Équations    Sect 2.1, #1 à 8    Sect 2.2, #9 à 11    Sect 2.3, #12 à 16    Sect 2.4-2.5, #17 à 22

# CH 2 COURANT ET RÉSISTANCE

## CONSTANTES UTILES

$e = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C

$\rho_{Cu} = 1{,}68 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$

$\rho_{Al} = 2{,}65 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$

## ÉQUATIONS LIÉES AU CHAPITRE :

$$\boxed{I = \frac{q}{\Delta t}} \qquad \boxed{\Delta V = R \cdot I}$$

$$\boxed{P = \Delta V \cdot I}$$

$$\boxed{R = \frac{\rho l}{A}} \qquad \boxed{I = neAv_d}$$

$$\boxed{P = R \cdot I^2 = \frac{\Delta V^2}{R}}$$

## 2.1 LE COURANT ÉLECTRIQUE

**2.1** Question : Sens du courant — solution ▶

Si des électrons se déplacent vers le nord dans un fil, dans quelle direction est dirigé le courant?

**2.2** Question : Le coulomb — solution ▶

Dans le Système International (SI), l'unité de la charge électrique, le coulomb, ne fait pas partie des unités fondamentales. Montrez à partir de quelles unités fondamentales on peut obtenir le coulomb.

**2.3** Question : La charge d'un fil électrique — solution ▶

Lorsqu'un fil électrique porte un courant, porte-t-il une charge électrique nette négative, positive ou neutre?

**2.4** Exercice : La réaction — solution ▶

Lors d'une expérience en laboratoire, une réaction génère un flux d'électrons continu où 50 000 électrons sont émis chaque milliseconde par le cœur d'une réaction.

a) À quel courant cette émission d'électrons correspond-t-elle?
b) Le courant est-il absorbé ou émis par le cœur de la réaction?

**2.5** Exercice : Le duel — solution ▶

Dans un dessin animé de science-fiction, le héros utilise un fusil à protons pour combattre un gros méchant et son canon à électrons. Dans un duel, l'arme du héros émet un rayon en produisant $2{\times}10^{24}$ protons par seconde, et celle du méchant émet en direction opposée $8{,}5{\times}10^{22}$ électrons par seconde.

a) Déterminez le courant résultant sur la droite où se croisent les rayons.
b) Vers qui le courant est-il dirigé?

**2.6** Exercice : Le LHC — solution ▶

Le LHC est un accélérateur de particules où les particules fondamentales peuvent être accélérées à de hautes vitesses dans un tunnel circulaire sous-terrain de 4,3 km de rayon. On y accélère un proton seul à la vitesse de $6{,}5{\times}10^{7}$ m/s.

a) Combien de fois par seconde le proton passe-t-il en un même point du circuit?
b) Quel sera le courant équivalent en ce point du tunnel?

**2.7** Question : Perte de courant — solution ▶

Vrai ou Faux : Lorsqu'une pile alimente une ampoule dans un circuit simple, le courant émis par une borne de la pile est supérieur au courant qui rejoint la pile par l'autre borne.

**2.8** Question : Le milliampère-heure — solution ▶

La charge électrique emmagasinée dans une pile électrique est quantifiée en milliampère-heure (mAh). Déterminez :

a) combien de coulombs représente 1 milliampère-heure;
b) combien d'électrons représente 1 milliampère-heure.

## 2.2 LA VITESSE DE DÉRIVE

**2.9** Question : Le facteur 2 — solution ▶

Deux métaux différents présentent des densités d'électrons libres différentes telles que $n_1 = 2n_2$. Si deux fils de mêmes dimensions composés de ces deux métaux portent le même courant, dans lequel la vitesse de dérive des électrons est-elle la plus grande? (Fil 1 ou Fil 2)

**2.10** Exercice : À quelle vitesse — solution ▶

Déterminez la vitesse de dérive des électrons dans un fil d'aluminium ($n = 18{,}1{\times}10^{28}$ é/m³) d'un diamètre de 2,50 mm et qui porte un courant de 1,40 A.

**2.11** Exercice : Pas vite — solution ▶

Un métal inconnu présente une densité d'électrons libres de $8{,}98{\times}10^{28}$ é/m³. Déterminez le diamètre d'un fil faisant en sorte qu'il portera 25,5 mA si la vitesse de dérive est 0,0110 mm/s.

## 2.3 LA RÉSISTANCE

**2.12** Exercice : Calcul de charge — solution ▶

Une tige métallique laisse passer un courant de 2,53 A lorsqu'on la soumet à une différence de potentiel de 36,0 V. Quelle est sa résistance?

**2.13** Exercice : Le fil de cuivre — solution ▶

On mesure la résistance d'un mince fil de cuivre de 15 m et on obtient 0,265 Ω. Déterminez le diamètre de ce fil de cuivre.

**2.14** Exercice : Résistance modifiée — solution ▶

Soit un fil conducteur fait d'un matériau dont la résistivité est de $4{\times}10^{-6}\ \Omega{\cdot}\mathrm{m}$ et dont la longueur est de 5 m et le diamètre est $d$. Comment variera la résistance après les modifications suivantes?

a) On coupe le fil pour n'en utiliser que la moitié;
b) On remplace le fil par un autre dont le matériau a une résistivité plus élevée;
c) On remplace le fil par un autre ayant simplement un diamètre plus petit.
d) Par quel facteur varie la résistance du fil si on double la longueur tout en réduisant le diamètre par 2?

**2.15** Exercice : Le triple — solution ▶

Comment doit-on modifier la différence de potentiel $\Delta V$ pour induire une même valeur de courant dans un fil dont on triplerait le diamètre?

**2.16** Question : Le classement — solution ▶

Associez à chacune des 3 catégories de propriétés électriques les matériaux de la liste fournie qui en font partie.

a) Conducteurs;
b) Semi-conducteurs;
c) Isolants.

| | | |
|---|---|---|
| 1) Or | 5) Caoutchouc | 9) Silicium |
| 2) Germanium | 6) Carbone | 10) Verre |
| 3) Plastique | 7) Argent | 11) Eau |
| 4) Acier | 8) Aluminium | 12) Carton |

**2.1**- Sud — **2.2**- 1 C = 1 A×s — **2.3**- Neutre — **2.4**- a) $-8{,}01{\times}10^{-12}$ A — b) Absorbé — **2.5**- a) $3{,}34{\times}10^{5}$ A — b) Vers le méchant — **2.6**- a) $n$ = 2 406 — b) $3{,}85{\times}10^{-16}$ A

**2.7**- Faux — **2.8**- a) 3,6 C — b) $n = 2{,}25{\times}10^{19}$ — **2.9**- Fil #2 — **2.10**- $9{,}84{\times}10^{-6}$ m/s — **2.11**- 0,453 mm — **2.12**- 14,2 Ω — **2.13**- 1,10 mm —

**2.14**- a) Diminue — b) Augm. — c) Augm. — d) $R_2/R_1 = 8$ — **2.15**- $\Delta V' = \Delta V/9$ — **2.16**- a) 1, 4, 7, 8, 11 — b) 2, 6, 9 — c) 3, 5, 10, 12 —

## 2.4-2.5 LA LOI D'OHM ET LA PUISSANCE ÉLECTRIQUE

**2.17** Exercice : L'ampoule solution ▶

Quel courant circulera dans une ampoule dont la résistance est de 240 Ω si on la soumet à une tension de 120 V?

**2.18** Exercice : Le moteur solution ▶

Un moteur électrique fonctionnant avec un potentiel de 12 V est utilisé pour actionner un mécanisme qui lui demande de produire 165 W. Quel courant sera consommé par le moteur?

**2.19** Exercice : La puissance dissipée solution ▶

On applique une différence de potentiel de 25,0 V aux extrémités d'un fil d'aluminium de 5,00 km de longueur et de 7,50 mm de diamètre.

a) Déterminez la puissance dissipée dans ce fil.
b) Que devient l'énergie dissipée dans ce processus?
c) Combien d'énergie est dissipée dans ce fil en 24 h?

**2.20** Exercice : Le chauffage solution ▶

Une plinthe chauffante est conçue pour produire 2 500 W si alimentée normalement et présente une résistance nominale de 14,5 Ω. Sa conception lui permet cependant de dissiper jusqu'à 4 000 W sans surchauffer.

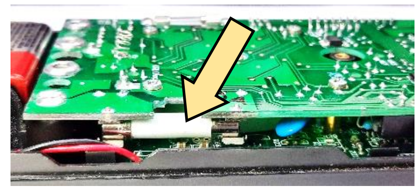
a) Quel courant maximal peut-elle supporter?
b Quelle énergie est dégagée par cette plinthe chauffante durant une durée de fonctionnement normal d'une heure?
c) Combien coûte le chauffage qu'elle produit durant une journée si elle fonctionne normalement durant le tiers du temps et que le tarif d'électricité est de 6,3 ¢ par kilowattheure (kWh)?

**2.21** Exercice : Le fusible solution ▶

Le circuit électronique d'un ampèremètre lui permet de mesurer sans dommages des courants allant jusqu'à 12,5 A, et ce circuit est protégé par un fusible de 10 A (voir images ci-contre).

Si on l'utilise pour mesurer dans l'ordre les 6 courants suivants, combien de mesures pourront être effectuées correctement avant que l'appareil cesse de les indiquer?

| | | |
|---|---|---|
| 1) 3,5 A | 3) 11,1 A | 5) 5,9 A |
| 2) 7,2 A | 4) 13,4 A | 6) 12,0 A |



**2.22** Exercice : Le synthèse solution ▶

L'aluminium a une résistivité de $2{,}65\times10^{-8}$ Ω·m et une densité d'électrons libres de $18{,}1\times10^{28}$ é/m³. Dans un fil de 43 centimètres de ce matériau, on applique un potentiel faisant en sorte qu'il dissipe 9,5 watts et la vitesse de dérive des électrons est alors de 0,39 mm/s.

a) Quelle est l'aire conductrice de ce fil?
b) Quel potentiel y a-t-on appliqué?
c) Combien d'électrons passent en point de ce fil chaque seconde?

**2.17**- 0,500 A — **2.18**- 13,8 A — **2.19**- a) 208 W — b) Chaleur — c) $1{,}80\times10^{7}$ J — **2.20**- a) 16,6 A — b) 9,00 MJ — c) 1,26 $ — **2.21**- 2 Mesures correctes
**2.22**- a) 6,52 mm² — b) 0,129 V — c) $4{,}60\times10^{20}$

# CH 2 COURANT ET RÉSISTANCE

## 2.1 LE COURANT ÉLECTRIQUE

### 2.1 Solution : Sens du courant retour à la question ▲

Vers le sud

Le sens du courant est contraire à celui du déplacement des électrons. Si les électrons se déplacent vers le nord, le courant est donc dirigé vers le sud.

retour à la question ▲

### 2.2 Solution : Le coulomb retour à la question ▲

1 C = 1 A·s

Il n'y a que 7 unités fondamentales dans le Système International (mètres, kilogramme, seconde, ampère, kelvin, candela, mole). Une seule d'entre elle concerne l'électricité : l'ampère. L'ampère est lié à la charge électrique par la relation :

$$1\ \mathrm{A} = 1\,\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}}$$

Par isolation des coulombs, on obtient :

$$1\ \mathrm{C} = 1\ \mathrm{A} \cdot \mathrm{s}$$

retour à la question ▲

### 2.3 Solution : La charge d'un fil électrique retour à la question ▲

Sa charge est neutre

Lorsqu'un courant circule dans un fil, des électrons se déplacent d'un atome à l'autre, mais ne sont jamais en nombre plus grand que le nombre de protons dans la même.

Le fait qu'un courant se mette à circuler dans un fil ne crée pas (ni ne détruit) d'électrons. Il y a donc toujours le même nombre d'électrons et protons, alors la charge nette demeure toujours nulle.

retour à la question ▲

### 2.4 Solution : La réaction retour à la question ▲

a) $I = -8{,}01 \times 10^{-12}$ A

Le courant est donné par $I = \frac{q}{\Delta t}$. On doit donc déterminer la charge électrique $q$ émise chaque milliseconde :

$$q = \pm Ne \quad = \quad 50\,000 \times (-e)$$

On pourrait ne s'attarder qu'à la grandeur du courant impliqué, car on n'a pas défini le sens du courant à calculer. Mais si on veut tenir compte du fait que ce sont des électrons émis, on pourrait considérer également qu'on s'intéresse au « courant émis », qui sera négatif, correspondant à un courant absorbé positif.

Le courant est alors :

$$I = \frac{50\,000(-e)}{\Delta t} \quad = \quad \frac{50\,000 \times (-1{,}602 \times 10^{-19}\ \mathrm{C})}{0{,}001\ \mathrm{s}} \quad = \mathbf{-8{,}01 \times 10^{-12}\ A}$$

b) Courant absorbé

Le sens du courant est celui des protons déplacés, ou inverse à celui des électrons déplacés. Selon l'énoncé, des électrons sont émis par la réaction. Il s'agit donc d'un courant dirigé <u>vers</u> la réaction, donc un courant *absorbé* par le cœur de la réaction.

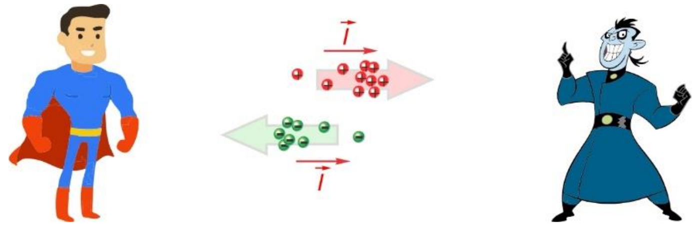
retour à la question ▲

retour à la question ▲

## 2.5 Solution : Le duel

retour à la question ▲

a) $I = 3{,}34 \times 10^5\ A$



Le sens du courant est celui des charges positives, ou inverse à celui des charges négatives. Cela permettra de déterminer le sens de chaque courant.

Par ailleurs, la grandeur du courant est définie par la charge passant en un point par unité de temps. Puisque deux sources de charges sont présentes, on peut calculer le courant émis dans chacun des jets. En commençant par le jet de protons (positifs) du héros :

$$I_1 = \frac{q}{\Delta t} = \frac{\pm Ne}{\Delta t} = \frac{(+2 \times 10^{24}\ \mathrm{C}) \times (1{,}602 \times 10^{-19}\ \mathrm{C})}{1\ \mathrm{s}} = 3{,}204 \times 10^5\ \mathrm{A}$$

Le jet étant dirigé vers le méchant, ce courant positif est dirigé vers lui. Pour celui-ci, le courant du jet d'électrons (négatifs) est :

$$I_2 = \frac{q}{\Delta t} = \frac{\pm Ne}{\Delta t} = \frac{(-8{,}5 \times 10^{22}\ \mathrm{C}) \times (1{,}602 \times 10^{-19}\ \mathrm{C})}{1\ \mathrm{s}} = -1{,}36 \times 10^4\ \mathrm{A}$$

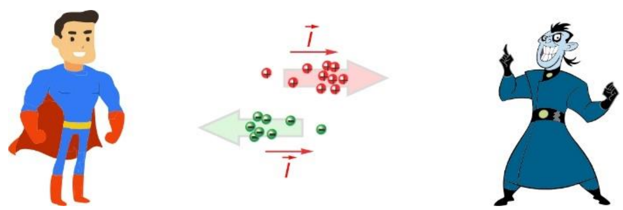
C'est un courant négatif dirigé vers le héros, qui équivaut donc à un courant positif qui serait dirigé vers le méchant également. On utilisera donc $I_2 = +1{,}36 \times 10^4$ A.

Les deux courants trouvés sont donc dans la même direction, la direction du méchant (c'est la réponse de la question b) ), et la valeur du courant est :

$$I = I_1 + I_2 = (3{,}204 \times 10^5\ \mathrm{A}) + (1{,}36 \times 10^4\ \mathrm{A}) = \mathbf{3{,}34 \times 10^5\ A}$$

b) Vers le méchant

Le courant positif vers le méchant et le courant négatif vers le héros correspondent à deux courants positifs vers le méchant. Le courant total est donc dirigé vers le méchant.



retour à la question ▲

## 2.6 Solution : Le LHC

retour à la question ▲

a) *n* = 2 406 passages

Le nombre de tours chaque seconde (disons *n*) représente la fréquence, car la fréquence de rotation est par définition le nombre de cycles effectué chaque seconde, d'où l'équation de départ qui contient la variable *n* :

$$f = \frac{n}{1\ \mathrm{s}} \quad \rightarrow \quad n = f \times 1\ \mathrm{s} \qquad (1)$$

On doit alors déterminer la fréquence. À partir de la vitesse et la circonférence de la trajectoire circulaire, on pourrait calculer la période, l'inverse de la fréquence ($T = \frac{1}{f}$) :

$$v = \frac{\text{circonférence}}{T} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi r}{1/f} = 2\pi r f \quad \rightarrow \quad f = \frac{v}{2\pi r} \qquad (2)$$

L'union des équations (1) et (2) entraîne :

$$n = f \times 1\ \mathrm{s} = \frac{v}{2\pi r} \times 1\ \mathrm{s} = \frac{6{,}5 \times 10^7\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{2\pi \times 4\,300\ \mathrm{m}} \times 1\ \mathrm{s} = \mathbf{2\,405{,}8}$$

Le proton passera près de 2406 fois au point étudié.

b) $I = 3{,}85 \times 10^{-16}$ A

Même s'il s'agit du même proton qui passe 2 406 fois, cela produit le même effet que le passage unique de 2 406 protons en une seconde. La charge impliqué est alors $q = +ne$, et le courant sera :

$$I = \frac{q}{\Delta t} = \frac{+ne}{\Delta t} = \frac{+2\,405{,}8 \times (1{,}602 \times 10^{-19}\ \mathrm{C})}{1\ \mathrm{s}} = \mathbf{3{,}85 \times 10^{-16}\ A}$$

retour à la question ▲

retour à la question ▲
retour à la question ▲
retour à la question ▲

**2.7** Solution : Perte de courant retour à la question ▲

Faux

Le courant est absolument le même en tout point d'une même branche, et un circuit simple est une branche unique formant une boucle. D'autre part, la réaction chimique se produisant dans la pile n'émet des électrons par l'une des bornes qu'à condition qu'elle en reçoive la même quantité par l'autre borne. Finalement, seule la tension diminue de part et d'autre de l'ampoule. En traversant le filament de l'ampoule, les électrons ne sont ni produits ni désintégrés, et sont donc en même nombre avant et après elle.

Par analogie, le débit d'eau avant et après les turbines d'une centrale hydroélectrique est le même. Si la turbine recueille de l'énergie au passage de l'eau, elle cause une variation de pression de part et d'autre, mais pas de débit.

retour à la question ▲

**2.8** Solution : Le milliampère-heure retour à la question ▲

a) $q$ = 3,6 C

Selon son nom et son symbole, le milliampère-heure « mAh » est le produit d'unités de courant (mA) et de temps (h). Si on cherche à faire un lien avec une quantité de charge (en coulombs « C »), on doit décomposer les unités de courant :

$$1\ A = 1\ \frac{\text{C}}{\text{s}} \quad \rightarrow \quad 1\ \text{mA} = 1\ \frac{\text{mC}}{\text{s}}$$

Si on multiplie cette nouvelle unité de courant par la durée « 1 h » et qu'on fait une conversion d'unités pour simplifier, on trouve la charge correspondante :

$$q = 1\ \frac{\text{mC}}{\text{s}} \times 1\ \text{h}$$

$$q = 1\ \frac{\text{mC}}{\text{s}} \times 1\ \text{h} \times \frac{3\ 600\ \text{s}}{1\ \text{h}} = 3\ 600\ \text{mC} = \mathbf{3,6\ C}$$

b) $n$ = 2,25×10$^{19}$

On a trouvé en a) la charge équivalente à 1 mAh. Pour trouver le nombre d'électrons que représente cette charge (sans égard au signe) :

$$q = ne \quad \rightarrow \quad n = \frac{q}{e} = \frac{3{,}6\ \text{C}}{1{,}602\times10^{-19}\ \text{C}} = \mathbf{2,25 \times 10^{19}}$$

retour à la question ▲

---

## 2.2 LA VITESSE DE DÉRIVE

**2.9** Solution : Le facteur 2 retour à la question ▲

Le fil #2

L'équation reliant tous les paramètres concernés par la vitesse de dérive est :

$$I = neAv_d$$

Si on écrit cette équation pour chacun des deux fils (de même courant $I$), en tenant compte des paramètres communs, on a :

$$I = n_1 eAv_{d1} \quad \text{et} \quad I = n_2 eAv_{d2}$$

Puisque les courants sont identiques :

$$n_1 eAv_{d1} = n_2 eAv_{d2}$$

Par simplification :

$$n_1 v_{d1} = n_2 v_{d2}$$

Sachant que $n_1 = 2n_2$ et en simplifiant, on a :

$$2n_2 v_{d1} = n_2 v_{d2}$$

$$2v_{d1} = v_{d2}$$

On constate alors que $v_{d2} > v_{d1}$; la vitesse de dérive dans le fil #2 est donc plus grande que celle dans le fil #1.

retour à la question ▲

retour à la question ▲

retour à la question ▲

**2.10** Solution : À quelle vitesse retour à la question ▲

$v_d$ = 9,84×10⁻⁶ m/s

Dans l'équation comportant la vitesse de dérive, on isolera $v_d$ pour procéder au calcul :

$$I = neAv_d$$

$$v_d = \frac{I}{neA} \qquad \text{avec } A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Donc :

$$v_d = \frac{I}{ne\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} = \frac{4I}{ne\pi d^2}$$

$$v_d = \frac{4\times 1{,}40\ \text{A}}{\left(18{,}1\times 10^{28}\ \frac{\text{é}}{\text{m}^3}\right)\times(1{,}602\times 10^{-19}\ \text{C})\times\pi\times(0{,}002\ 50\ \text{m})^2} = \mathbf{9{,}84\times 10^{-6}\ \frac{m}{s}}$$

retour à la question ▲

**2.11** Solution : Pas vite retour à la question ▲

$d$ = 0,453 mm

Selon l'équation de la vitesse de dérive des électrons libres :

$$I = neAv_d$$

Dans cette équation, l'aire conductrice est liée au diamètre par :

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Donc :

$$I = ne\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)v_d$$

Le diamètre est donc donné par :

$$d = \sqrt{\frac{4I}{ne\pi v_d}} = \sqrt{\frac{4\times 0{,}0255\ \text{A}}{\left(8{,}98\times 10^{28}\ \frac{\text{é}}{\text{m}^3}\right)\times(1{,}602\times 10^{-19}\ \text{C})\times\pi\times\left(1{,}10\times 10^{-5}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}} = \mathbf{0{,}453\ mm}$$

retour à la question ▲

## 2.3 LA RÉSISTANCE

**2.12** Solution : Calcul de charge retour à la question ▲

$R$ = 14,2 Ω

Le lien entre courant, différence de potentiel et résistance est $\Delta V = R \cdot I$. La résistance est déjà isolée dans cette équation, donc :

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{36{,}0\ \text{V}}{2{,}53\ \text{A}} = \mathbf{14{,}2\ \Omega}$$

retour à la question ▲

**2.13** Solution : Le fil de cuivre retour à la question ▲

$d$ = 1,10 mm

L'équation de la résistance d'un conducteur où l'aire $A$ peut être exprimée en fonction du diamètre du fil est :

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{\rho l}{\pi r^2} = \frac{\rho l}{\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{\rho l}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} = \frac{4\rho l}{\pi d^2}$$

En isolant le diamètre $d$ dans cette équation, on trouve :

$$d = \sqrt{\frac{4\rho l}{\pi R}} = \sqrt{\frac{4 \times (1{,}68 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}) \times 15\ \mathrm{m}}{\pi \times 0{,}265\ \Omega}} = \mathbf{1{,}10 \times 10^{-3}\ m}$$

retour à la question ▲

**2.14** Solution : Résistance modifiée retour à la question ▲

a) *R* diminue.

Selon l'équation de la résistance $R = \frac{\rho l}{A}$, le paramètre *l* (longueur) est au numérateur, donc sa diminution entraîne une diminution du résultat.

b) *R* augmente.

Selon l'équation de la résistance $R = \frac{\rho l}{A}$, le paramètre $\rho$ (résistivité) est au numérateur, donc son augmentation entraîne une augmentation du résultat.

c) *R* augmente.

L'équation de la résistance $R = \frac{\rho l}{A}$ ne contient pas directement le paramètre *d*, mais celui-ci est à l'intérieur de *A* (l'aire). Puisque *A* se remplace par $\pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$, l'équation de la résistance devient :

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{\rho l}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} = \frac{4\rho l}{\pi d^2} \tag{1}$$

Dans la dernière forme de l'équation, le paramètre *d* (diamètre du fil) est au dénominateur, donc sa réduction entraîne une augmentation du résultat.

d) $R_2/R_1 = 8$.

Volontairement la valeur du diamètre n'a pas été donnée, mais on sait qu'il est réduit d'un facteur 2. Sans pouvoir calculer les deux valeurs de résistance impliquées, on peut d'abord obtenir une expression de chaque valeur et leur comparaison donnera néanmoins une valeur numérique. L'équation (1) développée en c) permet d'obtenir pour les valeurs initiale et modifiée de la résistance ($R_1$ et $R_2$), en utilisant les valeurs originale et réduite de *d* ($d_1$ et $d_2$) :

$$R_1 = \frac{4\rho l_1}{\pi d_1^2}, \tag{2}$$

$$R_2 = \frac{4\rho l_2}{\pi d_2^2}, \tag{3}$$

avec $d_2 = \frac{1}{2} d_1$ et $l_2 = 2 l_1$

En substituant dans l'équation (3) les expressions de $d_2$ et $l_2$, on obtient :

$$R_2 = \frac{4\rho l_2}{\pi d_2^2} = \frac{4\rho \mathbf{2 l_1}}{\pi \left(\frac{1}{2} \mathbf{d_1}\right)^2} = \frac{32 \rho l_1}{\pi d_1^2}$$

La comparaison des deux expressions de résistance entraîne, sans même utiliser les valeurs fournies :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\left(\frac{32\rho l_1}{\pi d_1^2}\right)}{\left(\frac{4\rho l_1}{\pi d_1^2}\right)} = \frac{32 \rho l_1 \pi d_1^2}{4 \rho l_1 \pi d_1^2} = \mathbf{8}$$

retour à la question ▲

retour à la question ▲

retour à la question ▲

retour à la question ▲

**2.15** Solution : Le triple retour à la question ▲

*ΔV'* = *ΔV*/9

On a besoin d'utiliser et relier les deux équations de la résistance :

$$\Delta V = R \cdot I, \qquad \text{et} \qquad R = \frac{\rho l}{A}$$

Donc :

$$\Delta V = \frac{\rho l}{A} \cdot I, \qquad \text{avec } A = \pi r^2 = \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

d'où :

$$\Delta V = \frac{4\rho l I}{\pi d^2}$$

Si on triple le diamètre (*d'* = 3*d*), on a :

$$\Delta V' = \frac{4\rho l I}{\pi d'^2} = \frac{4\rho l I}{\pi (3d)^2} = \frac{4\rho l I}{\pi 9 d^2} = \frac{1}{9} \times \frac{4\rho l I}{\pi d^2}$$

Dans cette dernière expression, on reconnaît une expression (violet) égale à la d.d.p. *ΔV* du départ, d'où :

$$\Delta V' = \frac{1}{9}\Delta V$$

On constate donc que $\boldsymbol{\Delta V' = \frac{1}{9}\Delta V}$.

retour à la question ▲

**2.16** Solution : Le classement retour à la question ▲

a) 1, 4, 7, 8, 11

Les métaux sont systématiquement des conducteurs, donc l'or, l'acier, l'argent et l'aluminium en sont.

Aussi, l'eau est connue pour être conductrice. C'est pourquoi il y a de nombreuses mises en garde et dispositifs protecteurs contre les électrocutions dans la salle de bain et la cuisine. C'est aussi pourquoi le corps humain est conducteur.

b) 2, 6, 9

Le germanium et le silicium sont les semi-conducteurs les plus utilisés dans les applications courantes. Le carbone en est un également.

c) 3, 5, 10, 12

Le plastique , le caoutchouc et le verre sont des isolants couramment utilisés. Le papier et le carton sont aussi des isolants de moindre qualité ou n'ayant pas les propriétés physique qui les rendent exploitables.

retour à la question ▲

## 2.4-2.5 LA LOI D'OHM ET LA PUISSANCE ÉLECTRIQUE

**2.17** Solution : L'ampoule retour à la question ▲

*I* = 0,500 A

La loi d'Ohm met en relation la tension (différence de potentiel), la résistance et le courant. Si on y isole le courant *I* :

$$\Delta V = RI \quad \rightarrow \quad I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{240\ \Omega} = \mathbf{0{,}500\ A}$$

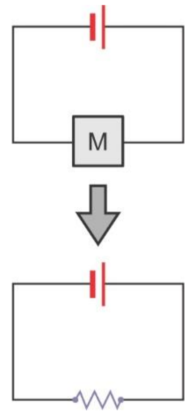
retour à la question ▲

**2.18** Solution : Le Moteur retour à la question ▲

▲ retour à la question

*I* = 13,8 A

Le branchement du moteur directement à une source crée un circuit équivalent à celui d'une résistance seule branchée à une source (voir schéma ci-contre).




Pour déterminer le courant à partir de la puissance produite et du potentiel qui alimente ce moteur, on peut utiliser l'équation qui relie ces trois grandeurs.

L'équation de la puissance électrique mettant en relation les trois grandeurs évoquées dans la question est :

$$P = \Delta V I \quad \text{ou} \quad P = \mathcal{E} I,$$

où $\mathcal{E}$ = 12 V.

Puisqu'on cherche le courant utilisé par le moteur :

$$I = \frac{P}{\mathcal{E}} = \frac{165\ \mathrm{W}}{12\ \mathrm{V}} = \mathbf{13{,}75\ A}$$

retour à la question ▲

**2.19** Solution : La puissance dissipée retour à la question ▲

▲ retour à la question

a) *P* = 208 W

Le potentiel étant donné, on doit connaître le courant ou la résistance pour pouvoir calculer la puissance. Les informations fournies sur le fil permettent de calculer sa résistance :

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{\rho l}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} = \frac{4\rho l}{\pi d^2}$$

Cette expression de la résistance peut être intégrée dans l'équation de la puissance qui utilise le potentiel et la résistance :

$$P = \Delta V \cdot I = \frac{\Delta V^2}{R}$$

$$P = \frac{\Delta V^2}{R} = \frac{\Delta V^2}{\left(\frac{4\rho l}{\pi d^2}\right)} = \frac{\Delta V^2 \pi d^2}{4\rho l}$$

$$P = \frac{\Delta V^2 \pi d^2}{4\rho l} = \frac{(25{,}0\ \mathrm{V})^2 \times \pi \times (7{,}50\times10^{-3}\ \mathrm{m})^2}{4\times(2{,}65\times10^{-8}\ \Omega\cdot\mathrm{m})\times 5000\ \mathrm{m}} = \mathbf{208\ W}$$

b) Elle devient chaleur

▲ retour à la question

La dissipation d'énergie par un conducteur électrique portant un courant est l'effet Joule et produit de la chaleur, de l'énergie thermique.

c) *E* = $1{,}80\times10^7$ J

La puissance est un taux (donc dans le temps) de production ou transfert d'énergie :

$$P = \frac{E}{t}$$

La quantité d'énergie thermique produite (énergie dissipée en chaleur) est donc donnée par :

$$E = P \times t$$

Pour obtenir une énergie en joules, on convertira en secondes la durée de 24 h :

$$E = 208\ \mathrm{W} \times \left(24\ \mathrm{h} \times \frac{3\,600\ \mathrm{s}}{1\ \mathrm{h}}\right) = \mathbf{1{,}80 \times 10^7\ J}$$

retour à la question ▲

retour à la question ▲

**2.20** Solution : Le chauffage retour à la question ▲

a) $I$ = 16,6 A

D'abord, l'équation de la puissance devra être exprimée en fonction de la résistance et du courant puisque que ce sont les grandeurs donnée et demandée dans l'énoncé :

$$P = \Delta V \cdot I \quad = \quad RI^2$$

Par ailleurs, le courant maximal supporté par le dispositif est celui qui circule lorsque la puissance dissipée est à la valeur maximale possible pour le dispositif, donc 4 000 W. La résistance est par ailleurs une propriété constante pour la plinthe de chauffage, donc on peut adapter l'équation de la puissance pour les valeurs limite (résistance nominale signifie *valeur générale utilisable pour la plupart des contextes, dusse-t-elle varier légèrement dans les faits, dans certaines conditions*).

$$P_{max} = RI_{max}^2$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}} \quad = \quad \sqrt{\frac{4\,000\text{ W}}{14{,}5\ \Omega}} \quad = \quad \mathbf{16{,}6\ A}$$

retour à la question ▲

b) $E$ = 9,00 MJ

L'énergie est liée à la puissance par :

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

$$E = P \times \Delta t \tag{1}$$

On peut donc calculer l'énergie dégagée par une puissance de 2 500 W en une heure d'opération (3 600 s) par :

$$E = P \times \Delta t \quad = \quad 2\,500\text{ W} \times 3\,600\text{ s} \quad = \quad 9{,}00 \times 10^6\text{ J} \quad = \quad \mathbf{9{,}00\ MJ}$$

retour à la question ▲

c) $C$ = 1,26 $

Si la plinthe chauffante fonctionne le tiers du temps durant une journée (de 24 heures), elle a donc fonctionné durant 8 heures.

On doit calculer la quantité d'énergie consommée durant 8 heures, et cette quantité d'énergie doit être exprimée en kilowattheures pour procéder au calcul avec le tarif d'électricité. À partir de l'équation (1) établie en b) :

$$E = P \times \Delta t \quad = \quad 2\,500\text{ W} \times 8\text{ h} \quad = \quad 20\,000\text{ Wh} \quad = \quad 20\text{ kWh}$$

Le calcul du coût (posons $C$) est donc :

$$C = E \times \text{tarif} \quad = \quad 20\text{ kWh} \times \left(6{,}3\,\frac{¢}{\text{kWh}}\right) \quad = \quad 126\ ¢ \quad = \quad \mathbf{1{,}26\ \$}$$

retour à la question ▲

**2.21** Solution : Le fusible retour à la question ▲

retour à la question ▲

2 mesures correctes

Le fusible fait en sorte que tout courant supérieure à sa limite à lui (10 A) le fera rompre. Donc les courants inférieurs à 10 A seront mesurés normalement tant qu'il n'aura pas été exposé à un courant plus élevé que sa limite.

Dès qu'un courant supérieur à 10 A sera dirigé à travers l'appareil, et donc à travers le fusible, celui-ci surchauffera en une fraction de seconde au point de rompre, et ce courant ne sera jamais mesuré. Une fois le fusible rompu, aucun courant ne pourra être mesuré à nouveau avant son remplacement par un fusible intact, même les faibles courants, car ils doivent passer à travers le fusible (non rompu) pour être mesurés par le circuit de l'ampèremètre.

Remarque : le fait que le circuit de l'appareil puisse mesurer des courants jusqu'à 12,5 A sans être endommagé n'intervient pas. Le fusible fait partie du circuit du courant et sa rupture au-delà de 10 A empêchera les courants entre 10 A et 12,5 A de traverser l'appareil pour être mesurés.

Donc, si les six courants indiqués sont mesurés dans l'ordre indiqué, les deux premiers pourront être mesurés normalement. À la tentative de mesure du 3e, le fusible de l'ampèremètre sera endommagé; cette mesure ne sera pas complétée et les suivantes ne pourront être faites avec un fusible rompu, même celles qui ne l'auraient pas endommagé.

Donc seules 2 mesures correctes pourront être complétées, les deux premières.

retour à la question ▲

**2.22** Solution : Le synthèse retour à la question ▲

retour à la question ▲

a) $A$ = 6,52 mm²

Réunissons les différentes équations qui concernent les différentes informations données…
La résistivité de l'aluminium implique nécessairement l'équation

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

La vitesse de dérive implique quant à elle l'équation

$$I = neAv_d$$

Finalement, la puissance implique l'une des équations

$$P = \Delta V \cdot I = RI^2 = \frac{\Delta V^2}{R}$$

En utilisant la forme $P = RI^2$, on peut insérer les expressions de $R$ et de $I$ des équations (1) et (2) :

$$P = RI^2 \quad = \quad \frac{\rho l}{A} \times (neAv_d)^2 \quad = \quad \rho l n^2 e^2 A v_d^2$$

Il ne reste qu'à isoler l'aire conductrice $A$ inconnue pour procéder au calcul :

$$A = \frac{P}{\rho l n^2 e^2 v_d^2} \quad = \quad \frac{9{,}5\ \text{W}}{2{,}65\times10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m}\times0{,}43\ \text{m}\times\left(18{,}1\times10^{28}\,\frac{\text{é}}{\text{m}^3}\right)^2\times(1{,}602\times10^{-19}\ \text{C})^2\times\left(0{,}00039\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}$$

$$A = 6{,}52\times10^{-6}\ \text{m}^2 \quad = \quad \mathbf{6{,}52\ mm^2}$$

retour à la question ▲

b) $\Delta V$ = 0,129 V

Le potentiel recherché est lié à la puissance connue et à la résistance connaissable par :

$$P = \frac{\Delta V^2}{R}, \qquad \text{où } R = \frac{\rho l}{A}$$

Donc :

$$\Delta V = \sqrt{PR} \quad = \quad \sqrt{P\times\frac{\rho l}{A}} \quad = \quad \sqrt{\frac{P\rho l}{A}}$$

En utilisant la valeur d'aire trouvée en a) :

$$\Delta V = \sqrt{\frac{9{,}5\ \text{W}\times(2{,}65\times10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m})\times0{,}43\ \text{m}}{6{,}52\times10^{-6}\ \text{m}^2}} \quad = \quad \mathbf{0{,}129\ V}$$

c) $n$ = 4,60×10²⁰ électrons

Attention de ne pas confondre le nombre d'électrons libres par unité de volume donné dans l'énoncé pour l'aluminium et le nombre d'électrons passant en un point du fil chaque seconde (appelons celui-ci $n_I$) :
Le nombre d'électrons passant en un point du fil chaque seconde est lié à la charge passant en ce point et donc au courant :
Le courant est lié à la charge passant en un point par unité de temps (choisissons $\Delta t$ = 1 s) :

$$q = \pm n_I e \qquad \text{et} \qquad I = \frac{q}{\Delta t}$$

Puisqu'on cherche une quantité d'électrons, on n'a pas à se soucier du sens du courant et donc du signe :

$$I = \frac{n_I e}{\Delta t} \qquad (1)$$

On peut exprimer le courant en fonction de la puissance connue et du potentiel trouvé en b) :

$$P = \Delta V \cdot I \quad \rightarrow \quad I = \frac{P}{\Delta V} \qquad (2)$$

Par l'union des équations (1) et (2), on trouve :

$$\frac{P}{\Delta V} = \frac{n_I e}{\Delta t}$$

$$n_I = \frac{P\cdot\Delta t}{e\cdot\Delta V} \quad = \quad \frac{9{,}5\ \text{W}\times1\ \text{s}}{(1{,}602\times10^{-19}\ \text{C})\times0{,}129\ \text{V}} \quad = \quad \mathbf{4{,}60\times10^{20}}$$

retour à la question ▲