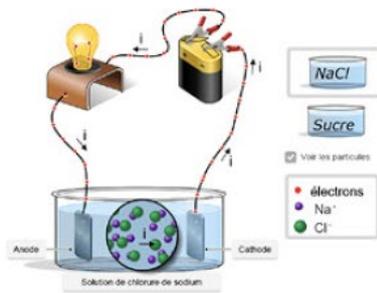


1 Le courant électrique

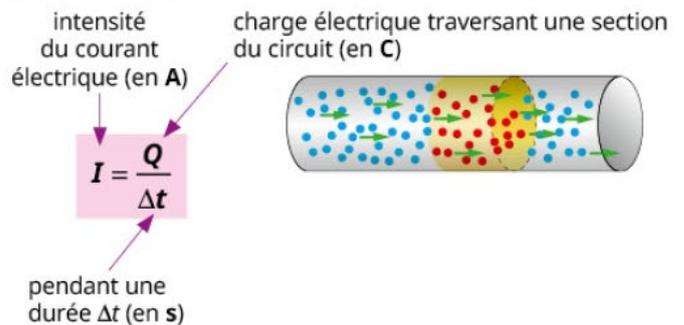
Les conducteurs contiennent des **porteurs de charges** libres de se déplacer : les électrons libres dans les métaux, les ions dans les solutions.



Conduction électrique dans les solutions.

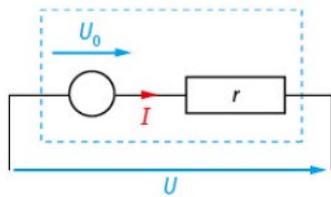
Lorsqu'ils sont soumis à une tension électrique, les porteurs de charges se déplacent de façon **ordonnée**.

Le **débit de charges électriques** est appelé **intensité du courant électrique** :

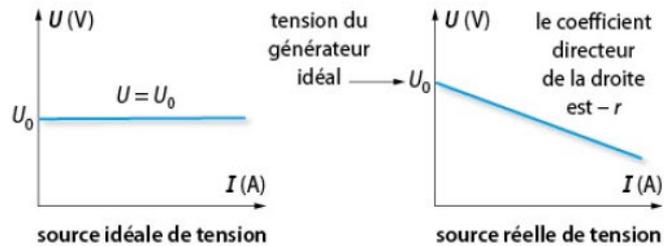


2 Source réelle de tension

Une **source réelle de tension U** est modélisée par l'association en série d'une **source idéale de tension U_0** et d'une résistance appelée **résistance interne r** .

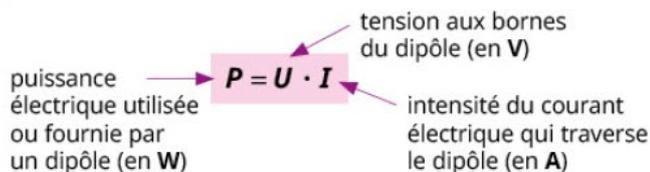


Alors qu'une source de tension idéale délivre toujours une même tension, quelle que soit l'intensité du courant qui lui est demandée, la caractéristique d'une source réelle de tension n'est pas horizontale :



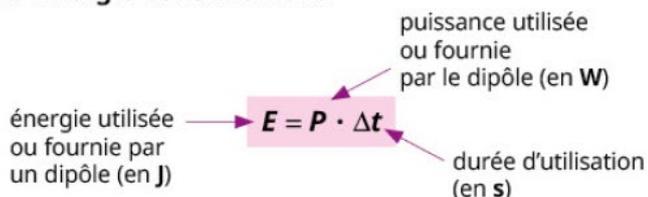
3 Puissance et énergie

Puissance d'un dipôle

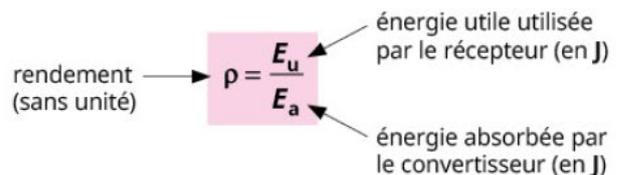
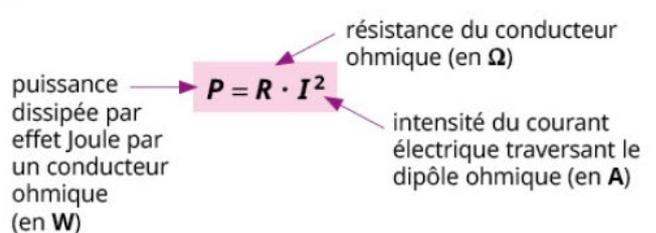


Dans un circuit, la puissance fournie par la source de tension est égale à la somme des puissances utilisées par les dipôles passifs du circuit.

Énergie et rendement



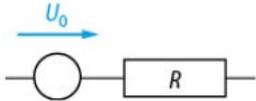
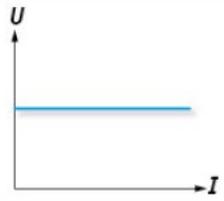
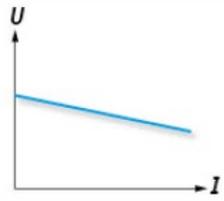
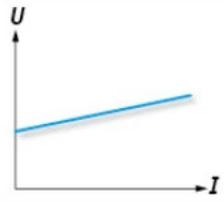
Cas des conducteurs ohmiques



1 Le courant électrique

	A	B	C
1 Dans la matière, les particules qui conduisent le courant électrique sont :	neutres.	chargées électriquement.	uniquement des électrons.
2 L'intensité du courant électrique correspond :	à la vitesse des charges électriques.	à l'énergie.	au débit des charges électriques.
3 L'intensité du courant électrique s'exprime en ampère (de symbole A). L'unité équivalente est :	le coulomb × seconde (de symbole C · s).	le coulomb ÷ seconde (de symbole C · s ⁻¹).	le coulomb par mètre carré (de symbole C · m ⁻²).

2 Source réelle de tension

	A	B	C
4 Si on veut modéliser une source réelle de tension :	on associe une source de tension idéale et une résistance en série.	on associe une source de tension idéale et une résistance en dérivation.	on peut utiliser la modélisation suivante : 
5 La caractéristique intensité-tension d'un générateur de tension réelle est la suivante :			

3 Puissance et énergie

	A	B	C
6 La formule pour calculer la puissance est :	$P = \frac{U}{I}$	$P = \frac{I}{U}$	$P = U \cdot I$
7 L'expression de la puissance dissipée par effet Joule est :	$P = R \cdot I$	$P = \frac{R}{I^2}$	$P = R \cdot I^2$
8 L'énergie convertie par un dispositif :	est proportionnelle à la puissance et à la durée d'utilisation du dispositif.	a pour expression $E = P \cdot t$	a pour expression $E = \frac{P}{t}$
9 Le rendement d'un convertisseur :	est inférieur ou égal à 1.	a pour expression $\rho = \frac{E_a}{E_u}$	a pour expression $\rho = \frac{E_u}{E_a}$

DONNÉES

- ▶ Charge de l'électron : $e = -1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
- ▶ Constante d'Avogadro : $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

11 Quantités de charges électriques

Un fil de cuivre est traversé par un courant électrique d'intensité 0,10 A.

1. Quelle charge (en coulomb) traverse une section de fil en une minute ?
2. Combien d'électrons sont nécessaires pour obtenir cette charge ? (Exprimer le résultat en moles.)

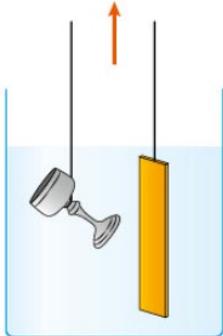
12 Batterie de voiture

La capacité d'une batterie de voiture permet de connaître le nombre de charges potentielles qu'elle est capable de mettre en mouvement. Une batterie, pour un petit moteur diesel, a une capacité de 72 A.h (ampères-heures). Cela signifie que cette batterie pourra délivrer un courant continu d'une intensité de 72 A pendant 1 h.

1. En déduire la charge totale mise en mouvement par la batterie.
2. À combien d'électrons cela correspond-il ? (Exprimer le résultat en moles.)

14 Dépôts par électrolyse

Vers les bornes d'une source électrique de tension



Une des techniques pour argenter les métaux consiste à déposer le métal argent grâce à un courant électrique.

La pièce métallique, reliée à l'une des bornes d'un générateur, est plongée dans une solution contenant des ions Ag^+ . Une autre borne est immergée dans la solution pour fermer le circuit. Les ions Ag^+ viennent au contact du métal à argenter, ils gagnent un électron et se transforment en atome d'argent Ag qui se dépose à la surface.

Donnée : $M_{\text{Ag}} = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1. a. Quelle est la charge, en coulomb, d'un ion Ag^+ ?
b. À quelle borne du générateur est reliée la pièce à argenter ?
2. Il s'est déposé 5,0 mg d'argent en 7 min 30 s d'expérience.
a. À quelle quantité de matière d'ion Ag^+ cela correspond-il ?
b. En déduire la charge, en coulomb, qui a été débitée dans le circuit.
c. En déduire l'intensité moyenne du courant électrique durant l'expérience.

16 Source de tension modélisée

On considère une source de tension réelle dont la tension à vide est de 4,5 V et de résistance interne de 2 Ω .

1. Faire un schéma de l'équivalent électrique d'un tel générateur.
2. Qu'est-ce qu'une source idéale de tension ?
3. Représenter la caractéristique intensité-tension de la source réelle de tension pour des intensités de courants comprises entre 0 et 200 mA.

17 Caractéristique d'une pile



Lorsqu'une pile débite un courant électrique d'intensité 200 mA, la tension à ses bornes vaut 8,7 V et lorsque rien n'est branché à ses bornes, la tension électrique aux bornes de cette pile est de 9,0 V.

1. Qu'appelle-t-on tension « à vide » d'une pile ? Quelle est sa valeur pour la pile décrite ?

2. À partir de ces informations, construire la caractéristique intensité-tension de la

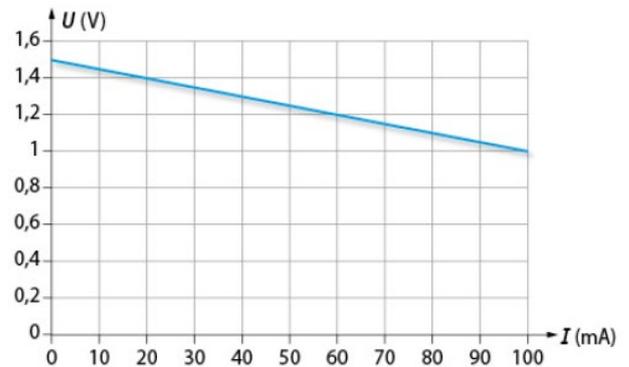
pile pour des intensités de courants comprises entre 0 et 500 mA.

3. En déduire la valeur de la résistance interne de la pile.

18 À partir de la caractéristique intensité-tension

On donne la caractéristique intensité-tension d'un générateur réel de tension.

1. Modéliser une source réelle de tension avec un schéma électrique.



2. Déduire du graphique la tension à vide de la source réelle de tension et la résistance interne de la source réelle de tension.

19 Pile et résistance interne

Une pile a une tension à vide de 1,5 V et une résistance interne de 1,5 Ω .

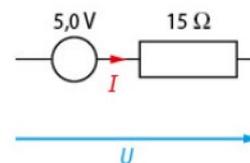
1. Construire la caractéristique intensité-tension d'une telle pile pour des intensités de courant électrique comprises entre 0 et 250 mA.

2. Quelle est la conséquence de la présence d'une résistance interne dans une source réelle de tension ?

3. Sans faire de calcul, tracer sur le même graphique l'allure de la caractéristique intensité-tension d'une pile de même tension à vide mais de résistance interne de 3 Ω .

21 Du schéma à la caractéristique

On propose le schéma de l'équivalent électrique d'une source réelle de tension suivant :



1. Tracer la caractéristique intensité-tension de cette source de tension pour des intensités comprises entre 0 et 100 mA.
2. Quelle est la tension aux bornes de la source réelle de tension quand l'intensité du courant est égale à 20 mA ?
3. Pour quelle intensité du courant électrique la tension aux bornes de la source est de 4,4 V ?

23 Entre le générateur et les lampes

Un générateur de tensions $U = 4,5 \text{ V}$ alimente deux lampes L_1 et L_2 en série dont la tension à leur bornes vaut respectivement de 3,2 V et 1,3 V. Le circuit est traversé par un courant électrique d'intensité $I = 200 \text{ mA}$.

1. Calculer la puissance délivrée par le générateur et celle reçue par chacune des lampes.
2. Comparer la somme des puissances des lampes à la puissance délivrée par le générateur. Conclure.

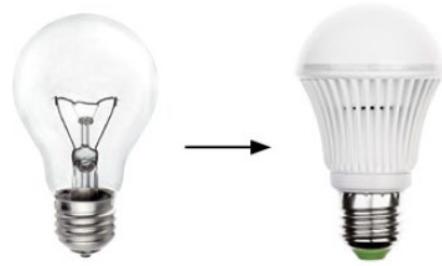
24 Même un petit fil, ça chauffe !

CALCUL MENTAL

Un fil conducteur est parcouru par un courant électrique d'intensité $I = 1,0 \text{ A}$. Il dissipe par effet Joule une puissance $P = 10 \text{ mW}$ sous forme de chaleur.

1. Calculer sa résistance électrique.
2. Si on veut que la puissance dissipée par effet Joule soit multipliée par 4, quelle doit être l'intensité du courant électrique qui doit traverser ce même fil ?

25 Comparaison de lampes

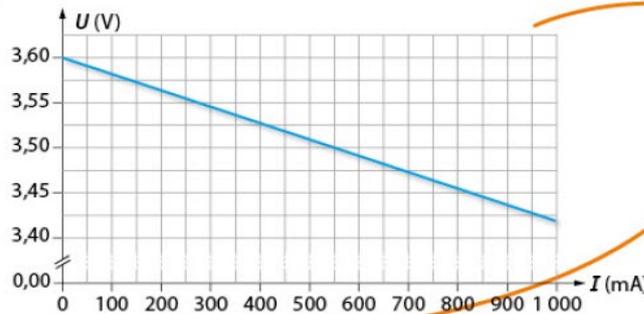


Les anciennes lampes à filament qui ne sont plus commercialisées avaient un rendement d'environ 2,0 %.

1. Pour une lampe à filament de 75,0 W utilisée pendant une heure, calculer l'énergie dissipée sous forme de chaleur et celle fournie sous forme de lumière.
2. Les lampes DEL actuellement commercialisée qui produisent la même puissance lumineuse ont une puissance électrique de seulement 6,0 W. Calculer le rendement d'une telle lampe sur une heure.
3. Calculer le rendement électrique sur 30 minutes d'utilisation. Que remarque-t-on ?

28 Batterie lithium-ion

À l'heure actuelle, la batterie lithium-ion est la plus utilisée pour les appareils nomades (téléphones portables, ordinateurs, etc.). La caractéristique intensité-tension d'une telle batterie est représentée ci-contre. La densité énergétique en réactif lithium est de $50 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$.



1. **Déterminer** la tension à vide de la pile ainsi que sa résistance interne.
2. a. On considère une batterie contenant 0,97 g de lithium. Si on néglige sa résistance interne, déterminer l'autonomie de la batterie dans le cas où elle débite un courant de 250 mA.
b. **Déterminer** la puissance dissipée par effet Joule dans la batterie. **En déduire** le rendement de la batterie.

LES CLES DE L'ÉNONCÉ

- ▶ La **caractéristique intensité-tension** donne toutes les informations sur la source de tension.
- ▶ La **densité énergétique**, d'après son unité, est la quantité d'énergie libérable en kJ pour 1 g de lithium.

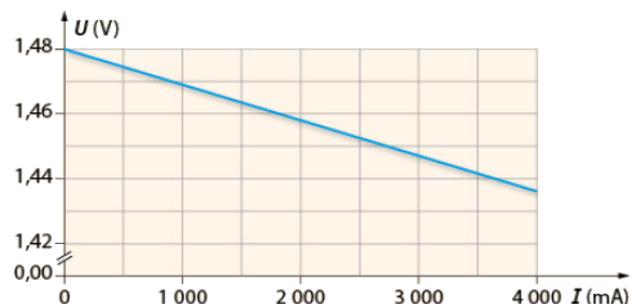
LES QUESTIONS À LA LOUPE

- ▶ **Déterminer** : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- ▶ **En déduire** : intégrer les résultats précédents pour répondre.

29 La pile à combustible

La pile à combustible sera peut-être, entre autre, la source d'énergie des voitures du futur. Son énergie provient de la réaction chimique : $\text{O}_2 (\text{g}) + 2 \text{H}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} (\ell)$ qui produit 285 kJ d'énergie par mole de dihydrogène consommé. Sa caractéristique intensité-tension est représentée ci-contre.

1. a. Quelle est l'énergie libérée par la réaction chimique pour 1,5 kmol de dihydrogène ?
b. Pour un véhicule roulant à $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, la batterie fournit une puissance de 45 kW. Combien de temps le véhicule peut-il rouler dans ces conditions ?
2. a. Si le courant électrique vaut 2,25 A, déterminer la puissance électrique correspondant au générateur idéal de la pile à combustible.
b. Déterminer la puissance dissipée par effet Joule. En déduire le rendement de la pile à combustible.



30 Électrolyseur pour piscine



L'eau des piscines « à sel » contient 4 g de chlorure de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) par litre d'eau. L'électrolyseur est constitué d'un générateur de tension relié à deux plaques parallèles immergées dans l'eau. Le générateur impose une tension de 4,0 V entre les plaques. L'eau se trouvant entre les plaques est alors traversée par un courant électrique d'intensité égale à 12 A. Au niveau de l'une des plaques, la production d'une molécule de dichlore produit 2 électrons.

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- ▶ Les **espèces présentes** dans l'eau sont porteurs de charges.
- ▶ Les principales **grandeurs électriques** sont données.
- ▶ Le **nombre d'électrons** mis en jeu par dichlore formé est cité.

Le dichlore formé sera utilisé pour désinfecter l'eau de la piscine.

Données : Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Charge d'un électron : $e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

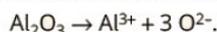
1. **Expliquer** pourquoi l'eau de cette piscine permet le passage d'un courant électrique d'intensité aussi importante au niveau de l'électrolyseur.
2. a. L'électrolyse dure 5,0 h. **Déterminer** la charge totale qui a circulé pendant cette durée.
- b. **En déduire** le nombre de moles de dichlore fabriquées.
- c. **Déterminer** l'énergie mise en jeu lors de cette électrolyse.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

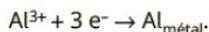
- ▶ **Expliquer** : Donner une justification à une observation ou une affirmation.
- ▶ **Déterminer** : Mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- ▶ **En déduire** : intégrer les résultats précédents pour répondre.

31 Fabrication industrielle de l'aluminium

La fabrication de l'aluminium se fait industriellement à partir d'alumine Al_2O_3 dissoute dans un bain fluoré. La réaction suivante a lieu dans le bain :



La cuve dans lequel se trouve le bain est soumise à une tension de 4,20 V. Elle est traversée par un courant électrique de $3,5 \times 10^5 \text{ A}$. Dans l'usine de Dunkerque, 360 cuves sont alimentées en même temps, multipliant la puissance utilisée. Une énergie de $4,86 \times 10^{10} \text{ J}$ est nécessaire pour fabriquer une tonne d'aluminium, selon la réaction :



1. Expliquer pourquoi le bain de la cuve permet le passage d'un courant électrique d'intensité aussi importante au sein de celle-ci.
2. a. Déterminer la puissance totale fournie aux 360 cuves.
- b. En déduire la durée de la production d'une tonne d'aluminium.
- c. Déterminer la charge totale ayant circulé dans une cuve pendant cette durée.

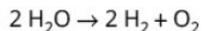


33 Électrolyse de l'eau



Deux électrodes de platine sont plongées dans une solution aqueuse contenant des ions. Ces électrodes sont reliées à une source de tension électrique.

L'énergie apportée à la solution permet de faire la transformation chimique suivante :



La production de 0,10 mol de dihydrogène nécessite en théorie 28,5 kJ d'énergie.

1. À quoi servent les ions dans la solution aqueuse ?

2. a. La tension étant de 1,48 V, quelle intensité électrique doit-on fournir pendant 1,00 h pour fabriquer 0,10 mol de dihydrogène ? On négligera les pertes énergétiques.
- b. Calculer, en moles, le nombre d'électrons ayant circulés dans le circuit pendant la durée de l'expérience.

3. En réalité, la solution se comporte comme un conducteur ohmique de résistance $R = 1,14 \times 10^{-2} \Omega$.

- a. Sous quelle forme sera dissipée une partie de l'énergie ?
- b. Calculer la valeur de cette énergie dissipée dans les conditions de tension et d'intensité données à la question 2.
- c. Calculer le rendement énergétique de la transformation dans les mêmes conditions.

35 Electroformage

L'électroformage consiste à fabriquer une pièce en métal par déposition électrolytique sur un substrat bien choisi. On désire fabriquer un cylindre de zinc par cette technique. On immerge le substrat dans une solution concentrée d'ions Zn^{2+} . On relie le substrat à la borne \ominus d'un générateur de tension. On plonge dans la même solution une barre de zinc reliée à la borne \oplus du générateur.

Donnée : $M_{\text{Zn}} = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

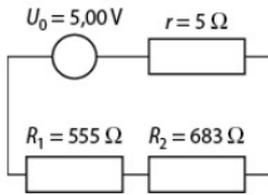
1. a. On dépose 50 mg de zinc en 20,0 min. Combien de moles d'électrons ont été nécessaires pour transformer les ions Zn^{2+} en atomes Zn ?
- b. À quelle charge électrique cela correspond-il ?
- c. Montrer que l'intensité du courant électrique moyen qui a circulé pendant la charge électrique est d'environ 120 mA.
2. La résistance interne de la solution est de 35 Ω . En déduire l'énergie dissipée sous forme de chaleur par effet Joule.

JE VÉRIFIE QUE L'AL...

- ▶ exprimé le temps en secondes ;
- ▶ tenu compte du nombre de charge de l'ion Zn^{2+} .

37 Série ou dérivation ?

On considère le montage suivant :



1. a. Exprimer en fonction de l'intensité I qui circule dans le circuit :

- la puissance délivrée par la source de tension réelle ;
- la puissance dissipée par effet Joule dans chacune des deux résistances R_1 et R_2 .

b. En déduire une expression de l'intensité I qui traverse le circuit électrique.

c. Calculer I .

d. Calculer le rendement énergétique de la source de tension.

2. Cette fois-ci, les résistances R_1 et R_2 sont branchées en dérivation. Les puissances dissipées par R_1 et R_2 sont respectivement de 43,6 mW et 35,4 mW.

a. En déduire la valeur de l'intensité du courant électrique qui traverse la source réelle de tension. (Remarque : $I < 20 \text{ mA}$.)

b. En déduire le rendement énergétique de la source réelle de tension.

40 Batterie de voiture

électrique DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

Une voiture électrique est capable de parcourir 400 km à la vitesse constante de $110 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ en développant 67 ch de puissance. Le rendement du moteur électrique est de 95 %. Les batteries de cette voiture délivrent une tension de 350 V.

Donnée : $1 \text{ ch} = 745,7 \text{ W}$

DÉMARCHE AVANCÉE

Calculer l'énergie délivrée par ces batteries ainsi que leur capacité en coulomb.

DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

- a. Calculer la puissance du moteur en watt.
b. Calculer la durée du trajet.
c. En déduire l'énergie convertie par le moteur durant le trajet.
d. Quelle énergie a été réellement délivrée par les batteries ?
- a. Quelle est la puissance électrique délivrée par la batterie ?
b. En déduire l'intensité du courant électrique délivrée par les batteries.
c. Quelle est la charge totale qui a circulé dans le circuit d'alimentation du moteur électrique pendant la durée du trajet ?

41 Charge et décharge d'un accumulateur

Lorsqu'un accumulateur se charge, il converti de l'énergie fournie par une source électrique en énergie chimique. Une part de l'énergie reçue est dissipée par effet Joule.

D'un autre point de vue, tout se passe comme si l'accumulateur stockait des charges électriques afin de les libérer lors de sa décharge.

Pour recharger complètement un accumulateur, il faut lui fournir une énergie de 2 590 J. Pour cela, si on l'alimente par un courant constant, d'intensité $I = 75,0 \text{ mA}$, il faudra une durée de charge de 8,00 h. La résistance interne de cet accumulateur est de $3,20 \Omega$.

1. a. Donner l'expression de l'énergie dissipée par effet Joule au bout d'une durée Δt .

b. Calculer l'énergie dissipée par effet Joule dans l'accumulateur.

2. Déterminer le rendement lors de la charge complète de l'accumulateur.

3. Quelle est la charge électrique accumulée pendant la phase de charge ?

4. a. Lors de la décharge de l'accumulateur, l'énergie chimique est libérée sous forme d'énergie utilisable dans un circuit électrique. Si le rendement de cette conversion est le même que précédemment, quelle énergie récupère-t-on ?

b. Quel est le rendement pour un cycle complet (charge et décharge) ?

42 Rendement énergétique du transport électrique

Les câbles utilisés pour le transport de l'électricité à haute-tension possèdent une résistance électrique. Un câble de 100 km a une résistance de $5,0 \Omega$. À la sortie d'une centrale électrique, un transformateur élève la tension électrique à 400 kV, à puissance constante, afin de transporter l'énergie dans les câbles à haute-tension. L'intensité du courant électrique circulant dans les câbles est alors égale à 50 A.

1. a. On assimile le transformateur à une source idéale de tension. Faire un schéma équivalent de l'ensemble transformateur + câbles de transport.

b. Expliquer les conséquences de la résistance électrique des câbles à haute tension.

2. a. Calculer la puissance à la sortie du transformateur.

b. Calculer la puissance des pertes par effet Joule lors du transport sur 100 km.

c. En déduire le rendement en bout de ligne, après un transport sur 100 km.

3. Imaginons que la tension ne soit que de 100 kV durant le transport de l'énergie.

a. La puissance au départ restant la même, calculer l'intensité du courant électrique dans la ligne de transport.

b. Reprendre les questions 2.b. et 2.c. avec ces nouvelles données. Conclure.