

Générateur – Bilan énergétique

1. Énergie électrique cédée par un dipôle

1.1 Énergie électrique

Certains dipôles fournissent de l'énergie potentielle électrique aux charges qui le traversent : ce sont **les générateurs** !

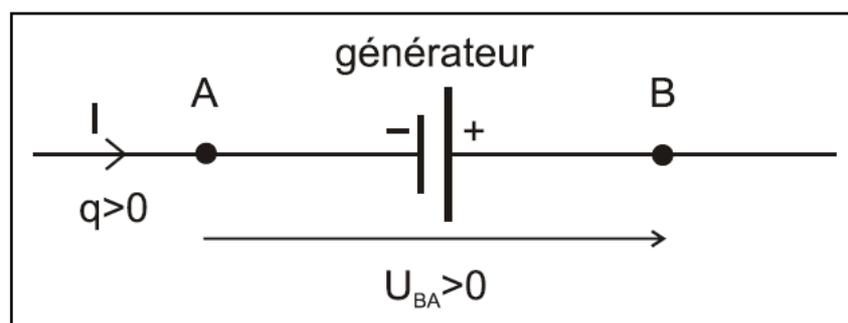
Exemples :

- piles et accumulateurs en train d'être déchargées : ils transforment de l'énergie chimique d'un corps chimique qu'ils contiennent, en énergie électrique et en énergie thermique ;
- dynamos et alternateurs : ils transforment de l'énergie mécanique en énergie électrique et en énergie thermique ;
- cellule photoélectriques, photovoltaïques : ils transforment de l'énergie rayonnante en énergie électrique ;
- boîtes d'alimentations et transformateurs : ils transforment de l'énergie électrique sous une tension u_1 en énergie électrique sous une tension différente u_2 et en énergie thermique.

Conclusion :

- On appelle énergie électrique l'énergie potentielle électrique échangée entre les charges et les générateurs qu'elles traversent.
- Pour tous les générateurs, il y a conservation de l'énergie !
- Pour les dipôles autres que ceux destinés spécialement à produire de l'énergie thermique, l'apparition d'énergie thermique par effet Joule constitue normalement une « perte d'énergie » !

1.2 Énergie fournie par un générateur



Considérons une charge $q > 0$ traversant le générateur de A vers B.

En A, elle possède l'énergie potentielle électrique $E_p \text{ élect A} = qV_A$.

En B, elle possède l'énergie potentielle électrique $E_p \text{ élect B} = qV_B$.

L'énergie électrique fournie par le générateur vaut :

$$E_{\text{élect}} = E_{p \text{ élect B}} - E_{p \text{ élect A}} = q(V_B - V_A) = qU_{BA}$$

Comme l'énergie fournie est positive, $V_B > V_A$, et $U_{BA} > 0$. La charge $q > 0$ se déplace du potentiel moins élevé vers le potentiel plus élevé.

Compte tenu du sens conventionnel du courant électrique:

Le courant circule à travers le générateur du potentiel moins élevé vers le potentiel plus élevé.

D'après la définition de l'intensité de courant, $q = I \cdot \Delta t$, où q est la charge totale ayant traversé le générateur pendant la durée Δt .

Finalement :

$$E_{\text{élect}} = U_{BA} \cdot I \cdot \Delta t$$

1.3 Conclusion

L'énergie électrique fournie par un générateur (à un courant électrique) s'écrit : $E_{\text{élect}} = U \cdot I \cdot \Delta t$

où U est la tension positive aux bornes du générateur, I l'intensité du courant circulant à travers le générateur, et Δt la durée pendant laquelle le courant a circulé.

1.4 Puissance électrique

La puissance fournie par un système est numériquement égale à l'énergie fournie par unité de temps.

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

La puissance électrique fournie par un générateur (à un courant électrique) s'écrit :

$$P_{\text{élect}} = U \cdot I$$

où U est la tension positive aux bornes du récepteur/générateur, I l'intensité du courant circulant à travers le récepteur/générateur, et Δt la durée pendant laquelle le courant a circulé.

1.5 Interprétation de la tension U aux bornes d'un dipôle

La tension U aux bornes d'un dipôle peut être interprétée comme la puissance électrique transformée par le dipôle lorsque celui-ci est parcouru par un courant d'intensité 1 A.

De tout ce qui précède, il découle qu'il existe une tension aux bornes d'un dipôle dès qu'il y a transformation d'énergie électrique en une autre forme ou transformation d'une autre forme d'énergie en énergie électrique.

2. Loi d'Ohm pour un générateur

2.1 Expérience

Mesurons pour différentes intensités de courant I à travers un accumulateur la tension U aux bornes de l'accumulateur.

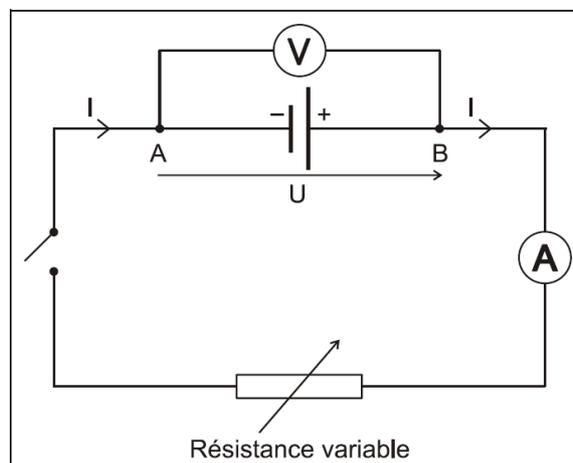
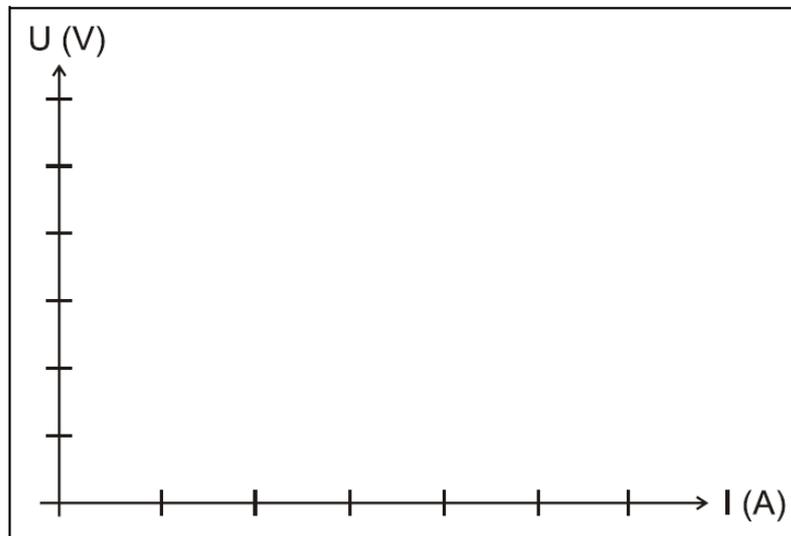


Tableau des mesures :

I (A)						
U (V)						

Graphique : Caractéristique (U, I) :



2.2 Interprétation

La représentation de $U = f(I)$ est une droite décroissante : $U = aI + b$ où a et b sont la pente et l'ordonnée à l'origine de la droite.

* Le coefficient b a la dimension d'une tension: c'est la tension si $I = 0$.

Cette tension est appelée **force électromotrice (f.é.m.)** et elle est notée E .

* Le coefficient a a la dimension d'une résistance: c'est l'*opposé* de la résistance intérieure r de l'accumulateur.

Finalement :

$$U = E - rI$$

2.3 Définition de la f.é.m

La f.é.m. E est la tension entre les pôles d'un générateur si celui-ci n'est pas parcouru par un courant électrique.

2.4 Bilan énergétique

Un accumulateur transforme de l'énergie chimique en énergie électrique et énergie thermique. Multiplions l'expression de la loi d'Ohm à droite et à gauche par I :

$$UI = EI - rI^2 \Leftrightarrow EI = UI + rI^2$$

Cette équation traduit la conservation de l'énergie (énergie reçue = énergie fournie):

- EI = puissance chimique reçue et transformée par l'accumulateur
- UI = puissance électrique fournie par l'accumulateur (aux charges, c. à d. au courant, et finalement au reste du circuit)
- rI^2 = puissance thermique fournie par l'accumulateur (effet Joule dans la résistance r)

2.5 Généralisation

Les équations $U = E - rI$ et $EI = UI + rI^2$ sont valables pour de nombreux générateurs.

- * alternateurs, dynamos, génératrices : EI = puissance mécanique
- * piles, accumulateurs : EI = puissance chimique
- * cellule photoélectrique : EI = puissance lumineuse

2.6 Générateur court – circuité

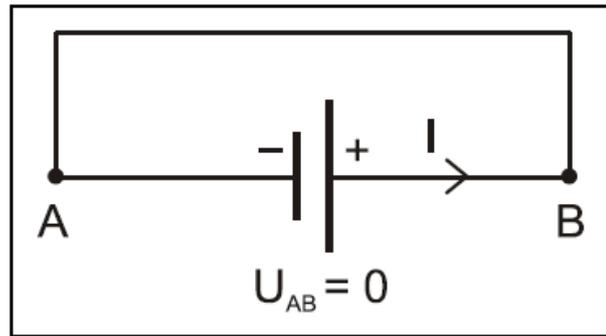
La tension aux bornes d'un générateur en court-circuit est nulle, si on admet que le fil qui relie directement le pôle + au pôle - n'a pas de résistance.

$$U = E - rI = 0 \Leftrightarrow E = rI \Leftrightarrow I = E/r = I_{CC}$$

(intensité de court-circuit)

Comme r est petit, I_{CC} est grand. C'est en effet

l'intensité maximale (point d'intersection entre la droite décroissante du graphique avec l'axe horizontal des intensités).



3. Rendement d'un générateur

Le rendement d'un dipôle électrique est défini par la relation :

$$\eta = \frac{E_{\text{utile fournie}}}{E_{\text{totale reçue}}}$$

Pour un générateur, le rendement se calcule par : $\eta = \frac{U}{E}$

Exemple : rendement d'un accumulateur

Si la tension aux bornes d'un accumulateur de f.é.m. 12 V est de 10,8 V, son rendement est de 90 %. Ceci veut dire que 90 % de l'énergie chimique sont transformés en énergie électrique (fournie aux charges constituant le courant) et 10 % sont transformés en énergie thermique (dissipée par l'accumulateur qui s'échauffe).