

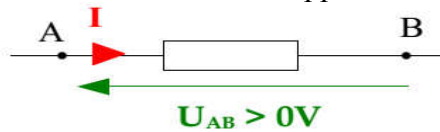
Transfert d'énergie dans un circuit électrique : Puissance électrique

1-Transfert d'énergie au niveau d'un récepteur

Www.AdrarPhysic.Fr

1-1-Dipôle en convention récepteur :

Par convention, lorsqu'un récepteur (dipôle AB) est parcouru par un courant allant de A vers B, la tension U_{AB} est positive. La flèche représentant U_{AB} est alors dans le sens opposé à celui du courant.



1-2- Exemple des récepteurs électriques :

Les récepteurs convertissent l'énergie électrique reçoivent en autres formes d'énergie .

thermique	chimique	rayonnement	mécanique
Cas de résistance électriques	Cas de l' électrolyseur électriques	Cas du Lampe électriques	Cas de moteur électriques

1-3- Puissance reçue par un récepteur :

En courant continu, la puissance P_e transférée à un récepteur est égale au produit de la tension U_{AB} à ses bornes par l'intensité I du courant qui le traverse : $P_e = U_{AB} \times I$

P s'exprime en watt (W) ; U_{AB} en volt et I en ampère.

1-4- Énergie reçue par un récepteur :

en mécanique que la puissance d'une force qui effectue un travail W pendant une durée Δt vaut $P = \frac{W}{\Delta t}$

De façon analogue, la puissance électrique reçue par un récepteur pendant une durée Δt est : $P_e = \frac{W_e}{\Delta t}$ avec W_e est l'énergie électrique reçue par un récepteur pendant la durée Δt :

$$W_e = P_e \times \Delta t = U_{AB} \times I \times \Delta t$$

W_e s'exprime en joule (J), U_{AB} en volt (V) et I en ampère (A).

Remarque

On utilise une autre unité d'énergie électrique c'est le kilowattheure (kWh) : C'est l'énergie consommée par un récepteur de 1 kW pendant une durée d'une heure.

$$1\text{kWh} = 1000 \text{ Wh} = 1000 \times 3600 = 3,6 \text{ MJ}$$

2- Effet Joule – Loi de Joule

2-1- Définition :

Lorsqu'un conducteur est parcouru par un courant électrique, il s'échauffe . On appelle cet effet thermique du courant électrique l' effet joule .

2-2- Loi de Joule :

L'énergie électrique W_e reçue par un conducteur ohmique est transmise au milieu extérieur sous forme de chaleur W_j (Energie thermique) c'est l'effet Joule .

W_j (Energie thermique) est proportionnelle au carré de l'intensité du courant qui le traverse

$$W_j = W_e = U_{AB} \times I \times \Delta t = R \times I^2 \times \Delta t$$

La puissance mise en jeu lors de l'effet Joule vaut quand à elle :

$$P_j = P_e = U_{AB} \times I = R \times I^2$$

2-3-Effet de joule :

les effets bénéfiques	les effets indésirable
- éclairage par incandescence - les résistances chauffantes (radiateurs électriques, plaques chauffantes, fours électriques ...) - les fusibles.	- pertes énergétiques dans les appareils électriques ou dans le transport de l'électricité, car une partie de l'énergie électrique est toujours convertie en énergie thermique (qui est perdue) - l'échauffement des appareils électriques et leur détérioration.

3- Transfert d'énergie au niveau d'un générateur

3-1-Définition et la convention de générateur :

Le générateur est le dipôle actif qui fournit l'énergie électrique au reste du circuit.

Le générateur est un convertisseur d'énergie :

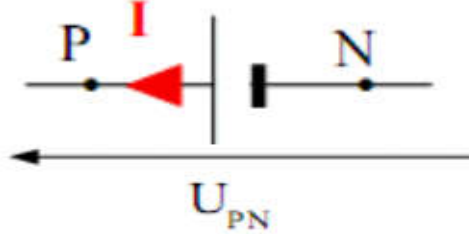
- un générateur électrochimique convertit de l'énergie chimique en énergie électrique
- une pile photovoltaïque transforme de l'énergie de rayonnement en énergie électrique
- un générateur électromécanique convertit de l'énergie mécanique en énergie électrique

Un générateur électrique est un dipôle qui transforme énergie électrique en une autre forme d'énergie .

Convention générateur :

Dans cette convention les flèches associées à la tension U et à l'intensité I sont de même sens.

Le courant sort du générateur par la borne P et entre par la borne N. On considère la tension U_{PN} positive.



3-2-L'énergie électrique fournie par un générateur :

L'énergie électrique fournie par un générateur pendant la durée Δt , au reste du circuit est : $W_e = U_{PN} \times I \times \Delta t$

3-3-La puissance électrique fournie par un générateur .

La puissance électrique fournie par un générateur au reste du circuit est : $P_e = \frac{W_e}{\Delta t} = U_{PN} \times I$

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

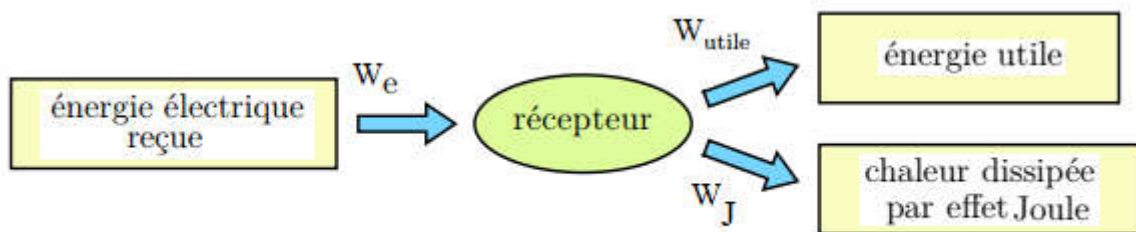
Multiplions les deux membres de l'équation $U_{AB} = E + r \times I$ par le terme $I \times \Delta t$, on obtient :

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

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 $U_{PN} = E - r.I$ par le terme $I.\Delta t$, on obtient :

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

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

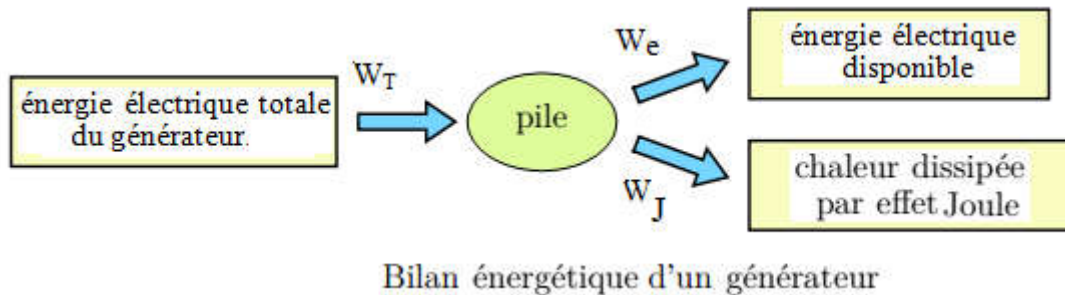
La signification de chaque terme est :

$U_{PN} \times I \times \Delta t$ 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 :

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

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.

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

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

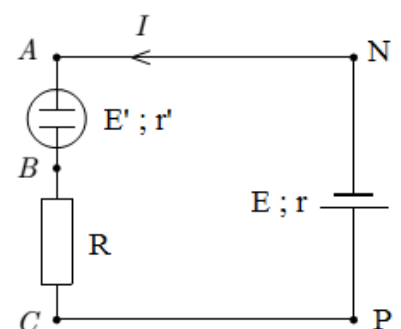
Finalement l'intensité de courant électrique : $I = \frac{E - E'}{R + r + r'}$

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 :

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

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

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

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

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 global 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 $R_{\text{éq}}$.

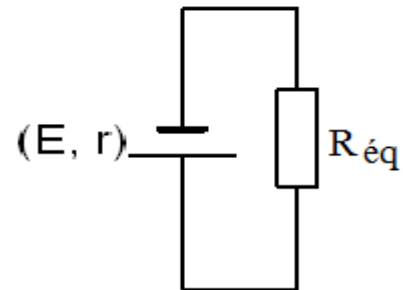
D'après la loi de Pouillet : $I = \frac{E}{R_{\text{éq}} + r}$

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

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

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

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



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