

Comportement global d'un circuit électrique

1- Distribution de l'énergie reçue par 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 :

$$U_{AB} = E + r' \times I \text{ avec } U_{AB} \text{ et } E \text{ en volt (V), } r \text{ en ohm } (\Omega) \text{ et } I \text{ en ampère (A).}$$

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 (électrolyseur ou moteur).

Nous avons vu que les récepteurs permettent de convertir de l'énergie électrique en autre forme d'énergie (mécanique, rayonnement, chimique ...). Mais pourquoi ces récepteurs chauffent-ils ?

L'énergie électrique reçue par un récepteur $W_e = U_{AB} \times I \times \Delta t$

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

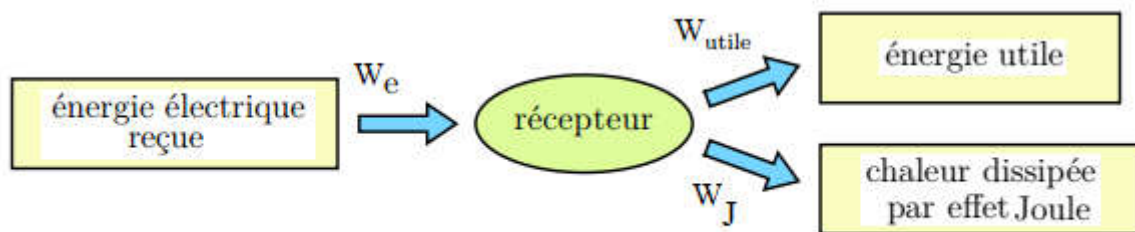
Multiplions les deux membres de l'équation $U_{AB} = E + r' \times I$ par le terme $I \times \Delta t$, on obtient :

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

La signification de chaque terme est :

- $W_e = U_{AB} \times I \times \Delta t$ représente l'énergie électrique W_e reçue par le dipôle
- $W_J = r' \times I^2 \times \Delta t$ est l'énergie Joule W_J dissipée par le récepteur (cette énergie est perdue)
- $W_u = E' \times I \times \Delta t$ (énergie utile) est l'énergie pouvant être convertie en partie en énergie mécanique W_u (moteur) ou chimique W_{ch} (électrolyseur).

Le bilan énergétique pour un électrolyseur s'écrit : $W_e = W_{ch} + W_J$.



Bilan énergétique d'un récepteur

Remarque :

On en déduit alors que la puissance électrique reçue par le récepteur vaut :

$$P_e = U_{AB} \times I = (E' + r' \times I) \times I \\ = E' \times I + r' \times I^2$$

Donc $P_e = P_u + P_J$

1-2-Rendement d'un récepteur

Le rendement d'un récepteur noté η est définie comme le rapport de la puissance utile P_u par la puissance électrique reçue P_e par le récepteur :

$$\eta = \frac{P_u}{P_e} = \frac{W_u}{W_e}$$

Soit d'après les résultats précédents : $P_u = E' \times I$ et $P_e = U_{AB} \times I = (E' + r' \times I) \times I$

$$\eta = \frac{E' \times I}{(E' + r' \times I) \times I} = \frac{E'}{E' + r' \times I} = \frac{E'}{U_{AB}}$$

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

2- Distribution de l'énergie de générateur

1-1-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 :

$$U_{PN} = E - r \times I \text{ avec } U_{PN} \text{ et } E \text{ en volt (V), } r \text{ en ohm } (\Omega) \text{ et } I \text{ en ampère (A).}$$

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.

1-2-Bilan énergétique d'un générateur.

Multiplions les deux membres de l'équation $U_{PN} = E - r \cdot I$ par le terme $I \cdot \Delta t$, on obtient :

$$U_{PN} \times I \times \Delta t = (E - r \times I) \times I \times \Delta t = E \times I \times \Delta t - r \times I^2 \times \Delta t$$

Donc $E \times I \times \Delta t = U_{PN} \times I \times \Delta t + r \cdot I^2 \times \Delta t$

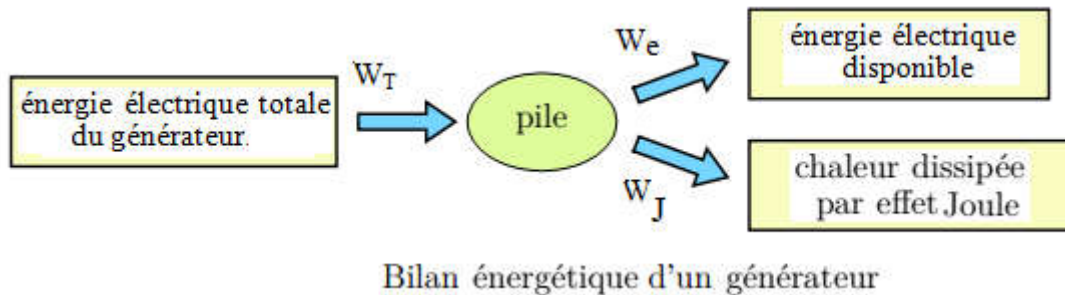
La signification de chaque terme est :

$U_{PN} \times I \times \Delta t$ est l'énergie électrique W_e disponible aux bornes du générateur pouvant être utilisée par les autres dipôles du circuit

$r \times I^2 \times \Delta t$ est l'énergie Joule W_J dissipée dans le générateur par effet joule

$E \times I \times \Delta t$ représente l'énergie électrique totale W_T du générateur.

Le bilan énergétique pour un générateur s'écrit : $W_T = W_e + W_J$.



Remarque :

On en déduit alors que la puissance totale de la générateur vaut :

$$\begin{aligned} P_t &= U_{PN} \times I \quad \text{avec } E = U_{PN} + r \times I \\ &= (U_{PN} + r \times I) \times I \\ &= U_{PN} \times I + r \times I^2 \end{aligned}$$

Donc $P_t = P_e + P_J$

1-2-Rendement d'un générateur

Pour un générateur électrique, le rendement η est le rapport de l'énergie électrique fournie au circuit à l'énergie transformée par le générateur, ici :

$$\eta = \frac{P_e}{P_t} = \frac{W_e}{W_t}$$

Soit d'après les résultats précédents : $P_t = E \times I$ et $P_e = U_{PN} \times I = (E - r \times I) \times I$

$$\eta = \frac{(E - r \times I) \times I}{E \times I} = \frac{U_{PN}}{E} = 1 - \frac{r \times I}{E}$$

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

3-Transfert d'énergie dans un circuit électrique simple

Considérons un circuit série, sans dérivations, constitué par d'un pile, un électrolyseur et conducteurs ohmiques .

3-1- Loi de Pouillet

Appliquons la loi d'addition de tension dans la circuit on a :

$$U_{AB} + U_{BC} = U_{PN}$$

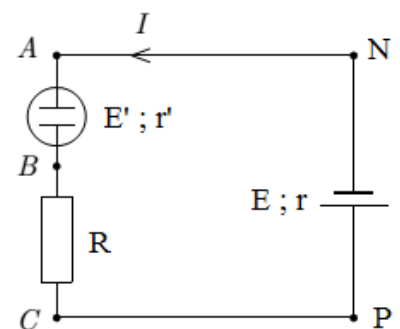
et en utilisant les différentes expressions de la loi d'Ohm aux différents dipôles.

$$E - r \times I = E' + r' \times I + R \times I$$

$$E - E' = (R + r + r') \times I$$

Finalement l'intensité de courant électrique : $I = \frac{E - E'}{R + r + r'}$

La généralisation de cette expression conduit à la loi de Pouillet peut s'écrire : $I = \frac{\sum E - \sum E'}{\sum R}$



3-2- Bilan énergétique de circuit

déterminons les puissances électriques pour les différents dipôles :

- La pile; il fournit au circuit la puissance électrique : $P = E \times I - r \times I^2$.
- L'électrolyseur reçoit la puissance électrique : $P_{\text{électroly}} = E' \times I + r' \times I^2$.
- Les conducteurs ohmiques reçoivent les puissances électriques : $P_{\text{cond}} = R \times I^2$

La conservation de l'énergie permet d'écrire :

$$P = P_{\text{électroly}} + P_{\text{cond}}$$

$$E \times I - r \times I^2 = E' \times I + r' \times I^2 + R \times I^2$$

$$E \times I = E' \times I + r' \times I^2 + R \times I^2 - r \times I^2 = E' \times I + r' \times I^2 + R \times I^2 + r \times I^2$$

$$E \times I = E' \times I + (R + r + r') \times I^2$$

Finalement

$$P_t = P_u + P_j \quad \text{ou} \quad W_t = W_u + W_j$$

Généralement dans circuit : **Energie totale = Energie utile + l'énergie Joule dissipée (Chaleur)**

3-3-Le rendement globale d'un circuit simple

On définit le rendement global de circuit est définie comme le rapport de la puissance utile P_u par la puissance électrique globale (générateur) :

$$\eta = \frac{P_u}{P_t} = \frac{E'}{E}$$

4-Influence de quelques paramètres sur la puissance transférée par le générateur à un circuit résistif.

Etudions un circuit composé d'un générateur (E, r) en série avec une résistance équivalente R_{eq} .

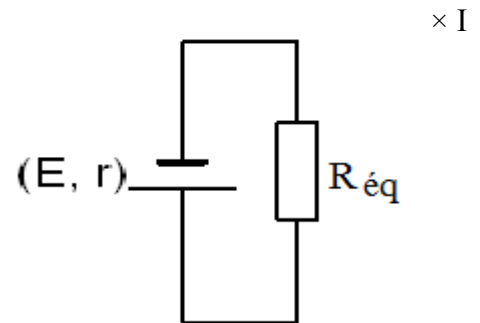
D'après la loi de Pouillet : $I = \frac{E}{R_{\text{eq}} + r}$

La puissance transférée par le générateur est : $P = U_{PN} \times I = (E - r \times I) \times I$

$$P = (E - r \times \frac{E}{R_{\text{eq}} + r}) \times \frac{E}{R_{\text{eq}} + r} = (\frac{(R_{\text{eq}} + r) \times E}{R_{\text{eq}} + r} - r \times \frac{E}{R_{\text{eq}} + r}) \times \frac{E}{R_{\text{eq}} + r}$$

$$= (R_{\text{eq}} + r - r) \times \frac{E^2}{(R_{\text{eq}} + r)^2}$$

$$P = R_{\text{eq}} \times \frac{E^2}{(R_{\text{eq}} + r)^2}$$



4-1- Influence de la valeur de la fem sur la puissance.

On constate que la puissance transférée au circuit est maximale pour $R = r$. Ensuite, la puissance transférée au circuit diminue si la résistance du circuit augmente.

4-1- Influence de la valeur de la résistance du circuit.

La puissance électrique fournie par un générateur est proportionnelle au carré de la force électromotrice E

fin