

Energie électrique

I) Rappel : Les grandeurs électriques

1) Intensité du courant électrique

✚ Un courant électrique est dû à un déplacement de porteurs de charges.

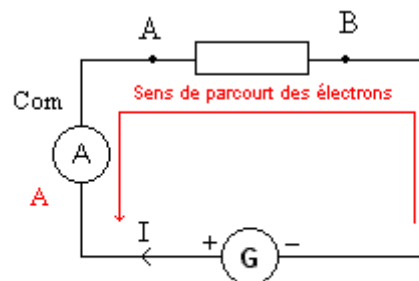
- Dans un métal, ces porteurs de charges sont des électrons de charges $q_e = -e$ ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).
- Dans une solution électrolytique, les porteurs de charges sont les ions.

✚ L'intensité I du courant continu est égale à la valeur absolue de la charge totale traversant une section du conducteur par unité de temps :

soit $I = \frac{|Q|}{\Delta t} = \frac{Ne}{\Delta t}$ avec I en ampères (A), Q en coulombs (C), e la charge élémentaire, N le nombre

d'électron et Δt en secondes.

L'intensité du courant électrique se mesure à l'aide d'un ampèremètre, elle s'exprime en ampères (A). L'ampèremètre se branche en série et le courant doit entrer dans l'ampèremètre par la borne A et sortir par la borne COM.



L'ampèremètre se branche en série

Remarque: Le sens conventionnel du courant est celui du parcours du circuit, à l'extérieur du générateur, de la borne positive à la borne négative.

2) La tension électrique

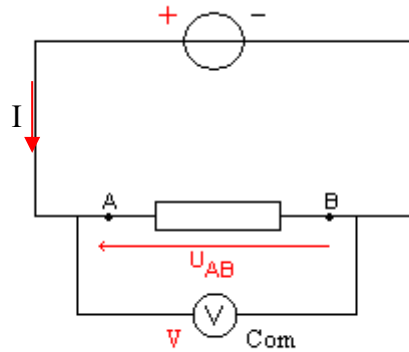
✚ Pour un dipôle de bornes A et B, si l'état électrique de A est différent de l'état électrique de B, alors il existe une tension électrique ou différence de potentiel entre A et B.

- On note V_A et V_B les potentiels respectifs en A et en B.
- La tension aux bornes du dipôle AB est $U_{AB} = V_A - V_B$ avec U_{AB} , V_A et V_B en volts (V).

✚ La tension est une grandeur algébrique car $U_{BA} = V_B - V_A = -(V_A - V_B)$ donc

$$U_{AB} = -U_{BA}$$

La tension électrique est une grandeur que l'on mesure à l'aide d'un voltmètre ; elle s'exprime en volts (V). Le voltmètre se branche en dérivation (on dit aussi en parallèle) entre deux points A et B (Borne V relié à A et COM à B).



Le voltmètre se branche en dérivation

- Sur un schéma on représente une tension électrique par une **flèche** dont la pointe correspond au premier indice de la tension et son origine au second indice.

3) Modèle microscopique des grandeurs électriques

Un circuit électrique est un réseau de conduites, fermé sur lui-même, complètement imprégné d'un " fluide " incompressible de particules chargées. Il est clair que c'est au niveau du générateur que les charges sont " poussées ". En terme de mécanique, on dit qu'une *force* (électrique) s'exerce sur chaque charge. Comment cette action *locale* se répercute-t-elle dans *tout* le circuit, loin du générateur ? Dans les conditions usuelles, le fluide de charges étant incompressible et remplissant la totalité du circuit, on en déduit que si les charges subissent une force en un endroit du circuit, c'est l'ensemble des charges qui se met en mouvement : un courant électrique circule.

Sous l'action du seul générateur, le fluide de charges devrait s'accélérer (2^e loi de Newton). Or, il n'en est rien : la vitesse à laquelle ces charges s'écoulent en tous points du circuit est constante au cours du temps. C'est donc qu'elles rencontrent ici ou là dans le circuit des forces antagonistes qui compensent en tout point la force que leur transmet le générateur (principe de l'inertie). Ces forces antagonistes ont pour origine les réseaux d'ions (récepteurs) dans lesquels les charges doivent circuler ; les valeurs de ces forces dépendent des caractéristiques de ce réseau et, le plus souvent, de la vitesse d'écoulement des charges (frottements). La valeur de l'intensité du courant qui s'établit dans le circuit (liée au débit des charges) dépend donc des caractéristiques du réseau d'ions, donc des récepteurs, ainsi que de celles du générateur.

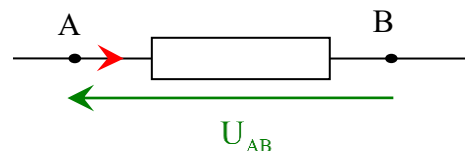
4) Puissance électrique reçu par un récepteur

Deux grandeurs sont nécessaires pour rendre compte de l'énergie électrique reçue par un récepteur ou cédée par un générateur : la tension U en volt (V) entre ses bornes et l'intensité I en ampère (A) du courant qui le traverse. La puissance P en watt (W) à laquelle se fait le transfert d'énergie électrique avec un dipôle est donnée par le produit de la tension U et de l'intensité I sous lesquels il fonctionne : $P = U.I$.

II) Transfert d'énergie au niveau d'un récepteur

1) Définition d'un récepteur

- Un **récepteur** est un appareil qui convertit l'énergie électrique qu'il reçoit en une autre forme d'énergie.
- Un récepteur est dit **passif** si toute l'énergie qu'il reçoit est convertie en énergie thermique (conducteur ohmique par exemple).
- Un récepteur est dit **actif** s'il convertit une partie de l'énergie électrique qu'il reçoit en une autre forme d'énergie que l'énergie thermique (moteur, électrolyseur...).
- En convention récepteur, la tension aux bornes d'un appareil est celle dont la flèche est orientée en sens inverse du sens du courant qui traverse l'appareil
- Dans le cas ci-contre, la tension U_{AB} est positive si le courant circule de A vers B.



2) Expression de l'énergie électrique reçue par le récepteur

Pour qu'il y ait transfert d'énergie électrique à un récepteur, il faut que la tension aux bornes du récepteur et l'intensité qui le traverse soit simultanément non nulles.

L'énergie électrique W_e reçue par le récepteur entre les points A et B augmente avec la durée d'utilisation.

L'énergie électrique transférée au récepteur pendant la durée Δt est :

$$W_e = P \cdot \Delta t, \text{ soit } W_e = U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t, \text{ avec } U_{AB} = V_A - V_B \geq 0$$

Remarque : La puissance électrique permet d'avoir une idée de la rapidité du transfert d'énergie électrique.

7) Exercice d'application

Sur un livret d'entretien d'automobile, on lit : « feux de route : ampoule type D, puissance 55W ; tension d'alimentation 12V »

1. Calculer l'intensité du courant dans les conditions nominales.
2. Quelle est l'énergie électrique consommé par la lampe en une heure de fonctionnement ?

III) L'effet Joule

1. Définition

On appelle effet Joule l'effet thermique associé au passage du courant électrique dans un conducteur.

2. Conducteur ohmique

Un conducteur ohmique est un dipôle qui vérifie la loi d'ohm. La tension a ses bornes est proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse :

$$U_{AB} = R \cdot I$$

U_{AB} : Tension électrique aux bornes du conducteur ohmique en volts (V).

R: résistance du conducteur ohmique en ohms (Ω)

I: Intensité du courant traversant le conducteur ohmique en ampères (A)

3) La puissance Joule

Un conducteur ohmique est un dipôle passif. Toute la puissance électrique qu'il reçoit est transférée à l'environnement sous forme de chaleur (transfert thermique) et de rayonnement.

Cette puissance appelée puissance Joule est égale à :

$$P_j = U_{AB} \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$$

L'énergie transférée par effet joule est $W_e = P_j \cdot \Delta t, \text{ soit } W_e = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$

4) Utilisation et inconvénients de l'effet Joule

Les applications de l'effet Joules sont multiples. Certaines sont utiles, d'autres nuisent au fonctionnement des circuits.

Parmi les effets utiles, citons:

- Le chauffage électrique.
- L'éclairage par incandescence.
- Le disjoncteur thermique.
- Le fusible.

Parmi les effets nuisibles, citons:

- L'échauffement des circuits électriques.
- Les pertes en lignes.
- La détérioration de certains circuits sous l'effet d'une augmentation de température.

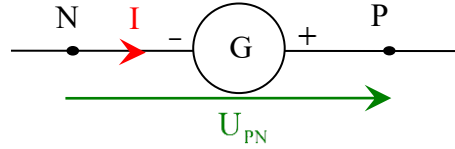
VI) Transfert d'énergie au niveau d'un générateur

1) Définition d'un générateur

Un générateur électrique est un dispositif transformant de l'énergie mécanique, chimique ou autre en énergie électrique fournie à un récepteur

2) Énergie électrique fournie au circuit

- Un générateur (PN) alimente un circuit électrique. Ce générateur maintient une tension U_{PN} positive entre ses bornes, il est parcouru par un courant électrique d'intensité I dirigé de N vers P. (Convention générateur)



- L'énergie électrique transférée du générateur au reste du circuit pendant l'intervalle Δt est égale à :

$$W_e = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t \quad \text{avec } W_e \text{ en Joules (J), } U_{PN} \text{ en volts (V), } I \text{ en ampères (A) et } \Delta t \text{ en secondes.}$$

(U_{PN} positive)

- La puissance électrique fournie par le générateur au reste du circuit est $P = U_{PN} \cdot I$.

V. Caractéristiques et bilan d'énergie

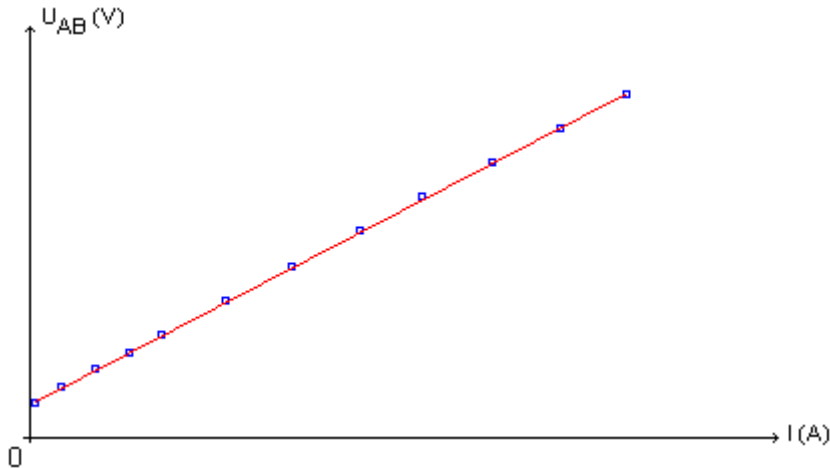
1) définition d'une caractéristique d'un dipôle

- La donnée d'un couple de valeur (I, U) définit un état de fonctionnement du dipôle.
- La caractéristique d'un dipôle c'est l'ensemble des états de fonctionnement du dipôle se traduisant par une représentation graphique ($I = f(U)$) que l'on peut modéliser.

2) Caractéristique et bilan d'énergie d'un récepteur actif : l'électrolyseur

a) Caractéristique de l'électrolyseur

La caractéristique $U_{AB}=f(I)$ d'un récepteur actif a l'allure suivante



Cette caractéristique est linéaire et ne passe pas par l'origine. Son équation est de la forme $U_{AB}=a \cdot I + b$.

- L'ordonnée à l'origine b a la dimension d'une tension. Cette tension est appelée force contre électromotrice du récepteur et est notée E' .
- Le coefficient directeur a s'exprime en $V \cdot A^{-1}$, c'est à dire en ohms. Il a donc la dimension d'une résistance. Le coefficient directeur représente la résistance interne du récepteur et est noté r' .

On en déduit la **loi d'ohm pour un récepteur**:

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

U_{AB} : Tension électrique aux bornes du récepteur en volts (V).

E' : Force contre électromotrice du récepteur en volts (V), c'est la tension minimum à imposer pour que le récepteur fonctionne.

r' : Résistance interne du récepteur en ohms (Ω)

I : Intensité du courant traversant le récepteur en ampères (A).

b) Bilan d'énergie :

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

$U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t$ représente l'énergie électrique $W_{e(reçue)}$ reçue par l'électrolyseur.

$r' \cdot I^2 \cdot \Delta t$ représente l'énergie Q dissipée sous forme thermique par effet Joule.

$E' \cdot I \cdot \Delta t$ représente l'énergie transformée $W_{e(transformée)}$ en énergie chimique pour l'électrolyseur, en énergie mécanique pour un moteur.

c) Bilan de puissance :

$$U_{AB} = E' + r' \cdot I \Rightarrow U_{AB} \cdot I = E' \cdot I + r' \cdot I^2$$

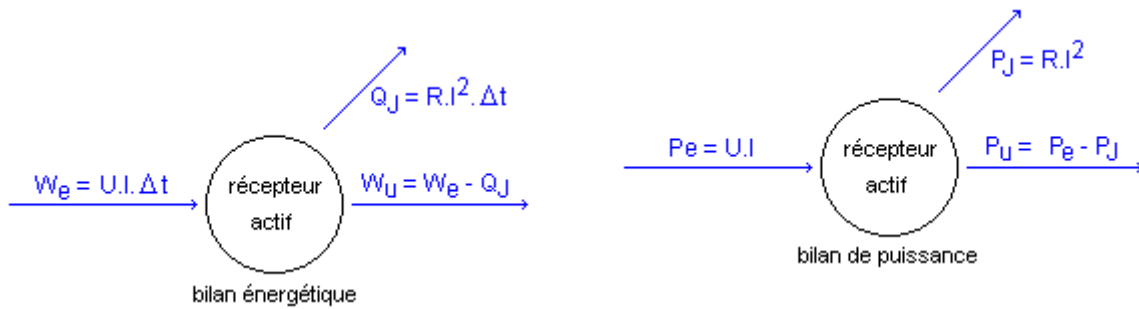
Soit $P_{reçue} = P_{transformée} + P_J$

d) Rendement :

On appelle rendement d'un récepteur actif le rapport:

$$\eta = \frac{W_{e(transformée)}}{W_{e(reçue)}} = \frac{P_{transformé}}{P_{reçue}} = \frac{E'}{U_{AB}}$$

$\eta \leq 1$ car $W_{e(trasfromée)} \leq W_{e(reçu)}$



3) caractéristique et bilan d'énergie dans un générateur

a) Energie fournie par un générateur au reste du circuit

L'énergie électrique transféré du générateur au reste du circuit pendant la durée de temps Δt est donné par la relation : $W_e = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t$

où la tension $U_{PN} = V_P - V_N$ est positive,

I est le courant sortant par la borne positive P du générateur et rentrant dans le générateur par la borne négative

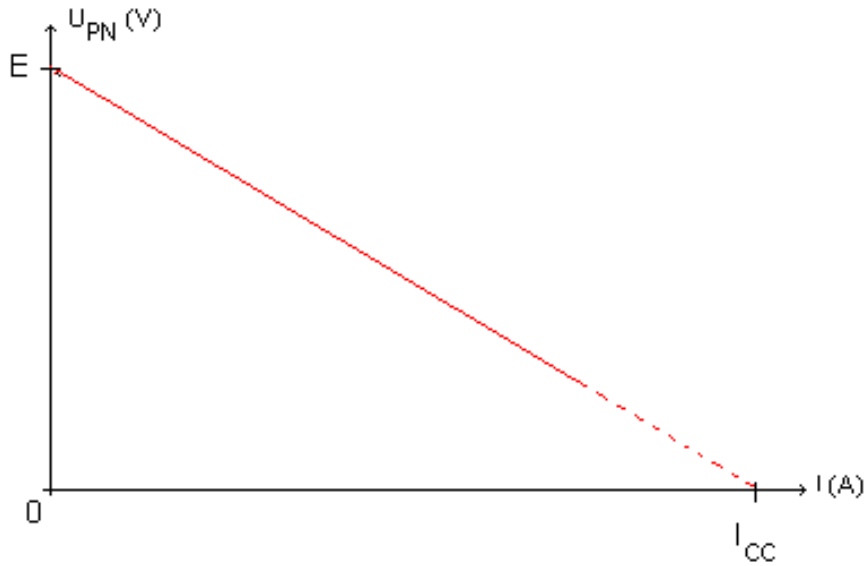
On en déduit la puissance de ce transfert électrique :

$$P = \frac{W_e}{\Delta t} = U_{PN} \cdot I$$

Les piles, les accumulateurs et les piles à combustibles sont des générateurs électrochimiques

b) Caractéristique d'un générateur électrochimique

La caractéristique $U_{PN}=f(I)$ d'un générateur a l'allure suivante:



Cette caractéristique est linéaire et ne passe pas par l'origine. Son équation est de la forme $U_{PN}=a.I+b$.

- L'ordonnée à l'origine b a la dimension d'une tension. Cette tension est appelée force électromotrice du générateur et est notée E .
- Le coefficient directeur a est négatif et s'exprime en $V.A^{-1}$, c'est à dire en ohms. Il a donc la dimension d'une résistance. Le coefficient directeur représente l'opposé de la résistance interne du générateur et est noté $-r$.

On en déduit la loi d'ohm pour un générateur:

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

U_{PN} : Tension électrique aux bornes du générateur en volts (V).

E : Force électromotrice du générateur en volts (V) ou tension à vide.

r : Résistance interne du générateur en ohms (Ω)

I : Intensité du courant traversant le générateur en ampères (A).

c) Bilan d'énergie

D'après la loi d'ohm aux bornes d'un générateur:

$$U_{PN} = E - r.I \Rightarrow U_{PN}.I = (E - r.I).I$$

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

- $U_{PN}.I$ représente la puissance électrique fournie par le générateur au circuit (notée $P_{fournie}$).
- $r.I^2$ représente la puissance perdue par effet Joule à l'intérieur du générateur (notée P_j).
- $E.I$ représente la puissance totale transformée par le générateur (notée $P_{transformée}$).

On en déduit:

$$P_{fournie} = P_{transformée} - P_j$$

avec $\left\{ \begin{array}{l} P_{transformée}: \text{Puissance totale transformée par le générateur en watts (W)}. \\ P_{fournie}: \text{Puissance électrique fournie au circuit en watts (W)}. \\ P_j: \text{Puissance perdue par effet Joule dans le générateur en watts (W)}. \end{array} \right.$

d) Rendement :

$$\eta = \frac{W_{e(fournie)}}{W_{transformée}} = \frac{P_{fournie}}{P_{transformée}} = \frac{U_{PN}}{E}$$

Remarques :

Les générateurs fournissant une tension continue à partir du secteur possèdent un circuit électronique interne qui stabilise la tension entre ses bornes de sorte : la résistance interne de ce type de générateur est négligeable, sa f.e.m E est pratiquement égale à la tension U_{PN} , ils sont appelés sources de tension stabilisée.