ENERGIE DES SYSTEMES ELECTRIQUES

6 Exploiter l'équation d'une caractéristique (2)

| Effectuer des calculs.

Une batterie d'accumulateurs de voiture a une force électromotrice $E = 12{,}0$ V et une résistance interne $r = 0{,}0100\ \Omega$.

1. Écrire l'équation de la caractéristique de cette source réelle de tension continue.

2. Calculer la tension aux bornes de cette batterie lorsqu'elle est traversée par un courant d'intensité 25,0 A.

6 Exploiter l'équation d'une caractéristique (2)

1. L'équation générale de la caractéristique d'une source réelle de tension s'écrit $U = E - r \times I$.

On déduit que pour cette source réelle de tension :

$$U = 12{,}0 - 0{,}0100\, I.$$

2. $U = 12{,}0\ \text{V} - 0{,}0100\ \Omega \times 25{,}0\ \text{A} = 11{,}8$ V

La tension aux bornes de la batterie est 11,8 V lorsqu'elle est traversée par un courant de 25,0 A.

11 Calculer une durée de fonctionnement

| Effectuer des calculs.

Un conducteur ohmique, placé dans un circuit électrique, est traversé par un courant électrique d'intensité constante $I = 100$ mA durant 30 minutes. La tension à ses bornes est 6,0 V.

1. À partir de l'expression $\mathcal{P} = U \times I$, exprimer l'énergie électrique reçue en fonction de Δt, U et I.

2. Calculer l'énergie électrique reçue.

11 Calculer une durée de fonctionnement

1. $\mathcal{E} = \mathcal{P} \times \Delta t = U \times I \times \Delta t$.

2. $\mathcal{E} = 6{,}0\ \text{V} \times 100 \times 10^{-3}\ \text{A} \times (30 \times 60)\ \text{s} = 1{,}1 \times 10^{3}$ J.

L'énergie électrique reçue par le conducteur ohmique est $1{,}1 \times 10^{3}$ J.

13 Calculer un rendement

| Mobiliser ses connaissances.

Un moteur électrique de jouet pour enfant, est soumis à une tension de 4,5 V. Il est traversé par un courant d'intensité $I = 0{,}050$ A. Il fournit une puissance mécanique $\mathcal{P}_{mec} = 0{,}20$ W et transfère par effet Joule, au milieu extérieur, une puissance $\mathcal{P}_{th}$.

1. Calculer la puissance électrique en entrée.

2. Calculer le rendement η_M du moteur électrique.

13 Calculer un rendement

1. $\mathcal{P}_{élec} = U \times I = 4{,}5\ \text{V} \times 0{,}050\ \text{A} = 2{,}3 \times 10^{-1}$ W.

La puissance électrique en entrée est $2{,}3 \times 10^{-1}$ W.

2. $\eta_M = \dfrac{\mathcal{P}_{mec}}{\mathcal{P}_{élec}} = 0{,}89$ ou 89%.

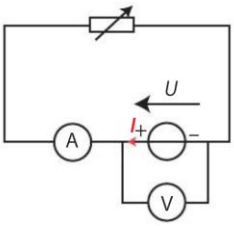
Le rendement du moteur électrique est 89%.

15 La lampe de poche

CORRIGÉ

| Exploiter des informations.

On a tracé sur le même graphique les caractéristiques $U = f(I)$ d'une lampe de poche et celle d'une pile plate.



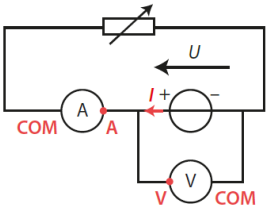
1. Indiquer, sur le schéma du montage permettant d'obtenir la caractéristique de la pile, le sens de branchement des multimètres.

2. Déterminer la force électromotrice E et la résistance interne r de la pile.

3. La lampe est reliée à la pile plate, $U_{lampe} = U_{pile}$. Déterminer l'intensité du courant dans le circuit ?

15 La lampe de poche

1.



2. La force électromotrice de la pile est donnée par la valeur de l'ordonnée à l'origine soit : $U(0) = E = 4{,}5$ V.

La résistance r de la pile est l'opposé du coefficient directeur de la droite.

En prenant les deux points les plus extrêmes de la droite A(0 ; 4,5) et B(0,300 ; 4,3).

Coefficient directeur :

$$\frac{U_A - U_B}{I_A - I_B} = \frac{4{,}5\ \text{V} - 4{,}3\ \text{V}}{0\ \text{A} - 0{,}300\ \text{A}} = -0{,}7\ \text{V}\cdot\text{A}^{-1}.$$ On en déduit : $r = 0{,}7\ \Omega$.

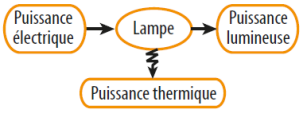
3. $U_{lampe} = U_{pile}$ correspond au point d'intersection des deux caractéristiques. Ce point a pour abscisse $I = 275$ mA qui correspond à l'intensité du courant dans le circuit.

4. La lampe est soumise à une tension $U = 4{,}3$ V et traversée par un courant électrique d'intensité $I = 275$ mA.

La puissance électrique reçue par la lampe :

$$\mathcal{P} = U \times I = 4{,}3\ \text{V} \times 275 \times 10^{-3}\ \text{A} = 1{,}2\ \text{W}.$$

5.

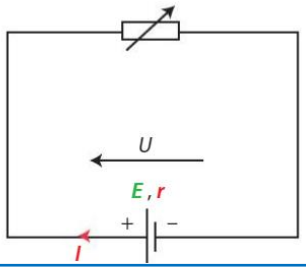


19 Exercice à caractère expérimental

Rendement d'une pile

| Exploiter des mesures ; tracer un graphique.

Pour tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'une pile, on utilise un conducteur ohmique de résistance réglable dans le montage schématisé ci-dessous :



1. Reproduire le schéma en plaçant les deux multimètres nécessaires à l'expérience.

2. L'étude a conduit au tableau de mesures suivant :

I (mA)	0	90	120	170	210	280
U (V)	9,0	8,7	8,6	8,5	8,4	8,3

a. Tracer la caractéristique $U = f(I)$ de cette pile.

b. Déterminer, à partir de la caractéristique, la résistance interne r et la force électromotrice E de cette pile.

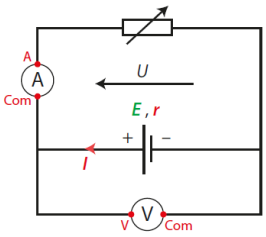
3. Représenter la chaîne de puissance de la pile.

4. Calculer le rendement de la pile lorsqu'elle est traversée par un courant d'intensité I = 40 mA.

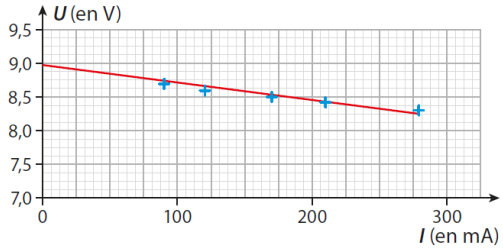
19 Exercice à caractère expérimental

Rendement d'une pile

1. On a besoin d'un ampèremètre pour mesurer l'intensité du courant électrique qui traverse la pile et d'un voltmètre qui mesure la tension à ses bornes.



2. a.

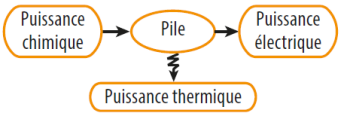


2. b. La résistance r de la pile est égale à l'opposé du coefficient directeur de la caractéristique $U = f(I)$.
En prenant deux points de la droite éloignés de coordonnées A(0 ;8,95) et B(260×10^{-3} ; 8,30), on peut écrire :
Coefficient directeur :

$$\frac{U_A - U_B}{I_A - I_B} = \frac{8{,}95\ \text{V} - 8{,}30\ \text{V}}{0\ \text{A} - 260 \times 10^{-3}\ \text{A}} = -2{,}5\ \text{V}\cdot\text{A}^{-1} \text{ d'où } r = 2{,}5\ \Omega.$$

La force électromotrice de la pile correspond à l'ordonnée à l'origine de la caractéristique : $E = U(0) = 8{,}95$ V.

3.



4. Le rendement a pour expression $\eta = \frac{\mathcal{P}_{\text{exploitable}}}{\mathcal{P}_{\text{entrée}}}$. La puissance d'entrée pour la pile est une puissance chimique et la puissance exploitable une puissance électrique.

Il vient $\eta = \frac{\mathcal{P}_{\text{électrique}}}{\mathcal{P}_{\text{chimique}}} = \frac{U \times I}{E \times I} = \frac{U}{E}$ et

$U = E - r \times I$ soit $U = 8{,}95\ \text{V} - 2{,}5\ \Omega \times 40 \times 10^{-3}\ \text{A} = 8{,}85$ V.
La tension U aux bornes de la pile lorsque cette dernière est traversée par un courant d'intensité I égale à 40 mA peut-être lue sur graphique de la question **2. a.** On lit également, $U = 8{,}85$ V.

$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{8{,}85\ \text{V}}{8{,}95\ \text{V}} = 0{,}986 \text{ donc } \eta = 98{,}6\ \%$$

20 Batterie d'un téléphone portable

| Extraire et exploiter des informations.

L'image ci-contre est celle d'une batterie de téléphone portable.

1. Quelle est la tension d'alimentation du téléphone portable ?

2. Que signifie l'indication « 1 900 mAh » ?

3. a. Déterminer l'intensité moyenne du courant débité par cette batterie dans le cas d'une autonomie de 8,00 h.

b. Calculer alors la puissance électrique disponible aux bornes de la batterie.

20 Batterie d'un téléphone portable

1. La tension d'alimentation du téléphone portable est 3,7 V.

2. L'indication « 1 900 mAh » est le résultat d'une intensité, ici exprimée en mA, multipliée par une durée, ici exprimée en heure. C'est donc une charge électrique, $Q = I \times \Delta t$, « stockée » dans la batterie.

3. a. $I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{1900\ \text{mA}\cdot\text{h}}{8{,}00\ \text{h}} = 238$ mA.

L'intensité moyenne du courant qui traverse cette batterie dans le cas d'une autonomie de 8,00 h est 238 mA.

3. b. $\mathcal{P} = U \times I = 3{,}7\ \text{V} \times 238 \times 10^{-3}\ \text{A} = 0{,}88$ W.

La puissance électrique disponible aux bornes de la batterie est 0,88 W.

22 CORRIGÉ Rendement d'un moteur de voiture

| Mobiliser ses connaissances, effectuer des calculs.

Le marché de l'automobile électrique est en pleine expansion. Le moteur électrique d'un véhicule est alimenté par des batteries d'accumulateurs délivrant une énergie électrique de 41 kW·h. Le rendement du moteur électrique est proche de 80 %.

1. Schématiser la chaîne de puissance du moteur de l'automobile.

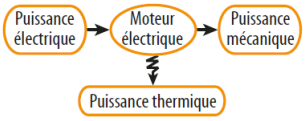
2.a. Exprimer le rendement η en fonction des puissances d'entrée et exploitable.

b. En utilisant la relation entre puissance et énergie, établir l'expression du rendement η en fonction des énergies.

3. Calculer l'énergie exploitable fournie par le moteur.

22 CORRIGÉ Rendement d'un moteur de voiture

1.



2. a. $\eta = \dfrac{\mathcal{P}_{\text{exploitable}}}{\mathcal{P}_{\text{entrée}}}$

Pour le convertisseur, ici le moteur électrique, la puissance d'entrée est une puissance électrique. La puissance exploitable est une puissance mécanique.

Donc $\eta = \dfrac{\mathcal{P}_{\text{mécanique}}}{\mathcal{P}_{\text{électrique}}}$.

2. b. Sachant que $\mathcal{E} = \mathcal{P} \times \Delta t$, $\eta = \dfrac{\mathcal{P}_{\text{mécanique}} \times \Delta t}{\mathcal{P}_{\text{électrique}} \times \Delta t} = \dfrac{\mathcal{E}_{\text{mécanique}}}{\mathcal{E}_{\text{électrique}}}$.

3. On trouve : $\mathcal{E}_{\text{mécanique}} = \eta \times \mathcal{E}_{\text{électrique}} = 0{,}80 \times 41\ \text{kW}\cdot\text{h} = 33\ \text{kW}\cdot\text{h}$.
L'énergie exploitable fournie par le moteur, ici l'énergie mécanique, est 33 kW · h.

23 Évaluation d'incertitudes

Fiche 2, p. 361

Estimer une incertitude de mesure ; écrire un résultat de manière adaptée.

On souhaite mesurer la puissance électrique reçue par une lampe en fonctionnement.
On utilise pour cela deux multimètres identiques dont la notice fait ressortir les indications suivantes :

	Voltmètre	Ampèremètre
Calibre	20 V	200 mA
Précision	0,3 %	1,0 %

Réglé sur le calibre « 20 V », le voltmètre affiche une tension $U = 5{,}75$ V aux bornes de la lampe. Réglé sur le calibre « 200 mA », l'ampèremètre affiche une intensité $I = 193$ mA pour le courant électrique la traversant.

1. Évaluer les incertitudes-types $u(U)$ et $u(I)$.

2. Exprimer U et I sous la forme d'un encadrement.

3. Déterminer la puissance électrique $\mathcal{P}_{\text{élec}}$ reçue par la lampe.

4. Une évaluation permet d'estimer l'incertitude sur la puissance reçue $u(\mathcal{P}_{\text{élec}}) = 0{,}01$ W.
Écrire $\mathcal{P}_{\text{élec}}$ sous la forme d'un encadrement.

Donnée

- L'incertitude-type sur une grandeur G mesurée à l'aide d'un appareil, dont la précision est p%, est $u(G) = \dfrac{p\% \times G_{\text{mes}}}{\sqrt{3}}$

23 Évaluation d'incertitudes

1. $u(U) = \dfrac{0{,}3\% \times 5{,}75\ \text{V}}{\sqrt{3}} = 0{,}01$ V.

$u(I) = \dfrac{1{,}0\% \times 193\ \text{mA}}{\sqrt{3}} = 1$ mA.

Remarque : dans ce cas ($u(I) = 1{,}114$ mA), un arrondi par excès à 2 mA serait exagéré.

2. $U = (5{,}75 \pm 0{,}01)$ V ou $5{,}74\ \text{V} \leqslant U \leqslant 5{,}76$ V.
$I = (193 \pm 1)$ mA ou $192\ \text{mA} \leqslant I \leqslant 194$ mA.

3. $\mathcal{P}_{\text{élec}} = U \times I = 5{,}75\ \text{V} \times 193 \times 10^{-3}\ \text{A} = 1{,}11$ W

4. $\mathcal{P}_{\text{élec}} = (1{,}11 \pm 0{,}01)$ W ou $1{,}10\ \text{W} \leqslant \mathcal{P}_{\text{él}} \leqslant 1{,}12$ W.

24 Vélo à assistance électrique

Extraire et exploiter l'information.

Un vélo à assistance électrique est composé d'une batterie Li-Ion qui alimente un moteur électrique. La notice fait apparaître les informations suivantes :

> Moteur : 36 V – puissance électrique 500 W
> Rendement 78 % en fonctionnement optimal de l'assistance
> Batterie : capacité 10 A·h

1. Quelle est l'intensité du courant électrique fourni par la batterie lorsque l'assistance électrique est en fonction ?

2. Déterminer la puissance mécanique disponible à la sortie du moteur.

3. En déduire la puissance perdue par le moteur.

4. Que signifie « capacité 10 A · h » ?

5. Quelle sera la durée d'utilisation de l'assistance électrique ?

Donnée

- 1 A · h = 1 A × 1 h

24 Vélo à assistance électrique

1. $I = \dfrac{\mathcal{P}_{\text{élec}}}{U}$ avec $U = 36$ V et $\mathcal{P}_{\text{élec}} = 500$ W.

Il vient $I = \dfrac{500\ \text{W}}{36\ \text{V}} = 14$ A.

Lorsque l'assistance électrique est en fonction, l'intensité du courant électrique fourni par la batterie est 14 A.

2. La puissance d'entrée du moteur est la puissance électrique de 500 W. La puissance exploitable est la puissance mécanique. Le rendement $\eta = 0{,}78$ ou 78%.
Il vient $\mathcal{P}_{\text{méc}} = \eta \times \mathcal{P}_{\text{élec}} = 0{,}78 \times 500\ \text{W} = 390$ W.

3. La puissance d'entrée du moteur est convertie en puissance mécanique ou puissance exploitable et en puissance thermique ou puissance perdue.
On peut donc écrire que la puissance dissipée vaut :
$\mathcal{P}_J = \mathcal{P}_{\text{élec}} - \mathcal{P}_{\text{méc}} = 500\ \text{W} - 390\ \text{W} = 110$ W.

4. 10 A · h est le résultat d'une intensité I exprimée en ampère par une durée Δt exprimée en heure.
Or $I \times \Delta t = Q$; 10 A · h est donc la quantité d'électricité « stockée » dans la batterie.

5. Avec $I = 14$ A, on en déduit : $\Delta t = \dfrac{Q}{I} = \dfrac{10\ \text{A}\cdot\text{h}}{14\ \text{A}} = 0{,}71$ h.

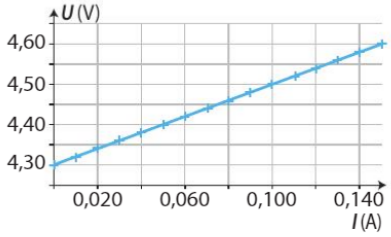
La durée d'utilisation de l'assistance électrique est 0,71 h ou 43 min.

28 Une grue en jouet

30 min

Exploiter un graphique ; effectuer des calculs ; faire un schéma adapté.

On a tracé la caractéristique $U = f(I)$ du moteur électrique à courant continu du treuil d'un jouet.



1. Montrer que la tension U aux bornes du moteur s'exprime en fonction de I par une relation de la forme $U = r \times I + E'$. Utiliser le réflexe 3

2. Déterminer la résistance interne r et la force contre-électromotrice E' du moteur. Utiliser le réflexe 3

3. La grue soulève une charge de masse $m = 50{,}0$ g d'une hauteur $h = 50{,}0$ cm en une durée $\Delta t = 3{,}00$ s. L'intensité du courant qui traverse le moteur du treuil est alors $I = 0{,}100$ A.

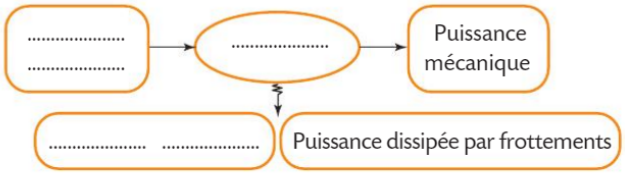
a. Déterminer la tension U aux bornes du moteur.

b. Calculer l'énergie électrice $\mathscr{E}_{élec}$ reçue par le moteur.

c. Calculer l'énergie $\mathscr{E}_J$ dégradée par effet Joule.

d. Calculer l'énergie mécanique minimale $\mathscr{E}_{méca}$ nécessaire pour soulever la charge de masse m de la hauteur h.

4. Compléter le schéma de la chaîne de puissance de ce moteur. Utiliser le réflexe 2



5. Déterminer le rendement minimal du moteur du treuil du jouet. Utiliser le réflexe 2

Données

- Intensité de pesanteur $g = 9{,}81$ N·kg^{-1}
- Énergie mécanique reçue par un objet, de masse m dont l'altitude varie de la hauteur h : $\mathscr{E}_{méca} = m \times g \times h$

28 CORRIGÉ Une grue en jouet (30 min)

1. La caractéristique $U = f(I)$ est représentative d'une fonction affine telle que $U = r\,I + E'$ où r est le coefficient directeur de la droite et E' l'ordonnée à l'origine.

2. Soient deux points de la droite éloignés de coordonnées A(0 ;4,30) et B(0,10 ;4,50).

On a : $r = \dfrac{U_A - U_B}{I_A - I_B} = \dfrac{4{,}30\ \text{V} - 4{,}50\ \text{V}}{0\ \text{A} - 0{,}10\ \text{A}} = 2{,}0\ \Omega$.

On relève $E' = 4{,}3$ V.

La caractéristique du moteur de cette grue s'écrit $U = 2{,}0\,I + 4{,}3$.

3. a. D'après la caractéristique du moteur, avec $I = 0{,}100$ A il vient $U = 2{,}0\ \Omega \times 0{,}100\ \text{A} + 4{,}3\ \text{V} = 4{,}5$ V.

On relève également $U = 4{,}50$ V par lecture graphique.

b. $\mathscr{E}_{élec} = U \times I \times \Delta t = 4{,}5\ \text{V} \times 0{,}100\ \text{A} \times 3{,}00\ \text{s} = 1{,}4$ J.

Le moteur reçoit une énergie de 1,4 J.

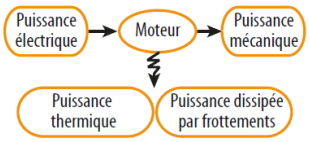
c. $\mathscr{E}_J = r \times I^2 \times \Delta t = 2{,}0\ \Omega \times 0{,}100^2\ \text{A}^2 \times 3{,}00\ \text{s} = 6{,}0 \times 10^{-2}$ J.

L'énergie dégradée par effet Joule est $6{,}0 \times 10^{-2}$ J.

d. Pour soulever la charge, il faut fournir au minimum l'énergie égale à

$\mathscr{E}_{méca} = m \times g \times h = 50{,}0 \times 10^{-3}\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{N·kg}^{-1} \times 0{,}500\ \text{m} = 0{,}245$ J.

4.



5. Par définition, le rendement est : $\eta = \dfrac{\mathscr{P}_{exploitable}}{\mathscr{P}_{entrée}}$

$P_{exploitable} = P_{méca} = \dfrac{\mathscr{E}_{méca}}{\Delta t}$

et $P_{entrée} = P_{élec} = \dfrac{\mathscr{E}_{élec}}{\Delta t}$

Il vient $\eta = \dfrac{\mathscr{E}_{méca}}{\mathscr{E}_{élec}} = \dfrac{0{,}245\ \text{J}}{1{,}4\ \text{J}} = 0{,}18$ ou 18%.