

Chptitre2 (4^{*}) : Comportement global d'un circuit électrique (6h-8h^{*}).

S.P: La batterie auto joue le rôle d'un générateur, elle sert à démarrer une voiture, ainsi qu'à alimenter en électricité les différents éléments électriques (phares, ...) et électroniques (autoradio, ...). **Comment se distribue l'énergie électrique au niveau d'un générateur et d'un récepteur ?**

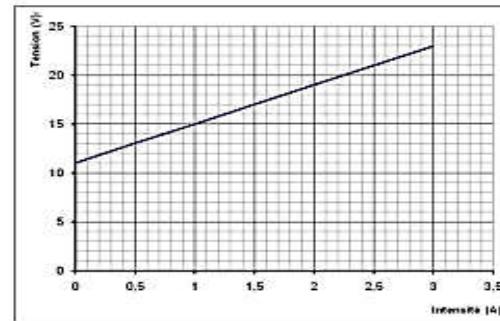
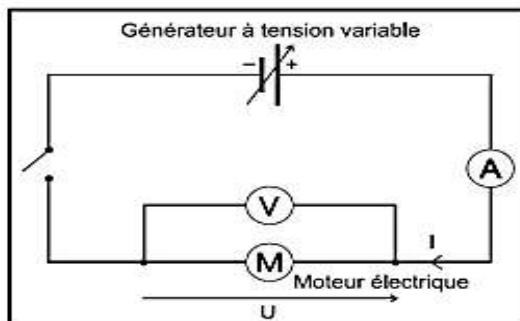
I. Distribution de l'énergie électrique pendant une durée Δt .

1. au niveau d'un récepteur électrique.

a. Loi d'ohm pour un récepteur.

Dans un récepteur le courant circule dans le sens des potentiels décroissants.

La caractéristique intensité-tension d'un récepteur est une droite de coefficient directeur positif et ne passant pas par l'origine.



$$\text{Exemple: } U = 11 + 4 \times I$$

$$U = e' + rI$$

e' (V): force contre électromotrice (f.c.é.m.) et $r(\Omega)$: résistance interne du récepteur.

b. bilan énergétique au niveau d'un récepteur.

$E_{\text{reçue}} = UIt$ et puisque $U = e' + rI$ pour un récepteur, alors $E_{\text{reçue}} = It(e' + rI) = e'IIt + rI^2t$

$$E_{\text{reçue}} = (e'I + rI^2)t \Rightarrow E_{\text{reçue}} = E_u + E_{\text{th}}$$

$E_u = e'IIt$: énergie utile (mécanique ou chimique)

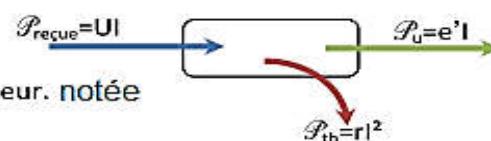
$E_{\text{th}} = rI^2t$: énergie thermique perdue par effet joule. notée aussi E_j

$$\mathcal{P}_{\text{reçue}} = UI = e'I + rI^2 \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{reçue}} = \mathcal{P}_u + \mathcal{P}_{\text{th}}$$

$\mathcal{P}_{\text{reçue}} = UI$: puissance reçue par le récepteur

$\mathcal{P}_u = e'I$: puissance utile.

$\mathcal{P}_{\text{th}} = rI^2$: puissance thermique dissipée dans le récepteur. notée aussi \mathcal{P}_j



remarque :

Pour un moteur bloqué $\mathcal{P}_u = e'I = 0 \Rightarrow e' = 0$.

c. rendement d'un récepteur.

On définit le rendement d'un récepteur par le rapport entre la puissance utile qu'il produit (mécanique ou chimique) et la puissance qu'il reçoit.

$$\rho = \frac{\mathcal{P}_u}{\mathcal{P}_{\text{reçue}}} = \frac{e'I}{e'I + rI^2} = \frac{1}{1 + \frac{rI}{e'}} < 1$$

Application:

Un électrolyseur reçoit une puissance $\mathcal{P} = 120 \text{ W}$ lorsqu'il est alimenté par un courant d'intensité 10 A. La puissance thermique est $\mathcal{P}_{\text{th}} = 100 \text{ W}$. Déterminer la f.c.é.m. e' et la résistance interne.

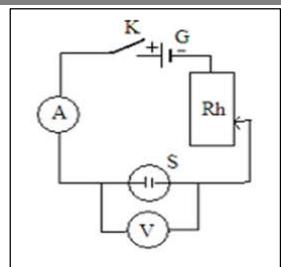
$$\text{Résolution: } \mathcal{P}_{\text{th}} = r'I^2 \Rightarrow r' = \frac{\mathcal{P}_{\text{th}}}{I^2} = \frac{100}{10^2} = 1 \Omega$$

$$\mathcal{P}_{\text{reçue}} = UI \text{ avec } U = e' + rI \Rightarrow e' = \frac{\mathcal{P}_{\text{reçue}} - \mathcal{P}_{\text{th}}}{I} = \frac{120 - 100}{10} = 2 \text{ V}$$

d. activité.



Considérons le circuit électrique ci-contre, qui constitue par un générateur G, Rhéostat Rh, électrolyseur Interrupteur K, voltmètre V et un ampèremètre A. On ferme K et on calcule lors du deux cas de fonctionnement normale du S l'intensité du courant et la tension entre les bornes de S:cas 1($I_1 = 0.5A, U_{AB1} = 5V$)et cas 2 ($I_2 = 1A, U_{AB2} = 6V$).



- trouver la force électromotrice ϵ et la résistance interne r' du S ?
- en déduire le rendement du S pour les deux cas. Quelle est le cas mieux adapté de S ?

exploitation:

- d'après la loi d'ohm pour un récepteur on écrit:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{er}} \text{ cas: } 5 = \epsilon + 0.5 * r' \\ 2^{\text{ème}} \text{ cas: } 6 = \epsilon + r' \end{array} \right. \quad \text{d'où : } \epsilon = 4V \quad \text{et } r' = 2\Omega$$

- le rendement :

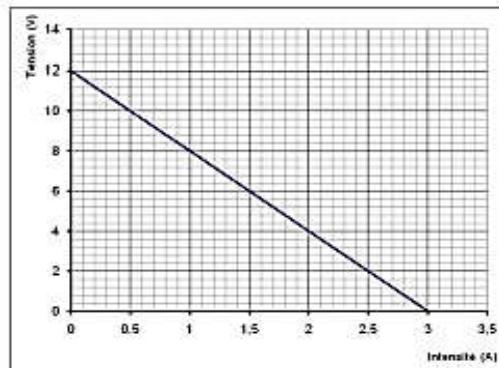
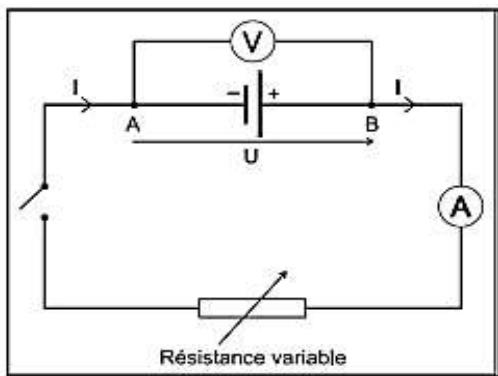
Le rendement dans le cas 1	$\sigma_1 = \frac{\epsilon}{\epsilon + r' * I_1} \approx 0.8$
Le rendement dans le cas 2	$\sigma_2 = \frac{\epsilon}{\epsilon + r' * I_2} \approx 0.66$

$\sigma_1 > \sigma_2$ le rendement dans le cas 1 est supérieur par rapport au cas 2, ainsi l'énergie dissipée par effet joule est petit dans le cas 1, donc le cas 1 est le mieux adapté.

2. au niveau d'un générateur électrique.

a. Loi d'ohm pour un générateur.

La caractéristique intensité-tension d'un générateur est une droite de coefficient directeur négatif et ne passant pas par l'origine.



Exemple: $U = 12 - 4 \times I$

$$U_{PN} = \epsilon - rI$$

$\epsilon(V)$: force électromotrice ou f.e.m. $r(\Omega)$: résistance interne du générateur.

b. bilan énergétique au niveau d'un générateur.

La tension aux bornes du générateur est $U_{PN} = \epsilon - rI$

$$E_{ext} = UIt = It(\epsilon - rI) = \epsilon It - rI^2 t \Rightarrow E_{ext} = E_g - E_{th} \Rightarrow E_g = E_{ext} + E_j$$

$E_{ext} = UIt$: énergie fournie par le générateur au milieu extérieur.

$E_g = \epsilon It$: énergie engendrée par le générateur

$E_j = rI^2 t$: énergie thermique par effet joule.

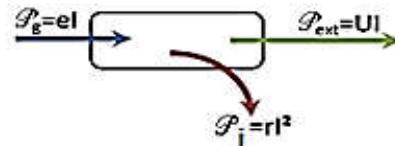
$$\text{La puissance extérieure est } P_{ext} = U_{PN}I = \epsilon I - rI^2 = P_g - P_{th} \Rightarrow P_g = P_{ext} + P_j$$

$P_g = EI$: puissance engendrée par le générateur

$P_{ext} = UI$: puissance fournie par le générateur au milieu extérieur

$P_j = rI^2$: puissance thermique perdue par effet joule.

c. rendement d'un générateur.



On définit le rendement d'un générateur quotient entre la puissance utile P_{ext} et la puissance totale qu'il fournit.

$$\rho = \frac{P_{ext}}{P_g} = \frac{UI}{EI} = \frac{e - rI}{e} = 1 - \frac{rI}{e} < 1$$

3. le rendement total d'un circuit électrique.

On considère le circuit électrique simple ci-contre.

D'après la loi d'additivité des tensions : $U_{PN} - U_{AB} = 0$

d'où : $U_{PN} = U_{AB} \Rightarrow E - rI = E' + r'I$

On multiplier les deux membres de cette dernière équation par I on trouve :

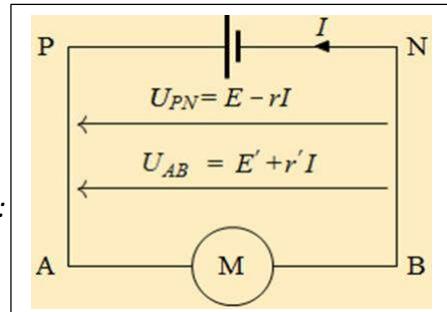
$$EI = E'I + (r + r')I^2 \rightarrow P_g = P_u + P_j$$

avec :

$P_g = EI$: la puissance totale du générateur.

$P_u = E'I$: la puissance utile.

$P_j = (r + r')I^2$: la puissance dissipée par effet joule.



On définit le rendement global de ce circuit simple par la relation :

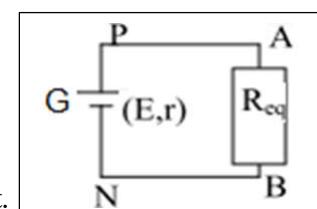
$$\rho = \frac{P_u}{P_g} = \frac{E'}{E}$$

II. les facteurs influençant sur l'énergie fournie du générateur dans un circuit résistif.

1. l'intensité du courant dans un circuit résistif.

a. activité.

Considérons le circuit électrique ci-contre constitué d'un générateur G de force électromotrice e et de résistance interne r , et d'un dipôle résistif de résistance équivalente R_{eq} . En utilisant la loi d'ohm pour un conducteur ohmique et pour un générateur trouver l'intensité du courant I parcourue le circuit.



b. exploitation.

Un dipôle résistif est un conducteur ohmique ou ensembles des conducteurs ohmiques arrangeés en série et/ou parallèle.

$$\begin{cases} U_{AB} = R_{eq} \cdot I \\ U_{PN} = E - r \cdot I \end{cases}$$

Or : $U_{AB} = U_{PN}$ donc $R_{eq} \cdot I = E - r \cdot I$ finalement : $I = \frac{E}{r + R_{eq}}$

2. influence de la force électromotrice E et de la résistance équivalente R_{eq} sur l'énergie fournie par le générateur pendant la durée Δt

a. activité.

On considère le circuit dans l'activité précédente.

- trouver en fonction de E, r, R_{eq} , et Δt l'expression de l'énergie électrique reçue par le conducteur ohmique.
- tracer $P_e = f(R_{eq})$. En donnant $E=6V$ et $R=4\Omega$. Pour quelle valeur de R_{eq} la puissance P_e est maximale.
- trouver en fonction de E, R_{eq} , et Δt l'expression de l'énergie électrique reçue par le conducteur ohmique lorsque le générateur est idéal ($r=0\Omega$).

b. exploitation.

- a. l'énergie électrique reçue par le conducteur ohmique égale l'énergie électrique fournie par le générateur :

$$W_r = W_e = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t = R_{eq} \cdot I^2 \cdot \Delta t = \frac{R_{eq}}{(r+R_{eq})^2} \cdot E^2 \cdot \Delta t$$

- b. $P_e = \frac{R_{eq} \cdot E^2}{(r+R_{eq})^2}$, P_e est maximal lorsque : $R_{eq} = 4\Omega$

soit $R_{eq} = r$;

dans cas: $P_e = P_{e,max} = \frac{E^2}{4r}$.

- c. lorsque le générateur est idéal : $U_{PN} = Cte = E$, d'après la loi d'ohm on deduit que:

$$I = \frac{E}{R_{eq}}$$

Enfin l'énergie électrique fournie par le générateur au dipôle résistif est : $W_e = \frac{E^2}{R_{eq}} \Delta t$ qui égale l'énergie reçue par le conducteur ohmique.

3. limite de fonctionnement d'un conducteur ohmique.

Tout conducteur ohmique s'échauffe quand il est traversé par un courant électrique. Après une durée de fonctionnement transitoire, cette chaleur ne s'évacue pas rapidement ce qui risque de le détériorer.

Généralement les fabricants donnent la résistance R et la puissance maximale supportable par le conducteur ohmique. On calcule les valeurs de I_{max} et U_{max} qu'ils n'ont jamais dépassée par la relation:

on sait que : $P_{max} = I_{max} \cdot U_{max} = R \cdot I_{max}^2$

$$\text{donc } I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}} \text{ et } U_{max} = \sqrt{R \cdot P_{max}}$$

Exercice N° 1:

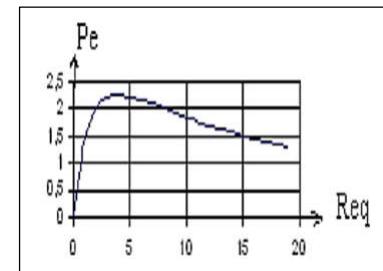
La plupart de voitures électriques nécessitent une batterie afin de stocker l'énergie électrique nécessaire à leur fonctionnement.

Mais une autre méthode de stockage de l'énergie dans une voiture électrique est possible. Un véhicule peut être équipé d'une pile à combustible fonctionnant au dihydrogène. La réaction du H₂ avec le O₂ de l'air, à l'intérieur de la pile, produit un courant électrique capable d'alimenter un moteur électrique.

Le dihydrogène n'existe pas dans la nature. Il faut le produire par électrolyse de l'eau, ce qui nécessite une grande quantité d'énergie électrique.

Pour un véhicule parfaitement écologique, ce dihydrogène doit être produit à partir d'une source d'énergie renouvelable, par exemple, l'énergie solaire.

Faire le schéma de toute la chaîne énergétique constituée de la l'installation solaire et de la voiture à pile à combustible.



Exercice N° 2:

Chargeur USB

On considère un chargeur USB, qui est un générateur de tension de force électromotrice $E = 5,0 \text{ V}$ et de résistance interne $r = 1,2 \Omega$.

On connecte à ce chargeur un téléphone, que l'on réduira à un conducteur ohmique de résistance $R = 5,5 \Omega$. Celui-ci peut se recharger si la tension aux bornes du chargeur est au moins égale à 4,0 V.

1. Le téléphone peut-il se recharger ? Quelle sera l'intensité du courant de charge fourni par le générateur ?
2. Même question pour le rechargement d'une tablette,

assimilée à un conducteur ohmique de résistance $R = 2,5 \Omega$.

3. Calculer la puissance thermique dissipée par le chargeur dans la première situation.