AlloSchool

Physique et Chimie : 1ère Année Bac

Séance 18 (Comportement global d'un circuit électrique)

Professeur : Mr EL GOUFIFA Jihad

Sommaire

I- Distribution de l'énergie électrique au niveau d'un récepteur

1-1/ Loi d'Ohm pour un récepteur

1-2/ Bilan énergétique d'un récepteur

1-3/ Bilan de puissance d'un récepteur

1-4/ Rendement d'un récepteur

II- Distribution de l'énergie électrique au niveau d'un générateur

2-1/ Loi d'Ohm pour un générateur

2-2/ Bilan énergétique d'un générateur

2-3/ Bilan de puissance d'un générateur

2-4/ Rendement d'un générateur

III- Bilan énergétique d'un circuit simple

3-1/ Loi de Pouillet

3-2/ Bilan énergétique du circuit

3-3/ Rendement globale d'un circuit simple

IV- Influence de quelques paramètres sur l'énergie transférée par le générateur à un circuit résistif

4-1/ Influence de la force électromotrice

4-2/ Influence des résistances et de leurs modes d'association

V- Limites de fonctionnement des générateurs et des récepteurs

5-1/ Limites de fonctionnement d'un générateur

5-2/ Limites de fonctionnement d'un récepteur

VI- Exercices

6-1/ Exercice 1

6-2/ Exercice 2

6-3/ Exercice 3
6-4/ Exercice 4

I- Distribution de l'énergie électrique au niveau d'un récepteur

1-1/ Loi d'Ohm pour un récepteur

Dans son domaine de fonctionnement habituel, la tension U_{AB} aux bornes d'un moteur ou d'un électrolyseur, parcouru par un courant d'intensité I entrant par sa borne A, est donnée par :

$$U_{AB} = E' + r' \times I$$

avec U_{AB} et E' en volt (V), r' en ohm (Ω) et I en ampère (A).

E' et r' sont des grandeurs caractéristiques du récepteur :

- E' est la force contre électromotrice (notée f.c,é.m), exprimée en volt
- r' est la résistance interne du récepteur, exprimée en ohm.

1-2/ Bilan énergétique d'un récepteur

Lorsqu'un récepteur (électrolyseur ou moteur), soumis à une tension électrique U_{AB}, est parcouru par un courant électrique I, l'énergie électrique W_r qu'il reçoit pendant la durée Δt est :

$$W_r = U_{AB}.I.\Delta t$$

D'après la loi d'ohm :

$$U_{AB} = E' + r'.I$$
$$\Rightarrow W_r = E'.I.\Delta t + r'.I^2.\Delta t$$
$$\Rightarrow W_r = W_u + W_{th}$$

Tel que :

$W_r = U_{AB}.I.\Delta t$: Énergie électrique reçue par le récepteur.

$W_u = E'.I.\Delta t$: Énergie utile fournie par le récepteur (mécanique pour un moteur ou chimique pour un électrolyseur).

$W_{th} = r'.I^2.\Delta t$: Énergie thermique dissipée par effet Joule dans le récepteur.

1-3/ Bilan de puissance d'un récepteur

En divisant les deux membres de l'égalité par Δt, on obtient :

$$P_r = E'.I + r'.I^2$$
$$P_r = P_u + P_{th}$$

Tel que :

$P_r = U_{AB}.I$: Puissance électrique reçue par le récepteur.

$P_u = E'.I$: Puissance utile fournie par le récepteur.

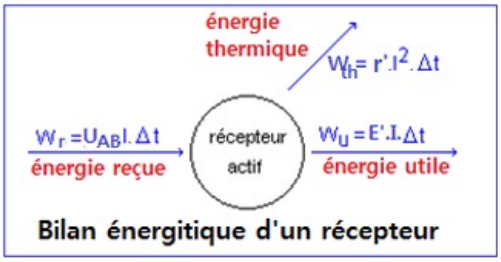
$P_{th} = r'.I^2$: Puissance thermique dissipée par effet Joule dans le récepteur.

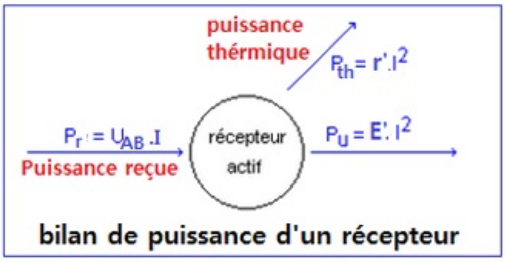
1-4/ Rendement d'un récepteur

Le rendement d'un récepteur est le rapport de l'énergie utile W_u par l'énergie W_r reçue par le récepteur :

$$\rho = \frac{W_u}{W_r} = \frac{P_u}{P_r} = \frac{E'.I}{U_{AB}.I} = \frac{E'}{E'+r'.I}$$

Le rendement est nombre sans unité qui s'exprime généralement en pourcentage.





II- Distribution de l'énergie électrique au niveau d'un générateur

2-1/ Loi d'Ohm pour un générateur

La tension U_{PN} aux bornes d'un générateur, débitant un courant d'intensité I sortant par sa borne P, est donnée par :

$$U_{PN} = E - r.I$$

E et r sont des grandeurs caractéristiques du générateur :

- E est la force électromotrice (notée f.é.m), aussi appelée tension à vide car elle est égale à la tension aux bornes du générateur lorsque la pile ne débite pas de courant.
- r est la résistance interne du générateur.

2-2/ Bilan énergétique d'un générateur

La tension U_{PN} aux bornes d'un générateur, débitant un courant d'intensité I sortant par sa borne P, est donnée par :

$$U_{PN} = E - r.I$$

En multipliant les deux membres de cette égalité par $I.\Delta t$, on obtient :

$$U_{PN}.I.\Delta t = E.I.\Delta t - r.I^2.\Delta t$$
$$E.I.\Delta t = U_{PN}.I.\Delta t + r.I^2.\Delta t$$
$$W_g = W_{ex} + W_{th}$$

Tel que :

$W_g = E.I.\Delta t$: Énergie électrique totale fournie par le générateur.

$W_{ex} = U_{PN}.I.\Delta t$: Énergie électrique utile fournie par le générateur au reste du circuit.

$W_{th} = r.I^2.\Delta t$: Énergie thermique dissipée par effet Joule dans le générateur.

2-3/ Bilan de puissance d'un générateur

En divisant les deux membres de l'égalité par Δt, on obtient :

$$E.I = U_{PN}.I + r.I^2$$
$$P_g = P_{ex} + P_{th}$$

Tel que :

$P_g = E.I$: Énergie électrique totale fournie par le générateur.

$P_{ex} = U_{PN}.I$: Énergie électrique utile fournie par le générateur au reste du circuit.

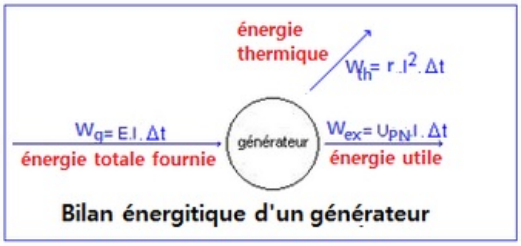
$P_{th} = r.I^2$: Énergie thermique dissipée par effet Joule dans le générateur.

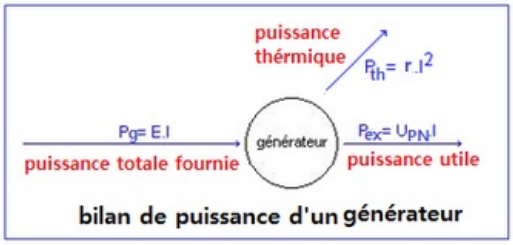
2-4/ Rendement d'un générateur

Le rendement d'un générateur est le rapport de l'énergie électrique W_{ex} fournie au reste du circuit à l'énergie totale W_g engendrée dans le générateur :

$$\rho = \frac{W_{ex}}{W_g} = \frac{P_{ex}}{P_g} = \frac{U_{PN}}{E} = \frac{E-r.I}{E}$$

Le rendement est nombre sans unité qui s'exprime généralement en pourcentage.

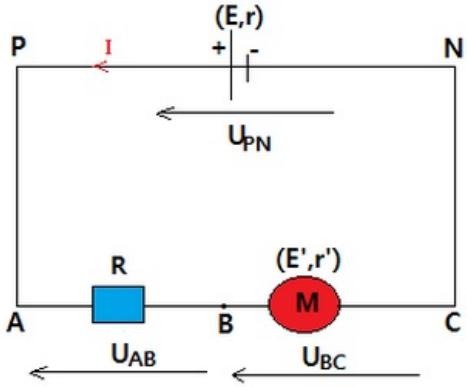




III- Bilan énergétique d'un circuit simple

3-1/ Loi de Pouillet

On considère le circuit en série constitué par un générateur, un moteur et un conducteur ohmique :



D'après la loi d'additivité des tensions et la loi d'Ohm, on a :

$$U_{PN} = U_{AB} + U_{BC}$$
$$E - r.I = E' + r'.I + R.I$$
$$E - E' = (R + r + r').I$$
$$I = \frac{E-E'}{R+r+r'}$$

La généralisation de cette loi conduit à l'expression suivante :

$$I = \frac{\sum E - \sum E'}{\sum R}$$

3-2/ Bilan énergétique du circuit

En multipliant les deux membres de cette égalité par $I.\Delta t$, on obtient :

$$(E - E').I.\Delta t = (R + r + r').I^2.\Delta t$$
$$E.I.\Delta t = E'.I.\Delta t + (R + r + r').I^2.\Delta t$$
$$W_g = W_u + W_{th}$$

$W_g = E.I.\Delta t$: Énergie totale fournie par le générateur.

$W_u = E'.I.\Delta t$: Énergie utile (mécanique pour le moteur).

$W_{th} = (R + r + r').I^2.\Delta t$: Énergie thermique dissipée par effet joule.

3-3/ Rendement globale d'un circuit simple

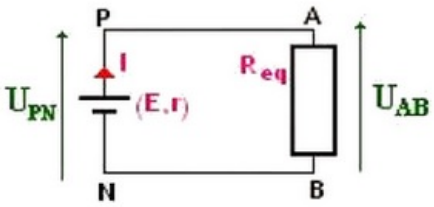
e rendement global du circuit est définit comme le rapport de l'énergie utile du circuit par l'énergie totale (du générateur) :

$$\rho = \frac{W_u}{W_g} = \frac{E'}{E}$$

IV- Influence de quelques paramètres sur l'énergie transférée par le générateur à un circuit résistif

4-1/ Influence de la force électromotrice

On considère le circuit suivant :



$$U_{PN} = E - r.I$$
$$U_{AB} = R_{éq}.I$$

$R_{éq}$ est la résistance équivalente du dipôle AB

D'après la loi de Pouillet, on a : $I = \frac{E}{r+R_{éq}}$

L'énergie électrique fournie par un générateur pendant la durée Δt est :

$$W_{ex} = U_{PN}.I.\Delta t$$
$$W_{ex} = R_{éq}.I^2.\Delta t$$
$$W_{ex} = \frac{R_{éq}}{(r+R_{éq})^2}.E^2.\Delta t$$

La puissance électrique fournie par un générateur est proportionnelle au carré de sa force électromotrice.

4-2/ Influence des résistances et de leurs modes d'association

Influence de la résistance

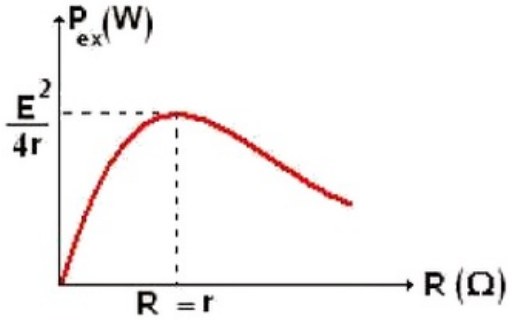
On considère le dipôle AB précédent est un conducteur ohmique de résistance R.

L'énergie électrique fournie par un générateur pendant la durée Δt est :

$$W_{ex} = U_{PN}.I.\Delta t$$
$$W_{ex} = R.I^2.\Delta t$$
$$W_{ex} = \frac{R}{(r+R)^2}.E^2.\Delta t$$

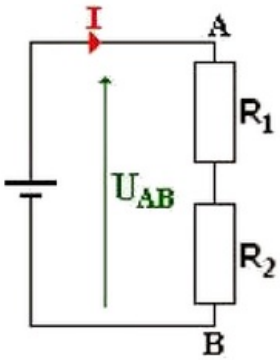
En mathématique, pour une valeur donnée de la force électromotrice, la puissance P_e est maximale quand $R = r$.

Son expression est : $P_{e_{max}} = \frac{E^2}{4r}$



Influence du mode d'association

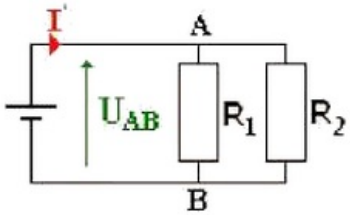
1. Association en série



La puissance électrique fournie par le générateur aux deux conducteurs ohmiques est :

$$P = U_{AB}.I = E.I = E.\frac{E}{R_{éq}} = \frac{E^2}{R_1+R_2}$$

2. Association en parallèle



La puissance électrique fournie par le générateur aux deux conducteurs ohmiques est :

$$P' = E.I' = E.\frac{E}{R_{éq}} = E^2\frac{R_1+R_2}{R_1.R_2}$$

3. Conclusion

$$\frac{P'}{P}\frac{(R_1+R_2)^2}{R_1.R_2} > 1 \Rightarrow P' > P$$

La puissance électrique fournie par un générateur à des conducteurs ohmiques montés en parallèle est supérieur à la puissance électrique fournie par ce générateur à ces conducteurs ohmiques montés en série.

V- Limites de fonctionnement des générateurs et des récepteurs

5-1/ Limites de fonctionnement d'un générateur

Une alimentation stabilisée de tension fournie une intensité de courant constante tant que cette intensité ne dépasse pas une valeur limite indiquée par le constructeur :

$$P_{max} = E.I_1$$

5-2/ Limites de fonctionnement d'un récepteur

Chaque conducteur ohmique est caractérisé par sa résistance R et sa puissance maximale P_{max} qu'il peut dissipée par effet Joule :

$$P_{max} = U_{max}.I_{max} = R.{I_{max}}^2 = \frac{{U_{max}}^2}{R}$$

Exprimons U_{max} et I_{max} que le conducteur peut supporter :

$$U_{max} = \sqrt{R.P_{max}} \;\; ; \;\; I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}}$$

VI- Exercices

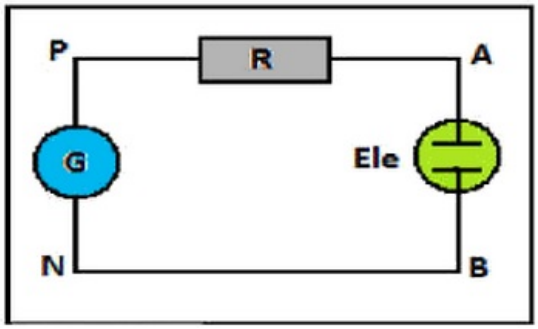
6-1/ Exercice 1

Un générateur de f.é.m. $E = 6V$ et de résistance interne $r = 2\Omega$ est associé en série avec un électrolyseur de f.c.é.m. $E' = 2V$ et de résistance interne $r' = 0,1\Omega$.

1. Donner l'expression de l'intensité du courant I dans ce circuit en fonction de E, E', r et r'. Calculer I.
2. Exprimer littéralement puis calculer la puissance électrique engendrée par le générateur
3. Exprimer littéralement puis calculer la puissance disponible aux bornes du générateur et fournie au circuit.
4. Exprimer littéralement puis calculer la puissance utile, utilisée par l'électrolyseur pour réaliser l'électrolyse,
5. Exprimer littéralement puis calculer la puissance perdue par l'électrolyseur. A quel effet est due cette perte ?
6. Définir et calculer le rendement de l'électrolyseur.

6-2/ Exercice 2

On réalise le montage suivant :



$$U_{PN} = 22 - 20.I \;\; ; \;\; I = 0,5A \;\; ; \;\; R = 2\Omega$$

1. Recopier la figure et représenter l'intensité I et les tensions U_{PN}, U_{PA} et U_{AB}.

2. Calculer U_{PN} et U_{PA} et déduire U_{AB}.
3. Calculer la puissance électrique fournie par le générateur au reste de circuit.
4. Calculer la puissance calorifique (thermique) dans le conducteur ohmique P_j.
5. Calculer la puissance électrique reçue par l'électrolyseur.
6. Sachant que le rendement de l'électrolyseur est 76%, calculer sa puissance utile.
7. En déduire la valeur de la force contre-électromotrice E' de l'électrolyseur.

6-3/ Exercice 3

Un générateur de f.é.m. $E = 33V$ débite un courant d'intensité $I = 11A$ lorsqu'il est connecté à un conducteur ohmique de résistance $R = 2,5\Omega$.

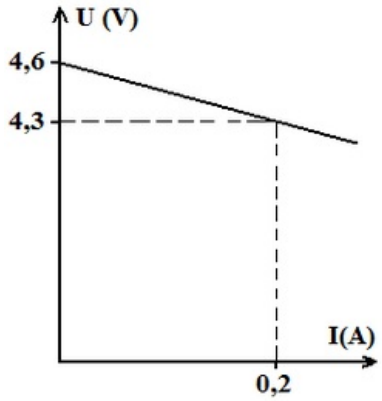
1. Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans le conducteur ohmique,
2. Calculer la puissance totale disponible dans le générateur,
3. Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans le générateur,
4. Calculer la résistance interne du générateur.
5. Faire un schéma énergétique montrant les transferts d'énergie s'effectuant au niveau de chaque dipôle de circuit.

6-4/ Exercice 4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, on détermine les paramètres (E, r) d'une pile de $4,5V$ en traçant sa caractéristique intensité - tension.

1. Proposer un montage électrique pour tracer cette caractéristique. On dispose de la pile, d'une résistance variable $(0 - 100\Omega\,;\ 2A\ max)$, de deux multimètres et d'un interrupteur.
2. Faites apparaître sur ce circuit les deux bornes de chaque multimètre, la flèche de la tension mesurée ainsi que l'intensité du courant.

On a la courbe suivantes :



3. En déduire la force électromotrice E et la résistance interne r de cette pile. Justifier.
4. Pour une tension $U = 4,21V$, déterminer :

- a. La puissance électrique fournit au circuit extérieur.
- b. La puissance chimique transformée en puissance électrique.
- c. La puissance dissipée sous forme d'effet Joule dans la pile.

5. Faire un schéma énergétique montrant les transferts d'énergie s'effectuant au niveau de la pile.