne de déplacement  $\vec{v}_0$ ".

### Exemples

- ① - Dans un fil électrique, les électrons se déplacent à une vitesse moyenne d'environ  $\approx 1 \text{ mm/s}$ .
- ② - Dans les solutions aqueuses, la vitesse des ions est plus faible que celle des électrons libres dans les métaux.
- ③ Dans le vide, la vitesse des  $e^-$  a environ  $10^4 \text{ km/s}$ , même elle reste très petite devant la célérité de la lumière  $c = 3 \times 10^8 \text{ km/s}$ .

### 3°/ Mobilité des charges حركة الشحنات

La vitesse de déplacement des charges  $\vec{v}_0$  est proportionnelle au champ électrique appliqué selon la relation :

$$\vec{V}_D = k \vec{E}$$

$k$  est constante de proportionnalité qui s'appelle la mobilité des charges " $\mu$ ".

on écrit-

$$\vec{V}_D = \mu \vec{E}$$

- sous l'action du champ  $\vec{E}$ , les charges d' $e^-$  subissent une accélération  $\vec{a}$  :

d'après le PFD:  $\vec{F}_e = m \vec{a}$

$$q \vec{E} = m \vec{a}$$

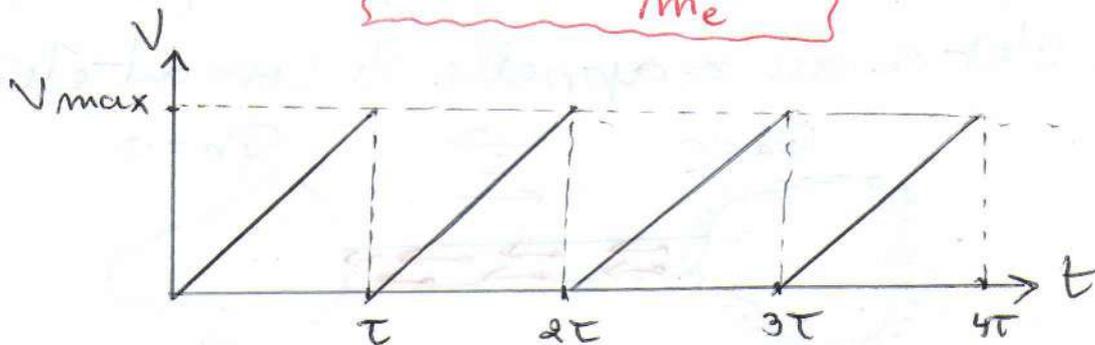
$$e \vec{E} = m e \vec{a} = m e \frac{dV}{dt}$$

$$e E = m e \frac{dV}{dt}$$

$$\int_{v_{i=0}}^{V_{max}} dV = \frac{e E}{m e} \int_0^t dt$$

$$V_{max} - 0 = \frac{e E}{m e} \tau$$

$$V_{max} = \frac{e \tau}{m e} E$$



-  $\tau$  : Temps entre des chocs successifs du charge lors de déplacement.

- La distance moyenne séparant deux chocs successifs du charge en déplacement et pendant un temps de " $\tau$ " s'appelle "**Libre parcours moyen**".
- La vitesse moyenne de déplacement  $\vec{v}_D$  s'exprime par :

$$v_D = \frac{v_{max} + v_{min}}{2}$$

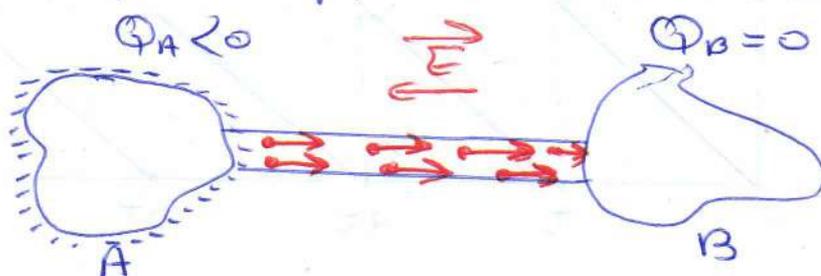
$$\vec{v}_D = \frac{e\tau}{2m_e} \vec{E}$$

en déduire donc la mobilité des électrons :

$$\mu = \frac{e\tau}{2m_e}$$

- l'unité de  $\mu$  est  $[\mu] = \frac{m^2}{V \cdot s}$
- 4°/ Le courant électrique **التيار الكهربائي**

soit deux conducteurs (A : chargé) et (B : Neutre) reliés par l'intermédiaire d'un fil. Pour atteindre un nouvel état d'équilibre, les charges  $\Delta q$  se déplacent de "A" vers "B" en un temps très court  $dt$ , c'est ce qu'on appelle le courant électrique.



4-2 - Intensité du courant **شدة التيار**

a/ Intensité moyenne <sup>présente.</sup> & quantité de la charge  $\Delta q$

qui traverse un conducteur pendant un intervalle de temps  $\Delta t$  :

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

b/ Intensité instantanée : est la dérivée de la charge par rapport au temps :

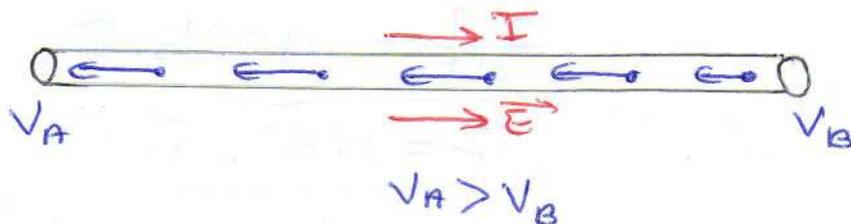
$$i = \frac{dq}{dt}$$

- l'unité du courant est le Ampère (A)

$$[I] = \frac{C}{s} = A$$

### 4-3 - Sens du courant

- Le courant  $I$  aura toujours le même sens du champ électrique appliqué  $\vec{E}$ .
- Le courant  $I$  se dirige toujours du potentiel le plus élevé vers le potentiel le plus faible.
- Le sens choisi conventionnellement est contraire au sens des charges électriques négatives ( $e^-$ ).



### 4-1 - Définition

Le courant électrique est un déplacement collectif et organisé de porteurs de charge (les électrons) dans le vide ou à travers un milieu conducteur. Le courant apparaît, quand on applique une différence de potentiel entre les bornes du conducteur.

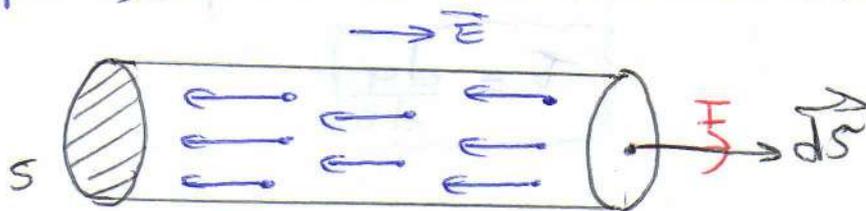
## 5% Densité de courant électrique

كثافة التيار الكهربائي

### 5-1- la densité du courant $\vec{J}$

- on considère un conducteur de section " $S$ " et de volume " $V$ ", soit " $n$ " le nombre de charges mobiles " $q$ ", se déplaçant avec une vitesse moyenne  $\vec{v}_0$ .

par unité de volume ( $m^3$ )



- en un temps très court  $\Delta t$ , la distance de déplacement est :

$$d\vec{l} = \vec{v}_0 \cdot dt$$

- D'autre part, la charge élémentaire  $dq$  contenue dans le volume élémentaire  $dV$  du conducteur

est :

$$dq = n e dV$$

et puis que :

$$dV = \vec{S} \cdot d\vec{l}$$

$$dq = n e \vec{S} \cdot d\vec{l}$$

$$dq = n e S dl$$

$$dq = n e S v_0 dt$$

$$\frac{dq}{dt} = n e v_0 S$$

$$\boxed{I = n e v_0 S}$$

- on définit la densité de courant électrique la grandeur  $\vec{J}$  qui présente le courant électrique  $I$  passant la surface  $S$  :

$$I = J \cdot S$$

ou bien :

$$J = \frac{I}{S}$$

ou

$$J = ne v_D$$

- L'unité de  $J$  est  $(A/m^2)$

- sous la forme locale et vectorielle

5.2 - la conductivité  $\sigma$

$$J = ne v_D$$

Sachant que:  $v_D = \mu E$

$$J = ne \mu E$$

$$J = \frac{ne^2 \tau}{2me} E$$

on écrit finalement  $J = \sigma E$

$\sigma$  : conductivité électrique.

$$\sigma = \frac{ne^2 \tau}{2me}$$

ou :  $\sigma = n \cdot e \cdot \mu$

- l'unité de  $\sigma$  est  $(\Omega \cdot m)^{-1}$  ou  $(S/m)$

6° La loi d'ohm pol  $\vec{J} = \sigma \vec{E}$

6.4 - la loi

- pour un conducteur métallique, sous une température constante, le rapport entre la différence de potentiel  $U$  (ou tension) entre ses bornes, et l'intensité  $I$  du courant qui le traverse est constant et égal à la résistance

Électrique du conducteur.

$$R = \frac{U}{I} = C^{te}$$

- cette relation entre  $(I, R, U)$  est connue sous le nom: de la loi d'Ohm.

$$\boxed{U = RI}$$

- l'unité de  $R$  est ohm  $\circ [R] = \Omega$

- pour limiter l'intensité du courant qui traverse l'appareil alimenté, on met dans le circuit des résistances électriques.

6-2 - Nouvelle expression du coefficient  $\sigma$

→ Relation entre le champ  $E$  et la densité de courant  $J$ . (Conductivité électrique.)

on a:

$$\int_A^B dV = - E \int_A^B dl$$

$$V_B - V_A = - E l$$

$$V_A - V_B = + E l$$

$$\boxed{U = E l}$$

$$\text{on a alors } \begin{cases} U = E l \\ U = R I \\ I = J S \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R I = E l \\ R J S = E l \end{cases}$$

Ainsi on obtient une nouvelle expression de la densité de courant  $J$

$$\boxed{J = \frac{l}{R S} \cdot E}$$

on déjà définit la relation

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

ce qui signifie que :  $\sigma = \frac{l}{R \cdot S} = \frac{n e^2 \tau}{2 m e}$

- l'unité de la conductivité électrique  $\sigma$  :  $(\Omega \cdot m)^{-1}$   
→ la résistivité électrique  $\rho$

- l'inverse de la conductivité  $\sigma$  s'appelle la résistivité électrique  $\rho$  du conducteur (ou résistance spécifique).

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{R S}{l} = \frac{2 m e}{n e^2 \tau}$$

- l'unité de la résistivité est  $\rho$  :  $(\Omega \cdot m)$ .

- Ainsi, l'expression de la résistance d'un conducteur peut s'écrire sous la forme :

$$R = \frac{l}{\sigma \cdot S} = \rho \frac{l}{S}$$

- on dit qu'un conducteur est ohmique s'il obéit à la loi d'Ohm :  $U = R I$ .

### Exercice

- un fil de cuivre de masse molaire  $M_{Cu} = 63,54 \text{ g/mol}$  et sa masse volumique  $\rho = 8,8 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$

1) Calculer le nombre d'électrons par unité de volume ( $m^3$ ), sachant que chaque atome de cuivre libère deux électrons ( $2 e^-$ ).

2) Le fil de cuivre de section  $S = 10 \text{ mm}^2$ , est traversé par un courant  $I = 30 \text{ A}$ , calculer la densité de courant  $J$ .

3) Déduire la vitesse moyenne de déplacement  $V_0$  des électrons à l'intérieur du cristal de cuivre.

Réponses

1) Le nombre d'électrons  $n$

a) - Le nombre d'atomes de cu.

$$N(\text{cu}) = \frac{\rho N_A}{M} = \frac{8,8 \times 10^3 \times 10^3 \text{ g/m}^3 \times 6,023 \times 10^{23} \text{ atoms/mol}}{63,54 \text{ g/mol}}$$

$$\boxed{N(\text{cu}) = 8,34 \times 10^{29} \text{ atoms/m}^3}$$

b) - Le nombre d'électrons.



$$n(e^-) = 2 \times N(\text{cu})$$

$$\boxed{n = 16,68 \times 10^{29} \text{ électrons/m}^3}$$

2) La densité de courant  $J$

$$\text{on a: } \begin{cases} I = 30 \text{ A} \\ S = 10 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \end{cases} \Rightarrow J = \frac{I}{S} = \frac{30}{10 \times 10^{-6}} \text{ A/m}^2$$

$$\boxed{J = 3 \times 10^6 \text{ A/m}^2}$$

3) La vitesse moyenne de déplacement  $\vec{V}_0$

on a:  $J = n \cdot e \cdot v_D$

$$\Rightarrow v_D = \frac{J}{n \cdot e} = \frac{3 \times 10^6 \frac{C}{m^2 \cdot s}}{16,68 \times 10^{29} / m^3 \times (1,6 \times 10^{-19} C)}$$

$$v_D = 0,1124 \times 10^{-4} m/s$$

$$v_D = 112,4 \mu m/s$$

## 7° Effet Joule . Des Joules

### a/ Définition

- Pour les dipôles soumis à la loi d'ohm, le passage du courant provoque leur échauffement, due au résistance "R", ce phénomène est appelé Effet Joule.

### b/ Puissance

- on définit la puissance comme étant le travail effectué par unité de temps.

$$P = \frac{dW}{dt}$$

$$dW = dE_p = u dq$$

$$P = u \frac{dq}{dt} = UI$$

$$P = UI \quad \text{ou bien} \quad P = RI^2$$

- l'unité de la puissance est le Watt (W)

- cette relation est connue sous le nom d'effet Joule

### c/ Energie

## c) Energie

L'énergie électrique consommée sous forme de chaleur par la résistance  $R$ , pendant le temps  $t$  est égale à :

$$dE = U dq$$

$$dE = R I dq = R I^2 dt$$

$$\Rightarrow \begin{cases} dE = R I^2 dt \\ E = R I^2 t \end{cases}$$

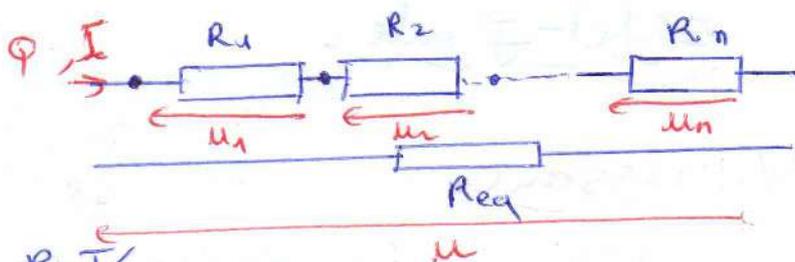
L'unité de l'énergie est le Joule (J).

## 8% Association des résistances

### 8 - 1 - En série

$$\text{ona } U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$\text{et } U = R I$$



$$R_{eq} I = R_1 I + R_2 I + \dots + R_n I$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^n R_i$$

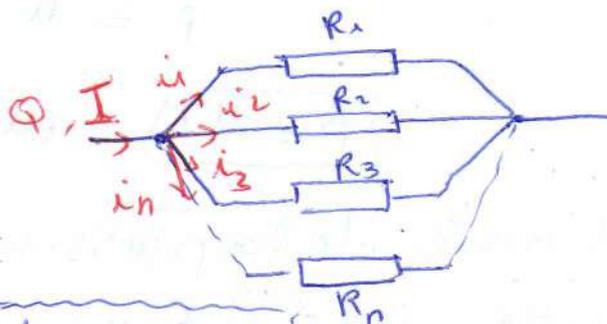
### 9 - 2 - En parallèle

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$\frac{U}{R_{eq}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \dots + \frac{U}{R_n}$$

$$\text{car } U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum \frac{1}{R_i}$$



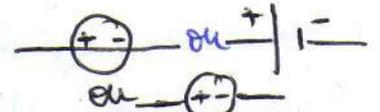
## 9° Générateurs électriques مولدات الكهرباء

### 9.1 Définition

- un générateur électrique est un dispositif placé dans un circuit électrique, pour assurer la circulation du courant  $I$  et le transport de l'énergie électrique.
- Notons que le générateur ne fait que transformer une forme d'énergie, mécanique, chimique, lumineuse... etc en énergie électrique.

- on distingue deux types de générateurs :

1) un générateur de Tension ( $u = c^{te}$ )



2) un générateur de Courant ( $I = c^{te}$ )



- Dans ce cours, nous considérons que les générateurs de Tension.

### 9.2 La force électromotrice (e) القوة الكهروموتية

- Le générateur doit fournir un travail électrique au charge pour qu'elle puissent se déplacer dans un circuit électrique fermé.

- On peut définir la force électromotrice (f.e.m), notée  $e$  d'un générateur (G) (source électrique) comme étant le travail  $dW$  fourni à l'unité de charge  $dq$  pour la transporter en un temps très court  $dt$ , dans un circuit fermé par :

on écrit :

$$e = \frac{dW}{dq}$$

et puisque la puissance du générateur G est :

$$P = \frac{dW}{dt}$$

A las :  $P = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt}$

$$\Rightarrow P_G = eI$$

$e$  : Force électromotrice du générateur, sa unité est le volt (V).

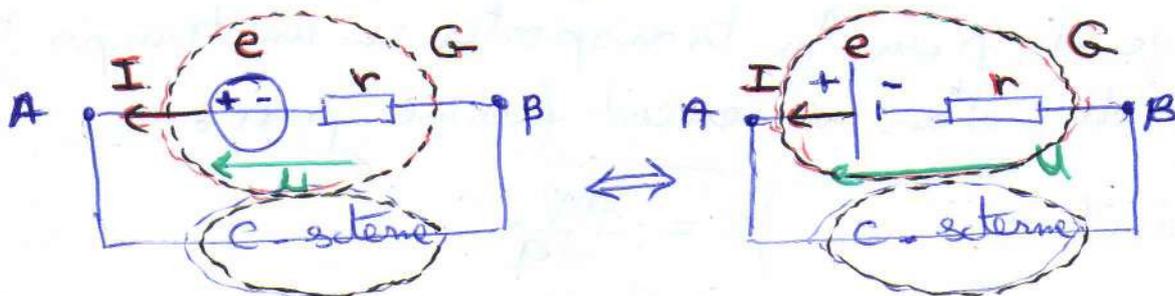
### 9.3 - Différence de potentiel aux bornes d'un générateur.

pour un générateur de tension idéal, la f.e.m. présente la différence de potentiel aux bornes du générateur :

$$\begin{cases} P_{AB} = U_{AB} I \\ \text{et } P_G = eI \end{cases}$$

$$\Rightarrow e = U_{AB}$$

- Mais la force électromotrice ( $e$ ) est différente à la différence du potentiel  $U$  aux bornes du générateur, du fait que le générateur  $G$  possède une résistance propre ( $r$ ), appelé la résistance interne "r".



- La puissance consommée ( $P_{AB}$ ) dans le circuit externe est donnée par :

$$P_{AB} = P_G - P_r$$

$P_G$  : puissance fournie par le générateur quand il débite un courant  $I$

$P_r$  : puissance dissipée dans le générateur par la résistance interne  $r$ .

Alors :

$$P_{AB} = P_G - P_r$$

$$UI_{AB} = eI - rI^2$$

$$U_{AB} = e - rI$$

### 9.4 - Sens du courant $I$ et tension $U$

- à l'extérieur du générateur  $G$ , le courant se dirige du pôle (+) vers le pôle (-).
- à l'intérieur du générateur  $G$ , le courant se dirige du pôle (-) vers le pôle (+).
- La tension  $U$  et le courant  $I$  sont orientées positivement et dans le même sens.

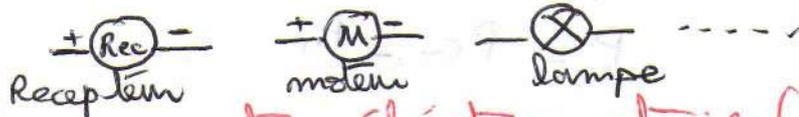
### 10% Recepteurs électriques. مستقبلات الكهرباء - استقبال

#### 10-4 - Définition

Les récepteurs sont des éléments parcourus par un courant électrique, qui transforment l'énergie électrique sous une autre forme d'énergie

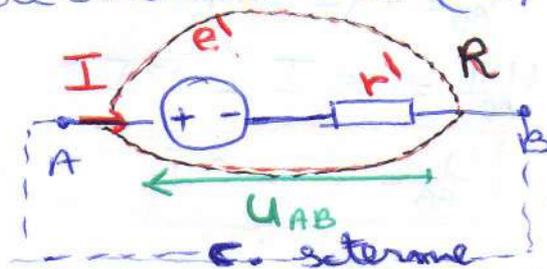
- 1) récepteur actif : fournit de l'énergie mécanique, chimique, ... etc

2) Récepteur passif : comme les résistances dissipent l'énergie absorbée sous forme de chaleur.



### 10-2 - La force contre électromotrice (f.c.e.m)

Un récepteur exerce sur les charges électriques qui le traversent une force <sup>de</sup> résistance, le travail de cette force donne naissance à une force contre électromotrice ( $e'$ ).



- La puissance transférée par le récepteur s'écrit :

$$P_{rec} = e' I$$

### 10-3 - La différence de potentiel aux bornes du récepteur

- sachant que le récepteur possède une résistance interne  $r'$  ; donc la puissance totale transférée par le récepteur est :

$$P_{AB} = P_{rec} + P_{r'}$$

$$U_{AB} I = e' I + r' I^2$$

$$U_{AB} = e' + r' I$$

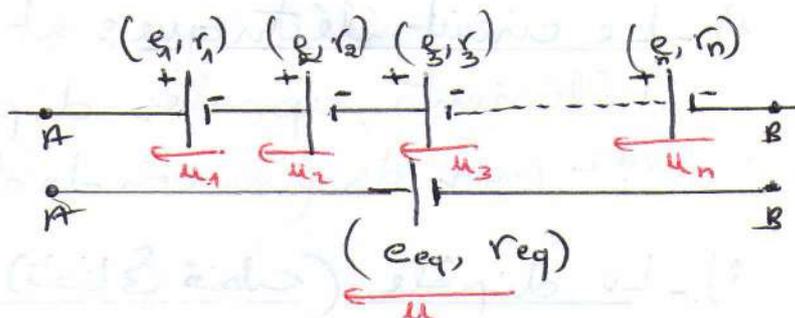
### 10-4 - Sens du courant I et tension U

- à l'extérieur du récepteur, le courant  $I$  se dirige du pôle (-) vers le pôle (+)
- la tension  $U$  et le courant  $I$  sont orientés

dans deux sens opposés.

## 11°/ Association des générateurs.

### M-1 - En série



on a :  $u = e - rI$

et :  $u = u_1 + u_2 + \dots + u_n$

$$\Rightarrow (e_{eq} - r_{eq}I) = (e_1 - r_1I) + (e_2 - r_2I) + \dots + (e_n - r_nI)$$

$$(e_{eq} - r_{eq}I) = (e_1 + \dots + e_n) - (r_1 + \dots + r_n)I$$

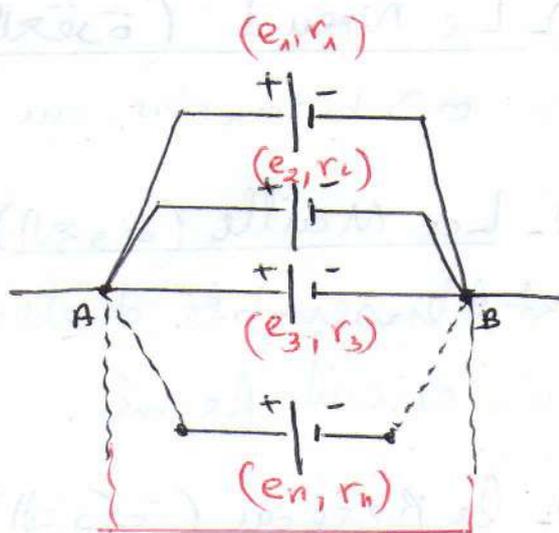
Alors :

$$\begin{cases} e_{eq} = \sum_{i=1}^n e_i \\ r_{eq} = \sum_{i=1}^n r_i \end{cases}$$

### M-2 - En parallèle.

$$u_{AB} = u = u_1 = u_2 = \dots = u_n$$

$$I = I_1 + \dots + I_n$$



Alors :  $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n$

avec :  $P = eI - rI^2$

on suppose que les générateurs sont identiques  $(e_0, r_0)$

$$e_{eq}I - r_{eq}I^2 = e_0 \sum I_i - r_0 \sum I_i^2$$

donc :

$$\begin{cases} e_{eq} = e_0 \\ r_{eq} = \frac{r_0}{n} \text{ ou } \frac{1}{r_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i} \\ I = \sum I_i \end{cases}$$

# 12°/ Les lois de Kirchhoff قوانين كيرشوف

## 1.2-1 - Définition

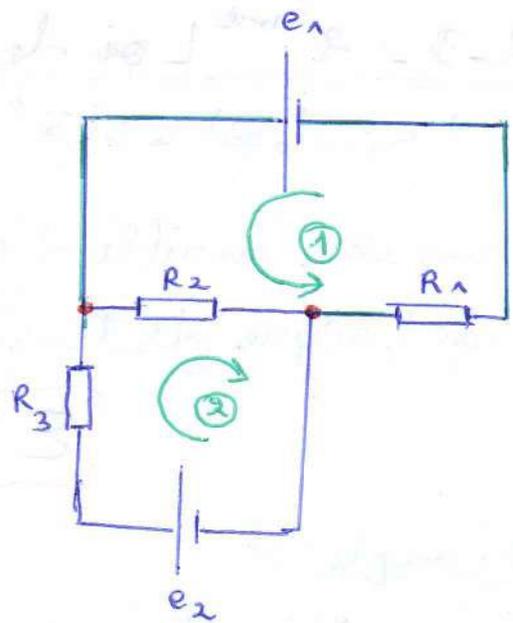
- 1) - Le circuit électrique : est composé d'un groupement d'éléments, appelés dipôles (+, -), reliés entre eux par des fils conducteurs.
- 2) - Le dipôle (ثنائي قطب) : est un élément électrique qui possède une borne d'entrée (+) et une borne de sortie (-). il existe 02-typs : passif comme la résistance R et le récepteur et actif comme le générateur.  
{ - dipôle passif : consomme l'énergie  
- dipôle actif : produit un courant
- 3) - La Branche (الفرع) : une branche est un ensemble d'éléments associés en série entre deux nœuds (02).
- 4) - Le Nœud (العقدة) : un point commun entre 03 branches au minimum.
- 5) - La Maille (الغزوة) : une maille ou boucle est l'ensemble d'éléments électriques formant un circuit fermé.
- 6) - Le Réseau (الشبكة) : est un ensemble de circuits.

## Exemple :

considérons le circuit suivant :

le circuit contient :

- 02 - Nœuds
- 03 - Branches
- 02 - mailles
- 05 - dipôles
  - 02 actifs
  - 03 passifs.



## 12-2 - 1<sup>ère</sup> loi de Kirchhoff - "Loi des Nœuds"

قانون الأول لكيرشوف "قانون العقد"

- En un nœud d'un circuit, la somme des intensités du courant entrant est égale à la somme des intensités sortant :

$$\sum I_{\text{ent}} = \sum I_{\text{sort.}}$$

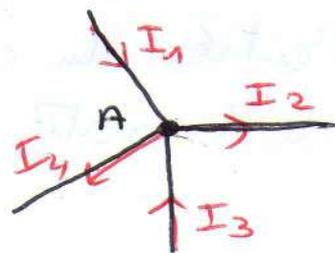
cela signifie, d'après le principe de conservation des charges, que les charges ne peuvent pas s'accumuler en un nœud.

### Exemple

A : Nœud

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$

ou bien :  $I_4 + I_3 - I_2 - I_1 = 0$



- si le courant  $I$  arrive au nœud, il est affecté du signe (+), et il est affecté du signe (-) s'il sort.

## 12-3 - 2<sup>ème</sup> Loi de Kirchhoff "Loi des mailles"

قانون الشاربي لكيرشوف "قانون الجوات"

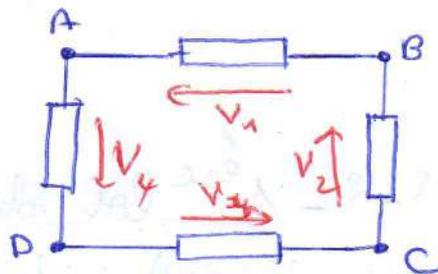
Dans une maille d'un circuit, la somme algébrique des tensions  $V$  est nulle.

$$\sum V_i = 0$$

Exemple

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 0$$

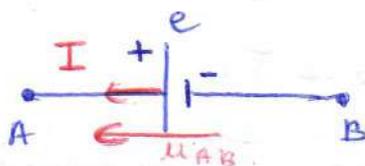
$$(V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_D) + (V_D - V_A) = 0$$



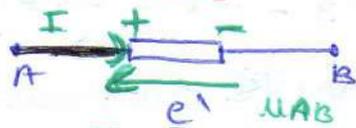
sachant que :  $V = RI$ .

## 12-4 - Comment appliquer les lois de Kirchhoff (règle pratique)

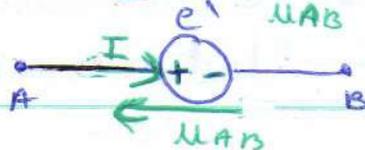
- 1) - On choisit sur chaque branche, un sens du courant "I" arbitraire.
- 2) On détermine la polarité de tous les éléments passifs du circuit : le pôle (+) dans le sens d'entrée du courant et le pôle (-) dans le sens de la sortie du courant.



générateur



résistance



recepteur

3) on détermine le sens de la tension  $V$ ; la tension se dirige du pôle (-) vers le pôle (+), c-à-d dans le sens inverse du courant.

4) on choisit un sens de parcours de la maille arbitraire (boucle fermée)

5) En utilisant la loi des Nœuds

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{le } N \text{ d'eqs} = \text{le } n \text{ de nœuds} - 1 \end{array} \right\}$$

6) En utilisant la loi des mailles

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{le } N \text{ d'eqs} = \text{le } n \text{ de mailles} \end{array} \right\}$$

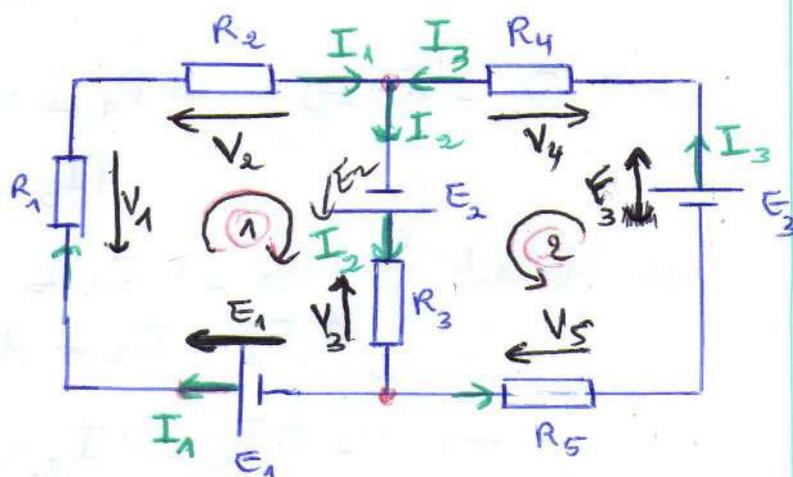
7) Le nombre d'eqs totale à résoudre est.

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{\text{tot}} = n_{\text{nœuds}} + n_{\text{mailles}} - 1 \end{array} \right\}$$

### Exercice - 02

$$\begin{cases} E_1 = 8V \\ E_2 = 6V \\ E_3 = 4V \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_1 = R_2 = 2\Omega \\ R_3 = R_4 = R_5 = 1\Omega \end{cases}$$



1°/ Les équations des Nœuds et des mailles

d'après la 1<sup>ère</sup> loi de Kirchhoff (loi des Nœuds)

$$\sum I_{\text{ent}} = \sum I_{\text{sort}}$$

$$\boxed{I_1 + I_3 = I_2} \rightarrow \textcircled{1}$$

- D'après la 2<sup>ème</sup> loi de Kirchhoff (loi des mailles)

Maille ① :

$$E_1 - V_1 - V_2 + E_2 - V_3 = 0$$

$$E_1 - R_1 I_1 - R_2 I_1 + E_2 - I_2 R_3 = 0$$

$$8 - 2I_1 - 2I_1 + 6 - I_2 = 0$$

$$14 - 4I_1 - I_2 = 0$$

$$\boxed{4I_1 + I_2 = 14} \rightarrow \textcircled{2}$$

Maille ② :

$$E_3 - V_4 + E_2 - V_3 - V_5 = 0$$

$$4 - R_4 I_3 + 6 - R_3 I_2 - R_5 I_3 = 0$$

$$10 - I_3 - I_2 - I_3 = 0$$

$$\boxed{2I_3 + I_2 = 10} \rightarrow \textcircled{3}$$

2°/ Les intensités des courants dans chaque branche.

Le système d'eqs :

$$\begin{cases} I_1 + I_3 = I_2 & \textcircled{1} \\ 4I_1 + I_2 = 14 & \textcircled{2} \\ 2I_3 + I_2 = 10 & \textcircled{3} \end{cases}$$

$$4 \times \textcircled{1} - \textcircled{2} \Rightarrow 4I_1 + 4I_3 - 4I_1 - I_2 = 4I_2 - 14$$

$$4I_3 - 5I_2 = -14$$

on obtient

$$\begin{cases} 4I_3 - 5I_2 = -14 \\ (2I_3 + I_2 = 10) \times 2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow -5I_2 - 2I_2 = -14 - 20$$

$$\Rightarrow 7I_2 = 34 \Rightarrow \boxed{I_2 = \frac{34}{7} \text{ A}}$$

$$\text{et } 2I_3 = 10 - I_2 = 10 - \frac{34}{7} = \frac{70 - 34}{7} = \frac{36}{7} \Rightarrow \boxed{I_3 = \frac{18}{7} \text{ A}}$$

$$I_1 = I_2 - I_3 = \frac{16}{7} \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{16}{7} \text{ A}$$

3°/  $R_2 = 0$ , donc le système d'équation devient

$$\begin{cases} I_1 - I_2 + I_3 = 0 \\ 2I_1 + I_2 = 14 \\ I_2 + 2I_3 = 10 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} I_1 = 4 \text{ A} \\ I_2 = 6 \text{ A} \\ I_3 = 2 \text{ A} \end{cases}$$

### Exercice - 03

$$\begin{cases} (E - rI_1) + (E') = RI_1 \text{ --- (1)} \\ (E - rI_2) - (E') = RI_2 \text{ --- (2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} E - 1,2r + 2 = 7 \times 1,2 \\ E - 0,75r - 2 = 7 \times 0,75 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E - 1,2r = 6,7 \\ E - 0,75r = 7,25 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0,45r = 0,55 \\ r = 1,2 \Omega \end{cases}$$

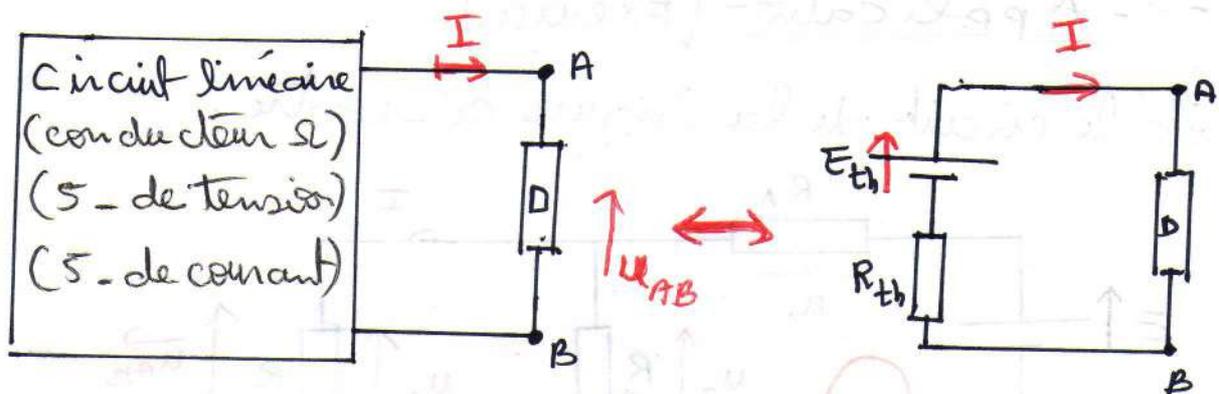
$$\text{et } E = 7,25 + 0,75(1,2)$$

$$E = 8 \text{ V}$$

## 13 - Théorème de Thévenin.

### 13-1- Énoncé

⚡ Tout réseau linéaire intercalé entre deux bornes A et B, quelque soit sa complexité et équivalent à un générateur unique de force électromotrice ( $E_{th}$ ) et de résistance interne ( $R_{th}$ ) ⚡.



- $E_{th}$  : représente la force électromotrice du générateur équivalent, appelé un générateur de Thévenin.
- $R_{th}$  : représente la résistance équivalente du circuit entre les bornes (A et B), appelée la résistance de Thévenin.

### 13-2- Comment appliquer le théorème de Thévenin et déterminer $E_{th}$ et $R_{th}$

- Calcul  $R_{th}$
- 1 - on élimine le dipôle 'D'
  - 2 - on atteint toutes les sources de tensions et de courant.

3 - on désigne une nouvelle figure du nouveau circuit qui ne contient que des résistances.

4 - on calcul  $R_{eq}$  située entre (A et B)

$$R_{th} = R_{eq}$$

- Calcul  $E_{th}$

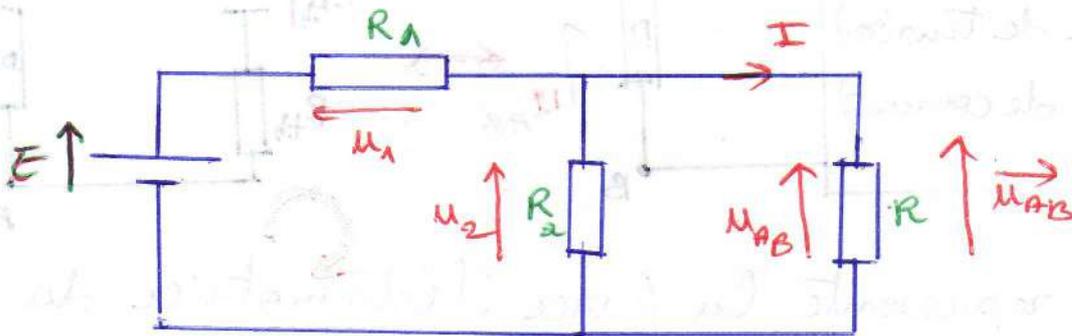
1 - on ouvre le circuit entre A et B

2 - on élimine le dipôle "D"

3 - on calcul  $E_{th} = U_{AB}$

### 13 - 3 - Application (exercice)

soit le circuit de la figure ci-contre.



on donne :  $R_1 = 1 \Omega$  ;  $R_2 = 3 \Omega$  ;  $R = 1 \Omega$  ,  $E = 10 V$

- Calculer :  $E_{th}$  ,  $R_{th}$  ,  $I$

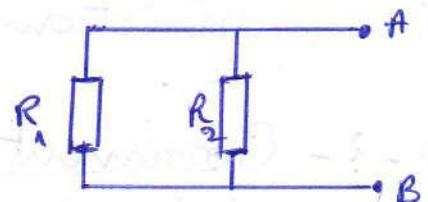
#### Solution

En appliquant le théorème de Thévenin

1°/ Calcul  $R_{th}$

$$\frac{1}{R_{th}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

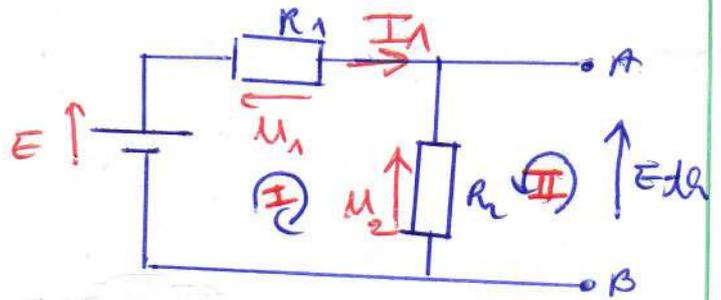
$$R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \Omega}{4}$$



2°/ Calcul  $E_{th}$

20/ Calcul  $\mathcal{E}_{th}$

ona:  $\mathcal{E}_{th} = U_{AB} = ?$   
 et :



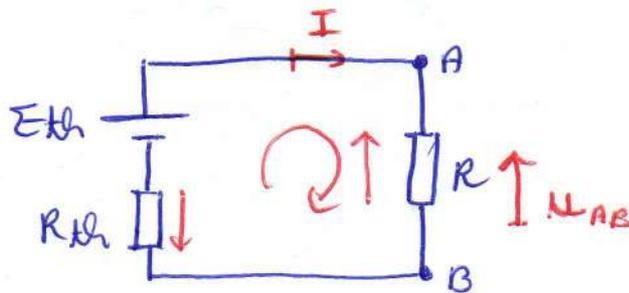
$$\begin{cases} \text{Maille I: } \mathcal{E} - U_1 - U_2 = 0 \\ \text{Maille II: } \mathcal{E}_{th} - U_2 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \mathcal{E} - (R_1 + R_2)I = 0 \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} \\ \mathcal{E}_{th} = R_2 I \end{cases}$$

$$\Rightarrow \mathcal{E}_{th} = \frac{R_2 \mathcal{E}}{R_1 + R_2}$$

A.N :  $\mathcal{E}_{th} = 7.5 \text{ V}$

- Pour calculer l'intensité  $I$  du courant on considère le générateur de Thévenin équivalent qui alimente la branche A.B



Maille :  $\mathcal{E}_{th} - RI - R_{th}I = 0$

$$\Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}_{th}}{R + R_{th}}$$

A.N :

$$I = \frac{30}{11} \text{ A}$$