

Chapitre 4

LOIS**ELECTRIQUES**

Sommaire

- La tension électrique
- Le courant électrique
- Mesures du courant et de la tension
- Relation entre la tension U et le courant I
- La loi d'Ohm
- Propriété de la résistance électrique
- L'influence de la température sur la résistance
- Le fonctionnement de l'ohmmètre
- La densité de courant

Introduction

Dès l'Antiquité, les hommes ont constaté des phénomènes d'électricité statique. Certains corps ont la propriété de s'électriser par frottement.

Ce phénomène est lié à un transfert d'électrons par décharge (arc).

Dans ce chapitre, nous allons présenter de manière démonstrative les grandeurs essentielles de l'électrostatique.

Pour ceux qui désirent de plus amples informations, il existe une abondante littérature.

4.1 Tension électrique U

La tension électrique U représente la différence de potentiel entre le point A et le point B

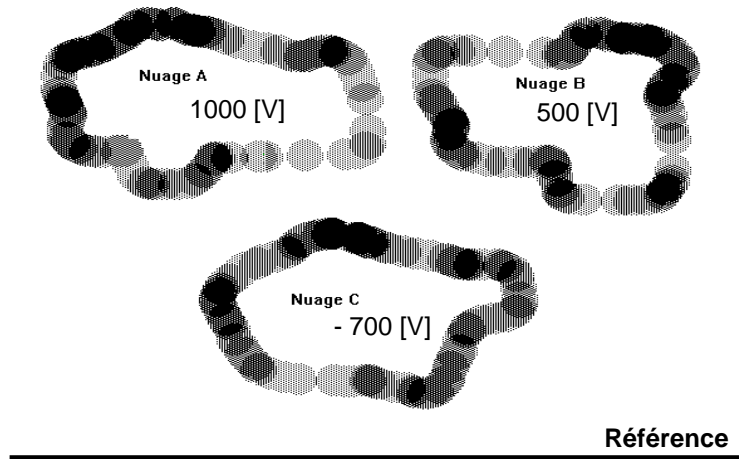
La relation mathématique est la suivante : $U_{AB} = V_A - V_B$

Symbole de la grandeur : U

Symbole de l'unité : [V] volt

Reprenons l'exemple des nuages pour nous représenter les tensions U .

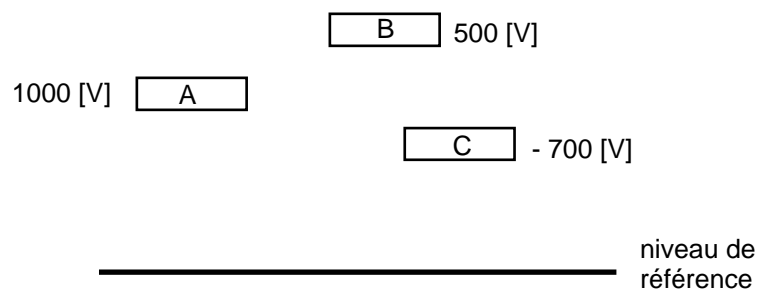
Données :
 nuage A a un potentiel de 1000 [V]
 nuage B a un potentiel de 500 [V]
 nuage C a un potentiel de -700 [V]



Les nuages A et B présentent un potentiel positif par rapport à la référence, alors que le nuage C présente un potentiel négatif.

Il s'agit ici d'un cas pratique lors de la foudre.

Nous allons calculer les tensions électriques (différences de potentiels) présentes entre les nuages. Les valeurs de la donnée ne nous indiquent que des potentiels par rapport à une référence. Il est aussi utile de pouvoir calculer les potentiels entre-eux, c'est-à-dire la tension électrique présente entre les nuages.



Résolution mathématique :

$$U_{BA} = V_B - V_A = 500 - 1000 = -500 \text{ [V]} \quad \text{polarité négative}$$

$$U_{BC} = V_B - V_C = 500 - (-700) = 1200 \text{ [V]} \quad \text{polarité positive}$$

$$U_{CB} = V_C - V_B = -700 - 500 = -1200 \text{ [V]} \quad \text{polarité négative}$$

Afin de faciliter la compréhension des calculs ci-dessus, nous allons procéder par analogie avec des situations de la vie courante, où une différence *de xxx* (*altitude, température, etc.*) est mise en jeu.

Dans la suite, nous allons prendre l'**altitude** comme objet d'étude.

Soit par exemple les lieux géographiques suivants, ainsi que leur altitude :

A : la ville de Lausanne (bord du lac)	375 [m]
B : le sommet du Mont Everest :	8848 [m]
C : le niveau de la Mer Morte :	- 390 [m]

De manière intuitive nous pouvons dire que **la différence** d'altitude entre :

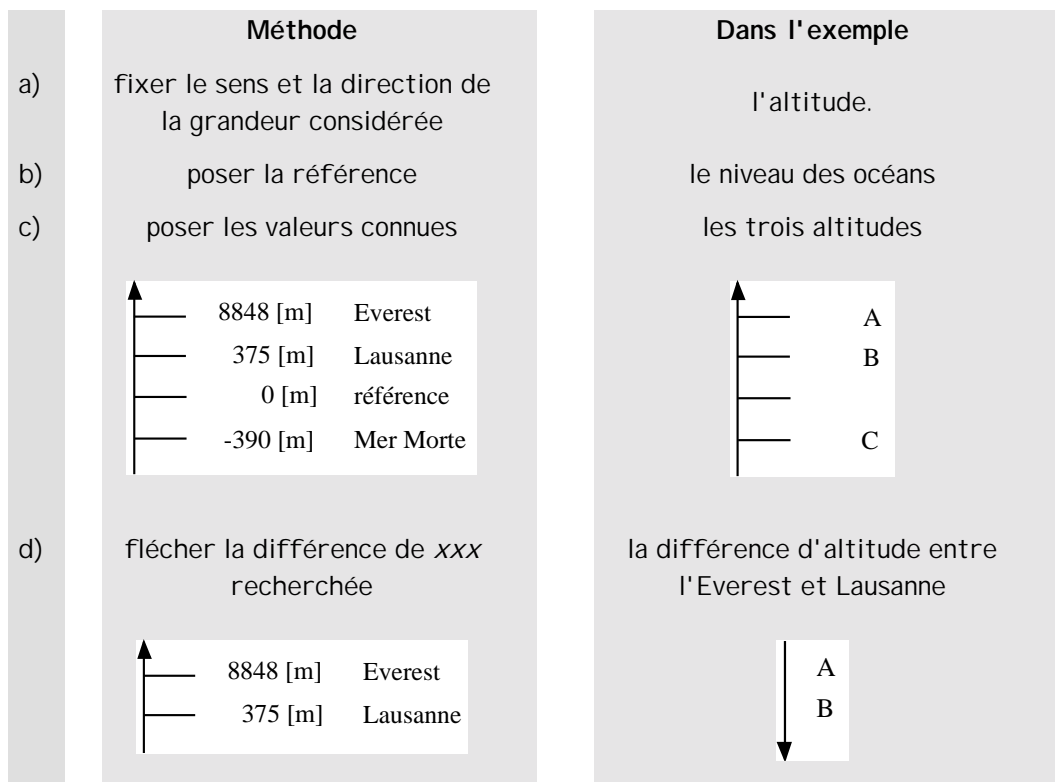
Mont Everest et Lausanne est de	8473 [m]
Mont Everest et la Mer Morte est de	9328 [m]
Lausanne et la Mer Morte est de	765 [m]

Les résultats ci-dessus impliquent que nous sachions au départ que le Mont Everest est à une altitude supérieure de celle de Lausanne, qui est elle-même à une altitude supérieure à celle de la Mer Morte.

Nous savons aussi que l'altitude de référence 0 [m] est le niveau des océans.

Par contre, si nous désirons une formulation mathématique de cet exercice, il sera nécessaire de nous doter d'une méthode de travail.

Méthodologie :



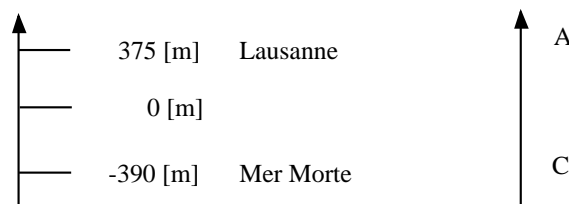
	Méthode	Dans l'exemple
e)	<p>poser l'équation de la différence de</p> <p>une différence est symbolisée par la lettre grecque Δ (delta)</p>	<p>Δh (Everest - Lausanne) =</p> <p>$h_{\text{Everest}} - h_{\text{Lausanne}}$</p> <p>$\Delta h_{AB} = h_B - h_A$</p> <p>$\Delta h_{AB} = 8848 - 375 = 8473$ [m]</p>

Remarque : Le nombre est positif, ce qui signifie que l'altitude de l'Everest est plus élevée de 8473 [m], par rapport à l'altitude de Lausanne.

Exemple 1

Calculer la différence d'altitude entre la Mer Morte et Lausanne Δh_{CA} .

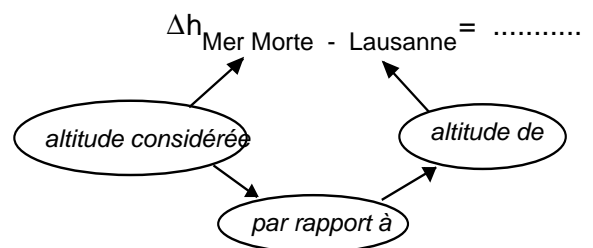
$\Delta h_{\text{Mer Morte} - \text{Lausanne}}$, flécher dans le sens Mer Morte - Lausanne.



$$\Delta h_{(\text{Mer Morte} - \text{Lausanne})} = h_{\text{Mer Morte}} - h_{\text{Lausanne}}$$

$$\Delta h_{CA} = h_C - h_A$$

$$\Delta h_{CA} = -390 - 375 = -765 \text{ [m]}$$



Remarque : Le nombre est néglatif, ce qui signifie que l'altitude de la Mer Morte est moins élevée de 765 [m] par rapport à l'altitude de Lausanne.

Exemple 2 :

Calculer la différence d'altitude entre le sommet de l'Everest et la Mer Morte.

$$\Delta h_{(\text{Everest} - \text{Mer Morte})} = h_{\text{Everest}} - h_{\text{Mer Morte}}$$

$$\Delta H_{bc} = h_B - h_C$$

$$\Delta h_{BC} = 8848 - (-390) = 9238 \text{ [m]}$$

Exemple 3 :

Calculer l'altitude du sommet de l'Aconcagua si celui-ci se trouve 1889 [m] plus bas que le sommet de l'Everest.

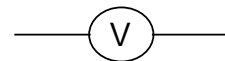
Remarque : Les mots plus bas signifient qu'il faut munir la différence d'altitude d'un signe négatif
 $\Delta h = -1889$ [m].

$$\begin{aligned}\Delta h_{(\text{Aconcagua} - \text{Everest})} &= h_{\text{Aconcagua}} - h_{\text{Everest}} \\ \Delta h_{EB} &= h_E - h_B \\ h_E &= \Delta h_{EB} + h_B = -1889 + 8848 = 6959 \text{ [m]}\end{aligned}$$

4.2 Mesure de la tension U

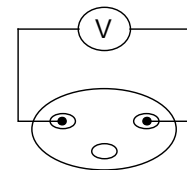
Dans les applications électriques, nous cherchons à quantifier cette tension U_{AB} en la mesurant. Cette mesure est effectuée avec un instrument qui porte le nom de **VOLTMETRE**.

Dans les schémas, le voltmètre se symbolise comme ceci :



Application pratique du voltmètre :

Au moyen d'un voltmètre, il est possible de mesurer la tension électrique présente entre le conducteur polaire et le neutre des prises électriques. En Europe, cette tension vaut 230 [V].



Attention ! : lorsque vous utilisez un voltmètre, vous devez toujours vous poser les questions suivantes :

1. Réfléchir aux gestes que vous allez entreprendre.
2. Quel est le genre de tension U que je mesure ?
3. Choisir la valeur la plus grande de l'échelle du voltmètre.
4. Interpréter la mesure

IL Y A DANGER DE MORT SI VOUS NE PRENEZ PAS DE PRECAUTIONS

4.3 Courant électrique I

Le courant électrique I est le débit de charges électriques Q s'écoulant dans un conducteur.

Symbole de la grandeur : I

Symbole de l'unité : [A] ampère

La relation mathématique est la suivante :

$$I = \frac{Q}{t}$$

L'analyse dimensionnelle de la relation est la suivante :

$$Q = I \cdot t$$

$$[C] = [A] \cdot [s]$$

$$[C] = [As]$$

Pour qu'un courant électrique I circule dans un conducteur, il doit obligatoirement exister une différence de potentiel V entre les extrémités du conducteur. Il faut également que le circuit soit fermé par une charge. Cette charge peut prendre plusieurs formes, lampes, corps de chauffe, moteurs, etc.

4.4 Mesure du courant I

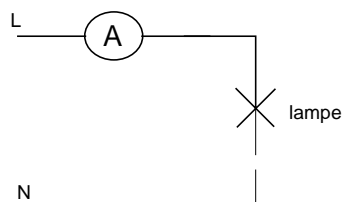
Dans les applications électriques, nous cherchons à quantifier ce courant I .

Cette mesure est effectuée avec un instrument qui porte le nom d'**AMPÈREMÈTRE**

Dans les schémas, l'ampèremètre se symbolise comme ceci :



Application pratique de l'ampèremètre :



Dans ce circuit, l'ampèremètre mesure le courant électrique qui circule dans la lampe.

Attention ! : lorsque vous utilisez un ampèremètre, vous devez toujours vous poser les questions suivantes :

1. Réfléchir aux gestes que vous allez entreprendre.
2. Quel est le genre de courant I que je mesure ?
3. Choisir la valeur la plus grande de l'échelle de l'ampèremètre.
4. Interpréter la mesure

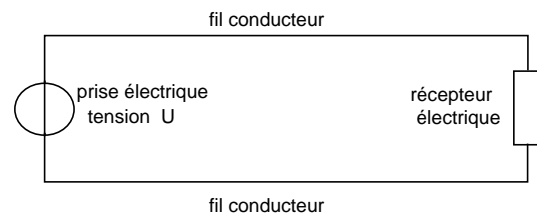
IL Y A DANGER DE MORT SI VOUS NE PRENEZ PAS DE PRECAUTIONS

4.5 Relation entre la tension U et le courant I

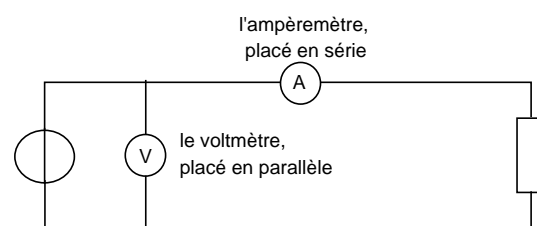
Nous remarquons que pour obtenir un courant I , 2 conditions sont nécessaires :

1. Avoir une tension U provenant d'une source quelconque.
2. Avoir un circuit électrique fermé, soit constitué d'un fil conducteur et d'un récepteur.

Schéma correspondant aux deux conditions :



Pour mesurer la tension U , nous placerons un voltmètre en **PARALLELE** par rapport à la source et au récepteur, pour déterminer la différence de potentiels qui existe entre les deux conducteurs.



Pour mesurer le courant I , nous placerons un ampèremètre en **SERIE** dans le circuit pour mesurer le passage des charges électriques dans le fil conducteur. Pour que notre mesure puisse être réalisée, nous devons interrompre le fil conducteur pour y placer l'ampèremètre.

4.6 Relation mathématique entre la tension U et le courant I

A partir des valeurs mesurées, nous pouvons établir un rapport entre le voltmètre et l'ampèremètre.

Ce rapport est obtenu de la manière suivante :

$$\text{opposition faite au passage du courant } R = \frac{\text{tension } U}{\text{courant } I}$$

Exemple de mesure de courant et de tension :

Au laboratoire, nous réalisons un montage composé d'une source de tension (le réseau 230 [V]) de deux résistances de charge (1[k Ω] et 10 [k Ω]), et de trois instruments de mesure.

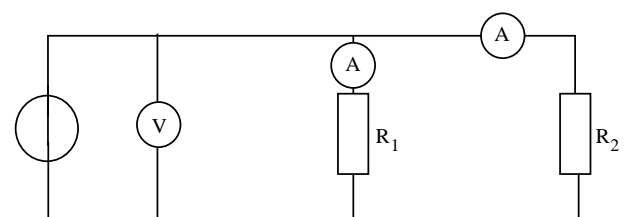


Tableau de mesure :

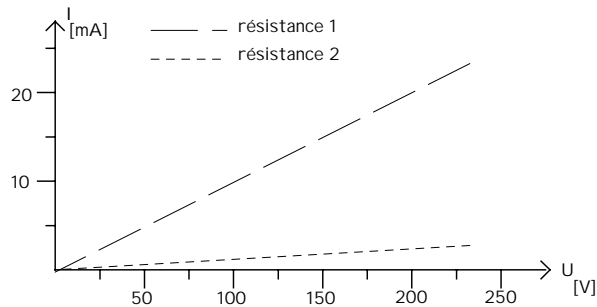
	U [V]	I [A]	rapport
résistance 1	0	0	∞
résistance 2	0	0	∞
résistance 1	230	0.23	1000
résistance 2	230	0.023	10000

constatations : le courant n'est pas identique dans les deux mesures.
La tension reste fixe et ne varie pas.

4.7 Représentation graphique

En plus du tableau de mesure, nous pouvons également établir une représentation graphique de nos résultats.

Un graphique est constitué d'un axe horizontal possédant une origine et une graduation (axe X), et d'un axe vertical à la même origine mais décalé de 90° (axe Y). L'axe vertical représente le courant I et l'axe horizontal la tension U. Ce tracé porte le nom de $I = f(U)$.



Dans ce tracé, nous avons relié l'origine aux mesures que nous avons effectuées. Tous les points de cette droite représentent toutes les possibilités de fonctionnement du circuit.

4.8 RESISTANCE R

La résistance électrique **R** est l'opposition faite au passage du courant électrique I dans un circuit électrique fermé et soumis à une tension électrique continue U.

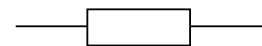
La relation mathématique est la suivante :

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

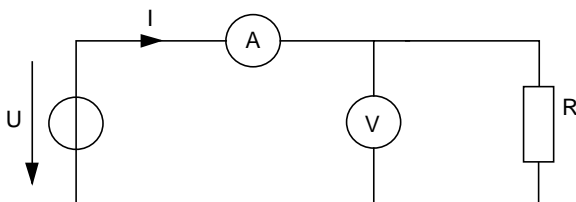
Le symbole graphique de la résistance est :

Symbole de la grandeur : R

Symbole de l'unité : $[\Omega]$



Exemple : Une lampe est alimentée par une tension de 48 [V]. Dessinez le schéma de ce circuit avec les appareils de mesures. Calculez la résistance électrique R de la lampe.



données : U = 48 [V]
I = 24 [mA]

inconnue : R = ?

Application numérique : $R = \frac{U}{I} = \frac{48}{24 \cdot 10^{-3}} = 2000 [\Omega] \quad 2 [k\Omega]$

La résistance a une valeur de 2000 $[\Omega]$. Il est plus aisé d'écrire sa valeur en utilisant la notation scientifique : 2 $[k\Omega]$.

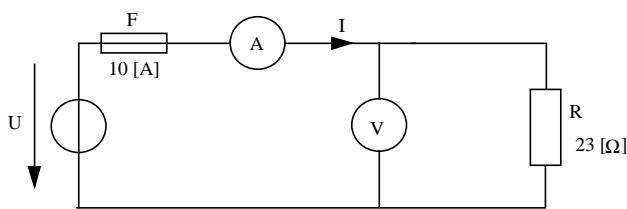
4.9 Loi d'ohm

La relation vue précédemment s'appelle la **loi d'Ohm**.

Dans ce cas, elle nous permet de calculer les tensions U à appliquer au montage, en connaissant la résistance R et le courant I .

Exemple: Un radiateur électrique purement résistif possède une résistance de $23 [\Omega]$. Le fusible protégeant les conducteurs est calibré à $10 [A]$.

Calculez la tension U du montage, et dessinez le schéma du circuit avec les appareils de mesures.



données : $R = 23 [\Omega]$

$I = 10 [A]$

inconnue : $U = ?$

Application numérique : $U = R \cdot I = 23 \cdot 10 = 230 [V]$

4.10 CONDUCTANCE G

La conductance G est la facilité qu'a un circuit électrique de laisser passer le courant I lorsqu'une tension continue U est appliquée.

La relation mathématique est la suivante :

Symbole de la grandeur : G

Symbole de l'unité : $[S]$

$$G = \frac{I}{U}$$

4.11 MESURE DE LA RESISTANCE R

Dans la pratique, il existe un appareil de mesure appelé **ohmmètre**.

Cet appareil possède une pile (source de tension U continue) et un ampèremètre, dont l'échelle est graduée en ohm. Sa manipulation demande une attention particulière.

Le symbole graphique de l'ohmmètre est le suivant:

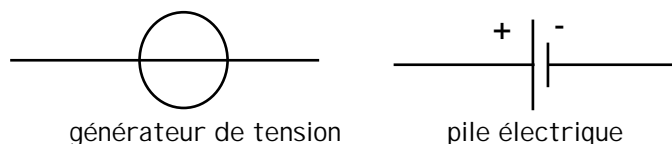


4.12 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'OHMMETRE

L'ohmmètre est un appareil de mesure, constitué d'un générateur de tension électrique U (pile), indépendant du réseau électrique. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire d'interrompre aux moyens des fusibles ou des disjoncteurs, la tension électrique U du réseau.

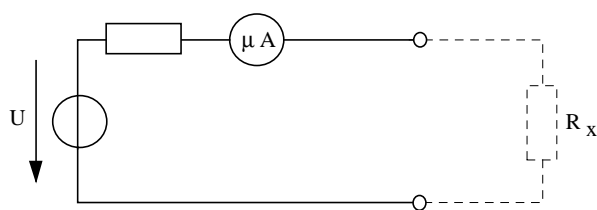
Comme la tension électrique U d'une pile est de nature continue, il y a un conflit avec la tension électrique U du réseau de nature alternative sinusoïdale.

Les symboles graphiques des générateurs de tension U sont :



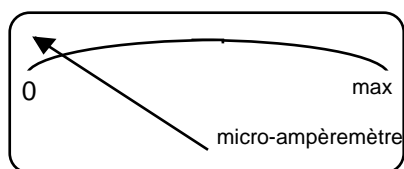
L'ohmmètre est équipé d'un micro-ampèremètre.

Schéma équivalent d'un ohmmètre:



Le principe de mesure n'est rien d'autre que l'application de la loi d'Ohm.

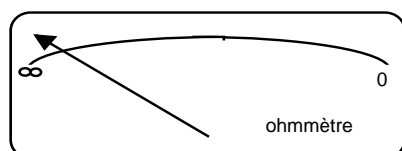
Lorsque le circuit est ouvert, la tension électrique U de la pile est présente. Mais le circuit électrique est ouvert. Donc aucun courant électrique I circule dans le montage.



L'aiguille du micro-ampèremètre est sur le 0 [A].

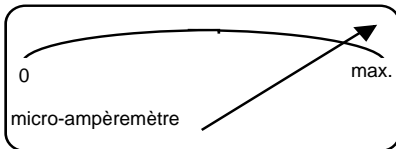
Appliquons la loi d'Ohm:

$R = \frac{U}{I} \Rightarrow$ si le courant électrique I est proche de 0 [A], cela signifie que la résistance R est grande.



Sur le cadran du micro-ampèremètre, nous placerons une graduation avec l'indication **infini grand** ∞ [Ω].

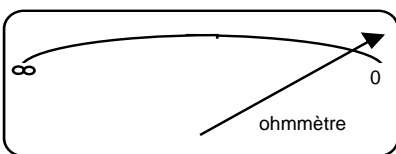
Lorsque le circuit est fermé, la tension électrique U de la pile est toujours présente. Un courant électrique I circule dans le montage.



L'aiguille du micro-ampèremètre est à fond d'échelle I_{\max} [A].

Appliquons la loi d'Ohm:

$R = \frac{U}{I} \Rightarrow$ si le courant électrique I est grand I_{\max} [A], cela signifie que la résistance R est petite. (nulle)



Sur le cadran du micro-ampèremètre, nous placerons une graduation avec l'indication 0 [Ω].

Lors d'un changement d'échelle sur l'ohmmètre, il est nécessaire de calibrer à nouveau le 0 de l'appareil.

Exemple :

Un ohmmètre fournit une tension de 1.5 [V] sur ses bornes. Lorsque l'on effectue une mesure de résistance, il circule un courant de 3.8 [mA]. Quelle est la valeur de la résistance mesurée ? (réponse : $R = 394.7$ [Ω])

Données : $U = 1.5$ [V] $I = 3.8$ [mA] inconnue : $R = ?$

application numérique : $R = \frac{U}{I} = \frac{1.5}{3.8 \cdot 10^{-3}} = 394.73$ [Ω]

4.13 PROPRIÉTÉ DE LA RÉSISTANCE R

La résistance électrique R , définie précédemment, est dépendante de 3 paramètres.

- Le premier paramètre est la nature du matériau, c'est-à-dire sa résistivité (ρ) [Ωm].

Exemple pratique:

Un fil de cuivre (conducteur) a une résistivité plus faible qu'un fil de verre qui est un isolant.

MATIERE	RESISTIVITE [Ω·m]	RESISTIVITE [Ω·mm ² ·m ⁻¹]
cuivre	$1.75 \cdot 10^{-8}$	0.0175
aluminium	$2.9 \cdot 10^{-8}$	0.029
verre	∞	∞

- Le deuxième paramètre est la longueur l du matériau.

Exemple pratique:

Si nous démontrons expérimentalement, qu'un fil de cuivre de longueur l en [m] (mètre), possède une résistance électrique R . Si nous doublons la longueur l , la résistance électrique R du fil doublera aussi.

- Le troisième paramètre est la section A du matériau.

Exemple pratique:

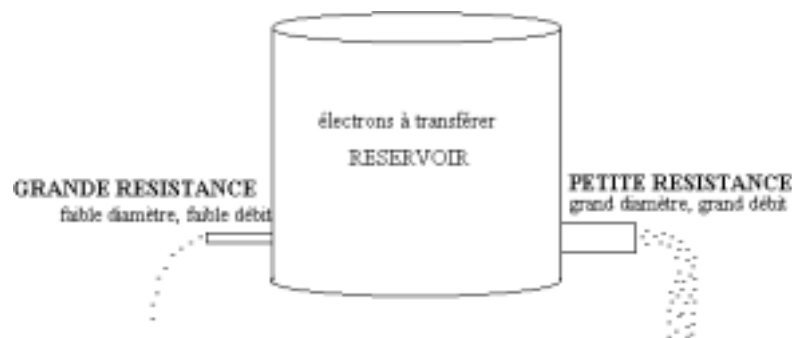
Un réservoir d'eau doit être vidé, au moyen d'un tuyau d'arrosage a un certain diamètre d , donc une certaine section A exprimée en [m²].

Ce réservoir va mettre un temps t_1 pour se vider.

Si nous remplaçons le tuyau d'arrosage par un autre d'un diamètre d plus grand, le réservoir se videra dans un temps t_2 plus petit que t_1 .

Nous en déduisons que la résistance au passage de l'eau est plus petite avec le tuyau à grand diamètre.

Electriquement, nous assistons au même phénomène, plus le diamètre d est grand, donc plus la section A est grande et plus la résistance électrique R est petite. Plus notre conducteur va laisser passer les électrons de conduction.



On peut considérer que le tube de faible diamètre oppose une grande résistance au passage des électrons.

On peut considérer que le tube de grand diamètre oppose une faible résistance au passage des électrons.

La relation mathématique est la suivante :

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

Symbole de la grandeur : R

Symbole de l'unité : $[\Omega]$

Analyse dimensionnelle.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad [\Omega] = \frac{\left| \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right| \cdot [\text{m}]}{[\text{mm}^2]}$$

$$[\Omega] = \frac{\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}}{\text{m}}}{\text{mm}^2} \Rightarrow [\Omega] = \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{mm}^2} \Rightarrow [\Omega] = [\Omega]$$

Exemple de calcul :

Une bobine de fil de cuivre mesure 100 [m]. Sachant que le diamètre d du fil mesure 1.38 [mm], calculer la résistance de cette bobine au point de vue électrique.

Données : $l = 100 \text{ [m]}$ $d = 1.38 \text{ [mm]} \Rightarrow 1.38 \cdot 10^{-3} \text{ [m]}$

$$\rho_{\text{Cu}} = 1.75 \cdot 10^{-6} \text{ [\Omega m]}$$

Inconnue : $R = ?$

$$\text{Relations :} \quad R = \frac{\rho_{\text{Cu}} \cdot l}{A} \quad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$\text{Application numérique :} \quad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (1.38 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 1.50 \cdot 10^{-6} \text{ [m}^2 \text{]}$$

$$R = \frac{\rho_{\text{Cu}} \cdot l}{A} = \frac{1.75 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{1.50 \cdot 10^{-6}} = 1.17 \text{ [\Omega]}$$

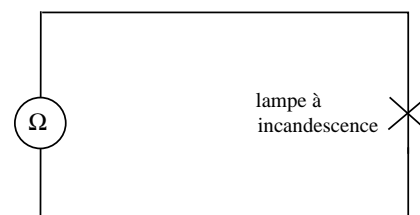
Résistance électrique : $R = 1.17 \text{ [\Omega]}$

4.14 Influence de la température sur les résistances

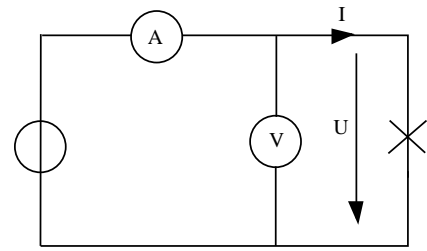
Une résistance R, parcourue par un courant I pendant un certain temps t, dissipe une énergie calorifique (W_{joule})

Cette énergie calorifique W_{joule} va modifier la valeur de la résistance R.

Pour mieux comprendre ce phénomène, nous allons prendre une mesure de la valeur de la résistance R de la lampe à température ambiante $\theta 20 \text{ [}^\circ\text{C]}$. (ohmmètre)



Ensuite, nous allons alimenter une lampe d'une puissance de 15 [W], sous différentes tensions U et mesurer le courant I .



Cette mesure effectuée, nous ferons varier la tension U aux bornes de la lampe en y mesurant le courant I .

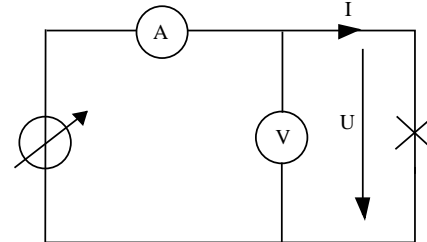
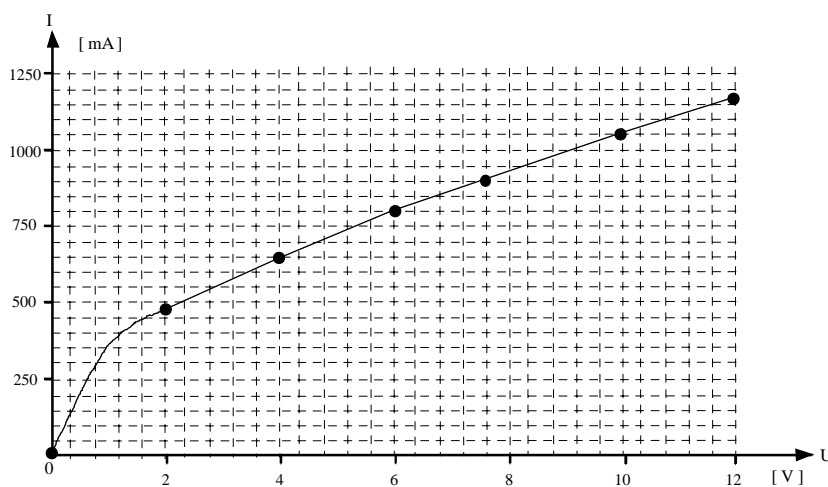


Tableau de mesure

Mesure au temps t [s]	U_{AB} [V]	I [mA]	Résistance à 20 [°C] [Ω]
0	0	0	1.3
10	2	470	1.3
20	4	649	1.3
30	6	813	1.3
40	8	918	1.3
50	10	1057	1.3
60	12	1174	1.3

4.15 Graphique

A partir de ces mesures, nous allons établir un graphique avec le courant I en fonction de la tension U . Ce graphique est une représentation de l'opposition faite au passage du courant I , donc la résistance R .



Nous constatons que ce n'est pas une droite.

Appliquons la loi d'Ohm, à chaque point mesuré :

$$U = R \cdot I \quad R = \frac{U}{I}$$

Complétons notre tableau:

Mesure au temps t [s]	U_{AB} [V]	I [mA]	R à 20 °C [Ω]	R calculée [Ω]
0	0	0	1.3	
10	2	470	1.3	4.25
20	4	649	1.3	6.16
30	6	813	1.3	7.38
40	8	918	1.3	8.71
50	10	1057	1.3	9.46
60	12	1174	1.3	10.22

Nous pouvons dire que la résistance R n'est pas constante.

Que s'est il passé ?

Notre mesure a duré une minute, nous avons appliqué une tension U et un courant I .

C'est donc une énergie W ou écart d'énergie ΔW pendant un écart de temps Δt .

$$W = U \cdot I \cdot \Delta t$$

Cette énergie W a été transformée en énergie lumineuse W_{lum} , mais aussi en énergie calorifique Q_{lum} .

Cette énergie calorifique Q a eu comme effet d'augmenter la température θ aux environs de la résistance R de la lampe.

Cette résistance R est composée d'une matière à haut point de fusion, cette matière possédant certaines caractéristiques au point de vue thermique.

4.17 Coefficient de température α

Le coefficient de température α (alpha) est obtenu expérimentalement.

Il est l'expression mathématique se rapprochant le plus de la constatation pratique lors d'un échauffement de la matière. Il peut être positif ou négatif et non linéaire.

Symbole de la grandeur : α

Symbole de l'unité : [K^{-1}] ou [$^{\circ}C^{-1}$]

La valeur α donnée dans les tables est valable pour une température de 20 [$^{\circ}C$] .

exemples :

$\alpha_{Cu} = 4 \cdot 10^{-3} [K^{-1}]$	$\alpha_{Al} = 4 \cdot 10^{-3} [K^{-1}]$
$\alpha_{Ag} = 4 \cdot 10^{-3} [K^{-1}]$	$\alpha_{Au} = 4 \cdot 10^{-3} [K^{-1}]$

Nous pouvons donc établir une relation de la résistance R, exprimée en fonction de :

- l'augmentation de température θ
- le coefficient de température α
- la valeur initiale de la résistance R

Relation :

$$R_{\text{fin}} = R_{\text{ini}} + \Delta R$$

mais cette différence de résistance ΔR est due à la différence de température et aux propriétés d'échange thermique α de la résistance R_{ini}

$$R_{\text{fin}} = R_{\text{ini}} + (\Delta\theta \cdot \alpha \cdot R_{\text{ini}})$$

nous pouvons mettre en évidence le terme R_{ini}

$$R_{\text{fin}} = R_{\text{ini}} \cdot \{1 + (\Delta\theta \cdot \alpha)\}$$

Exemple de notation:

Pour différencier les résistances R, nous noterons la température θ en indice.

$$R_{100} = R_{20} \cdot \{1 + (\alpha \cdot (\theta_{100} - \theta_{20}))\}$$

R_{100} signifie résistance finale à 100 [°C]

R_{20} signifie résistance initiale à 20 [°C]

Si nous cherchons une des résistances, nous utiliserons R_x qui signifie résistance soit finale soit initiale à x [°C]

Prenons un exemple:

Une résistance de 42 [Ω] à 20 [°C] est placée dans une chaufferie où il règne une température de 74 [°C] en permanence. En mesurant cette résistance à l'intérieur de la chaufferie, nous trouvons une valeur de 41.32 [Ω]. Donner le nom de la matière constituant cette résistance.

Données : $R_{20} = 42$ [Ω] $\theta_{\text{ini}} = 20$ [°C] $R_{74} = 41.32$ [Ω] $\theta_{\text{fin}} = 74$ [°C]

Inconnue : nom de la matière de la résistance ?

Relation : $R_{\text{fin}} = R_{\text{ini}} \cdot \{1 + (\Delta\theta \cdot \alpha)\}$

Nous devons chercher le nom de la matière. Cela implique qu'il nous faut trouver son coefficient de température α .

$$\alpha = \frac{\frac{R_{\text{fin}}}{R_{\text{ini}}} - 1}{\Delta\theta}$$

Remplaçons les indices par notre convention, ainsi que $\Delta\theta$:

$$\alpha = \frac{\frac{R_{74}}{R_{20}} - 1}{(\theta_{74} - \theta_{20})} = \frac{\frac{41,32}{42} - 1}{(74 - 20)} = -3,00 \cdot 10^{-4} \text{ [}^\circ\text{C}^{-1}\text{]}$$

Nous remarquons que notre coefficient de température α est négatif.

Ce qui signifie que, contrairement à la résistance R de la lampe vue précédemment, la résistance à chaud est plus petite qu'à température ambiante.

Cherchons dans une table et d'après la valeur du coefficient de température α , le nom de la matière de la résistance.

Nous trouvons le CARBONE.

4.18 DENSITE DE COURANT J

La densité de courant J est, par définition, le courant électrique I par unité de section A du conducteur.

Symbole de la grandeur : J

Symbole de l'unité : $\left[\frac{A}{m^2} \right]$ $\left| \frac{A}{mm^2} \right|$

La relation mathématique est la suivante : $J = \frac{I}{A}$

Dans les métiers de l'électricité, des prescriptions réglementent la manière de réaliser des installations électriques.

Dans ces prescriptions il est spécifié que les circuits électriques doivent être protégés par un coupe-surintensité. Ces coupe-surintensité peuvent être des fusibles.

Le fusible fonctionne selon l'effet thermique du courant électrique I . Cet effet thermique repose sur la densité de courant J . Dans les cours d'installations vous trouverez le principe du fusible.

Point de consigne du fusible protégeant les conducteurs. [A]	Section minimum des conducteurs [mm ²]	densité de courant. $\left \frac{A}{mm^2} \right $
10	1.5	6.67
15	2.5	6.00
20	4.0	5.00
25	6.0	4.16

Exemple:

Données : $I = 10$ [A] $A = 1.5$ [mm²] I connue : $J = ?$

Relation: $J = \frac{I}{A} = \frac{10}{1,5} = 6,67 \left[\frac{A}{mm^2} \right]$

Remarque: Il est possible de définir la densité de courant J avec des unités non normalisées ([cm² ou [mm²]), comme nous venons de le faire ici.

4.19 Documentaire



Alessandro Volta physicien italien (1745-1827), professeur à l'université de Pavie. Inventeur de la pile électrique en 1800.

André Marie Ampère (1775 - 1836), physicien et mathématicien français. Auteur de travaux en mathématique et en chimie. Inventeur du galvanomètre, du télégraphe électrique, de l'électroaimant. Il est à la base du langage moderne sur l'électricité. Théorie de l'électrodynamique en 1827.



Georg Simon Ohm, physicien allemand (1789 - 1854). Il a découvert en 1827 les lois fondamentales des courants électriques et introduit les notions de quantité d'électricité et de tension induite.

Werner von Siemens (Allemand 1816-1892) a effectué de nombreux travaux pratiques sur l'utilisation de l'électricité. Il a fondé avec Johann Georg Halske (1814-1890) la firme Siemens et Halske dont les activités permirent le développement de la technique des hautes tensions.

Wilhelm, frère de Werner (1823-1883), naturalisé Anglais mit au point le four Martin Siemens pour la fabrication de l'acier.



4.20 Entraînement

1. Donner la définition d'une tension électrique.
2. Donner la différence entre une tension et un potentiel.
3. Comment peut-on mesurer une tension électrique ?
4. Donner la relation qui définit le rapport entre U et I
5. Comment s'appelle et comment se place l'instrument qui sert à mesurer le courant ?
6. Quelle est la relation mathématique entre la conductance et la résistance ?
7. De quelle nationalité est le physicien qui a déterminé les lois sur la résistivité ?
8. Comment s'appelle l'instrument qui permet de mesurer la résistance ?
9. Donner la valeur de la tension d'une batterie de voiture.
10. Dans le circuit de mesure de la résistance, quelle sera l'indication des deux instruments si on débranche la résistance ?
11. Quel est l'avantage de tracer une courbe avec les résultats d'une mesure ?
12. De quoi est composé l'instrument de mesure des résistances ?
13. Que se passe-t-il si la pile de l'ohmmètre est déchargée ?
14. Quelle est l'indication de l'aiguille de l'ohmmètre lorsqu'il mesure un circuit ouvert ?
15. Un ohmmètre mesure un circuit. Sa mesure indique une très faible résistance. Quel est le courant dans circuit ? (nul, très faible, grand, très grand)
16. Une barre de cuivre possède les dimensions suivantes 100 · 50 [mm]. Sachant que la barre de cuivre est longue de 3 [dm], calculer sa résistance électrique.
17. La résistance d'une torche de fil de cuivre est de 3.12 [Ω]. A l'aide d'un pied à coulisse, nous mesurons le diamètre du fil. Le résultat de notre mesure est 4.15 [mm]. Calculer la longueur de cette torche.
18. Avec un ohmmètre, nous mesurons une bobine de fil d'aluminium. La résistance est de 1450 [m Ω]. La longueur de cette bobine est de 35000 [cm]. Calculer le diamètre du fil d'aluminium.
19. Calculez le courant I d'un circuit alimenté sous une tension U de 0,23 [kV] et dont la résistance R est 2,23 [Ω].

20. Une résistance électrique R est parcourue par un courant de 560 [mA]. Cette résistance est alimentée par une tension de 230 [V]. Sachant que la résistance électrique R est un fil constitué de graphite, calculer la longueur du fil, si son diamètre est de 0.15 [cm].
21. Calculer la perte de tension U aux bornes d'un conducteur en cuivre d'un rayon r de 1 [mm], parcouru par un courant $I = 10000$ [mA] et reliant une maison à un cabanon de jardin distant de 15000 [cm].
22. Un câble de cuivre, d'une longueur de 1.6 [km], est composé de 2 fils d'un diamètre de 10 [mm]. Ce câble est posé en Sibérie, où il règne une température de -18 [°C]. Calculer la résistance mesurée à l'ohmmètre.
23. Un câble de cuivre, d'une longueur de 1.6 [km], est composé de 2 fils d'un diamètre de 10 [mm]. Ce câble est posé au Sahara, où il règne une température de 38 [°C]. Calculer la résistance mesurée à l'ohmmètre.
24. Une résistance de nickel nécessite 2 [A] sous 230[V], après avoir fonctionné pendant une longue durée. Si l'élévation de température est de 75 [°C] au dessus de la température ambiante de 20 [°C], calculer la valeur de la résistance qu'il faut insérer en série dès l'origine pour limiter le courant à 2 [A]. (voir table)
25. Une lampe de 100 [W] fonctionne sous 230 [V]. Elle comporte un filament en alliage dont le coefficient de température vaut $\alpha = 0.0055$ [°C⁻¹] à 0 [°C]. La température normale de fonctionnement est de 2000 [°C]. Quel sera le courant qui traversera cette lampe au moment de son allumage dans une pièce où la température ambiante est de 20 [°C] ?

Réponses : 16. $R = 1.05$ [$\mu\Omega$] 17. $l = 2.4$ [km] 18. $d = 3$ [mm]
 19. $I = 103.14$ [A] 20. $l = 90.7$ [m] 21. $U = 3.34$ [V]
 22. $R = 0.6$ [Ω] 23. $R = 0.768$ [Ω] 24. $R = 1.7$ [Ω]
 25. $I = 5.16$ [A]