

## Physique : électricité

### Exercices corrigés et commentés Examens de Maturité Suisse

Corrigés des sessions		
Session hiver	2014	1
Session été	2014	7
Session hiver	2015	13
Session été	2015	15
Session hiver	2016	19
Session été	2016	23
Session hiver	2017	29
Session été	2017	33
Session hiver	2018	37
Session été	2018	41
Session hiver	2019	45
Session été	2019	49
Session hiver	2020	53
Session été	2020	57
Session hiver	2021	61
Session été	2021	65
Session hiver	2022	69
Session été	2022	73
Session hiver	2023	77
Session été	2023	81
Session hiver	2024	85
Session été	2024	89
Session hiver	2025	91
Session été	2025	95



## Session hiver 2014

### Troisième partie : Electricité

**N.B :** Les questions 3.1 et 3.2 sont indépendantes.

**3.1** J'achète un chauffe-eau électrique aux Etats-Unis. Sur celui-ci je peux lire les informations suivantes : 1500 W, 115 V.

- a) Quelle est la résistance de ce chauffe-eau ?
- b) Quel courant traverse le chauffe-eau lorsqu'il est utilisé aux Etats-Unis sur une prise de 115 V ?
- c) Combien cela me coûtera-t-il d'utiliser le chauffe-eau pendant 20 minutes si le prix du kWh est de 25 c. ?
- d) Je ramène mon chauffe-eau chez moi en Suisse. Quelle(s) est(sont) la(les) grandeur(s) électriques qui n'ont pas changé parmi U, R, I et P ?
- e) Toujours en Suisse, où la tension du secteur est de 230 V, quelle sera la puissance de mon chauffe-eau ?
- f) Combien de temps mettra mon chauffe-eau pour porter à ébullition une certaine quantité d'eau en Suisse, s'il mettait 12 minutes pour faire la même chose aux Etats-Unis ? Si vous n'avez pas pu répondre à la question e) prendre  $P_{CH} = 4500 \text{ W}$ .

**3.2** J'ai à disposition deux ampoules électriques à incandescence A et B. Leurs caractéristiques pour un fonctionnement normal sont respectivement 12 V, 2 W pour l'ampoule A et 12 V, 3 W pour l'ampoule B.

- a) Je place les deux ampoules en parallèle sur une batterie de 12 V. Quel sera le courant débité par la batterie ?
- b) Toujours lorsque les deux ampoules sont branchées en parallèle, quelle sera la puissance électrique de l'ensemble ?
- c) Je modifie le branchement et mets les deux ampoules en série sur la même batterie de 12 V. Quelles seront les puissances électriques de chacune des ampoules ? Laquelle brillera le plus ?

### 3.1 J'achète un chauffe-eau électrique aux Etats-Unis. Sur celui-ci je peux lire les informations suivantes : 1500 W, 115 V.

a) Quelle est la résistance de ce chauffe-eau ?

Les indications 1500 W, 115 V signifient qu'il faut brancher l'appareil sur une tension de 115 V pour qu'il développe une puissance de 1500 W.



Loi d'Ohm

La loi d'Ohm décrit la relation entre la tension  $U$  aux bornes d'une résistance, la valeur  $R$  de cette résistance et le courant  $I$  qui la traverse. On peut ainsi calculer la valeur d'une résistance en utilisant la loi d'Ohm :

$$U = RI \Rightarrow R = \frac{U}{I}$$

La loi d'Ohm permet aussi de calculer le courant traversant une résistance. Mais la valeur de la résistance est inconnue ici. En revanche, nous connaissons la puissance du chauffe-eau s'il est branché sur une tension de 115 V.



Puissance électrique et énergie consommée

La relation entre la puissance  $P$ , la tension  $U$  et le courant  $I$  permet de calculer le courant qui traverse le chauffe-eau lorsqu'il est branché sur une tension de 115 V :

$$P = UI \Rightarrow I = \frac{P}{U}$$

$$U = RI \Rightarrow R = \frac{U}{I}$$

$$U = 115 \text{ V}$$

$$P = 1500 \text{ W}$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1500}{115} = 13,04 \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{115}{13,04} = 8,817 \Omega$$

b) Quel courant traverse le chauffe-eau lorsqu'il est utilisé aux Etats-Unis sur une prise de 115 V ?

Le courant électrique traversant une résistance peut être calculé en utilisant la loi d'Ohm :

$$U = RI \Rightarrow I = \frac{U}{R}$$

On peut aussi déterminer le courant en utilisant la puissance électrique :

$$P = UI \Rightarrow I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1500}{115} = 13,04 \text{ A}$$

c) Combien cela me coûtera-t-il d'utiliser le chauffe-eau pendant 20 minutes si le prix du kWh est de 25 c. ?

$$E = Pt = 1500 \cdot 1200 = 1'800'000 \text{ J}$$

$$= \frac{1'800'000}{3,6 \cdot 10^6} = 0,5 \text{ kWh}$$

$$\text{Coût} = 0,5 \cdot 25 = 12,5 \text{ c}$$

**Le kWh** (kilowattheure) est une unité d'énergie et non de puissance. Il ne faut pas confondre cette unité avec le kW (kilowatt) qui est une unité de puissance et représente 1000 watts.

Un kWh correspond à l'énergie consommée en une heure par un appareil dont la puissance est de 1 kW. Un kWh correspond à  $3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$  :

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \Rightarrow 1 \text{ J} = \frac{1}{3,6 \cdot 10^6} \text{ kWh}$$

Pour déterminer le coût d'utilisation du chauffe-eau durant 20 minutes, il faut déterminer la quantité d'énergie consommée durant ces 20 minutes et exprimer cette quantité en kWh :

$$E = Pt = UI t$$

Dans cette formule E représente l'énergie consommée en joules, P la puissance en watts et t la durée en secondes.

d) Je ramène mon chauffe-eau chez moi en Suisse. Quelle(s) est(sont) la(les) grandeur(s) électriques qui n'ont pas changé parmi U, R, I et P ?

La résistance R n'a pas changé. Elle ne dépend que des caractéristiques physiques de l'appareil.

La seule grandeur qui restera constante, indépendamment des autres grandeurs électriques, c'est la valeur de la résistance. Cette valeur est déterminée par les caractéristiques physiques de l'objet, indépendamment de la tension, du courant ou de la puissance.

Notez que pour un objet simple comme **un fil conducteur**, la résistance R peut être calculée en utilisant les grandeurs comme la longueur l, la section s et la résistivité  $\rho$  de la matière dont est composé le fil :



Résistance d'un fil électrique

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

e) Toujours en Suisse, où la tension du secteur est de 230 V, quelle sera la puissance de mon chauffe-eau ?

$$P = UI$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{8,817} = 26,09 \text{ A}$$

$$P = 230 \cdot 26,09 = 6'000 \text{ W}$$

Attention : on ne peut pas utiliser les valeurs de la puissance, de la tension ou du courant calculées plus haut, aux points a et b. La seule grandeur qui n'a pas changé et qu'on peut reprendre est la résistance du chauffe-eau !

- f) Combien de temps mettra mon chauffe-eau pour porter à ébullition une certaine quantité d'eau en Suisse, s'il mettait 12 minutes pour faire la même chose aux Etats-Unis ? Si vous n'avez pas pu répondre à la question e) prendre  $P_{CH} = 4500 \text{ W}$ .



Puissance

De manière générale, la **puissance** est égale à la quantité d'énergie  $\Delta E$  mise en jeu par unité de temps  $t$  :

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



Puissance thermique

Dans le cas du chauffe-eau, la puissance représente la quantité de **chaleur** qu'il produit par seconde.

La quantité de chaleur nécessaire pour amener à l'ébullition une certaine quantité d'eau ne change pas entre la

Suisse et les Etats-Unis. En revanche, la puissance  $P$  du chauffe-eau est quatre fois plus grande en Suisse. Cela signifie qu'elle produit quatre fois plus de chaleur par unité de temps et qu'il amènera l'eau à l'ébullition quatre fois plus vite.

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

La quantité d'énergie pour porter l'eau à l'ébullition ne change pas entre les Etats-Unis et la Suisse. Cependant, la puissance en Suisse (6'000 W) est 4 fois plus grande que la puissance aux Etats-Unis (1'500 W).

La durée sera donc 4 fois plus courte en Suisse.

$$t = \frac{12}{4} = 3 \text{ min}$$

### 3.2 J'ai à disposition deux ampoules électriques à incandescence A et B. Leurs caractéristiques pour un fonctionnement normal sont respectivement 12 V, 2 W pour l'ampoule A et 12 V, 3 W pour l'ampoule B.

- a) Je place les deux ampoules en parallèle sur une batterie de 12 V. Quel sera le courant débité par la batterie ?

Les indications 12 V, 2 W signifient que si une de ces ampoules est branchée sur une tension de 12 V alors elle développera une puissance de 2 W. Pour la deuxième ampoule, la puissance sera de 3 W.



Résistances en parallèle

Le courant débité par la batterie est égal à la somme des courants passant dans l'ampoule A et B (**résistances en parallèle**). En revanche, la tension est identique aux bornes de chaque ampoule :

$$I = I_A + I_B$$

$$P_A = U_A \cdot I_A \Rightarrow I_A = \frac{P_A}{U_A} = \frac{2}{12} = 0,1667 \text{ A}$$

$$P_B = U_B \cdot I_B \Rightarrow I_B = \frac{P_B}{U_B} = \frac{3}{12} = 0,25 \text{ A}$$

$$I = I_A + I_B = 0,1667 + 0,25 = 0,4167 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 + I_3 &= I \\ U_1 = U_2 = U_3 &= U \\ R_{eq} &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \end{aligned}$$

**b) Toujours lorsque les deux ampoules sont branchées en parallèle, quelle sera la puissance électrique de l'ensemble ?**

$$P = P_A + P_B = 2 + 3 = 5 \text{ W}$$

La puissance de l'ensemble est la somme des puissances de chaque ampoule. La tension aux bornes des deux ampoules est de 12 V. Leurs puissances sont identiques à ce qui est indiqué au point 3.2.

**c) Je modifie le branchement et mets les deux ampoules en série sur la même batterie de 12 V. Quelles seront les puissances électriques de chacune des ampoules ? Laquelle brillera le plus ?**

$$P_A = UI$$

$$I_A = I_B = I = \frac{U}{R} \quad (R = R_A + R_B)$$

$$R_A = \frac{U}{I} \quad I = \frac{P}{U} = \frac{2}{12} = 0,1667 \text{ A}$$

$$R_A = \frac{12}{0,1667} = 72 \Omega$$

$$R_B = \frac{U}{I} \quad I = \frac{P}{U} = \frac{3}{12} = 0,25 \text{ A}$$

$$R_B = \frac{12}{0,25} = 48 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{72+48} = 0,1 \text{ A}$$

$$U_A = R_A I = 72 \cdot 0,1 = 7,2 \text{ V}$$

$$U_B = R_B I = 48 \cdot 0,1 = 4,8 \text{ V}$$

$$P_A = U_A \cdot I_A = 7,2 \cdot 0,1 = 0,72 \text{ W}$$

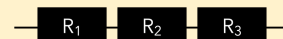
$$P_B = U_B \cdot I_B = 4,8 \cdot 0,1 = 0,48 \text{ W}$$

$P_A > P_B \Rightarrow$  C'est l'ampoule A qui brillera le plus.

Ici, les tensions aux bornes des ampoules seront différentes (*résistances en série*). En revanche, le courant traversant les différentes ampoules sera le même :



Résistances en série



$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

$$U_1 + U_2 + U_3 = U$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

La puissance qui dépend de la tension sera aussi différente pour chaque ampoule.



Puissance électrique

## Session été 2014

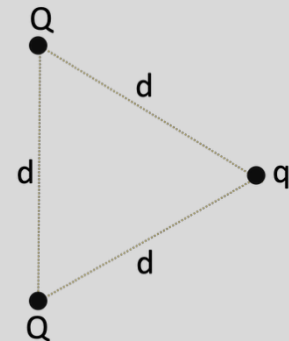
### Quatrième partie : Électricité

#### 4.1 Électrostatique

Trois charges ponctuelles de respectivement  $Q = 2 \mu\text{C}$ ,  $Q = 2 \mu\text{C}$  et  $q = -1 \mu\text{C}$  forment un triangle équilatéral de longueur d'arête  $d = 5 \text{ cm}$ .

4.1.a) Construire graphiquement la résultante des forces agissant sur la charge  $q = 1 \mu\text{C}$ .

4.1.b) Calculer l'intensité de cette force.



#### 4.2 Courant électrique

Un haut-parleur d'une résistance de  $8 \Omega$  est alimenté par un amplificateur d'une puissance de  $50 \text{ W}$ . Cet amplificateur se trouve à  $10 \text{ m}$  et il est relié à l'aide d'un câble électrique (à 2 fils) de même longueur au haut-parleur.

4.2.a) Calculer la résistance maximale que peut avoir ce câble, si les pertes ne doivent pas dépasser  $5\%$  de la puissance de l'amplificateur.

4.2.b) Calculer, en  $\text{mm}^2$ , la section de ce câble s'il est en cuivre. S'agit-il d'une section minimale ou maximale ? (Les candidats qui n'ont pas répondu à la question précédente utilisent la valeur fictive de  $0,8 \Omega$  pour la résistance du câble)

Trois charges ponctuelles de respectivement  $Q = 2 \mu\text{C}$ ,  $Q = 2 \mu\text{C}$  et  $q = -1 \mu\text{C}$  forment un triangle équilatéral de longueur d'arête  $d = 5 \text{ cm}$ .

4.1.a) Construire graphiquement la résultante des forces agissant sur la charge  $q = 1 \mu\text{C}$ .

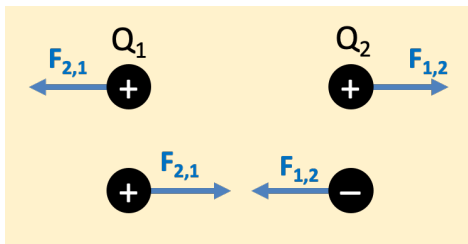


Forces électriques

Deux charges électriques exercent l'une sur l'autre deux **forces électriques** de même norme, mais de sens opposés.

Si les deux charges sont de mêmes signes alors elles sont répulsives et si elles sont de

signes opposés, elles sont attractives :

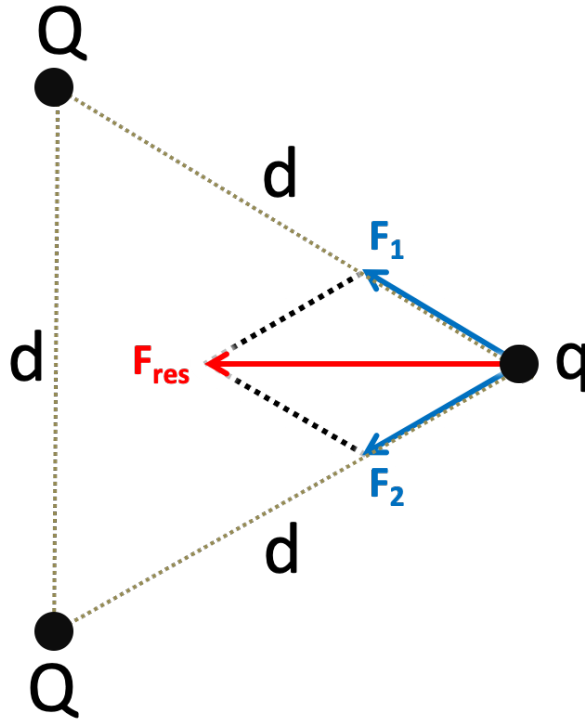


Dans cet exercice, on ne s'intéresse qu'aux forces exercées sur  $q$ . Les deux charges  $Q$  sont positives et la charge  $q$  est négative. Les forces  $F_1$  et  $F_2$  exercées par les deux charges  $Q$  sur  $q$  sont donc attractives.



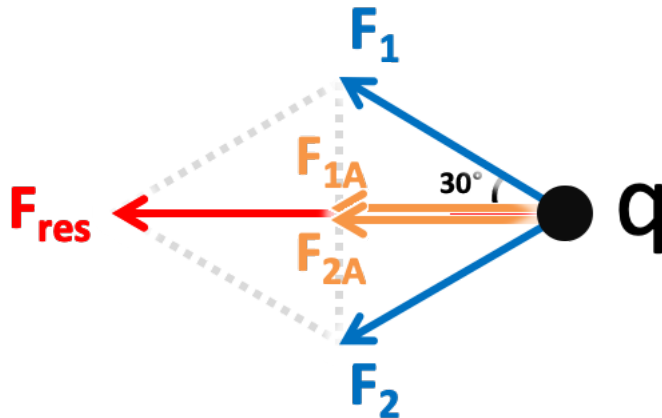
Vecteurs : addition et soustraction

Les forces électriques, comme toutes les forces, peuvent être représentées par des **vecteurs**. La force résultante  $F_{res}$  représente la somme vectorielle de ces deux forces  $F_1$  et  $F_2$ .



Trois charges ponctuelles de respectivement  $Q = 2 \mu\text{C}$ ,  $Q = 2 \mu\text{C}$  et  $q = -1 \mu\text{C}$  forment un triangle équilatéral de longueur d'arête  $d = 5 \text{ cm}$ .

4.1.a) Construire graphiquement la résultante des forces agissant sur la charge  $q = 1 \mu\text{C}$ .



$$F_1 = F_2 = \frac{Q \cdot q}{d^2} \cdot C = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{0,05^2} \cdot 9 \cdot 10^9 = 7,2 \text{ N}$$

$$F_{1A} = F_{2A} = F_1 \cdot \cos(30) = 7,2 \cdot \cos(30) = 6,24 \text{ N}$$

$$F_{res} = F_{1A} + F_{2A} = 6,24 + 6,24 = 12,47 \text{ N}$$

On utilise **la loi de Coulomb** pour calculer les normes des forces  $F_1$  et  $F_2$  :

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} \cdot C$$

$Q_1$  et  $Q_2$  représentent les deux charges électriques. Les grandeurs de ces deux charges sont en coulomb et en valeur absolue (sans leurs signes).

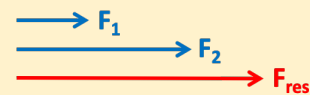
Notez qu'un  $\mu\text{C}$  (microcoulomb) est égal à  $10^{-6} \text{ C}$ . La distance  $d$  entre les deux charges est en mètre. La constante de Coulomb  $C$  vaut  $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ .

La résultante ( $F_{res}$ ) est égale à la somme des projections de  $F_1$  ( $F_{1A}$ ) et  $F_2$  ( $F_{2A}$ ) sur la diagonale horizontale. Dans ce problème ces deux projections ont la même grandeur.

Les trois angles d'un triangle équilatéral sont égaux et valent  $60^\circ$ . Ainsi, l'angle entre  $F_1$  et la force résultante  $F_{res}$  est de  $30^\circ$ .

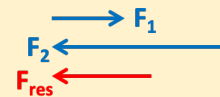
Il existe des situations plus simples pour déterminer **la résultante de deux forces**.

Si deux forces  $F_1$  et  $F_2$  sont parallèles et pointent dans le même sens, alors la force résultante  $F_{res}$  sera parallèle aux deux forces et sa norme sera la somme de leurs normes :



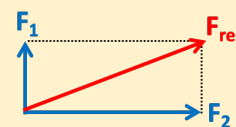
$$F_{res} = F_1 + F_2$$

Si les deux forces sont parallèles, mais de sens opposé, la force résultante sera parallèle aux deux forces et sa norme sera la différence entre la norme de la plus grande force et de la plus petite :



$$F_{res} = F_2 - F_1$$

Enfin si les deux forces sont perpendiculaires, le théorème de Pythagore permet de calculer la force résultante :



$$F_{res} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

Un haut-parleur d'une résistance de  $8 \Omega$  est alimenté par un amplificateur d'une puissance de  $50 \text{ W}$ . Cet amplificateur se trouve à  $10 \text{ m}$  et il est relié à l'aide d'un câble électrique (à 2 fils) de même longueur au haut-parleur.

4.2.a) Calculer la résistance maximale que peut avoir ce câble, si les pertes ne doivent pas dépasser  $5\%$  de la puissance de l'amplificateur.

L'amplificateur joue le rôle de **source de tension** (générateur) pour le haut-parleur. Chaque fil du câble est une résistance ( $R_1$  et  $R_2$ ).

Si la perte dans les fils est de  $5\%$ , cela signifie que la puissance du haut-parleur est de  $47,5 \text{ W}$  (pertes de  $5\%$ , puissance du haut-parleur =  $95\%$  de  $50 \text{ W} = 50 \cdot 95/100 = 47,5 \text{ W}$ ). La puissance dissipée par le câble est donc de  $2,5 \text{ W}$  ( $50 - 47,5 = 2,5 \text{ W}$ ). Chaque fil du câble dissipe ainsi  $1,25 \text{ W}$  de puissance.



Loi d'Ohm

Les résistances  $R_1$  et  $R_2$  sont identiques et leur valeur peut être déterminée par la loi d'Ohm :

$$U = RI \Rightarrow R = \frac{U}{I}$$

Ici, on a besoin de deux grandeurs inconnues :  $U_1$  (la tension aux bornes de  $R_1$ ), et  $I_1$  (le courant qui la traverse).



Puissance électrique

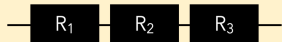
On peut aussi utiliser les informations sur le haut-parleur pour calculer le courant qui le traverse. Pour cela, on combinera la loi d'Ohm ( $U = RI$ ) et la puissance ( $P = UI$ ) :

$$P = UI = RI^2 \Rightarrow I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$



Résistances en série

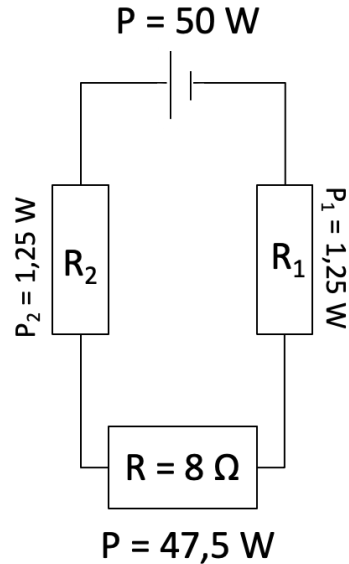
Le haut-parleur et les deux fils sont **branchés en série**. Ainsi le courant qui les traverse est identique :



$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

$$U_1 + U_2 + U_3 = U$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$



$$\text{Puissance dissipée par le câble} = 50 \cdot \frac{5}{100} = 2,5 \text{ W}$$

$$\text{Puissance du haut-parleur } P = 50 - 2,5 = 47,5 \text{ W}$$

$$\text{Puissance dissipée par fil } P_1 = P_2 = \frac{2,5}{2} = 1,25 \text{ W}$$

$$U_1 = R_1 I_1 \Rightarrow R_1 = \frac{U_1}{I_1}$$

$$I = I_1 = I_2 \text{ (Résistances en série)}$$

$$P = UI = RI^2 \Rightarrow I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{47,5}{8}} = 2,44 \text{ A}$$

$$R_1 = \frac{P_1}{I_1^2} = \frac{1,25}{2,44^2} = 0,21 \Omega$$

Le câble est constitué de deux fils de  $0,21 \Omega$  :

$$\text{Résistance du câble } R_{cable} = 2 \cdot 0,21 = 0,42 \Omega$$

**4.2.b) Calculer, en mm<sup>2</sup>, la section de ce câble s'il est en cuivre. S'agit-il d'une section minimale ou maximale ? (Les candidats qui n'ont pas répondu à la question précédente utilisent la valeur fictive de 0,8 Ω pour la résistance du câble)**

$$l = 2 \cdot 10 = 20 \text{ m}$$

$$\rho \text{ (résistivité du cuivre)} = 1,68 \cdot 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$$

$$R_{\text{cable}} = 0,42 \text{ } \Omega \text{ (voir point 4.2.a)}$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^6 \text{ mm}^2$$

$$R_{\text{cable}} = \rho \frac{l}{s}$$

$$\Rightarrow s = \rho \frac{l}{R_{\text{cable}}} = \frac{1,68 \cdot 10^{-8} \cdot 20}{0,42}$$

$$= 8 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 = 8 \cdot 10^{-7} \cdot 10^6 = 0,4 \text{ mm}^2$$

*La résistance d'un fil conducteur peut être calculée en utilisant les grandeurs comme la longueur  $l$ , la section  $s$  et la résistivité  $\rho$  de la matière dont est composé le fil. Si on connaît la résistance, on peut calculer la section du fil :*



$$R = \rho \frac{l}{s} \Rightarrow s = \rho \frac{l}{R}$$