

Aspects énergétiques des phénomènes électriques

LE PROGRAMME

1. Aspects énergétiques des phénomènes électriques

L'électricité est un domaine très présent au travers de ses multiples applications et riche, tant d'un point de vue conceptuel, que méthodologique et expérimental.

Dans la continuité du programme de seconde, cette partie met l'accent sur l'utilisation de dipôles électriques simples pour modéliser le comportement de systèmes électriques utilisés dans la vie quotidienne ou en laboratoire : générateurs, dont les piles, et capteurs. En évitant soigneusement toute confusion entre les concepts d'électricité et d'énergie, l'enjeu est d'analyser quelques situations typiques à l'aide de concepts énergétiques préalablement construits, notamment au collège. L'électricité est en effet un thème propice à l'étude de bilans énergétiques. La problématique de l'efficacité d'une conversion énergétique, fondamentale pour les enjeux environnementaux, est également abordée.

L'application de ces notions renvoie à de nombreux secteurs d'activités : télécommunications, transports, environnement, météorologie, santé, bioélectricité, etc. Dans tous ces domaines, des capteurs très divers, associés à des circuits électriques, sont utilisés pour mesurer des grandeurs physiques. Le programme permet d'aborder toutes ces applications avec un point de vue énergétique. La mise en œuvre de cette partie du programme est l'occasion d'utiliser des multimètres, des microcontrôleurs associés à des capteurs, des smartphones, des cartes d'acquisitions, des oscilloscopes, etc.

Notions abordées au collège (cycle 4) et en seconde
Énergie, puissance, relation entre puissance et énergie, identification des sources, transferts et conversions d'énergie, bilan énergétique pour un système simple, conversion d'un type d'énergie en un autre. Tension, intensité, caractéristique tension-courant, loi d'Ohm, capteurs.

| Notions et contenus | Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i> |
|---|--|
| Porteur de charge électrique. Lien entre intensité d'un courant continu et débit de charges. | Relier intensité d'un courant continu et débit de charges. |
| Modèle d'une source réelle de tension continue comme association en série d'une source idéale de tension continue et d'une résistance. | Expliquer quelques conséquences pratiques de la présence d'une résistance dans le modèle d'une source réelle de tension continue. <i>Déterminer la caractéristique d'une source réelle de tension et l'utiliser pour proposer une modélisation par une source idéale associée à une résistance.</i> |
| Puissance et énergie. Bilan de puissance dans un circuit. Effet Joule. Cas des dipôles ohmiques. Rendement d'un convertisseur. | Citer quelques ordres de grandeur de puissances fournies ou consommées par des dispositifs courants. Définir le rendement d'un convertisseur. <i>Évaluer le rendement d'un dispositif.</i> |

POUR VÉRIFIER LES ACQUIS

■ p. 246

SITUATION 1

Il s'agit de vérifier que l'élève sait que le courant électrique est le même en tout point d'une branche d'un circuit et plus particulièrement pour vérifier que

le concept erroné « d'épuisement du courant électrique » n'est pas ancré dans l'esprit des élèves.

► Exemple de réponse attendue

Pour mesurer l'intensité du courant électrique qui traverse L, on peut brancher l'ampèremètre à 3 endroits différents : entre le point A et L, entre L

et R_2 et entre R_2 et le point B. En effet, l'intensité du courant électrique est la même en chaque point d'une branche d'un circuit électrique.

► En classe de première

La mesure de l'intensité du courant électrique à l'aide d'un ampèremètre est incontournable de l'étude des circuits. L'élève ne doit plus se poser la question de positionner l'ampèremètre avant ou après le dipôle étudié. Cette compétence est réinvesti dans les **activités 2 et 4**, traitant respectivement de la caractéristique des dipôles et des puissances électriques.

SITUATION 2

Il s'agit de vérifier que l'élève sait ce qu'est la caractéristique d'un dipôle électrique, puisque cette notion est présentée en classe de seconde. Cette représentation étant proposée pour la loi d'Ohm en seconde, la caractéristique demandée est, de ce fait, normalement connue d'un élève de première.

► Exemple de réponse attendue

L'allure de la caractéristique d'un tel dipôle sera une droite passant par l'origine (fonction linéaire) dont le coefficient directeur n'est autre que le coefficient de proportionnalité entre U et I .

► En classe de première

L'étude du générateur de tension idéal et réel en classe de première sera l'occasion de réinvestir la représentation de la caractéristique d'un dipôle électrique. Cette compétence sert de base pour permettre à l'élève, à travers l'**activité 2**, de découvrir d'autres types de caractéristiques, comme celle d'une source réelle de tension et de commencer à en comprendre le fonctionnement.

SITUATION 3

Il s'agit ici de vérifier que non seulement l'élève connaît la loi d'Ohm, mais qu'il ait également compris les conséquences mathématiques de cette relation de proportionnalité.

► Exemple de réponse attendue

En application de la loi d'ohm, la tension aux bornes d'un dipôle ohmique est proportionnelle à l'intensité du courant électrique qui traverse le dipôle.

$$U_1 = R \cdot I_1 \text{ et } U_2 = R \cdot I_2$$

$$\text{soit } \frac{U_1}{I_1} = R = \frac{U_2}{I_2} \text{ et donc } I_2 = U_2 \cdot \frac{I_1}{U_1} = \frac{25 \times 8}{20} = 10 \text{ A.}$$

► En classe de première

La connaissance du comportement des conducteurs ohmiques est nécessaire pour comprendre la notion de résistance interne dans le cas d'une source réelle de tension et ainsi appréhender ses

conséquences. Cette notion est réinvestie dans l'**activité 4**, qui met en évidence les pertes énergétiques de telles sources en raison de la présence d'une résistance interne.

ACTIVITÉS

p. 248 ■ **ACTIVITÉ 1**

Vitesse des électrons dans le cuivre

Commentaires pédagogiques et compléments expérimentaux

Cette première activité est une introduction l'association de la notion de courant électrique et des mouvements de charges. En effet, le rôle et le types des porteurs de charges responsables du courant électrique dans la matière ne sont pas des connaissances exigibles d'un élève de fin de seconde générale. C'est pour cela qu'aucun acquis de la première page du chapitre ne s'y rapporte.

On peut cependant imaginer qu'à travers les divers notions déjà abordées sur le thème de l'électricité, cette question se soit posé et que l'élève n'arrive pas en première avec absolument aucune idée sur l'origine du courant électrique.

Cette activité, sous la forme d'une démarche différenciée permettant à l'élève de choisir son niveau de difficulté, va bien sûr plus loin puisque l'élève de première doit savoir relier l'intensité du courant électrique au débit des charges qui en sont responsables.

► Démarche experte

Le nombre d'électrons libre dans 1 m^3 de métal est égal au nombre d'atomes de cuivre dans le même

volume. $N = \frac{\rho_{\text{Cu}}}{M_{\text{Cu}}} \cdot N_A$ électrons libres par m^3 de cuivre.

La charge électrique qui traverse une section d'un fil de cuivre de rayon r est : $Q = N \cdot V \cdot e$. Or, d'après l'expression de V fournie dans l'énoncé, $Q = N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot \Delta t \cdot e$ en remplaçant V par son expression. D'après le document 1 : $Q = I \cdot \Delta t$, or, d'après la question précédente : $Q = N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot \Delta t \cdot e$; D'où $I \cdot \Delta t = N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot \Delta t \cdot e$ soit, en simplifiant par Δt : $I = N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot e$

On remplace N par son expression et on trouve : $I = N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot e$

$$I = N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot e = \frac{\rho_{\text{Cu}}}{M_{\text{Cu}}} \cdot N_A \times \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot e$$

Ainsi, on trouve :

$$v = \frac{I \cdot M_{\text{Cu}}}{\rho_{\text{Cu}} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot e}$$

$$v = \frac{100 \times 10^{-3} \times 63,5 \times 10^{-3}}{8,96 \cdot 10^3 \cdot \pi \times (0,50 \times 10^{-3})^2 \times 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}} = 9,35 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 9,35 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

➤ Démarche avancée

1. Le nombre d'électrons libre dans 1 m^3 de métal est égal au nombre d'atomes de cuivre dans le même volume.

$$N = \frac{\rho_{\text{Cu}}}{M_{\text{Cu}}} \cdot N_A = \frac{8,96 \times 10^3}{63,5 \times 10^{-3}} \times 6,022 \times 10^{23} = 8,50 \times 10^{28}$$

électrons libres

2. a. $Q = N \cdot V \cdot e = N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot \Delta t \cdot e$ en remplaçant V par son expression.

b. D'après le document 1 : $Q = I \cdot \Delta t$, or, d'après la question précédente : $Q = N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot \Delta t \cdot e$;
D'où $I \cdot \Delta t = N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot \Delta t \cdot e$ soit, en simplifiant par Δt : $I = N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot e$

$$\begin{aligned} \text{c. } v &= \frac{I}{N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot e} \\ &= \frac{100 \times 10^{-3}}{8,50 \times 10^{28} \times \pi \times (0,50 \times 10^{-3})^2 \times 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}} \\ &= 9,35 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 9,35 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

➤ Démarche élémentaire

1. Le nombre d'électrons libre dans 1 m^3 de métal est égal au nombre d'atomes de cuivre dans le même volume.

$$N = \frac{\rho_{\text{Cu}}}{M_{\text{Cu}}} \cdot N_A = \frac{8,96 \times 10^3}{63,5 \times 10^{-3}} \times 6,022 \times 10^{23} = 8,50 \times 10^{28}$$

électrons libres.

2. a. $Q = N \cdot V \cdot e$

b. $Q = N \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot \Delta t \cdot e$ en remplaçant V par son expression. On prendra $r = 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}$, ainsi en effectuant l'application numérique, on trouve :
 $Q = 1,07 \times 10^4 \times v \cdot \Delta t$

c. D'après le document 1 : $Q = I \cdot \Delta t$.

d. $1,07 \times 10^4 \cdot v \cdot \Delta t = I \cdot \Delta t$,

$$\text{d'où } v = \frac{I}{1,07 \times 10^4} = \frac{100 \times 10^{-3}}{1,07 \times 10^4} = 9,35 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 9,35 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(droite linéaire)

p. 249 ■ **ACTIVITÉ 2**

Caractéristique d'une pile

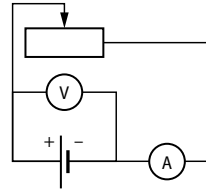
Commentaires pédagogiques et compléments expérimentaux

A travers la démarche expérimentale qui est proposé ici, l'élève est amené à réinvestir la notion de caractéristique d'un dipôle électrique et notamment celle qu'il connaît déjà : le dipôle ohmique. Il est question ici, bien entendu, de construire la caractéristique d'une source réelle de tension et d'utiliser ainsi les capacités expérimentales de base de l'élève, liées à l'électricité : construire un circuit et mesurer les grandeurs électriques dans un circuit.

1. a. D'après la loi d'Ohm : $U = R \cdot I$. Si on diminue R en maintenant u constant, alors la valeur de I doit augmenter.

b. Le rhéostat permet de faire varier l'intensité débitée par la pile.

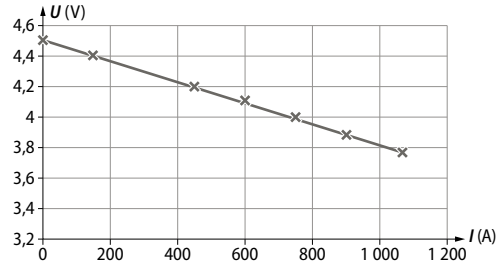
c. Schéma du circuit électrique :



2. a.

| | | | | | | | | |
|----------|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-------|
| U (V) | 4,49 | 4,4 | 4,3 | 4,2 | 4,11 | 4 | 3,88 | 3,76 |
| I (mA) | 0 | 150 | 300 | 450 | 600 | 750 | 900 | 1 066 |

b.



L'équation de la droite est : $U = 4,50 - 0,684 \times I$ (U en V et I en A)

3. L'ordonnée à l'origine nous donne U_0 . On lit graphiquement $U_0 = 4,50 \text{ V}$.

La modélisation de la droite nous donne un coefficient directeur $r = 0,684$.

p. 250 ■ **ACTIVITÉ 3**

Principe de l'électrophorèse

Commentaires pédagogiques et compléments expérimentaux

L'activité proposée ici est un complément à l'activité 1 à propos de la notion de déplacement des porteurs de charges. Elle peut, à ce propos, être faite en amont, l'ordre n'ayant aucune importance. Il est question ici de mettre en évidence le déplacement des ions en solution. Cette activité, comme l'activité 1 n'a pas de prérequis pour un élève rentrant en première générale.

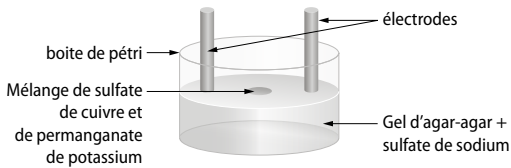
1. a. Le gel doit contenir des charges libres de se déplacer dans le gel : des ions

b. D'après le document 3, les brins d'ADN se déplacent vers l'électrode reliée à la borne + du générateur. On peut supposer qu'ils sont chargés négativement.

2. a. On prépare une solution d'agar-agar en dissolvant, par exemple, 2,0 g d'agar-agar dans 200 mL d'eau tiède. On ajoute 1 g de sulfate de sodium, puis on porte le mélange à ébullition.

On verse cette solution dans une boîte de pétri, on immerge 2 électrodes (de graphite ou de platine) placées parallèlement séparées de quelques cm dans la solution. Avant la prise complète du gel, on verse quelques gouttes d'un mélange de permanganate de potassium ($10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) et de sulfate de cuivre ($1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) entre les deux électrodes (voir schéma)

Les électrodes sont reliées aux bornes d'un générateur de tension.



b. Après quelques minutes, les ions migrent vers les électrodes. Les ions permanganates (violets) migrent en direction de la borne + car ils sont chargés négativement et les ions cuivre (bleus) migrent en direction de la borne - car ils sont chargés positivement.

On observe donc une séparation des couleurs de la tache centrale.

3. L'électrophorèse permet de séparer les ions d'un mélange. Les espèces chargées migrent en fonction de leurs charges électriques (signe, valeur) mais on peut imaginer qu'elles migrent à des vitesses différentes en raison également de leur taille. On peut

donc les identifier dans différents échantillons. Une séparation des couleurs de la tache centrale.

Bilan de puissance dans un circuit

Commentaires pédagogiques et compléments expérimentaux

Cette dernière activité réinvesti la notion de puissance dans un circuit électrique, afin d'en faire un bilan et de voir que la résistance interne d'une source réelle de tension engendre des pertes par effet joule.

Il pourra être intéressant, en introduction de cette activité, d'utiliser avec les élèves l'animation Edumédia : « Installation électrique » qui permet de montrer que dans l'installation électrique de la maison, la somme des puissances des appareils branchés est égale à celle délivré au niveau du compteur électrique général.

Remarque de mise en œuvre : Les mesures effectuées ici ont été faites avec le matériel suivant : lampe L_1 : 6V ; 100 mA, lampe L_2 6V ; 350 mA et pile plate de 4,5V. La précision du calcul de la puissance dissipée par effet joule dans le cas du circuit série est faible. Cette activité pourra donc être l'occasion d'un échange pertinent sur la précision des mesures.

1. Mesure au voltmètre : $U_0 = 4,43 \text{ V}$.

2. L'ampèremètre doit être branché en série avec le dipôle et le voltmètre en dérivation. A partir des mesures de l'intensité du courant électrique I et de la tension U , on calcule la puissance fournie ou utilisée par le dipôle. Dans l'illustration du document 1 : $P = 0,26 \times 230 \approx 60 \text{ W}$

3. a.

| Type de circuit | U_{pile} | I_{pile} | P_{pile} | P_{L1} | P_{L2} | $P_{0_{\text{pile}}}$ |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|---|--|
| Dérivation | 4,27 V | 319 mA | 1,36 W | $4,27 \times 0,071 = 0,30 \text{ W}$ | $4,27 \times 0,249 = 1,06 \text{ W}$ | $4,43 \times 0,319 = 1,41 \text{ W}$ |
| Série | 4,40 V | 70,5 mA | 0,310 W | $4,16 \times 0,0705 = 0,293 \text{ W}$ | $0,267 \times 0,0705 = 0,188 \text{ W}$ | $4,43 \times 0,0705 = 0,312 \text{ W}$ |

b. $P_{\text{joule}} = P_{0_{\text{pile}}} - P_{\text{pile}}$ et $P_{\text{pile}} = P_{L1} + P_{L2}$, d'où :
 $P_{0_{\text{pile}}} - P_{\text{joule}} = P_{L1} + P_{L2}$ ou $P_{0_{\text{pile}}} = P_{\text{joule}} + P_{L1} + P_{L2}$

4. Circuit série : $P_{\text{joule}} = 2 \text{ mW}$
 Circuit dérivation : $P_{\text{joule}} = 0,051 \text{ W} = 51 \text{ mW}$

On applique $r = \frac{P_{\text{joule}}}{I_{\text{pile}}^2}$.

On trouve :

- pour le circuit série : $R = 0,4 \Omega$
- pour le circuit dérivation $0,50 \Omega$

5. $\rho = \frac{P_{\text{pile}}}{P_{0_{\text{pile}}}} = \frac{1,36}{1,41} = 0,964 = 96,4 \%$ pour le circuit en dérivation.

$\rho = \frac{P_{\text{pile}}}{P_{0_{\text{pile}}}} = \frac{310}{312} = 0,994 = 99,4 \%$ pour le circuit en série.

6. La puissance fournie par la transformation chimique de la pile est convertie sous forme électrique. Cette puissance électrique est égale à la somme des puissances des dipôles du circuit et de la puissance dissipée par effet joule.

EXERCICES

Vérifier l'essentiel

p. 160

1. Le courant électrique.

- 1 B. 2 C. 3 B.

2. Source réelle de tension.

- 4 A et C. 5 B.

3. Puissance et énergie.

- 6 C. 8 A et B.
7 C. 9 A et C.

Acquérir les notions

p. 257

1. Le courant électrique

10 1. Les ions colorés contenus dans le tube ont migrés vers les électrodes, sous l'effet de la tension électrique. Comme ils sont de signes opposés (Cu^{2+} et $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) ils ont migré chacun d'un côté du tube, en direction d'une borne du générateur.

2. Les ions $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ont été attirés par la borne + du générateur. Elle est donc reliée du côté gauche. Les ions Cu^{2+} sont attirés par la borne - du générateur. Elle est donc reliée du côté droit.

11 1. $Q = I \cdot \Delta t = 0,10 \times 60 = 6,0 \text{ C}$

2. Un électron a une charge de $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$. Il faudra donc $N = \frac{6}{1,602 \times 10^{-19}} = 3,7 \cdot 10^{19}$ électrons libres

soit $n = \frac{3,7 \times 10^{19}}{6,022 \times 10^{23}} = 6,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ d'électrons.

12 1. $Q = 72 \times 3\,600 = 2,6 \cdot 10^5 \text{ C}$

2. Un électron a une charge de $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$. Cela correspond donc à $N = \frac{2,6 \times 10^5}{1,602 \times 10^{-19}} = 1,6 \cdot 10^{24}$ électrons libres soit $n = \frac{1,6 \times 10^{24}}{6,022 \times 10^{23}} = 2,7 \text{ mol}$ d'électrons.

13 1. $Q = 1,12 \times 10^{19} \cdot 1,602 \times 10^{-19} = 1,79 \text{ C}$

2. $I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{1,79}{180} = 9,97 \times 10^{-3} \text{ A} = 9,97 \text{ mA}$

14 1. a. Un ion argent comporte une charge « + » résiduelle. Sa charge est donc $q = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
b. La pièce à argenter est reliée à la borne -, celle qui attire les ions Ag^+ .

2. a. La masse molaire de l'argent est $M_{\text{ag}} = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Puisqu'il s'est déposé 5,00 mg soit $m = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ g}$ d'argent, cela correspond à $n = \frac{5,00 \times 10^{-3}}{108} = 4,63 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ d'argent.

2. b. La charge totale correspondant aux ions argent déplacés est : $Q = 1,602 \times 10^{-19} \times 4,63 \times 10^{-5} \times 6,022 \times 10^{23} = 4,47 \text{ C}$.

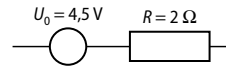
2. c. ce qui correspond à une intensité de courant électrique moyenne : $I = \frac{4,47}{1,25} = 9,92 \times 10^{-3} \text{ A}$

15 1. $I = \frac{Q}{\Delta t}$ donc I est proportionnel à la charge. $n = C \cdot V$, donc le nombre de charge est proportionnel à la concentration. Ainsi, I est proportionnel à C .

2. Un ion Fe^{2+} possède deux fois plus de charge résiduelle qu'un ion F^- . Ainsi chaque ions Fe^{2+} apporte 2 fois plus de charge, et puisque I est proportionnel à Q , alors I est multiplié par 2. (Ce raisonnement est valable à la condition que les ions Fe^{2+} et F^- migrent à la même vitesse, ce qui est le cas).

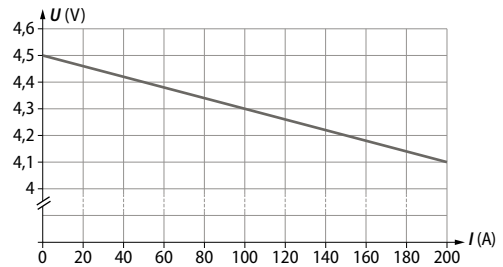
Source réelle de tension

16 1. Schéma de l'équivalent électrique de la source de tension :



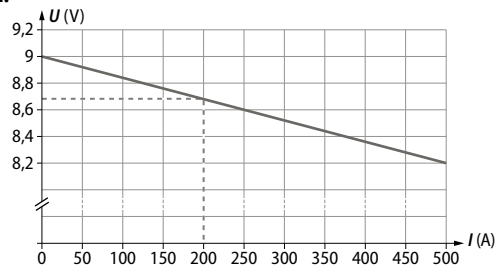
2. Une source idéale de tension a une tension constante entre ses bornes (qui ne dépend donc pas de l'intensité du courant électrique qu'elle délivre).

3. La caractéristique d'une telle source est la représentation graphique de $U = U_0 - R \cdot I$:



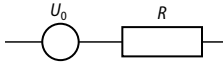
17 1. La tension à vide correspond à la tension de la pile lorsque rien n'est branché à ses bornes. L'intensité du courant électrique débité vaut alors 0 A. Pour la pile décrite, $U_0 = 9,0 \text{ V}$

2.



3. Si on calcule la pente de la droite, on trouve une résistance interne $r = 1,5 \Omega$.

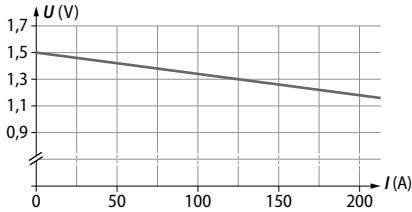
18 1.



U_0 est la tension à vide de la source idéale de tension et R est la résistance interne de la source réelle de tension.

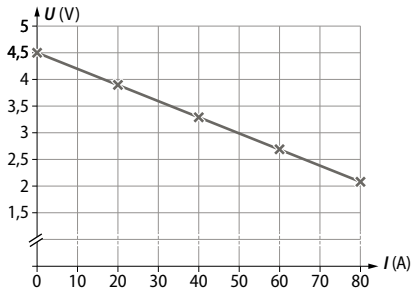
2. L'équation de la droite est : $U = 1,5 - 5 \times I$ avec U en volt et I en ampère. Ainsi, $U_0 = 1,5 \text{ V}$ et $R = 5 \Omega$.

19 1.



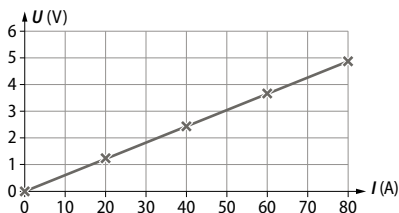
2. La présence d'une résistance interne fait diminuer la tension électrique aux bornes de la pile au fur et à mesure que l'intensité du courant qu'elle débite augmente. Sa tension n'est donc pas stable.

20



Dipôle 1

Équation : $U = 4,5 - 30 \times I$
(avec I en A et U en V)



Dipôle 2

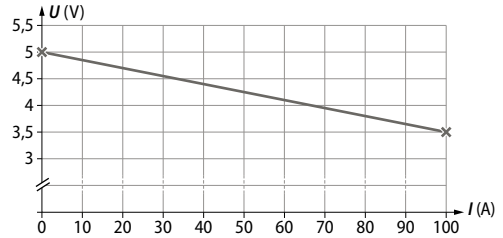
Équation : $U = 30 \times I$
(avec U en V et I en A)

2. Le dipôle 1 est une source réelle de tension et le dipôle 2 est un conducteur ohmique.

3. Pour le dipôle 1 : La tension de la source idéale est $U_0 = 4,5 \text{ V}$ et la résistance interne est $r = 30 \Omega$.

Pour le dipôle 2, la résistance du conducteur est $R = 30 \Omega$

21 1.



2. Pour $I = 20 \text{ mA}$, on a $U = 5,0 - 15 \times 0,02 = 4,7 \text{ V}$

3. Pour $U = 4,4 \text{ V}$, $I = (5 - 4,4)/15 = 0,04 \text{ A} = 40 \text{ mA}$

> Puissance et énergie

22 1. 800 mW : Un smartphone (B)

2. 100 W : un téléviseur (OLED) (C)

3. 150 kW : une voiture électrique (D)

4. 9 MW : un TGV (A)

5. 4 GW : Une centrale nucléaire (E)

23 1. Le générateur délivre une puissance

$$P_G = 4,5 \times 0,200 = 0,90 \text{ W}$$

2. Puissance reçue par les lampes :

$$P_{L1} = 3,2 \times 0,200 = 0,64 \text{ W}$$

$$P_{L2} = 1,3 \times 0,200 = 0,26 \text{ W}$$

3. $P_{\text{total}} = P_{L1} + P_{L2} = 0,64 + 0,26 = 0,90 \text{ W}$. On retrouve P_G ce qui confirme que la puissance délivrée par le générateur est bien celle utilisée par les lampes. Ainsi, l'énergie est conservée dans le circuit.

24 1. $P = R \cdot I^2$ d'où $R = \frac{P}{I^2} = \frac{10 \times 10^{-3}}{1^2} = 1,0 \times 10^{-2} \Omega$.

2. Pour multiplier la puissance par 4, il faut multiplier l'intensité du courant électrique par 2 (car I est au carré). Ainsi, $I = 2 \text{ A}$

25 1. Pour une heure d'utilisation, $E_{\text{fourni}} = 75,0 \times 3600 = 2,70 \times 10^5 \text{ J}$. Si le rendement est de 2,0 %, $E_{\text{utile}} = 0,02 \times 2,70 \times 10^5 = 5,4 \times 10^3 \text{ J}$ et $E_{\text{effet joule}} = 0,98 \times 2,70 \times 10^5 = 2,65 \times 10^5 \text{ J}$.

2. Pour une lampe DEL de 6,0 W, $E_{\text{fourni}} = 6 \times 3600 = 2,16 \times 10^4 \text{ J}$. Puisque la puissance lumineuse est la même, alors $E_{\text{utile}} = 5,4 \times 10^3 \text{ J}$

$$\text{d'où } \rho = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{fourni}}} = \frac{5,4 \times 10^3}{2,16 \times 10^4} = 0,25 = 25 \%$$

3. Pour 30 min d'utilisation, E_r et E_u sont divisés par 2. Le rendement est donc exactement le même. Il ne dépend pas de la durée d'utilisation.

26 1. $P = R \cdot I^2 = 30 \times 7,74^2 = 1797 \text{ W}$

2. $E = P \cdot \Delta t = 1797 \times 600 = 1,1 \times 10^6 \text{ J}$

27 1. $E = P \cdot \Delta t = U \cdot I \cdot \Delta t = 10 \times 3 \times 3\,600 = 1,08 \cdot 10^5 \text{ J}$

2. $\rho = \frac{E_u}{E_f} = \frac{1,05 \times 10^5}{1,08 \times 10^5} = 0,972 = 97,2 \%$

3. L'énergie dissipée par effet joule est $E_{\text{joule}} = 1,08 \times 10^5 - 1,05 \times 10^5 = 3 \text{ kJ}$

$P_{\text{joule}} = \frac{E_{\text{joule}}}{\Delta t} = \frac{3\,000}{3\,600} = 0,83 \text{ W}$

et $R = \frac{P}{I^2} = \frac{0,83}{3^2} = 9,2 \times 10^{-2} \Omega = 92 \text{ m}\Omega$

29 1. a. $E = 1,5 \times 10^3 \times 285 \times 10^3 = 4,28 \times 10^8 \text{ J} = 428 \text{ MJ}$

b. $\Delta t = \frac{E}{P} = \frac{4,28 \times 10^8}{45 \times 10^3} = 9\,500 \text{ s} = 2 \text{ h } 37 \text{ min } 48 \text{ s}$

2. a. $P_0 = 1,48 \times 2,25 = 3,33 \text{ W}$

b. $P_{\text{reel}} = 1,455 \times 2,25 = 3,27 \text{ W}$ D'où $P_{\text{joule}} = 0,056 \text{ W}$

et $\Delta = \frac{P_u}{P_f} = \frac{3,27}{3,33} = 0,983 = 98,3 \%$

31 1. La présence de ions Al^{3+} et O^{2-} , charges libres de se déplacer, permet le transport du courant électrique dans la solution.

2. a. $P = 4,20 \times 3,5 \times 10^5 \times 360 = 5,29 \times 10^8 \text{ W} = 529 \text{ MW}$

b. $\Delta t = \frac{E}{P} = \frac{4,86 \times 10^{10}}{5,29 \times 10^8} = 91,8 \text{ s}$

c. $Q = I \cdot \Delta t = 3,5 \times 10^5 \times 91,8 = 3,2 \times 10^7 \text{ C} = 32 \text{ MC}$

32 1. $P_f = U \cdot I = 5,0 \times 0,25 = 1,25 \text{ W}$

2. $P_{\text{joule}} = R \cdot I^2 = 2 \times 0,25^2 = 0,125 \text{ W}$

3. $P_u = P_f - P_{\text{joule}} = 1,25 - 0,125 = 1,125 \text{ W}$

4. $\rho = \frac{P_u}{P_f} = \frac{1,125}{1,25} = 0,9 = 90 \%$

5. $P_f = U \cdot I = 5,0 \times 0,5 = 2,5 \text{ W}$

$P_{\text{joule}} = R \cdot I^2 = 2 \times 0,5^2 = 0,5 \text{ W}$

$P_u = P_f - P_{\text{joule}} = 2,5 - 0,5 = 2,0 \text{ W}$

$\rho = \frac{P_u}{P_f} = \frac{2,0}{2,5} = 0,8 = 80 \%$

33 1. Les ions en solution sont des espèces chargées libres de se déplacer : ils conduisent le courant électrique dans la solution.

2. a. On a $E = P \cdot \Delta t = U \cdot I \cdot \Delta t$

d'où $I = \frac{E}{U \cdot \Delta t} = \frac{28,5 \times 10^3}{1,48 \times 3\,600} = 5,35 \text{ A}$

b. Soit n le nombre d'électron :

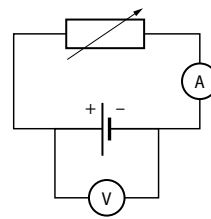
$n = \frac{Q}{e \cdot N_A} = \frac{I \cdot \Delta t}{e \cdot N_A} = \frac{5,35 \times 3\,600}{1,60 \times 10^{-19} \times 6,022 \times 10^{23}} = 0,200 \text{ mol}$

3. Une partie de l'énergie sera dissipée sous forme de chaleur par effet joule.

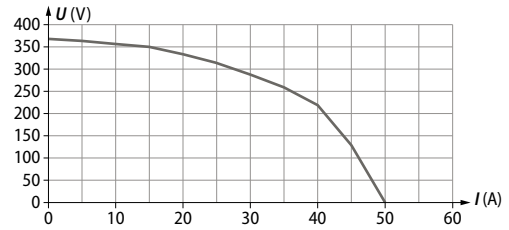
b. $E_{\text{joule}} = P_{\text{joule}} \cdot \Delta t = R \cdot I^2 \cdot \Delta t = 1,14 \times 10^{-2} \times 5,35^2 \times 3\,600 = 1\,170 \text{ J} = 1,17 \text{ kJ}$

c. $\rho = \frac{E_u}{E_f} = \frac{28,5 - 1,17}{28,5} = 0,959 = 95,9 \%$

34 1.



2. a.

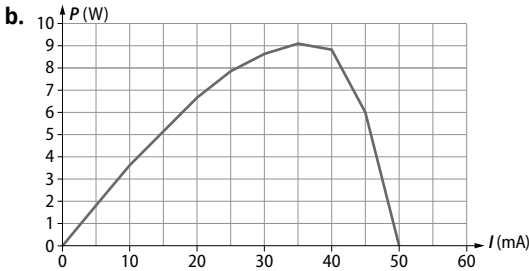


b. Alors qu'aucun courant ne traverse le circuit, on mesure tout de même une tension aux bornes de ce dipôle. Lorsque l'intensité qui le traverse augmente, la tension à ses bornes diminue. Ce qui permet de dire, par comparaison avec le modèle de la source réelle de tension, qu'il s'agit également d'une source de tension.

c. La fonction mathématique qui permet de modéliser ce dipôle n'est pas une fonction simple.

3. a.

| I (mA) | U (mA) | P (mW) |
|--------|--------|--------|
| 0 | 370 | 0 |
| 5 | 365 | 1,825 |
| 10 | 358 | 3,58 |
| 15 | 350 | 5,25 |
| 20 | 335 | 6,7 |
| 25 | 315 | 7,875 |
| 30 | 290 | 8,7 |
| 35 | 260 | 9,1 |
| 40 | 220 | 8,8 |
| 45 | 130 | 5,85 |
| 50 | 0 | 0 |



c. $P_{\max} = 9,1 \text{ mW}$ pour $I = 35 \text{ mA}$.

35 1. a. Chaque atome nécessite 2 électrons.

$$n = 2 \frac{m_{\text{Zn}}}{M_{\text{Zn}}} = \frac{2 \times 50 \times 10^{-3}}{65,4} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol} = 1,5 \text{ mmol}$$

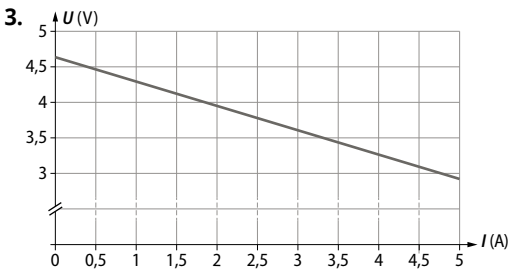
b. $Q = n \cdot e \cdot N_A = 1,5 \times 10^{-3} \times 1,60 \times 10^{-19} \times 6,022 \times 10^{23} = 1,5 \times 10^2 \text{ C}$.

c. $I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{1,5 \times 10^2}{20 \times 60} = 0,12 \text{ A} = 120 \text{ mA}$

2. $E_{\text{joule}} = P_{\text{joule}} \cdot \Delta t = R \cdot I^2 \cdot \Delta t = 35 \times 0,12^2 \times 20,0 \times 60 = 6,0 \cdot 10^2 \text{ J}$.

36 1. Dans les disques métalliques (argent et zinc) les porteurs de charge sont les électrons. Dans le carton imbibé ce sont les ions chlorure (Cl^-) et sodium (Na^+) qui conduisent le courant électrique.

2. $P_u = U \cdot I = 4,33 \times 1 \times 10^{-3} = 4,33 \times 10^{-3} \text{ W}$



L'équation de la droite moyenne est :

$$U = 4,68 - 350 \times I \text{ (avec } U \text{ en V et } I \text{ en A)}$$

b. La tension de la source idéale est donc $U_0 = 4,68 \text{ V}$ et la résistance interne est $r = 350 \Omega$.

37 1. a. $P_u = U_0 \cdot I - r \cdot I^2 = 5 \times I - 5 \times I^2$

$$P_{L1} = 555 \times I^2 \text{ et } P_{L2} = 683 \times I^2$$

b. Par conservation de l'énergie (et donc de la puissance) : $P_u = P_{L1} + P_{L2}$ d'où :

$$5 \times I - 5 \times I^2 = 555 \times I^2 + 683 \times I^2$$

$$\Leftrightarrow 5 - 5 \times I = 555 \times I + 683 \times I$$

c. $\Leftrightarrow I = \frac{5}{5 + 555 + 683} = 4,0 \times 10^{-3} \text{ A} = 4,0 \text{ mA}$

d. $\rho = \frac{E_u}{E_f} = \frac{P_u}{P_f} = \frac{U_0 \cdot I - r \cdot I^2}{U_0 \cdot I}$

$$= \frac{5,00 \times 4,02 \times 10^{-3} - 5 \times (4,02 \times 10^{-3})^2}{5,00 \times 4,02 \times 10^{-3}}$$

$$= 0,996 = 99,6 \%$$

2. a. $P_u = P_{L1} + P_{L2} = 46,5 + 37,8 = 84,3 \text{ mA}$.

Or $P_u = U_0 \cdot I - r \cdot I^2$, d'où l'équation :

$$5,00 \times I - 5 \times I^2 = 0,0843 \Leftrightarrow 5 \times I^2 - 5,00 \times I + 0,0843 = 0$$

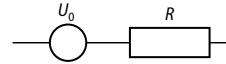
Cette équation admet deux solutions : $I_1 = 0,0171 \text{ A}$ et $I_2 = 0,983 \text{ A}$. Comme $I < 20 \text{ mA}$, alors seule la première valeur est valide. $I = 0,0171 \text{ A} = 17,1 \text{ mA}$

b. $\rho = \frac{E_u}{E_f} = \frac{P_u}{P_f} = \frac{U_0 \cdot I - r \cdot I^2}{U_0 \cdot I}$

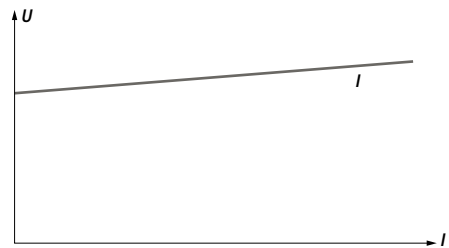
$$= \frac{5,00 \times 17,1 \times 10^{-3} - 5 \times (17,1 \times 10^{-3})^2}{5,00 \times 17,1 \times 10^{-3}}$$

$$= 0,983 = 98,3 \%$$

38 1. a. Modèle électrique du moteur :

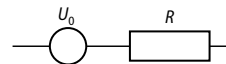


b. Caractéristique intensité-tension d'un moteur.

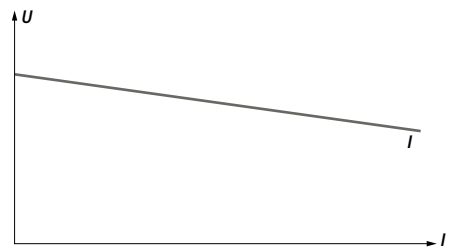


c. Lorsque l'intensité du courant électrique qui traverse le moteur augmente, la tension à ses bornes augmente également. Il s'agit donc d'un dipôle passif et non d'une source de tension.

2. Modèle électrique de l'alternateur :



Caractéristique intensité-tension d'un alternateur.



Lorsque l'intensité du courant électrique qui traverse le moteur augmente, la tension à ses bornes diminue. Il s'agit donc bien d'une source réelle de tension.

3. $\rho = \frac{E_u}{E_f} = \frac{P_u}{P_f} = \frac{U_0 \cdot I - r \cdot I^2}{U_0 \cdot I}$ dans le cas de l'alternateur et $\rho = \frac{E_u}{E_f} = \frac{P_u}{P_f} = \frac{U_0 \cdot I}{U_0 \cdot I + r \cdot I^2}$ dans le cas du

moteur.

Plus la résistance interne est faible, plus les deux rendements tendent à être identiques. On peut

en déduire que la résistance interne est donc très faible.

39 Le **lumen** (symbole : lm) est une unité de mesure de la quantité totale de lumière visible émise par une source. La limite théorique pour une source qui transforme toute son énergie électrique en énergie lumineuse, dans le spectre visible, est $683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. À l'heure actuelle, une lampe fluocompacte de 25 W produit $1\,600$ lumens. Elle est équivalente à une lampe DEL de 18 W .

1. a. Calculer le rendement théorique d'une lampe fluocompacte de 25 W .

b. Calculer le rendement théorique d'une DEL de 18 W .

2. L'énergie convertie en un an (en utilisant la lampe 4 heures par jour) avec une lampe DEL de 18 W est de $93,6 \text{ MJ}$. Quelle est l'énergie convertie en un an (en utilisant la lampe 4 h par jour) avec une lampe fluocompacte de 25 W ?

$$1. \text{ a. } \rho = \frac{E_u}{E_f} = \frac{P_u}{P_f} = \frac{1600}{683 \times 25} = 9,4 \times 10^{-2} = 9,4 \%$$

$$\text{b. } \rho = \frac{E_u}{E_f} = \frac{P_u}{P_f} = \frac{1600}{683 \times 18} = 0,13 = 13 \%$$

$$2. \text{ La lampe fluocompacte convertira une énergie } E_f = E = \frac{25 \times 93,6}{18} = 130 \text{ MJ}$$

$$40 \text{ 1. a. } P = 67 \times 745,7 = 5,0 \times 10^4 \text{ W.}$$

$$\text{b. } \Delta t = \frac{d}{v} = \frac{400}{110} = 6,64 \text{ h} = 1,3 \times 10^4 \text{ s.}$$

$$\text{c. } E_u = P \cdot \Delta t = 5,0 \times 10^4 \times 1,3 \times 10^4 = 6,5 \times 10^8 \text{ J.}$$

$$\text{d. } \rho = \frac{E_u}{E_f} \text{ d'où } E_f = \frac{E_u}{\rho} = \frac{6,5 \times 10^8}{0,95} = 6,8 \times 10^8 \text{ J.}$$

$$2. \text{ a. } P = \frac{E_f}{\Delta t} = \frac{6,8 \times 10^8}{1,3 \times 10^4} = 5,2 \times 10^4 \text{ W.}$$

$$\text{b. } I = \frac{P}{U} = \frac{5,2 \times 10^4}{350} = 149 \text{ A.}$$

$$\text{c. } Q = I \cdot \Delta t = 149 \times 1,3 \times 10^4 = 1,9 \times 10^6 \text{ C} = 1,9 \text{ MC}$$

$$41 \text{ 1. a. } E_{\text{joule}} = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

$$\text{b. } E_{\text{joule}} = 3,2 \times (75 \times 10^{-3})^2 \times 8 \times 3\,600 = 5,2 \times 10^2 \text{ J}$$

$$2. E_f = 2\,590 \text{ J et } E_u = 2\,590 - 5,2 \times 10^2 = 2,07 \times 10^3 \text{ J}$$

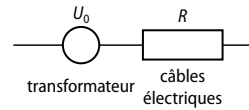
$$\text{d'où } \rho = \frac{E_u}{E_f} = \frac{2,07 \times 10^3}{2\,590} = 0,800 = 80,0 \%$$

$$3. Q = I \cdot \Delta t = 75,0 \times 10^{-3} \times 8,00 \times 3\,600 = 2\,160 \text{ C}$$

$$4. \text{ a. Cette fois, } E_f = 2,07 \times 10^3 \text{ J et } \rho = 0,800. E_u = \rho \cdot E_f = 0,8 \times 2,07 \times 10^3 = 1,66 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\text{b. } \rho_{\text{total}} = \rho_{\text{charge}} \times \rho_{\text{decharge}} = 0,64 = 64 \%$$

42 1. a.



b. La résistance électrique des câbles va dissiper de l'énergie sous forme de chaleur par effet joule.

$$2. \text{ a. } P_f = 400 \times 10^3 \times 50 = 20 \times 10^6 \text{ W}$$

$$\text{b. } P_{\text{joule}} = 5 \times 50^2 = 1,25 \times 10^4 \text{ W}$$

$$\text{c. } \rho = \frac{E_u}{E_f} = \frac{P_u}{P_f} = \frac{P_f - P_{\text{joule}}}{P_f} = \frac{20 \times 10^6 - 1,125 \times 10^4}{20 \times 10^6} = 0,9993... \approx 1,0 = 100 \%$$

3. a. Si la puissance est la même,

$$I = \frac{P}{U} = \frac{20 \times 10^6}{100 \times 10^3} = 200 \text{ A}$$

$$P_{\text{joule}} = 5 \times 200^2 = 2,00 \times 10^5 \text{ W}$$

$$\rho = \frac{E_u}{E_f} = \frac{P_u}{P_f} = P_f - \frac{P_{\text{joule}}}{P_f} = \frac{20 \times 10^6 - 2,0 \times 10^5}{20 \times 10^6} = 0,99 = 99 \%$$

Plus la tension est haute, plus le rendement du transport tend vers 1 (100 %)

43 L'énergie fournie par la transformation chimique est convertie en énergie pour le circuit électrique. Elle correspond à l'énergie fournie par la source idéale de tension. Cette source délivre un courant électrique qui, en traversant la résistance interne de la source réelle de tension, est convertie en chaleur, par effet joule. Ainsi, l'énergie fournie par la source réelle de tension est inférieure à l'énergie fournie par la transformation chimique car une partie de celle-ci est dissipée par effet joule. Le rendement est donc forcément inférieur à 100 %

44 Exemple d'exposé oral.

Un datacenter comporte de nombreux sources de tension : les alimentations de tous les serveurs, routeurs, etc. présents dans les armoires. Leurs résistances internes dissipent donc une partie de l'énergie sous forme de chaleur et le nombre important de ces sources en produit ainsi une grande quantité. C'est pour cela que le système de refroidissement d'un datacenter doit être efficace.

45 L'énigme de Volta.

La pile Volta est une source réelle de tension. L'expression de la tension à ses bornes est donc :

$$U = U_0 - r \cdot I.$$

En réalité, lorsque Volta ferme l'interrupteur, l'intensité du courant électrique débité par la pile augmente jusqu'à ce que $U = 0$. La pile se décharge à cause du courant électrique débité, mais ne se décharge pas complètement si l'interrupteur ne reste pas fermé trop longtemps. Lorsqu'il rouvre

l'interrupteur, l'intensité du courant électrique redevient nulle et donc la tension remonte jusqu'à la valeur U_0 de départ.

46 Rendement électrique : La lecture graphique nous donne, pour $v = 13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$: $P_u = 30 \text{ kW} = U \cdot I = 690 \times I - 0,55 \times I^2 \Leftrightarrow 0,55 \times I^2 - 690 \times I + 30\,000 = 0$. On trouve $I = 45 \text{ A}$ (la valeur $I = 1\,209 \text{ A}$ est aberrante)

$$P_f = U \cdot I = 690 \times 45 = 31,1 \text{ kW}$$

La puissance mécanique fourni à l'éolienne par le vent vaut :

$$P_0 = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 67,5 \times 13^3 = 88,9 \text{ kW}$$

Ainsi le rendement aérodynamique vaut :

$$\rho_{\text{aero}} = \frac{P_f}{P_0} = \frac{31,1}{88,9} = 0,350 = 35 \%$$

47 1. $Q = I \cdot \Delta t = 535 \times 10^{-3} \times (2 \times 3\,600 + 43 \times 60) = 5,2 \times 10^3 \text{ C}$

$$E = P \cdot \Delta t = U \cdot I \cdot \Delta t = 3,907 \times 535 \times 10^{-3} \times (2 \times 3\,600 + 43 \times 60) = 20,4 \times 10^3 \text{ J} = 20,4 \text{ kJ}$$

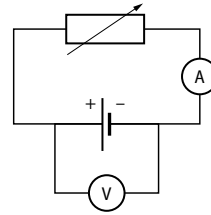
2. a. Ces quantités représentent 80 % de la charge (car la batterie est chargée à 20 %).

b. On en déduit les valeurs pour 100 % :

$$Q_{100\%} = \frac{5,2 \times 10^3}{0,8} = 6,5 \times 10^3 \text{ C}$$

$$\text{et } E_{100\%} = \frac{20,4 \times 10^3}{0,8} = 25,5 \times 10^3 \text{ J}$$

48 1. On effectue les mesures à partir du circuit suivant :



La résistance variable permet de faire varier l'intensité débitée par la source de tension. On mesure U et I pour le générateur de tension, puis on calcule $P = U \cdot I$ à l'aide d'un tableur

2. Il y a 2 valeurs nulles pour la puissance : lorsque $U = 0$ et lorsque $I = 0$. Quand l'intensité délivrée par la source de tension est nulle, la tension à ses bornes vaut $U_0 = 6,0 \text{ V}$ (graphiquement). C'est la tension à vide du générateur.

3. a. Lors P est maximal, on lit $U = 3,0 \text{ V}$ et $P = 2,0 \text{ W}$.

$$\text{Ainsi, } I = \frac{P}{U} = \frac{2,0}{3,0} = 0,67 \text{ A}$$

$$\text{b. } U = U_0 - r \cdot I \Leftrightarrow r = \frac{U_0 - U}{I} = \frac{6,0 - 3,0}{0,67} = 4,5 \Omega$$

$$\text{c. } P_{\text{joule}} = r \cdot I^2 = 4,5 \times 0,67^2 = 2,0 \text{ W}$$

$$\text{d. } P_u = 2,0 \text{ W et } P_f = P_u + P_{\text{joule}} = 4,0 \text{ W.}$$

$$\text{Ainsi } \rho = 0,5 = 50 \%$$