

Physique chimie première S
Bilan énergétique dans un circuit
électrique

Table des matières

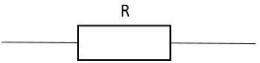
I.	Récepteur : bilan énergétique	4
1.	Récepteur :	4
2.	Caractéristiques d'un moteur électrique	4
3.	Bilan énergétique d'un moteur.....	6
II.	Générateur : bilan énergétique	8
1.	Caractéristiques d'un générateur.....	8
2.	Bilan énergétique d'un générateur	10
III.	Bilan énergétique d'un circuit électrique.....	13
1.	Expérience.....	13
2.	Observation	13
3.	Interprétation.....	13
4.	Conclusion	13
IV.	Conduite à tenir pour minimiser la consommation d'énergie électrique.....	16

Objectif d'apprentissage	Contenus	Observation
<p>L'apprenant doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Établir les caractéristiques d'un moteur électrique : $U = f(I)$ - Donner le bilan énergétique d'un moteur 	<p>RÉCEPTEUR : BILAN ÉNERGÉTIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caractéristique d'un moteur électrique - Bilan énergétique d'un moteur 	<ul style="list-style-type: none"> - Pratiquer une démarche expérimentale pour établir les caractéristiques d'un moteur : réaliser un circuit électrique simple de courant continu ; - Définir la force contre-électromotrice et sa résistance interne en exploitant la courbe donnant la caractéristique d'un moteur ; - Faire écrire la loi d'Ohm pour un moteur - En déduire le bilan énergétique d'un moteur : $P_e = P_u + P_j$; - Insister sur le fait qu'une partie de l'énergie est perdue par effet Joule ;
<p>L'apprenant doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etablir la caractéristique d'un générateur de courant continu : $U = f(I)$ - Donner le bilan énergétique d'un générateur 	<p>GÉNÉRATEUR : BILAN ÉNERGÉTIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caractéristique d'un générateur - Bilan énergétique d'un générateur 	<ul style="list-style-type: none"> - Pratiquer une démarche expérimentale pour établir la caractéristique d'un générateur c'est-à-dire réaliser un circuit électrique simple de courant continu ; - Définir la force électromotrice et sa résistance interne en exploitant la courbe donnant la caractéristique d'un générateur ; - Faire écrire la loi d'Ohm pour un générateur ; <p>En déduire le bilan énergétique : $P_g = P_j + P_d$</p> <ul style="list-style-type: none"> - P_g : puissance du générateur - P_j : puissance dissipée par effet Joule (rI_2) - P_d = puissance disponible - Faire établir la loi de Pouillet ;

I. Récepteur : bilan énergétique

1. Récepteur :

Un récepteur est un dipôle électrique qui transforme l'énergie électrique en

- Énergie calorifique (thermique) : **conducteur ohmique** 

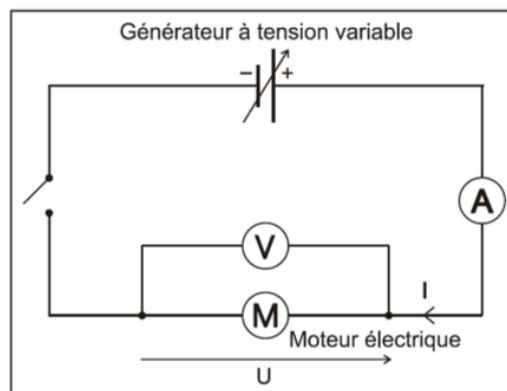
- Énergie chimique : **électrolyseur** 

- Énergie mécanique : **moteur électrique** 

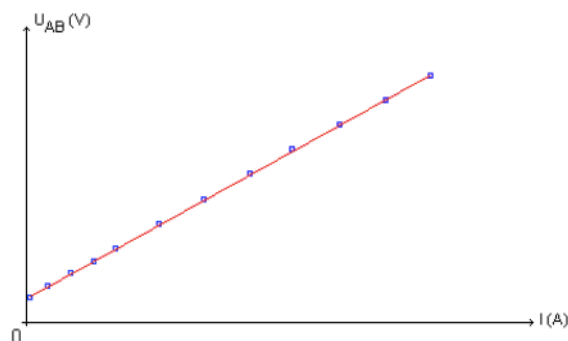
2. Caractéristiques d'un moteur électrique

Cf vidéo de l'activité 1 dans science physique 1S/ bilan énergétique dans un circuit électrique pour l'illustration et explication

Soit M un moteur électrique de résistance interne r' et d'une force contre électromotrice E' ($M(E', r')$). Le dispositif expérimental suivant permet de trouver la caractéristique du moteur électrique.



Le résultat de l'expérience suivant montre la caractéristique $U_{AB}=f(I)$ du moteur :



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

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

$$U_{AB} = r'.I + E'$$

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

E' : Force contre électromotrice du moteur en volts (V). **C'est la tension minimale nécessaire aux bornes du dipôle pour qu'il soit traversé par un courant.**

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

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

Applications :

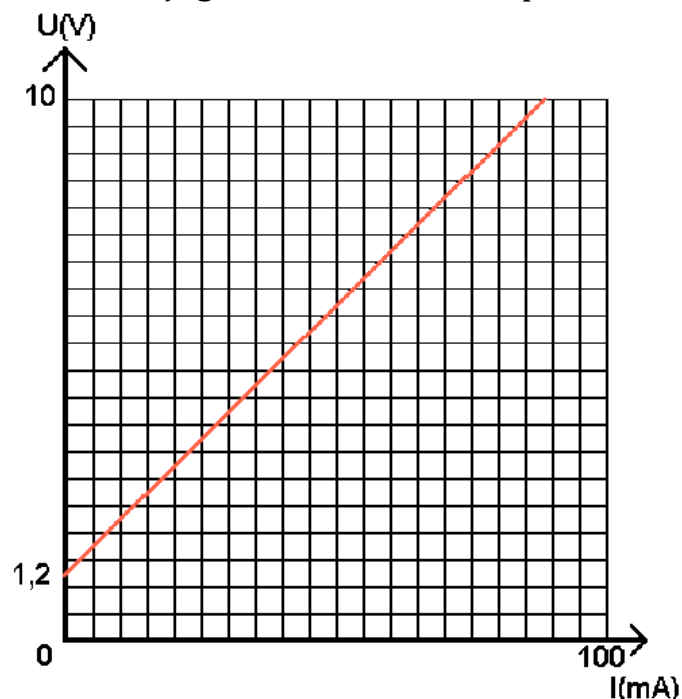
On relève aux bornes d'un récepteur les valeurs suivantes :

U (V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I(mA)	0	0	0	18	28	38	48	58	68	78

- 1- Tracer sa caractéristique.
- 2- En déduire sa f. c.é.m et sa résistance interne.

Solution :

- 1- Traçage de sa caractéristique



- 2- Déduction de sa f.c.é.m et sa résistance interne
Pour $I=0$, la courbe coupe l'axe des U à $E = 1,2V$

La pente de la droite donne :

$$\frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{5-3}{(38-18)10^{-3}} = 100\Omega$$

Equation de la caractéristique $U=1,2 + 100I$

3. Bilan énergétique d'un moteur

Commencer par l'activité 2 dans science physique 1S/ bilan énergétique dans un circuit électrique

La tension positive aux bornes du moteur est donnée par : $u_{AB} = E' + r'I$
La puissance électrique consommée est :

$$p_e = I \cdot u_{AB} = E' \cdot I + r'I^2$$

$$p_e = p_u + p_j$$

Un moteur électrique est donc un récepteur de courant qui transforme l'énergie électrique qu'il reçoit en deux types d'énergie :

- Une partie est transformée en **énergie utile qui est l'énergie mécanique.**

$$P_u = E'I$$

- Une autre partie est transformée en **énergie thermique** sous forme de perte de chaleur (perte par effet joule)

$$P_j = r'I^2$$

Applications :

Un moteur électrique à courant continu a les caractéristiques nominales suivantes : $U=220V$, $I=15A$, résistance interne $r=1\Omega$, $n=1500tr/min$

- 1- Calculer la force contre électromotrice dans la condition nominale de ce moteur.
- 2- Que devient sa valeur quand le moteur tourne à la vitesse de 1000tr/min
- 3- Calculer l'intensité du courant de démarrage de ce moteur sous la tension 220V.

Solution :

- 1- La force contre électromotrice dans la condition nominale de ce moteur

$$E' = U - rI$$

$$= 220 - (1 \times 15)$$

$$E' = 205V$$

- 2- Sa valeur quand le moteur tourne à la vitesse de 1000tr/min

$$\frac{E'_1}{E'} = \frac{1000}{1500}$$

$$E'_1 = \frac{1000}{1500} \times E'$$

$$= \frac{1000}{1500} \times 205$$

$$\mathbf{E'_1 = 136V}$$

3- Calcul de l'intensité du courant de démarrage de ce moteur sous la tension 220V

Au démarrage, la vitesse de rotation est nulle donc la force contre électromotrice aussi

La loi d'ohm : $U = 0 + r'I_d$

$$I_d = \frac{U}{r'} = \frac{220}{1} = 220A$$

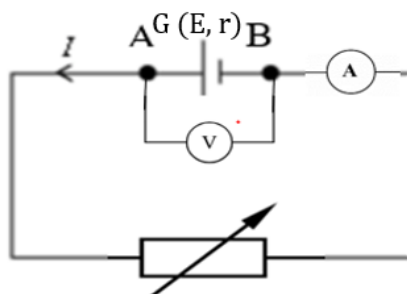
$$I_d = 220A$$

II. Générateur : bilan énergétique

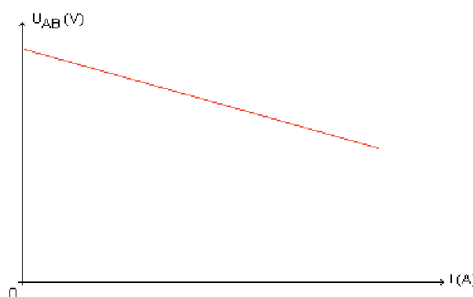
1. Caractéristiques d'un générateur

Commencer à visualiser la vidéo de l'activité 3 dans science physique 1S / bilan énergétique dans un circuit électrique pour l'expérience et l'explication

Soit un générateur de courant continu G de résistance interne r et de force électromotrice E , G (E, r). Le **générateur** est le composant qui fournit l'énergie électrique au reste du circuit. Le dispositif expérimental suivant permet de montrer la caractéristique du générateur de courant continu G (E, r).



Le résultat de l'expérience suivant montre la caractéristique $U_{AB}=f(I)$ du générateur:



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

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

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

avec

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

E : Force électromotrice du générateur en volts (V).

r : Résistance interne du générateur en ohms (Ω)

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

Application :

On relève les mesures suivantes pour la caractéristique courant-tension d'un générateur :

Courant (A)	Tension (V)
0.00	12.0
0.50	11.5
1.00	11.0
1.50	10.5
2.00	10.0

1- Quelle est l'équation de la caractéristique courant-tension d'un générateur :

- $U=E+Ir$
- $U=E-Ir$
- $U=E \times Ir$
- $U=E/Ir$

2- Quelle est la résistance interne (r_r) du générateur basé sur les mesures ?

- 0.5Ω
- -1.0Ω
- 1.0Ω
- 2.0Ω

3- Quelle est la tension aux bornes du générateur lorsque le courant est de 1, 25A ?

- 11.0 V
- 10.5 V
- 10.75 V
- 10.0 V

2. Bilan énergétique d'un générateur

Commencer par l'activité 4 dans science physique 1S/ bilan énergétique dans un circuit électrique

La puissance électrique délivrée par un générateur est :

$$p_g = U \cdot I \text{ avec } U = E - rI$$

$$p_g = I(E - rI) = EI - rI^2$$

$$p_g = EI - rI^2 = p_e - p_j$$

$p_e = IU$ puissance disponible pour le circuit

$p_g = EI$: puissance du générateur

$p_j = rI^2$: puissance dissipée par effet joule à l'intérieure du générateur.

Le générateur s'échauffe en fonctionnant.

$$p_g = p_e - p_j$$

Par définition, le rendement du générateur est $r = \frac{p_g}{p_e} \cdot 100$

Application :

On souhaite effectuer le bilan énergétique d'un générateur.

1 Faire le schéma du montage correspondant en y plaçant les appareils de mesure nécessaires.

2 Le tableau suivant est obtenu en faisant varier la résistance du rhéostat branché au circuit.

$U(V)$	1,47	1,41	1,35	1,23	1	0,87	0,65
$I(A)$	0	0,05	0,1	0,21	0,4	0,48	0,62

a- Tracer le graphe représentant la tension U aux bornes du générateur en fonction de l'intensité I du courant qui le traverse.

b- Pourquoi pouvons-nous affirmer que cette caractéristique est celle d'un générateur ?

c- Déterminer la f.é.m. E et la résistance interne r de ce générateur.

1. On effectue ensuite une étude énergétique dans le cas où le générateur fonctionne durant 10 minutes. La tension à ses bornes est 1V.

a- Calculer l'énergie dissipée par effet Joule

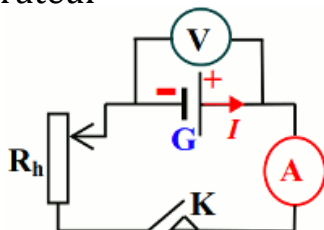
b- Calculer l'énergie électrique fournie au reste du circuit.

c- Calculer l'énergie électrique générée.

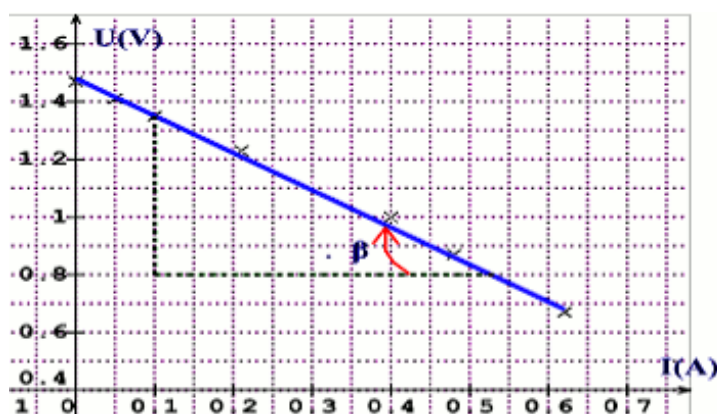
d- Conclure.

Solution :

- 1- Schéma du montage constitué du générateur, rhéostat (pour faire varier l'intensité), l'ampèremètre en série et le voltmètre en dérivation (parallèle) aux bornes du générateur



- 2- a-Tracé de la caractéristique intensité tension



b- Pour la caractéristique d'un générateur : la droite est décroissante i.e. la pente négative $U = -rI + E$.

c- la f.é.m. représente l'ordonnée à l'origine de la droite $U = -rI + E$. i.e. $E = 1,47V$ et la résistance interne est ici la valeur absolue du coefficient directeur de la droite.

$$r = \tan(\beta) = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

$$r = \frac{1,28 - 0,75}{0,55 - 0,15} = 1,3 \Omega$$

$$U = 1,47 - 1,3 \times I$$

3-a- Calcul de l'énergie perdue par effet joule :

$$W = rI^2t \text{ avec } t = 600s \quad W = 1,3 \cdot (0,36)^2 \cdot 600 = 101J$$

L'intensité du courant est celle obtenue à partir du graphe.

b- L'énergie fournie au circuit

$$W=UIt$$

$$W=1.0,36.600=216j$$

c- L'énergie électrique générée.

$$W=El t \quad W=1,47.0,36.600=317,52j$$

d-conclusion

bilan énergétique du générateur :

Énergie chimique disponible = énergie électrique fournie + énergie perdue par effet joule

$$El t = UIt + rI^2t$$

$$317,52V = 216V + 101V$$

III. Bilan énergétique d'un circuit électrique

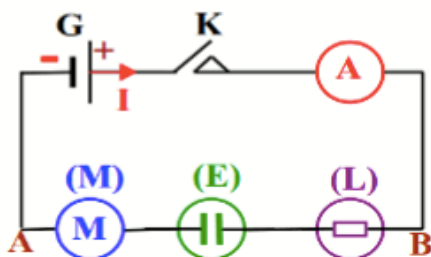
Cf vidéo de l'activité 5 dans science physique 1S/ bilan énergétique dans un circuit électrique pour l'illustration et explication

1. Expérience

Soit le circuit suivant constitué d' :

- Un ampèremètre A
- Un interrupteur k
- Un générateur de courant continu G
- Une lampe à incandescence L
- Un moteur M
- Un électrolyseur E à électrodes contenu dans une solution de soude.

On ferme pendant quelques minutes l'interrupteur K du circuit et observe ce qui se passe dans le circuit.



2. Observation

- L'aiguille de l'ampèremètre dévie,
- La lampe brille et s'échauffe,
- Le moteur tourne (fournit un travail mécanique) et s'échauffe,
- Il y a dégagement de gaz au niveau des électrodes de l'électrolyseur.

3. Interprétation

- Le moteur convertit l'énergie électrique en énergie mécanique.
- L'électrolyseur convertit l'énergie électrique en énergie chimique.
- Le reste étant convertit en chaleur qui est diffusée au milieu extérieur.

4. Conclusion

L'énergie électrique fournie par un générateur est convertie en énergie mécanique, chimique, thermique et rayonnante.

$$P_{el} = P_{cal} + P_{ch} + P_{me} + P_{rayonnante}$$

Loi de Pouillet

Dans un circuit fermé sans dérivation, l'intensité du courant est égale au rapport de la somme algébrique des forces électromotrices à la somme des résistances. Les forces électromotrices fonctionnant en générateurs sont comptées positivement; celles des dipôles fonctionnant en récepteurs sont comptées négativement.

$$I = \frac{\sum E - \sum E'}{\sum R}$$

Exemple :

Soit un circuit comportant en série un générateur de G (E, r), un récepteur M(E', r') et un conducteur ohmique R.

D'après la loi de Pouillet
$$I = \frac{E - E'}{R + r + r'}$$

Applications :

Application 1 :

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 assimilera 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 $4,0 \text{ V}$.

1. Quelle sera l'intensité du courant de charge fourni par le générateur ? Le téléphone peut-il se recharger ?
2. Même question pour le rechargement d'une tablette, assimilée à un conducteur ohmique de résistance $R = 2,5 \Omega$. Celle-ci doit également avoir $4,0 \text{ V}$ au moins entre ses bornes pour se recharger.

Solution1 :

La tension aux bornes du téléphone (RI) est égale à la tension aux bornes du chargeur ($E-rI$), donc : $RI=E-rI$. $I = \frac{E}{R+r} = 0,75 \text{ A}$.

Tension aux bornes du téléphone :

$$U=RI=5,5 \times 0,75 = 4,1 \text{ V}.$$

Le téléphone peut se recharger.

2. Par le même calcul, on obtient

$$I = 1,35 \text{ A et } U = 3,4 \text{ V}.$$

La tablette ne peut donc pas se recharger.

Application 02 :

- 1- Quelle est la résistance électrique d'un grille-pain d'une puissance de 500 W prévu pour fonctionner en 220 V ? Quelle est l'intensité du courant consommé ?
2. Quelle est la puissance électrique fournie par un générateur de tension dont la tension de fonctionnement vaut 5,95 V et dont la résistance interne vaut $0,50 \Omega$ et la force électromotrice est de 6,0 V ?
3. Quelle est la puissance thermique dissipée ?
4. Quelle part de la puissance totale produite représente-t-elle ?

Solution2

1. Le grille-pain produit de la chaleur par effet Joule.

$$R = \frac{U^2}{P_j} = \frac{220^2}{500} = 97 \Omega$$

2. puissance électrique fournie par le générateur

$$P=UI$$

$$\text{Or } U=E-rI$$

$$I = \frac{E-U}{r} = \frac{6-5,95}{0,5} = 0,1 \text{ A.}$$

$$P = UI = 0,1 \times 5,95 = 0,595 \text{ W}$$

$$P = 0,595 \text{ W}$$

3- La puissance thermique dissipée par le générateur vaut $5 \cdot 10^{-3} \text{ W}$.

4- La puissance totale du générateur vaut $0,595 + 0,005 = 0,600 \text{ W}$.

La puissance thermique dissipée représente donc $0,005 \div 0,600 \times 100 = 0,8 \%$ de la puissance totale.

IV. Conduite à tenir pour minimiser la consommation d'énergie électrique

Commencer par l'activité 6 dans science physique 1S/ bilan énergétique dans un circuit électrique

Pour minimiser les pertes en énergie par effet joule dans un circuit électrique, il faut :

- Utiliser les fils conducteurs de faible résistance,
- Transporter l'énergie électrique sous haute tension,
Augmenter le facteur de puissance de l'installation.

Applications :

Une centrale électrique produit de l'électricité à une tension de 11 kV. La distance de transmission jusqu'à une sous-station est de 100 km.

Si la résistance des conducteurs est de 0,5 ohm/km, calculez les pertes d'énergie en utilisant une tension de transmission de 11 kV.

Comparez ces pertes avec celles qui seraient générées si la tension de transmission était réduite à 5 kV.

Solution :

Calcul des pertes d'énergie :

- Avec une tension de transmission de 11 kV :

$$P = RI^2$$

- $R = 0,5 \Omega / \text{km} \times 100 \text{ km} = 50 \Omega$
- $I = \frac{U}{R} = \frac{11.000}{50} = 220 \text{ A}$
- $P = (220)^2 \times 100 = 4840000 \text{ W} = 4,84 \text{ MW}$

- Avec une tension de transmission de 5 kV :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5.000}{50} = 100 \text{ A}$$

$$P = (100)^2 \times 100 = 1000 \ 000 \text{ W} = 1 \text{ MW}$$

Comparaison : Les pertes d'énergie sont plus élevées à 11 kV qu'à 5 kV