

Chapitre 5

Aspects énergétiques des phénomènes électriques

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Charges électriques et intensité d'un courant
3. L'énergie électrique
4. Récepteurs et générateurs

1 Introduction

Exercice type

Lycée Édouard Branly, Nogent-Sur-Marne



Retrouvez le corrigé de cet exercice en vidéo avec



Une batterie de six accumulateurs au plomb est chargée pendant 10 heures, sous une tension de 14,0 V et un courant de 12,0 A.

- 1 Quelle est la capacité de la batterie ?
- 2 Quelle est l'énergie W_e fournie à la batterie pendant la charge ?
- 3 Pendant la décharge, la tension est de 12,0 V et le courant de 13,0 A. Au bout de 8 heures, la batterie est déchargée.
 - (a) Quelle est l'énergie W_d restituée par cette batterie pendant la décharge ?
 - (b) Calculer le rendement en énergie de cet accumulateur.

Voir corrigé page 131

Le but de ce chapitre est d'aborder la notion d'énergie électrique et de voir comment cette énergie peut être convertie en d'autres formes d'énergie.

2 Charges électriques et intensité d'un courant

Un matériau conduit le courant électrique s'il existe dans ce matériau des porteurs de charges électriques mobiles qui peuvent se déplacer collectivement. C'est ce déplacement qui donne naissance au courant électrique.

Un courant électrique qui circule est caractérisé par son intensité I exprimée en ampère (A).

Il existe une relation entre la quantité de charges électriques Q (en coulomb) circulant durant l'intervalle de temps Δt (en seconde) et l'intensité I du courant (en ampère) :

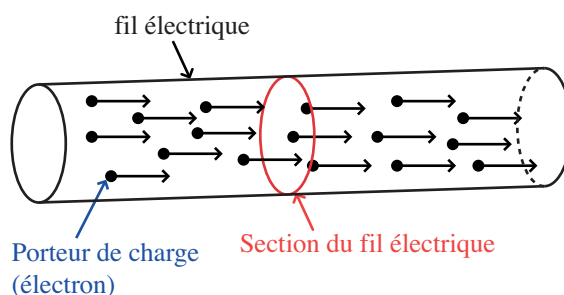
$$Q = I \times \Delta t.$$

Cela revient à dire que l'intensité d'un courant correspond au débit des charges circulant dans le matériau :

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

où Q correspond à la quantité de charge ayant traversé une section du matériau pendant la durée Δt .

Prenons l'exemple d'un fil électrique cylindrique parcouru par un courant constant d'intensité I . Les porteurs de charge à l'origine du courant sont des électrons, qui portent chacun une charge q_e . On considère une section S du fil électrique et on note N le nombre d'électrons qui traversent la section S pendant une durée Δt .



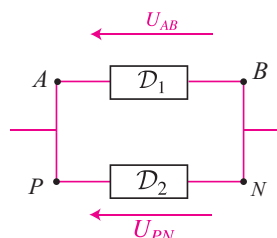
$$\text{Alors } I = \frac{N \times q_e}{\Delta t}.$$

3 L'énergie électrique

3.1 Généralités

Définition 1

Deux dipôles $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ sont montés *en parallèle* lorsque leurs bornes sont reliées deux à deux (les bornes A et P sont reliées par un fil électrique, de même que B et N).



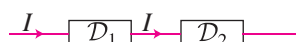
ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES • CHAP. 5

Lorsque deux dipôles sont montés en parallèle, les tensions entre leurs bornes sont égales :

$$U_{AB} = U_{PN}.$$

Définition 2

Deux dipôles $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ sont montés *en série* lorsque le courant électrique I qui traverse l'un traverse aussi l'autre.



Définition 3

Lorsqu'un système échange une énergie $\mathcal{E}$ (en joule, J) pendant une durée Δt (en seconde, s) la puissance $\mathcal{P}$ qu'il échange vaut :

$$\mathcal{P} = \frac{\mathcal{E}}{\Delta t} \text{ (en watt : W).}$$

4 Récepteurs et générateurs

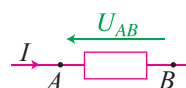
4.1 Conducteur ohmique

Définition 4

Un *conducteur ohmique* est un dipôle aux bornes duquel la tension U_{AB} est proportionnelle à l'intensité I du courant qui le traverse.

La loi d'Ohm précise cette relation de proportionnalité :

$$U_{AB} = R \times I \text{ avec } \begin{cases} U_{AB} \text{ en volt} \\ I \text{ en ampère} \\ R \text{ en ohm} \end{cases}$$



dans laquelle R est la *résistance* du conducteur ohmique.

Remarque : on appelle souvent *résistance* le conducteur ohmique, que l'on confond alors avec sa résistance R .

⚠ ATTENTION

La loi d'Ohm : $U_{AB} = R \times I$ n'est valable qu'à condition que U_{AB} et I soient représentés par des flèches de sens opposé. Dans le cas contraire, il faudrait écrire : $U_{AB} = -R \times I$.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Un conducteur ohmique transforme toute la puissance électrique qu'il reçoit :

$$\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = U_{AB} \times I$$

en puissance thermique ; c'est l'effet Joule.

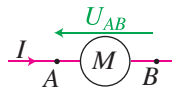
Compte tenu de la loi d'Ohm, la puissance dissipée par effet Joule vaut :

$$\mathcal{P}_{\text{Joule}} = RI^2 = \frac{U_{AB}^2}{R} = \mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} \text{ avec } \begin{cases} \mathcal{P}_{\text{Joule}} \text{ en watt} \\ R \text{ en ohm} \\ I \text{ en ampère} \\ U_{AB} \text{ en volt} \end{cases}$$

4.1.1 - Moteur et électrolyseur

Définition 5

Un *moteur* est un dipôle récepteur, qui transforme une partie de l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie mécanique.



Soit U_{AB} la tension aux bornes A et B du moteur, traversé par un courant d'intensité I (orienté en sens inverse par rapport à la tension U_{AB}). Ce moteur :

- reçoit la puissance électrique, de la part du circuit :

$$\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = U_{AB} \times I;$$

- émet une puissance, sous forme mécanique : $\mathcal{P}_{\text{méca}} = E \times I$, où E (en volt) est la force *contre-électromotrice* du moteur ;
- dissipe une puissance thermique $\mathcal{P}_{\text{Joule}} = rI^2$, où r (en ohm) désigne la *résistance interne* du moteur.

Le principe de conservation de l'énergie impose à l'énergie électrique reçue de se convertir d'une part en énergie mécanique et d'autre part en énergie thermique :

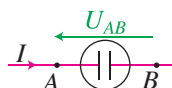
$$\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = \mathcal{P}_{\text{méca}} + \mathcal{P}_{\text{Joule}} \Rightarrow U_{AB} \times I = E \times I + rI^2.$$

Remarque : la loi précédente conduit aussi à l'expression de U_{AB} en fonction de I :

$$U_{AB} = E + rI. \quad (13)$$

Définition 6

Un *électrolyseur* est un dipôle récepteur, qui transforme une partie de l'énergie électrique qu'il reçoit sous forme d'énergie chimique.



ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES • CHAP. 5

Avec les mêmes conventions, l'électrolyseur est soumis à des lois analogues à celles du moteur :

$$\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = U_{AB} \times I \quad \mathcal{P}_{\text{chimique}} = E \times I \quad \mathcal{P}_{\text{Joule}} = r I^2$$

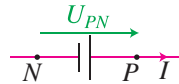
où $\mathcal{P}_{\text{chimique}}$ représente la puissance transformée par l'électrolyseur sous forme chimique.

La loi (13) demeure applicable à l'électrolyseur.

4.1.2 - Générateur électrique

Définition 7

Un générateur électrique est un dipôle qui transmet à un circuit électrique une partie de l'énergie qu'il génère.



Le courant I sort du générateur par sa borne positive.

La tension U_{PN} aux bornes du générateur est liée à l'intensité I du courant généré (I et U_{PN} étant orientés dans le même sens) :

$$U_{PN} = E - r \times I \quad (14)$$

où E est la *force électromotrice* (en volt) du générateur et r sa résistance interne. Au cours de son fonctionnement, le générateur :

- génère une puissance $\mathcal{P}_{\text{générée}} = E \times I$ (sous forme chimique, mécanique, ...);
- transmet au circuit électrique une puissance $\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})} = U_{PN} \times I$;
- dissipe par effet Joule une puissance $\mathcal{P}_{\text{Joule}} = r I^2$ (puissance dissipée sous forme thermique).

Le principe de conservation de l'énergie impose que la puissance générée soit en partie transférée au circuit et en partie dissipée sous forme thermique :

$$\mathcal{P}_{\text{générée}} = \mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})} + \mathcal{P}_{\text{Joule}} \Rightarrow E \times I = U_{PN} \times I + r I^2$$

Remarque : cette dernière relation confirme la loi (14) :

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

4.2 Transfert d'énergie

Définition 8

Au cours de son fonctionnement, un dipôle consomme une puissance $\mathcal{P}_{\text{consommée}}$ et fournit une puissance utile $\mathcal{P}_{\text{utile}}$. Le *rendement* de ce dipôle vaut alors :

$$\eta = \frac{\mathcal{P}_{\text{utile}}}{\mathcal{P}_{\text{consommée}}}.$$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Remarque : la définition précédente convient également à l'énergie consommée $\mathcal{E}_{\text{consommée}}$ par le dipôle et l'énergie utile $\mathcal{E}_{\text{utile}}$ restituée par ce dipôle :

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_{\text{utile}}}{\mathcal{E}_{\text{consommée}}}.$$

Exemples

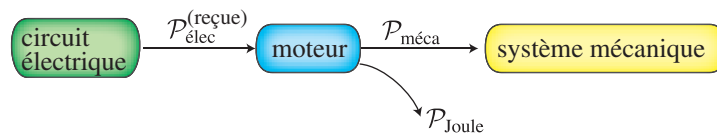
- Un générateur reçoit une puissance $\mathcal{P}_{\text{générée}}$ de la part d'une source (par exemple une réaction chimique peut produire l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une pile); une partie de cette puissance, $\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})}$, est fournie à un circuit, tandis qu'une autre partie est dissipée par effet Joule.



Le rendement du générateur vaut alors :

$$\eta_{\text{générateur}} = \frac{\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})}}{\mathcal{P}_{\text{générée}}}$$

- Un moteur reçoit une puissance $\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})}$, sous forme électrique, qu'il transforme en partie sous forme de puissance mécanique et dont il dissipe une autre partie par effet Joule :



Le rendement du moteur est donc donné par :

$$\eta_{\text{moteur}} = \frac{\mathcal{P}_{\text{méca}}}{\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})}}.$$

Lorsqu'un circuit comporte plusieurs générateurs et plusieurs récepteurs, la somme des puissances fournies par les générateurs s'identifie à la somme des puissances reçues par les récepteurs :

$$\sum \mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})} = \sum \mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})}.$$

ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES • CHAP. 5

➔ Solution de l'exercice type

Lycée Édouard Branly, Nogent-Sur-Marne

 Retrouvez le corrigé de cet exercice en vidéo avec 

- 1** Par définition, la capacité C d'une batterie chargée pendant Δt (en heure), avec un courant d'intensité I (en ampère), vaut :

$$C = I \times \Delta t = 12 \times 10 \Rightarrow C = 120 \text{ A} \cdot \text{h}.$$

- 2** La tension aux bornes de la batterie vaut $U = 14 \text{ V}$, alors qu'elle est traversée par le courant d'intensité $I = 12 \text{ A}$; cette batterie reçoit ainsi une puissance électrique :

$$\mathcal{P}_e = I \times U = 12 \times 14 = 168 \text{ W}.$$

Pendant :

$$\Delta t = 10 \text{ h} = 10 \times 3\,600 = 36.10^3 \text{ s}$$

la batterie reçoit donc l'énergie électrique :

$$W_e = \mathcal{P}_e \times \Delta t = 36.10^3 \times 168 \Rightarrow W_e \approx 6,05.10^6 \text{ J}.$$

- 3** (a) Pendant la décharge, la pile débite un courant d'intensité $I' = 13 \text{ A}$, tandis que la tension à ses bornes vaut $U' = 12 \text{ V}$; elle libère donc une puissance électrique :

$$\mathcal{P}_d = U' \times I' = 12 \times 13 = 156 \text{ W}.$$

Or, puisque la décharge dure :

$$\Delta t' = 8 \text{ h} = 8 \times 3\,600 = 2,88.10^4 \text{ s}$$

la batterie libère finalement l'énergie électrique :

$$W_d = \mathcal{P}_d \times \Delta t' = 156 \times 2,88.10^4 \Rightarrow W_d \approx 4,49.10^6 \text{ J}.$$

- (b) La batterie est utilisée afin qu'elle délivre une énergie électrique W_d la plus grande possible. Or, pour y parvenir, elle consomme l'énergie W_e . C'est pourquoi son rendement est défini par :

$$\eta = \frac{W_d}{W_e} = \frac{4,49.10^6}{6,05.10^6} \approx 0,74 = 74\%.$$

Voir énoncé page 125

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 **QCM** **Connaissance du cours**

20 min **Corrigé**
p. 138

- 1** Lorsque deux dipôles sont montés en parallèle :
 - a** leurs bornes sont reliées deux à deux ;
 - b** le courant qui traverse l'un des dipôles traverse l'autre ;
 - c** les tensions entre leurs bornes sont généralement différentes ;
 - d** ils ont la même direction.
- 2** Un dipôle échange une énergie $\mathcal{E}$ (en Joule) pendant la durée Δt (en seconde). La puissance $\mathcal{P}$ (en watt) transférée au dipôle vaut :
 - a** $\mathcal{P} = \mathcal{E} \times \Delta t$;
 - b** $\mathcal{P} = \frac{\mathcal{E}}{\Delta t}$;
 - c** $\mathcal{P} = \frac{\Delta t}{\mathcal{E}}$.
- 3** Un conducteur ohmique, de résistance R , est traversé par un courant d'intensité I . La tension U_{AB} entre ses bornes et la puissance $\mathcal{P}_{\text{Joule}}$ qu'il dissipe par effet Joule valent respectivement :
 - a** $U_{AB} = RI$ et $\mathcal{P}_{\text{Joule}} = \frac{1}{2} RI^2$;
 - b** $U_{AB} = RI^2$ et $\mathcal{P}_{\text{Joule}} = RI$;
 - c** $U_{AB} = \frac{1}{2} RI$ et $\mathcal{P}_{\text{Joule}} = RI^2$;
 - d** $U_{AB} = RI$ et $\mathcal{P}_{\text{Joule}} = RI^2$;
- 4** Un moteur, de force contre-électromotrice E (en V) et de résistance interne r (en Ω), est traversé par un courant d'intensité I (en A). La tension U_{AB} (en V) entre ses bornes vérifie :
 - a** $U_{AB} = E - rI$ **b** $U_{AB} = E + rI$ **c** $U_{AB} = rI - E$
- 5** Un générateur, de force électromotrice E (en V) et de résistance interne r (en Ω), débite un courant d'intensité I (en A). La tension U_{PN} (en V) entre ses bornes vérifie :
 - a** $U_{PN} = E - rI$ **b** $U_{PN} = E + rI$ **c** $U_{PN} = rI - E$
- 6** Le rendement du moteur précédent vaut :
 - a** $\eta_{\text{moteur}} = \frac{E}{E + rI}$ **b** $\eta_{\text{moteur}} = \frac{rI - E}{E}$
 - c** $\eta_{\text{moteur}} = 1 - \frac{rI}{E}$ **d** $\eta_{\text{moteur}} = \frac{rI - E}{I}$

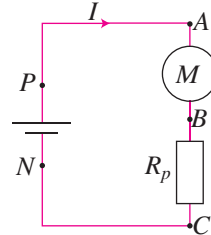
ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES • CHAP. 5

2 **DCM** Transfert d'énergie électrique

40 min Corrigé
p. 139

Un générateur de tension, de force électromotrice $E = 24,0 \text{ V}$ et de résistance interne négligeable, alimente un conducteur ohmique de résistance $R_p = 10,0 \, \Omega$ avec, en série, un moteur de résistance interne $r = 10,0 \, \Omega$.

Le but est d'ajuster la valeur de la résistance R_p pour qu'avec ce circuit, le moteur puisse faire monter une charge de masse $m = 2,00 \text{ kg}$ sur une hauteur de $1,00 \text{ m}$, pendant $2,50 \text{ secondes}$. On supposera que toute l'énergie mécanique fournie par le moteur est utilisée pour accroître l'énergie potentielle de pesanteur de la charge.



- 1 Calculer la variation d'énergie potentielle de pesanteur de la charge et en déduire la puissance reçue par la charge.
 - ☐ a $\Delta E_{pp} = 7,85 \text{ J}$ et $\mathcal{P}_{\text{charge}} = 19,6 \text{ W}$;
 - ☐ b $\Delta E_{pp} = 19,62 \text{ J}$ et $\mathcal{P}_{\text{charge}} = 7,848 \text{ W}$;
 - ☐ c $\Delta E_{pp} = 6,27 \text{ J}$ et $\mathcal{P}_{\text{charge}} = 2,668 \text{ W}$;
 - ☐ d $\Delta E_{pp} = 2,668 \text{ J}$ et $\mathcal{P}_{\text{charge}} = 6,27 \text{ W}$.
- 2 En ajustant la résistance R_p à la valeur de $10 \, \Omega$, il circule un courant d'intensité $I = 416 \text{ mA}$.
Calculer la puissance électrique reçue par tout le circuit.
 - ☐ a $\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})} = 9,98 \text{ W}$
 - ☐ b $\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})} = 21,73 \text{ W}$
 - ☐ c $\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})} = 2,116 \text{ W}$
 - ☐ d $\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})} = 12,816 \text{ W}$
- 3 Pour le conducteur ohmique, calculer la puissance dissipée par effet Joule.
 - ☐ a $\mathcal{P}_J(R_p) = 4,160 \text{ W}$
 - ☐ b $\mathcal{P}_J(R_p) = 4,160 \text{ mW}$
 - ☐ c $\mathcal{P}_J(R_p) = 1,73 \text{ W}$
 - ☐ d $\mathcal{P}_J(R_p) = 1,731 \text{ mW}$
- 4 Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans le moteur.
 - ☐ a $\mathcal{P}_J(\text{moteur}) = 4,160 \text{ W}$
 - ☐ b $\mathcal{P}_J(\text{moteur}) = 4,160 \text{ mW}$
 - ☐ c $\mathcal{P}_J(\text{moteur}) = 1,731 \text{ W}$
 - ☐ d $\mathcal{P}_J(\text{moteur}) = 1,73 \text{ mW}$
- 5 Calculer le rendement du moteur dans ces conditions :
 - ☐ a $\eta_{\text{moteur}} = 35\%$
 - ☐ b $\eta_{\text{moteur}} = 56\%$
 - ☐ c $\eta_{\text{moteur}} = 79\%$
 - ☐ d $\eta_{\text{moteur}} = 17\%$
- 6 Dans ces conditions, le moteur pourra-t-il réaliser la levée de charge ?
 - ☐ a La levée sera toujours possible.
 - ☐ b La levée sera toujours impossible.
 - ☐ c La levée sera possible si elle dure au moins 3 secondes.
 - ☐ d La levée sera possible si elle dure moins de 2 secondes.

Donnée : intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

3 Conversion d'énergie électrique



5 min

Corrigé
p. 141

Lycée Saint-Dominique, Herblain

Un conducteur ohmique est caractérisé par sa résistance $R = 100 \, \Omega$ et sa puissance maximale admissible $P_{\max} = 0,50 \, \text{W}$.

- 1 Calculer l'intensité maximale du courant qu'il peut supporter sans danger. Préciser ce danger.
- 2 Calculer la tension maximale qu'on peut lui appliquer.

4 Conversion d'énergie électrique



5 min

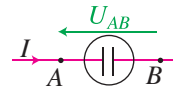
Corrigé
p. 141

Lycée Saint-Dominique, Herblain

La tension U_{AB} , aux bornes d'un électrolyseur parcouru par un courant d'intensité I est donnée par la loi :

$$U_{AB} = 3,5 + 5,0 \times I.$$

Cet appareil est parcouru par un courant de 100 mA, pendant 10 min.



- 1 Quelle est la valeur de la tension à ses bornes ?
- 2 Quelle est l'énergie électrique consommée ?
- 3 Qu'est devenue cette énergie ? Préciser la réponse (formes nouvelles d'énergie et valeurs de ces énergies).

5 Conversion d'énergie



10 min

Corrigé
p. 142

Lycée Lumière, Luxeuil

~~Le moteur d'une automobile à combustion interne utilise du gaz naturel et de l'air.~~

- 1 Faire un schéma représentant les transferts énergétiques pour cette voiture.
- 2 On évalue les pertes énergétiques de ce moteur à ~~4,6 MJ~~ par seconde, alors que la ~~combustion du gaz~~ lui fournit 7,9 MJ par seconde.
 - (a) Calculer la puissance mécanique fournie à l'automobile.
 - (b) Calculer le rendement de ce moteur.

6 Conversion d'énergie



10 min

Corrigé
p. 143

Lycée Saint-Esprit, Beauvais

On utilise un chauffe-eau à gaz (méthane) pour chauffer de l'eau. L'appareil brûle un volume $V_{\text{gaz}} = 268 \, \text{L}$ de gaz pour faire passer la température d'une masse $m_e = 20 \, \text{kg}$ d'eau de $\theta_1 = 10^\circ\text{C}$ à $\theta_2 = 70^\circ\text{C}$.

ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES • CHAP. 5

- 1 Exprimer littéralement, puis calculer la quantité d'énergie Q_1 transférée à l'eau.
- 2 Exprimer littéralement, puis calculer la quantité de chaleur Q_2 libérée par la combustion du gaz.
- 3 Définir et calculer le rendement du chauffe-eau.

Données :

- capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4\,185 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- pouvoir calorifique du méthane : $p = 2,5 \cdot 10^7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$.

7 Batterie électrique



5 min

Corrigé
p. 143

Lycée Colbert, Lorient

On dispose d'une batterie, de force électromotrice $E = 12 \text{ V}$ et de résistance interne négligeable, ainsi que de trois résistances chauffantes de valeurs respectives $R_1 = 4 \, \Omega$, $R_2 = 3 \, \Omega$ et $R_3 = 2 \, \Omega$.

- 1 On connecte une de ces résistances à la pile. Préciser la valeur de la résistance afin que l'énergie dissipée par effet Joule soit maximale pour une durée imposée Δt .
Calculer alors la puissance électrique $\mathcal{P}_{\text{élec}}$ disponible aux bornes de l'alimentation.
- 2 Quelle résistance doit être connectée à la pile pour obtenir, cette fois, une valeur minimale de l'énergie dissipée par effet Joule, pendant Δt ? Calculer $\mathcal{P}_{\text{élec}}$.

8 Conversion d'énergie électrique



10 min

Corrigé
p. 144

Lycée Branly, Nogent-sur-Marne

Un moteur électrique consomme une puissance électrique de $1,50 \text{ kW}$. Il fournit une énergie mécanique utile de $4,32 \cdot 10^6 \text{ J}$ pendant une heure. Les circuits électriques qui composent ce moteur cèdent une énergie thermique $Q = 7,20 \cdot 10^5 \text{ J}$.

- 1 Quelles sont les autres pertes d'énergie possibles dans ce convertisseur (valeur et nature) ?
- 2 Calculer le rendement de ce moteur.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

9 Plaque chauffante



20 min

Corrigé
p. 145

Lycée Jeanne d'Albret, Saint-Germain-en-Laye

Une plaque électrique chauffante a une puissance de 1,0 kW.

- 1 Cette plaque est constituée d'un conducteur de résistance R , alimenté sous une tension de 220 V. Quelle est la valeur de R ?
- 2 On pose, sur cette plaque, une casserole contenant 0,50 L d'eau.
 - (a) Calculer l'énergie libérée par la plaque pendant 3 minutes.
 - (b) Quelle est l'élévation de la température de l'eau pendant les 3 minutes de chauffage, si elle reçoit 60% de l'énergie libérée ?
 - (c) L'eau est prise, initialement, à la température de 20°C ; est-elle portée à ébullition ?

Données :

- capacité thermique massique de l'eau : $c = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$;
- chaleur latente de fusion de la glace : $L_{\text{fus}} = 333 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- masse volumique de l'eau : $\mu = 1,0 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.

10 Moteur électrique



20 min

Corrigé
p. 145

Lycée Jacques Monod, Clamart

Un moteur, de résistance interne 20,00 Ω , est alimenté par une tension de 220 V.

- 1 Faire un bilan énergétique à l'aide de la puissance dans ce moteur.
- 2 Le moteur est calé. Calculer l'intensité du courant qui le traverse et le dégagement d'énergie chaque minute.
- 3 Le moteur tourne ; le dégagement d'énergie thermique est de 7 500 J, chaque minute.
 - (a) Quelle est l'intensité du courant qui traverse le moteur ?
 - (b) Quel est son rendement ?

11 Conversion d'énergie électrique



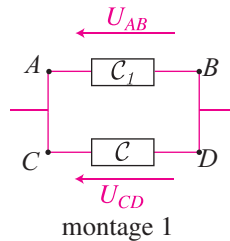
20 min

Corrigé
p. 147

Lycée Saint-Exupéry, Mantes-la-Jolie

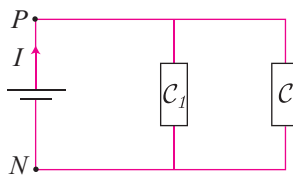
- 1 Soient deux conducteurs résistifs C_1 , C , de résistances respectives $R_1 = 750 \Omega$ et $R = 250 \Omega$, associés en parallèle :

ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES • CHAP. 5



- (a) Rappeler la relation entre les tensions U_{AB} et U_{CD} aux bornes de ces deux dipôles.
- (b) Soit P_1 la puissance dissipée par effet Joule par le conducteur C_1 et P celle dissipée par C . Exprimer P_1 en fonction de U_{AB} et R_1 , puis exprimer P en fonction de U_{CD} et R .
- (c) En déduire une relation entre R , P , R_1 et P_1 .

- 2** Les deux conducteurs C_1 et C sont ensuite associés, en parallèle, à un générateur de tension, de force électromotrice E et de résistance interne r :



- (a) Quelle relation lie la puissance P_{elec} fournie par le générateur et les puissances P_1 et P dissipées par effet Joule par C_1 et C .
- (b) On s'intéresse à la puissance P dissipée par C . Calculer numériquement la valeur du rendement du circuit.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 **QCM** Connaissance du cours

Enoncé
p. 132

- 1** Par définition, deux dipôles sont montés en parallèle si leurs bornes sont reliées deux à deux (réponse **a**); les tensions entre leur bornes sont alors toujours identiques.

- 2** Lorsqu'une puissance $\mathcal{P}$ est transférée à un dipôle pendant une durée Δt , ce dipôle reçoit une énergie :

$$\mathcal{E} = \mathcal{P} \times \Delta t \Rightarrow \mathcal{P} = \frac{\mathcal{E}}{\Delta t} \text{ (réponse **b**)}.$$

- 3** La loi d'Ohm indique qu'un conducteur ohmique parcouru par un courant d'intensité I présente, entre ses bornes, une tension :

$$U_{AB} = R \times I.$$

Il reçoit alors une puissance électrique :

$$\mathcal{P}_{\text{elec}}^{(\text{reçue})} = U_{AB} \times I = RI^2$$

qu'il dissipe intégralement sous forme thermique. Donc, la puissance dissipée par effet Joule vaut :

$$\mathcal{P}_{\text{Joule}} = RI^2 \text{ (réponse **d**)}.$$

- 4** Le moteur réalise une conversion d'énergie :

- il reçoit une puissance électrique $\mathcal{P}_{\text{elec}}^{(\text{reçue})} = U_{AB} \times I$;
- il dissipe une puissance thermique $\mathcal{P}_{\text{Joule}} = rI^2$;
- il délivre une puissance, sous forme mécanique : $\mathcal{P}_{\text{méca}} = E \times I$.

Le principe de conservation de l'énergie stipule alors que :

$$\begin{aligned} \mathcal{P}_{\text{elec}}^{(\text{reçue})} &= \mathcal{P}_{\text{Joule}} + \mathcal{P}_{\text{méca}} \Rightarrow U_{AB} \times I = rI^2 + E \times I \\ \Rightarrow U_{AB} &= rI + E \text{ (réponse **b**)}. \end{aligned} \quad (15)$$

- 5** De même, un générateur électrique réalise aussi une conversion d'énergie :

- il produit (à l'aide d'une source chimique, mécanique,...) une puissance $\mathcal{P}_{\text{générée}} = E \times I$;
- il dissipe, par effet Joule, une puissance $\mathcal{P}_{\text{Joule}} = rI^2$;
- il fournit au circuit une puissance, sous forme électrique :

$$\mathcal{P}_{\text{elec}}^{(\text{fournie})} = U_{PN} \times I.$$

À nouveau, le principe de conservation de l'énergie impose :

$$\begin{aligned} \mathcal{P}_{\text{générée}} &= \mathcal{P}_{\text{Joule}} + \mathcal{P}_{\text{elec}}^{(\text{fournie})} \Rightarrow E \times I = rI^2 + U_{PN} \times I \\ \Rightarrow E &= rI + U_{PN} \\ \Rightarrow U_{PN} &= E - rI \text{ (réponse **a**)}. \end{aligned}$$

ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES • CHAP. 5

- 6** De ce qui précède, il ressort que le moteur délivre une puissance mécanique $\mathcal{P}_{\text{méca}} = E \times I$ alors qu'il reçoit une puissance électrique $\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = U_{AB} \times I$. Son rendement vaut alors :

$$\eta_{\text{moteur}} = \frac{\mathcal{P}_{\text{méca}}}{\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})}} = \frac{E \times I}{U_{AB} \times I} = \frac{E}{U_{AB}}$$

c'est-à-dire, compte tenu du résultat (15) :

$$\eta_{\text{moteur}} = \frac{E}{rI + E} \text{ (réponse [a]).}$$

2 **QCM** Transfert d'énergie électrique

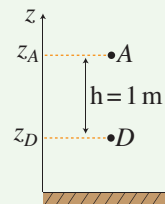
Enoncé
p. 133

- 1** Soit D le point de départ de la charge et soit A son point d'arrivée, d'altitudes respectives z_D et z_A .

Lorsque la charge se trouve en ces points, son énergie potentielle de pesanteur vaut respectivement :

$$E_{pp}(D) = mgz_D + E_0 \text{ et } E_{pp}(A) = mgz_A + E_0$$

où E_0 est une constante qu'on ne déterminera pas. Lorsque la charge s'élève d'une hauteur $h = z_A - z_D = 1 \text{ m}$, son énergie potentielle de pesanteur s'accroît de la quantité :



$$\begin{aligned} \Delta E_{pp} &= E_{pp}(A) - E_{pp}(D) = mgz_A - mgz_D = mg(z_A - z_D) = mgh \\ \Rightarrow \Delta E_{pp} &= 2 \times 9,81 \times 1 = 19,62 \text{ J.} \end{aligned}$$

En outre, puisque cet accroissement d'énergie s'effectue pendant $\Delta t = 2,5 \text{ s}$, il correspond à une puissance reçue par la charge, définie par :

$$\mathcal{P}_{\text{charge}} = \frac{\Delta E_{pp}}{\Delta t} = \frac{19,62}{2,5} \quad (16)$$

c'est-à-dire :

$$\mathcal{P}_{\text{charge}} = \frac{19,62}{2,5} = 7,85 \text{ W (réponse [b]).}$$

- 2** Le générateur, aux bornes duquel règne une tension $U_{PN} = E = 24 \text{ V}$ et qui délivre un courant d'intensité $I = 416 \text{ mA} = 0,416 \text{ A}$, fournit au circuit une puissance électrique :

$$\begin{aligned} \mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})} &= E \times I = 24 \times 0,416 \\ \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})} &= 9,98 \text{ W (réponse [a]).} \end{aligned}$$

- 3** Le conducteur ohmique, de résistance $R_p = 10 \Omega$, dissipe par effet Joule une puissance thermique :

$$\mathcal{P}_J(R_p) = R_p \times I^2 = 10 \times (0,416)^2 \approx 1,73 \text{ W (réponse [c]).}$$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- 4 Le moteur ayant une résistance interne $r = 10 \, \Omega$ il dissipe par effet Joule une puissance thermique :

$$\mathcal{P}_J(\text{moteur}) = r \times I^2 = 10 \times (0,416)^2 \approx 1,73 \, \text{W} \text{ (réponse [C])}.$$

- 5 Le générateur délivre une puissance $\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})}$ qui se répartit entre les deux récepteurs qui composent le circuit :

- le conducteur ohmique dissipe la puissance $\mathcal{P}_J(R_p)$ par effet Joule ;
- le moteur reçoit une puissance $\mathcal{P}_{\text{moteur}}^{(\text{reçue})}$ qu'il convertit d'une part sous forme de puissance mécanique $\mathcal{P}_{\text{méca}}$ et d'autre part sous forme de puissance thermique $\mathcal{P}_J(\text{moteur})$:

$$\mathcal{P}_{\text{moteur}}^{(\text{reçue})} = \mathcal{P}_{\text{méca}} + \mathcal{P}_J(\text{moteur}). \quad (17)$$

Le principe de conservation de l'énergie impose que toute la puissance fournie par le générateur soit reçue par l'ensemble des récepteurs :

$$\begin{aligned} \mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})} &= \mathcal{P}_J(R_p) + \mathcal{P}_{\text{moteur}}^{(\text{reçue})} \\ \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{moteur}}^{(\text{reçue})} &= \mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{fournie})} - \mathcal{P}_J(R_p) = 9,984 - 1,731 \\ \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{moteur}}^{(\text{reçue})} &= 8,253 \, \text{W}. \end{aligned}$$

La relation (17) donne alors la puissance que le moteur fournit, sous forme mécanique :

$$\mathcal{P}_{\text{méca}} = \mathcal{P}_{\text{moteur}}^{(\text{reçue})} - \mathcal{P}_J(\text{moteur}) = 8,253 - 1,731 = 6,522 \, \text{W}.$$

Par conséquent, ce moteur a pour rendement :

$$\eta_{\text{moteur}} = \frac{\mathcal{P}_{\text{méca}}}{\mathcal{P}_{\text{moteur}}^{(\text{reçue})}} = \frac{6,522}{8,253} = 0,79 = 79\% \text{ (réponse [C])}.$$

- 6 D'après les calculs précédents, le moteur libère une puissance mécanique $\mathcal{P}_{\text{méca}} = 6,522 \, \text{W}$, tandis que la montée de la charge requiert, dans les conditions où elle est effectuée, une puissance $\mathcal{P}_{\text{charge}} = 7,848 \, \text{W}$. Ce faisant, l'inégalité :

$$\mathcal{P}_{\text{charge}} > \mathcal{P}_{\text{méca}}$$

montre que, dans ces conditions, le moteur ne peut pas assurer la montée de la charge.

En revanche, pour que cette montée soit possible, il faudrait que soit vérifiée la relation :

$$\mathcal{P}_{\text{méca}} \geq \mathcal{P}_{\text{charge}}$$

où $\mathcal{P}_{\text{charge}}$ vérifie l'équation (16) :

$$\begin{aligned} \left\{ \begin{array}{l} \mathcal{P}_{\text{charge}} = \frac{19,62}{\Delta t} \\ \mathcal{P}_{\text{méca}} = 6,522 \, \text{W} \end{array} \right. &\Rightarrow 6,522 \geq \frac{19,62}{\Delta t} \\ &\Rightarrow \Delta t \geq \frac{19,62}{6,522} = 3 \, \text{s} \text{ (réponse [C])}. \end{aligned}$$

ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES • CHAP. 5

3 Conversion d'énergie électrique

Enoncé
p. 134

Lycée Saint-Dominique, Herblain

- 1 Le conducteur, de résistance R et traversé par un courant d'intensité I , reçoit une puissance :

$$\mathcal{P} = RI^2 < \mathcal{P}_{\max} \Rightarrow I^2 < \frac{\mathcal{P}_{\max}}{R} \Rightarrow I < \sqrt{\frac{\mathcal{P}_{\max}}{R}}.$$

Ainsi, l'intensité I ne doit pas dépasser la valeur maximale :

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{\mathcal{P}_{\max}}{R}} = \sqrt{\frac{0,5}{100}} \Rightarrow I_{\max} \approx 7,1 \cdot 10^{-2} \text{ A} = 71 \text{ mA}$$

sans quoi la puissance reçue par ce conducteur ne peut plus être évacuée par effet Joule : sa température augmente jusqu'à sa détérioration.

- 2 La loi d'Ohm relie la tension U aux bornes du dipôle à l'intensité I : $U = RI$. Notamment, l'inégalité $I < I_{\max}$ montre que :

$$U = RI < RI_{\max}$$

c'est-à-dire que U admet aussi une valeur maximale :

$$U_{\max} = RI_{\max} \approx 100 \times 7,1 \cdot 10^{-2} \Rightarrow U_{\max} \approx 7,1 \text{ V}.$$

4 Conversion d'énergie électrique

Enoncé
p. 134

Lycée Saint-Dominique, Herblain

- 1 Lorsque l'électrolyseur est parcouru par un courant d'intensité $I = 0,1 \text{ A}$, la tension à ses bornes vaut :

$$U_{AB} = 3,5 + 5 \times 0,1 \Rightarrow U_{AB} = 4 \text{ V}.$$

- 2 La puissance électrique reçue par un dipôle (récepteur), traversé par un courant d'intensité I et soumis à une tension U_{AB} , vaut :

$$\mathcal{P}_{\text{élec. reçue}} = U_{AB} \times I = 4 \times 0,1 = 0,40 \text{ W}.$$

Donc, pendant la durée :

$$\Delta t = 10 \text{ min} = 10 \times 60 = 600 \text{ s}$$

ce dipôle reçoit l'énergie électrique :

$$\mathcal{E}_{\text{élec. reçue}} = \mathcal{P}_{\text{élec. reçue}} \times \Delta t = 0,4 \times 600 \Rightarrow \mathcal{E}_{\text{élec. reçue}} = 2,4 \cdot 10^2 \text{ J}.$$

- 3 L'expression de la tension $U_{AB} = 3,5 + 5,0 \times I$ révèle la valeur de la force électromotrice E de l'électrolyseur et celle de sa résistance interne r :

$$U_{AB} = E + rI \text{ avec } E = 3,5 \text{ V et } r = 5,0 \Omega.$$

Donc, ce dipôle reçoit une puissance électrique :

$$\mathcal{P}_{\text{élec. reçue}} = U_{AB} \times I = EI + rI^2,$$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

c'est-à-dire une énergie électrique, pendant Δt :

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{\text{élec. reçue}} &= \mathcal{P}_{\text{élec. reçue}} \times \Delta t = EI \Delta t + rI^2 \Delta t \\ \Rightarrow \mathcal{E}_{\text{élec. reçue}} &= \mathcal{E}_{\text{chimique}} + \mathcal{E}_{\text{Joule}}.\end{aligned}$$

Cette relation montre que l'énergie électrique reçue par l'électrolyseur s'est transformée :

- en énergie chimique (l'électrolyse est une réaction chimique) :

$$\mathcal{E}_{\text{chimique}} = EI \Delta t = 3,5 \times 0,1 \times 600 = 2,1 \text{ c} \dot{\text{a}} 10^2 \text{ J};$$

- et en énergie thermique (c'est l'effet Joule) :

$$\mathcal{E}_{\text{Joule}} = rI^2 \Delta t = 5 \times (0,1)^2 \times 600 = 30 \text{ J}.$$

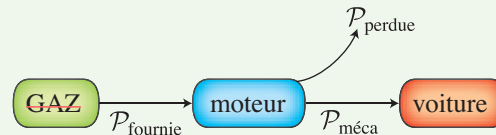
5 Conversion d'énergie

Enoncé
p. 134

Lycée Lumière, Luxeuil

- 1 Le gaz fournit, par combustion, une énergie au moteur, de puissance $\mathcal{P}_{\text{fournie}}$. Le moteur, quant à lui, transforme cette énergie :

- d'une part en énergie mécanique (de puissance $\mathcal{P}_{\text{méca}}$) fournie à la voiture pour son déplacement ;
- d'autre part en perte (sous forme de frottements, chaleur, ...), de puissance $\mathcal{P}_{\text{perdue}}$.



- 2 (a) Pendant $\Delta t = 1 \text{ s}$, l'énergie perdue par le moteur vaut :

$$\mathcal{E}_{\text{perdue}} = 4,6 \text{ MJ} = 4,6 \cdot 10^6 \text{ J} \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{perdue}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{perdue}}}{\Delta t} = 4,6 \cdot 10^6 \text{ W}$$

tandis que la combustion du gaz fournit au moteur l'énergie :

$$\mathcal{E}_{\text{fournie}} = 7,9 \text{ MJ} = 7,9 \cdot 10^6 \text{ J} \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{fournie}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{fournie}}}{\Delta t} = 7,9 \cdot 10^6 \text{ W}.$$

La loi de conservation de l'énergie impose alors :

$$\begin{aligned}\mathcal{P}_{\text{fournie}} &= \mathcal{P}_{\text{méca}} + \mathcal{P}_{\text{perdue}} \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{méca}} = \mathcal{P}_{\text{fournie}} - \mathcal{P}_{\text{perdue}} \\ \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{méca}} &= 7,9 \cdot 10^6 - 4,6 \cdot 10^6 = 3,3 \cdot 10^6 \text{ W}.\end{aligned}$$

- (b) Le moteur est conçu pour transformer le *maximum* d'énergie reçue (de puissance $\mathcal{P}_{\text{fournie}}$) en énergie mécanique (de puissance $\mathcal{P}_{\text{méca}}$). C'est pourquoi son rendement est défini par :

$$\eta = \frac{\mathcal{P}_{\text{méca}}}{\mathcal{P}_{\text{fournie}}} = \frac{3,3 \cdot 10^6}{7,9 \cdot 10^6} \Rightarrow \eta \approx 0,42 = 42\%.$$

ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES • CHAP. 5

6 Conversion d'énergie

Enoncé
p. 134

Lycée Saint-Esprit, Beauvais

- 1 Pour que sa température passe de θ_1 à θ_2 , la masse m_e d'eau reçoit l'énergie thermique :

$$Q_1 = m_e c_e (\theta_2 - \theta_1) = 20 \times 4\,185 \times (70 - 10) \\ \Rightarrow Q_1 \approx 5,0 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

- 2 L'unité du pouvoir calorifique du méthane ($\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$) montre que cette grandeur représente le rapport de la quantité de chaleur Q_2 , libérée au cours de la combustion, par le volume V_{gaz} (en m^3) de gaz brûlé :

$$p = \frac{Q_2}{V_{\text{gaz}}} \Rightarrow Q_2 = p \times V_{\text{gaz}} = 2,5 \cdot 10^7 \times 0,268 \\ \Rightarrow Q_2 \approx 6,7 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

- 3 Le chauffe-eau est construit pour transférer l'énergie thermique Q_2 libérée par la combustion du méthane à l'eau, qui reçoit en fait la chaleur Q_1 . Son rendement vaut alors :

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{5,0 \cdot 10^6}{6,7 \cdot 10^6} \Rightarrow \eta \approx 0,75 = 75\%.$$

7 Batterie électrique

Enoncé
p. 135

Lycée Colbert, Lorient

- 1 En l'absence de résistance interne, la tension aux bornes de la batterie vaut :

$$U_{PN} = E = 12 \text{ V.}$$

quelle que soit la valeur de l'intensité I du courant qui circule dans le circuit.

Quant à la loi d'Ohm, elle indique que la résistance est soumise à une tension $U_{AB} = RI$ et qu'elle dissipe, par effet Joule, une puissance

$$\mathcal{P}_{\text{Joule}} = \frac{U_{AB}^2}{R}, \text{ avec :}$$

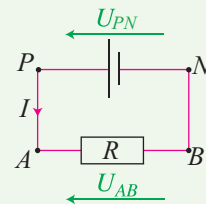
$$U_{AB} = U_{PN} = E \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{Joule}} = \frac{E^2}{R}.$$

Donc, pendant une durée Δt , la résistance dissipe, par effet Joule, une énergie :

$$\mathcal{E} = \mathcal{P}_{\text{Joule}} \times \Delta t = \frac{E^2}{R} \times \Delta t. \quad (18)$$

Cette relation montre que $\mathcal{E}$ est maximale lorsque R est le plus petit possible, c'est-à-dire pour :

$$R = R_3 = 2 \, \Omega.$$



COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Enfin, puisque la puissance $\mathcal{P}_{\text{élec}}$, libérée par le générateur dans le circuit, se répartit entre tous les dipôles du circuit (ici la résistance), il s'ensuit que :

$$\mathcal{P}_{\text{élec}} = \mathcal{P}_{\text{Joule}} \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{élec}} = \frac{E^2}{R}. \quad (19)$$

Avec $R = 2 \, \Omega$, on trouve ainsi :

$$\mathcal{P}_{\text{élec}} = \frac{(12)^2}{2} \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{élec}} = 72 \, \text{W}.$$

- 2** La relation (18) montre aussi que l'énergie dissipée par effet Joule est minimale lorsque R prend la plus grande valeur possible, c'est-à-dire lorsque :

$$R = R_1 = 4 \, \Omega.$$

La puissance disponible aux bornes du générateur est alors donnée par l'identité (19) :

$$\mathcal{P}_{\text{élec}} = \frac{E^2}{R_1} = \frac{(12)^2}{4} \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{élec}} = 36 \, \text{W}.$$

8 Conversion d'énergie électrique

Enoncé
p. 135

Lycée Branly, Nogent-sur-Marne

- 1** Pendant $\Delta t = 1 \, \text{h} = 3\,600 \, \text{s}$, le moteur reçoit une énergie électrique :

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} &= \mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} \times \Delta t = 1\,500 \times 3\,600 \\ &= 5,40 \cdot 10^6 \, \text{J} \end{aligned}$$

qu'il convertit :

- sous forme mécanique, d'énergie :

$$\mathcal{E}_{\text{méca}} = 4,32 \cdot 10^6 \, \text{J};$$

- en énergie thermique, dans les conducteurs ohmiques (effet Joule) :

$$\mathcal{E}_{\text{Joule}} = Q = 7,20 \cdot 10^5 \, \text{J};$$

- en pertes par frottements, rayonnement, ..., dont la valeur $\mathcal{E}_{\text{autres pertes}}$ vérifie :

$$\mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = \mathcal{E}_{\text{méca}} + \mathcal{E}_{\text{Joule}} + \mathcal{E}_{\text{autres pertes}}$$

c'est-à-dire :

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{autres pertes}} &= \mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} - \mathcal{E}_{\text{méca}} - \mathcal{E}_{\text{Joule}} \\ &= 5,40 \cdot 10^6 - 4,32 \cdot 10^6 - 7,2 \cdot 10^5 \\ &\Rightarrow \mathcal{E}_{\text{autres pertes}} = 3,6 \cdot 10^5 \, \text{J}. \end{aligned}$$

- 2** Le moteur a été conçu pour convertir l'énergie électrique qu'il reçoit, sous forme mécanique. C'est pourquoi son rendement est défini par :

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_{\text{méca}}}{\mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})}} = \frac{4,32 \cdot 10^6}{5,40 \cdot 10^6} \Rightarrow \eta \approx 0,80 = 80\%.$$

ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES • CHAP. 5

9 Plaque chauffante

Enoncé
p. 136

Lycée Jeanne d'Albret, Saint-Germain-en-Laye

- 1 Un conducteur de résistance R , alimenté sous une tension U , dissipe par effet Joule une puissance :

$$\mathcal{P} = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{\mathcal{P}} = \frac{(220)^2}{1\,000} \Rightarrow R \approx 48\ \Omega.$$

- 2 (a) Pendant la durée :

$$\Delta t = 3\ \text{min} = 3 \times 60 = 180\ \text{s}$$

la plaque libère, par effet Joule, une énergie thermique :

$$Q_J = \mathcal{P} \times \Delta t = 1\,000 \times 180 = 1,8 \cdot 10^5\ \text{J}.$$

- (b) Le volume $V = 0,5\ \text{L}$ contient une masse m d'eau, qui définit sa masse volumique :

$$\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \mu \times V = 1 \times 0,5 = 0,5\ \text{kg}.$$

Donc, pour que la température θ de cette quantité d'eau s'élève de $\Delta\theta$, il faut qu'elle reçoive une énergie thermique :

$$Q_{\text{reçue}} = mc \Delta\theta.$$

Cependant, pendant les 3 minutes de chauffage, l'eau ne reçoit que 60% de l'énergie libérée par effet Joule :

$$\begin{aligned} Q_{\text{reçue}} &= 60\% Q_J = \frac{60}{100} \times Q_J = 0,6 Q_J \\ \Rightarrow mc \Delta\theta &= 0,6 Q_J \Rightarrow \Delta\theta = \frac{0,6 \times Q_J}{mc} \\ \Rightarrow \Delta\theta &= \frac{0,6 \times 1,8 \cdot 10^5}{0,5 \times 4,18 \cdot 10^3} \approx 52^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

- (c) La température initiale de l'eau étant $\theta_i = 20^\circ\text{C}$, son augmentation $\Delta\theta$ l'élève à la valeur :

$$\theta_f = \theta_i + \Delta\theta \approx 20 + 51,7 \Rightarrow \theta_f \approx 72^\circ\text{C}.$$

Or, l'ébullition de l'eau s'observe à 100°C . Donc, à l'issue des 3 minutes de chauffage, l'ébullition de l'eau ne se produit pas.

10 Moteur électrique

Enoncé
p. 136

Lycée Jacques Monod, Clamart

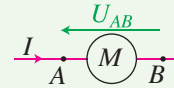
- 1 Le moteur, alimenté par une tension $U_{AB} = 220\ \text{V}$ et par un courant d'intensité I , est caractérisé par sa force contre-électromotrice E et par sa résistance interne $r = 20\ \Omega$.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

La puissance électrique qu'il reçoit :
 $\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = U_{AB} \times I$ est transformée en
 puissance mécanique : $\mathcal{P}_{\text{méca}} = E \times I$ et en
 puissance thermique (effet Joule) : $\mathcal{P}_J = rI^2$;
 ce bilan se traduit par la relation :



$$\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = \mathcal{P}_{\text{méca}} + \mathcal{P}_J. \quad (20)$$

- 2** Lorsque le moteur est calé, il ne peut plus fournir d'énergie mécanique ;
 la relation précédente devient :

$$\begin{aligned} \mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = \mathcal{P}_J &\Rightarrow U_{AB} \times I = rI^2 \Rightarrow U_{AB} = rI \\ &\Rightarrow I = \frac{U_{AB}}{r} = \frac{220}{20} = 11 \text{ A.} \end{aligned}$$

Pendant $\Delta t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$, le moteur dégage alors, sous forme exclusivement thermique, l'énergie :

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_J &= \mathcal{P}_J \times \Delta t = rI^2 \times \Delta t = 20 \times (11)^2 \times 60 \\ &\Rightarrow \mathcal{E}_J = 1,452 \cdot 10^5 \text{ J} = 145,2 \text{ kJ.} \end{aligned}$$

- 3** (a) La puissance thermique dissipée par effet Joule : $\mathcal{P}_J = rI^2$ donne
 l'énergie thermique $\mathcal{E}_J = 7\,500 \text{ J}$ pendant $\Delta t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$:

$$\mathcal{E}_J = \mathcal{P}_J \times \Delta t = rI^2 \Delta t \Rightarrow I = \sqrt{\frac{\mathcal{E}_J}{r \Delta t}} = \sqrt{\frac{7\,500}{20 \times 60}} = 2,5 \text{ A.}$$

- (b) La puissance électrique reçue par le moteur : $\mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = U_{AB} \times I$
 donne l'énergie qu'il reçoit pendant la durée Δt :

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} &= \mathcal{P}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} \times \Delta t = U_{AB} \times I \times \Delta t = 220 \times 2,5 \times 60 \\ &\Rightarrow \mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = 3,3 \cdot 10^4 \text{ J.} \end{aligned}$$

Or, cette énergie se répartit sous forme mécanique ($\mathcal{E}_{\text{méca}}$) et sous
 forme thermique (effet Joule : $\mathcal{E}_J$), en conséquence de quoi :

$$\mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} = \mathcal{E}_{\text{méca}} + \mathcal{E}_J \Rightarrow \mathcal{E}_{\text{méca}} = \mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} - \mathcal{E}_J.$$

En conclusion, de l'énergie $\mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})}$ que reçoit le moteur, seule $\mathcal{E}_{\text{méca}}$
 est transformée sous forme mécanique. C'est pourquoi le rende-
 ment du moteur vaut :

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\mathcal{E}_{\text{méca}}}{\mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})} - \mathcal{E}_J}{\mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})}} = 1 - \frac{\mathcal{E}_J}{\mathcal{E}_{\text{élec}}^{(\text{reçue})}} \\ &= 1 - \frac{7\,500}{3,3 \cdot 10^4} \Rightarrow \eta \approx 0,77 = 77\%. \end{aligned}$$

ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES • CHAP. 5

11 Conversion d'énergie électrique

Enoncé
p. 136

Lycée Saint-Exupéry, Mantes-la-Jolie

- 1 (a) Deux dipôles associés en parallèle présentent les mêmes tensions entre leurs bornes :

$$U_{AB} = U_{CD}. \quad (21)$$

- (b) Les puissances P_1 et P dissipées par effet Joule à travers C_1 et C valent :

$$P_1 = \frac{U_{AB}^2}{R_1} \text{ et } P = \frac{U_{CD}^2}{R}.$$

- (c) Des deux relations précédentes, il ressort que :

$$U_{AB}^2 = R_1 P_1 \text{ et } U_{CD}^2 = RP$$

c'est-à-dire, en tenant compte de l'identité (21) :

$$R_1 P_1 = RP \Rightarrow P_1 = \frac{R}{R_1} \times P. \quad (22)$$

- 2 (a) La puissance $P_{\text{élec}}$ fournie par le générateur au circuit se répartit entre les dipôles du circuit, ce qui se traduit par :

$$P_{\text{élec}} = P + P_1.$$

- (b) Compte tenu du résultat (22), l'équation précédente s'écrit :

$$P_{\text{élec}} = P + \frac{R}{R_1} P = P \times \frac{R + R_1}{R_1} \Rightarrow P = \frac{R_1}{R + R_1} P_{\text{élec}}.$$

Le rendement η de ce montage, dans lequel le générateur fournit une puissance électrique $P_{\text{élec}}$ pour alimenter le conducteur C (qui dissipe une puissance P), vaut alors :

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{élec}}} = \frac{R_1}{R + R_1} = \frac{750}{750 + 250} = 0,75 = 75\%.$$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS