

Comportement global d'un circuit électrique

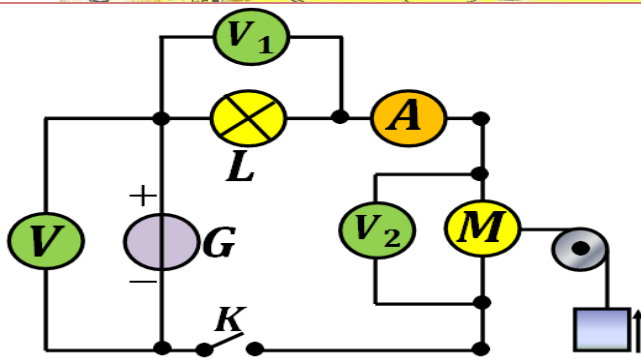
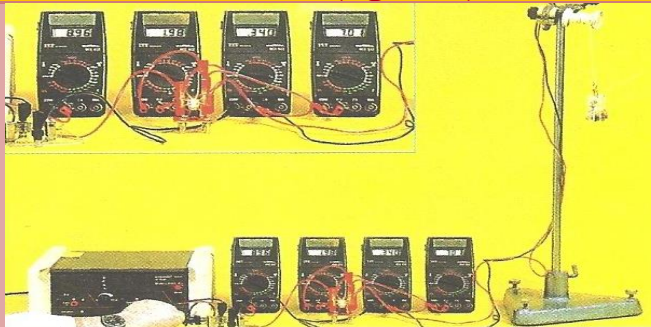
التصرف العام لدارة كهربائية

I – Principe de conservation de l'énergie électrique

1 – Activité

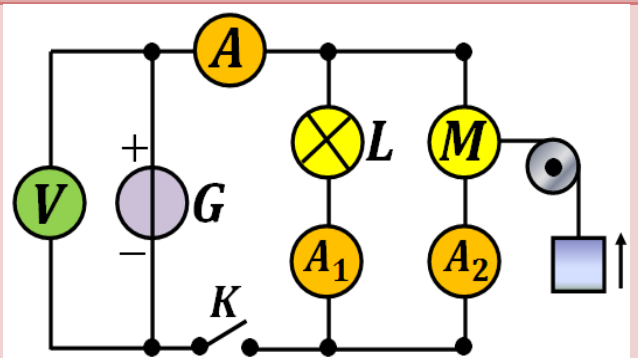
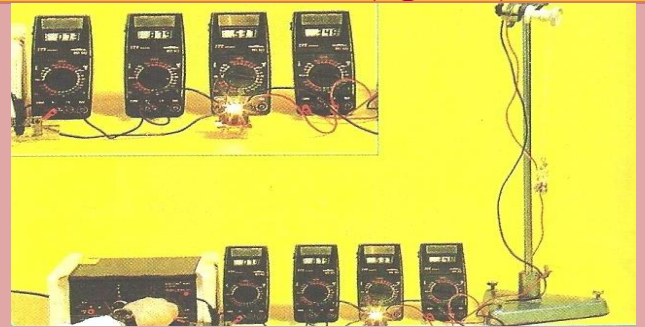
On réalise le montage expérimental représenté ci-dessous, où on branche le générateur G , la lampe L , le moteur électrique M , en série (figure 1) en dérivation (figure 2).

En série (figure 1)



On trouve $I = 0,340 \text{ A}$ et $U_G = 8,96 \text{ V}$
et $U_1 = 1,98 \text{ V}$ et $U_2 = 7,01 \text{ V}$

En dérivation (figure 2)



On trouve : $U_G = 7,3 \text{ V}$ et $I = 0,879 \text{ A}$
et $I_1 = 0,348 \text{ A}$ et $I_2 = 0,537 \text{ A}$

a- Ecrire les expressions de la puissance : fournie par le générateur $\mathcal{P}_G$, reçue par la lampe $\mathcal{P}_1$, reçue par le moteur $\mathcal{P}_2$, et calculer ses valeurs pour chaque montage.

En série : on a $\mathcal{P}_G = U_G \cdot I = 8,96 \times 0,340 = 3,046 \text{ W}$ et $\mathcal{P}_1 = U_1 \cdot I = 1,98 \times 0,340 = 0,673 \text{ W}$ et $\mathcal{P}_2 = U_2 \cdot I = 7,01 \times 0,340 = 2,383 \text{ W}$.

En dérivation : on a $\mathcal{P}_G = U_G \cdot I = 7,3 \times 0,879 = 6,417 \text{ W}$ et $\mathcal{P}_1 = U_G \cdot I_1 = 7,3 \times 0,348 = 2,540 \text{ W}$ et $\mathcal{P}_2 = U_G \cdot I_2 = 7,3 \times 0,537 = 3,920 \text{ W}$.

b- Est-ce que le principe de conservation de l'énergie est vérifié quelle que soit le montage électrique du circuit ?

En série : on a $\mathcal{P}_1 + \mathcal{P}_2 = 0,673 + 2,383 = 3,056 \text{ W}$ on constate que $\mathcal{P}_G \approx \mathcal{P}_1 + \mathcal{P}_2$.

En dérivation : on a $\mathcal{P}_1 + \mathcal{P}_2 = 2,540 + 3,920 = 6,460 \text{ W}$ on constate que $\mathcal{P}_G \approx \mathcal{P}_1 + \mathcal{P}_2$.

c- Dédurre la loi d'addition des tensions pour le circuit en série et la loi des nœuds pour le circuit en dérivation.

En série : on a $\mathcal{P}_G = \mathcal{P}_1 + \mathcal{P}_2$ d'où $U_G \cdot I = U_1 \cdot I + U_2 \cdot I$ donc $U_G = U_1 + U_2$.

En dérivation : on a $\mathcal{P}_G = \mathcal{P}_1 + \mathcal{P}_2$ d'où $U_G \cdot I = U \cdot I_1 + U \cdot I_2$ donc $I = I_1 + I_2$.

2 – Enoncé de principe de conservation d'énergie :

Dans un **circuit électrique**, l'**énergie électrique fournie** par un **générateur** est égale **la somme des énergies électrique reçues** par les **récepteurs**.

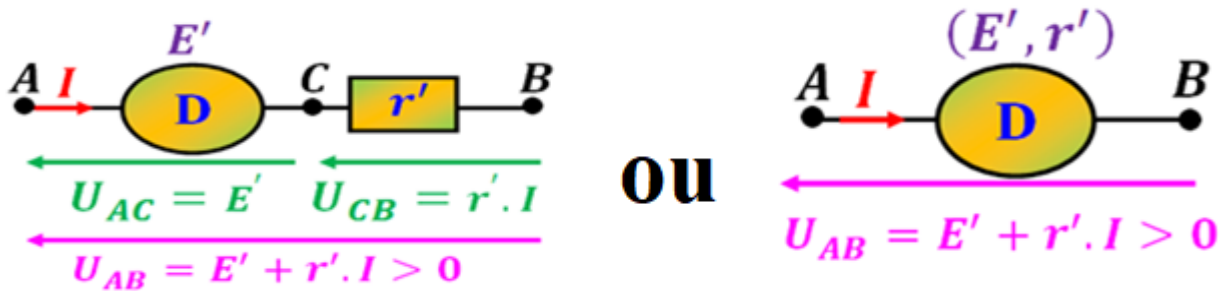
II – Distribution de l'énergie au niveau d'un récepteur électrique :

1 – Loi d'Ohm pour un récepteur

La **tension** U_{AB} aux **bornes** d'un **récepteur** (moteur électrique ou électrolyseur électrique...), parcouru par un **courant électrique d'intensité** I , est définie par :

$$U_{AB} = E' + r' \cdot I \quad \text{Où } E' \text{ la force contre électromotrice du récepteur} \\ \text{et } r' \text{ la résistance interne du récepteur.}$$

Convention récepteur :



2 – Bilan énergétique

Lorsqu'un **courant électrique d'intensité** I traverse un **récepteur** pendant la **durée** Δt , la **tension** entre ses **bornes** est : $U_{AB} = E' + r' \cdot I$.

On multiplie les **deux parties** de l'équation par $I \cdot \Delta t$, et on obtient :

$$U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t = E' \cdot I \cdot \Delta t + r' \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

avec $W_e = U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t$ l'**énergie électrique reçue** par le **récepteur**.

$$W_u = E' \cdot I \cdot \Delta t \quad \text{l'énergie utile fournie par le récepteur.}$$

$$W_J = r' \cdot I^2 \cdot \Delta t \quad \text{l'énergie thermique dissipée par} \\ \text{l'effet Joule dans le récepteur.}$$

alors $W_e = W_u + W_J$



3 – Rendement d'un récepteur :

Le **rendement d'un récepteur** est le **quotient** de la **division** de l'**énergie** (ou la **puissance**) **utile** sur l'**énergie** (ou la **puissance**) **reçue** par le **récepteur** :

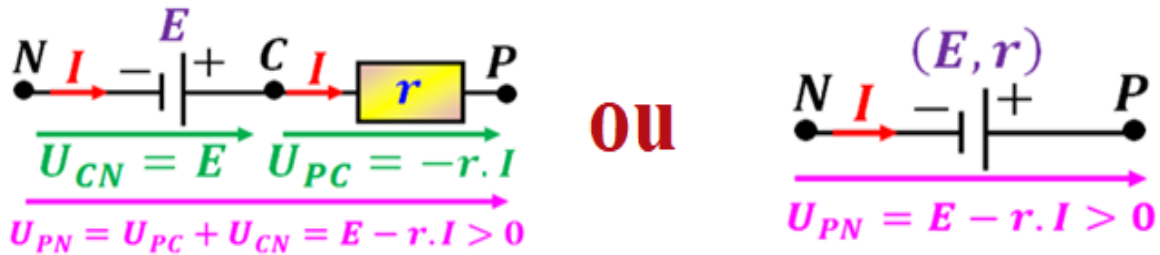
$$\rho = \frac{W_u}{W_e} = \frac{P_u}{P_e} = \frac{E' \cdot I}{U_{AB} \cdot I} = \frac{E'}{U_{AB}} = \frac{E'}{E' + r' \cdot I} < 1. \quad \text{On peut l'exprimer en pourcentage.}$$

III – Distribution de l'énergie au niveau d'un générateur électrique

1 – Loi d'Ohm pour un générateur

La **tension** U_{PN} aux **bornes** d'un **générateur**, parcouru par un **courant d'intensité** I , est définie par : $U_{PN} = E - r \cdot I$ Où E la **force électromotrice** du **générateur** et r la **résistance interne** du **générateur**.

Convention générateur :



2 – Bilan énergétique

Lorsqu'un **courant électrique d'intensité I** traverse un **générateur** pendant la **durée Δt** , la **tension** entre ses bornes est : **$U_{PN} = E - r.I$** .

On multiplie les **deux parties** de l'équation par **$I.\Delta t$** , et on obtient :

$$U_{PN}.I.\Delta t = E.I.\Delta t - r.I^2.\Delta t$$

donc $E.I.\Delta t = U_{PN}.I.\Delta t + r.I^2.\Delta t$

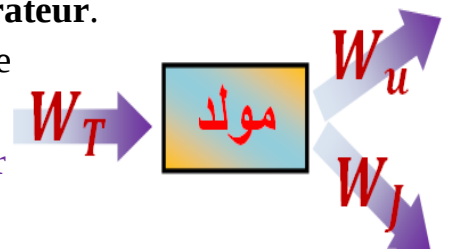
Avec **$W_T = E.I.\Delta t$** l'énergie totale reçue par le **générateur**.

$W_e = U_{PN}.I.\Delta t$ l'énergie électrique fournie par le **générateur** au reste de circuit.

$W_J = r.I^2.\Delta t$ l'énergie thermique dissipée par

l'effet Joule dans le **générateur**.

alors **$W_T = W_u + W_J$** .



3 – Rendement d'un générateur :

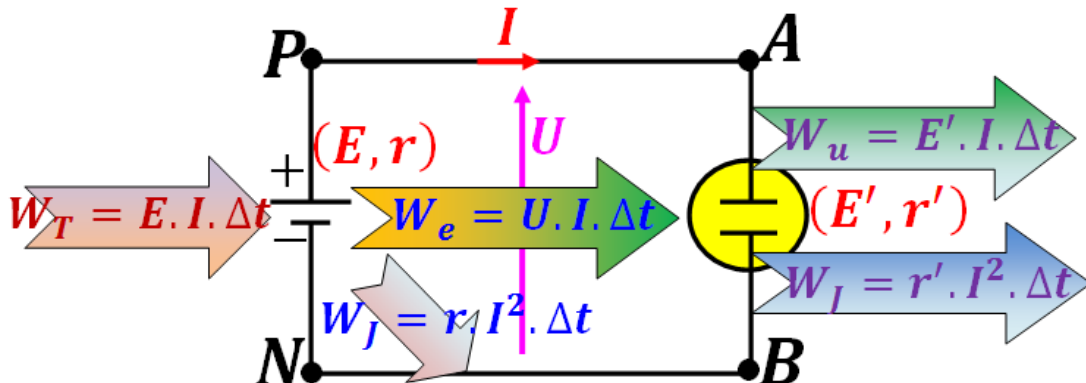
Le **rendement de générateur** est le **quotient** de la **division** de l'**énergie** (ou la **puissance**) **utile** sur l'**énergie** (ou la **puissance**) **totale reçue** par le **générateur** :

$$\rho = \frac{W_u}{W_T} = \frac{P_u}{P_T} = \frac{U_{PN}.I}{E.I} = \frac{E-r.I}{E} = 1 - \frac{r.I}{E} < 1 .$$

On peut l'exprimer en **pourcentage**.

4 – Le Rendement total d'un circuit simple :

On considère un **circuit électrique** composé d'un **générateur** branché en **série** avec un **récepteur** (électrolyseur électrique).



Le **rendement total de ce circuit** est : **$\rho = \frac{W_e}{W_T} = \frac{P_e}{P_T} = \frac{E'.I}{E.I} = \frac{E'}{E} < 1$** .

Le **rendement du générateur** est : **$\rho_1 = \frac{W_e}{W_T} = \frac{P_e}{P_T} = \frac{U_{PN}.I}{E.I} = \frac{U_{PN}}{E}$** .

Le **rendement du récepteur** est : **$\rho_2 = \frac{W_u}{W_e} = \frac{P_u}{P_e} = \frac{E'.I}{U_{AB}.I} = \frac{E'}{U_{AB}}$** .

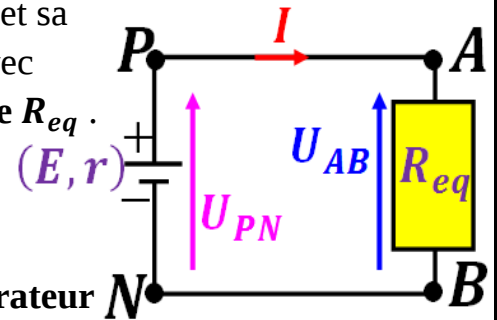
On a **$U_{PN} = U_{AB} = U$** alors **$\rho = \rho_1 \times \rho_2 = \frac{E'}{E}$** .

IV – Les facteurs influençant sur l'énergie fournie par un générateur à un circuit résistif :

1 – L'influence de la force électromotrice E et la résistance équivalente R_{eq} :

On considère un générateur, sa force électromotrice E et sa résistance interne r , branché en série ou en dérivation avec plusieurs conducteurs ohmiques, sa résistance équivalente R_{eq} .

Selon la loi d'addition des tensions on a $U_{PN} = U_{AB}$ d'où $E - r \cdot I = R_{eq} \cdot I$ donc $I = \frac{E}{R_{eq} + r}$



L'expression de l'énergie électrique fournie par un générateur au reste du circuit pendant la durée Δt est :

$$W_e = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t = U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t = R_{eq} \cdot I^2 \cdot \Delta t \quad \text{donc} \quad W_e = \frac{R_{eq}}{(R_{eq} + r)^2} \cdot E^2 \cdot \Delta t.$$

L'énergie électrique fournie par un générateur est proportionnelle au carré de sa force électromotrice E .

Pour un générateur idéal ($r = 0$), on a $W_e = \frac{R_{eq}}{R_{eq}^2} \cdot E^2 \cdot \Delta t = \frac{E^2}{R_{eq}} \cdot \Delta t$.

L'énergie électrique fournie par un générateur idéal est proportionnelle au carré de sa force électromotrice E et inversement proportionnelle à la résistance équivalente R_{eq} .

Remarque :

On a $\mathcal{P}_e = \frac{R_{eq}}{(R_{eq} + r)^2} \cdot E^2$, le générateur donne une puissance électrique maximale

$$\mathcal{P}_{e \max} = \frac{E^2}{4r} \quad \text{lorsque} \quad (r = R_{eq}).$$

2 – Limites de fonctionnement du conducteur ohmique :

Le fabricant donne généralement la valeur de la résistance R ainsi que la puissance maximale $\mathcal{P}_{max}$ que le conducteur ohmique peut la supporter, pour que le conducteur ohmique fonctionne correctement, c'est pourquoi il doit être branché dans un circuit électrique qui ne laisse pas passer un courant électrique d'intensité supérieur ou égal à I_{max} et ne se produit pas entre ses bornes une tension qui dépasse $U_{AB \max}$.

On sait que $\mathcal{P}_{max} = U_{AB \max} \cdot I_{max}$ alors $\mathcal{P}_{max} = R \cdot I_{max}^2 = \frac{U_{AB \max}^2}{R}$

$$\text{Donc} \quad I_{max} = \sqrt{\frac{\mathcal{P}_{max}}{R}} \quad \text{et} \quad U_{AB \max} = \sqrt{R \cdot \mathcal{P}_{max}}.$$