

Chapitre 16 : Lois de l'électricité

Cours

1. Loi des nœuds

a. Mesure de l'intensité

Sur la figure 1 ci-dessous un petit circuit électrique constitué d'une pile, d'un interrupteur, d'une lampe, d'un ampèremètre et de quatre fils de jonction. Le courant conventionnel va du pôle positif de la pile (grande barre mince) vers le pôle négatif de la pile (petite barre épaisse). Le courant entre par la borne A de l'ampèremètre (borne dite positive) et sort par la borne COM (dite borne négative). Dans cette situation la valeur affichée par l'ampèremètre est positive : Il s'agit de l'intensité I en ampères (A).

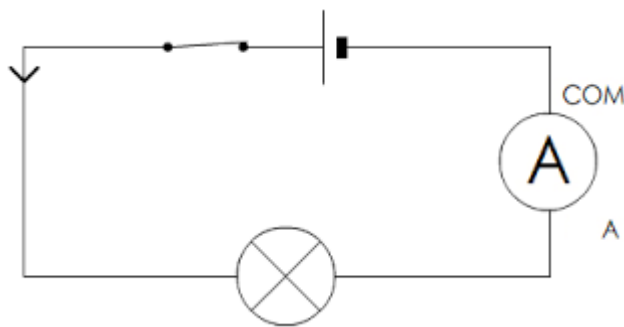


Figure 1

b. Expression de la loi des nœuds

Loi des nœuds

La somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui en repartent.

Sur la figure ci-dessous (Figure 2) un nœud relié à trois branches parcourues par les intensités respectives I_2 , I_3 et I_1 . Nous avons donc la relation :

$$I_2 = I_3 + I_1 .$$

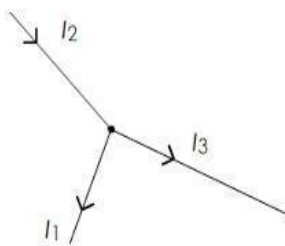


Figure 2

Application

Appliquer la loi des nœuds dans la situation de la figure 3 suivante.

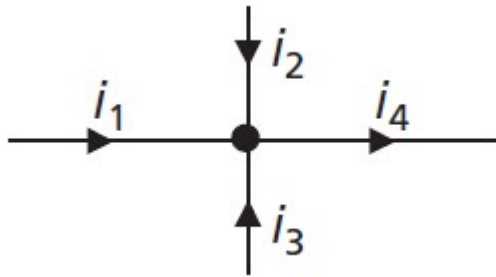


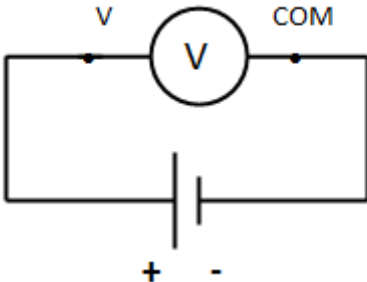
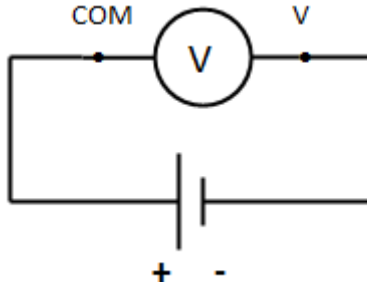
Figure 3

Les courants 1,2 et 3 vont vers le nœud alors que le courant 4 en sort ; Par conséquent $i_1 + i_2 + i_3 = i_4$.

2. Loi des mailles

a. Mesure de la tension

En classe de seconde la tension aux bornes d'un dipôle électrique est définie comme la valeur affichée par un voltmètre mis en parallèle sur le dipôle. Considérons un voltmètre branché en dérivation sur une pile (voir tableau ci-dessous). Suivant le branchement, la valeur affichée n'est pas la même et on constate seulement une différence de signe.

Situation	Valeur affichée par le voltmètre
	4,5 V
	- 4,5 V

La tension aux bornes d'un dipôle possède un signe, c'est pourquoi on la symbolise par une flèche (voir figure 4). La tension U_{AB} aux bornes du dipôle (AB) est la valeur indiquée par un voltmètre avec les branchements suivants :

- Borne V du voltmètre branchée sur la borne A ;
- Borne COM du voltmètre branchée sur la borne B.

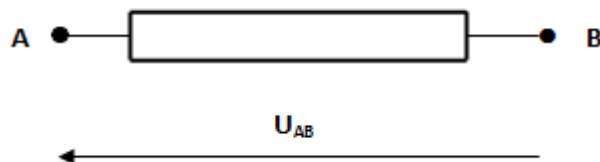


Figure 4

Remarques

U_{BA} est la tension mesurée avec la borne V sur B et la borne COM sur A.

$U_{BA} = - U_{AB}$ d'après le tableau.

Il est risqué de penser au vecteur géométrique $\overrightarrow{AB}$ car la flèche de ce dernier est opposée à celle de U_{AB} .

b. Conventions de fléchage des tensions

Sur la figure 5 ci-dessous sont représentés un dipôle ainsi que les flèches de tension et d'intensité.

Pour un dipôle passif (qui ne produit pas de courant) on utilise la convention récepteur : Les deux flèches sont opposées ; Ce qui permet un signe positif pour U et I .
 Pour un dipôle actif (qui produit du courant) on utilise la convention générateur : Les deux flèches sont dans le même sens; Ce qui permet un signe positif pour U et I .

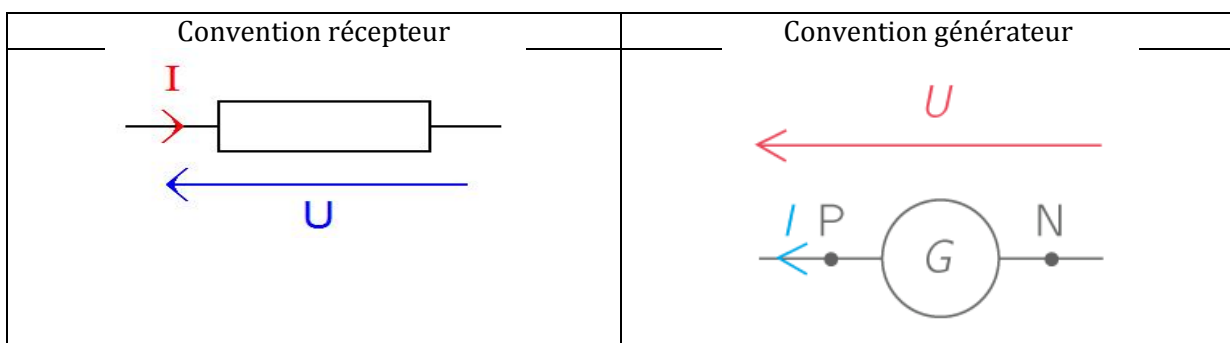


Figure 5

c. Expression de la loi des mailles

Loi des mailles

Dans une maille orientée, la somme des tensions fléchées dans le sens de parcours de la maille est égale à la somme des tensions fléchées dans l'autre sens.

Sur la figure ci-dessous (Figure 6) une pile alimente un circuit série fait d'un moteur, d'une lampe et d'une résistance. L'expression de la loi des mailles est alors :

$$U_{PA} + U_{BN} + U_{AB} = U_{PN} \quad \text{ou} \quad U_{PA} - U_{PN} + U_{BN} + U_{AB} = 0$$

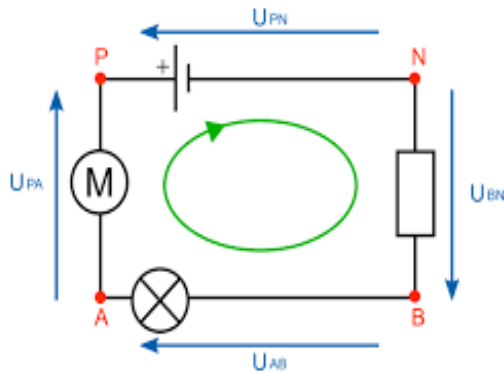


Figure 6

Application

Donner l'expression de la loi des mailles dans les cas suivants de la figure 7.

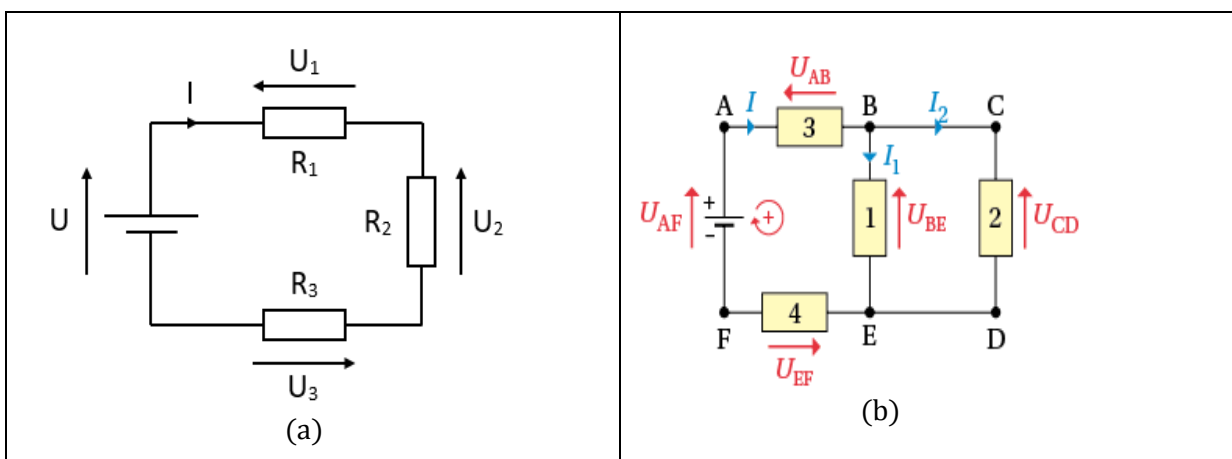


Figure 7

(a) Choisissons l'orientation antihoraire (trigonométrique) de la maille :

$$U_1 + U_2 + U_3 = U \quad (\text{ou} \quad U_1 + U_2 + U_3 - U = 0)$$

(b) Maille ABEFA

$$U_{AF} = U_{AB} + U_{BE} + U_{EF} \text{ (ou } U_{AF} - U_{AB} - U_{BE} - U_{EF} = 0)$$

Maille BCDEB

$U_{BE} = U_{CD}$ car la tension aux bornes des fils de jonction (BC) et (DE) est nulle

Remarques

- Le sens de parcours d'une maille n'est pas obligatoirement celui du courant électrique.
- Des mailles adjacentes n'ont pas nécessairement le même sens de parcours.
- Si on utilise une expression du type somme égale à zéro, la règle est la suivante :
Signe positif lorsque le sens de la flèche de tension est le même que celui du sens de parcours de la maille.
Signe négatif lorsque le sens de la flèche de tension est l'opposé du sens de parcours de la maille.

3. Caractéristique tension-courant d'un dipôle

a. Dipôle ohmique

On considère un dipôle passif parcouru par un courant d'intensité I et soumis à une tension U . La caractéristique tension-courant est la courbe montrant U en fonction de I . Les deux montages expérimentaux possibles pour relever des couples (I, U) sont représentés sur la figure 8.

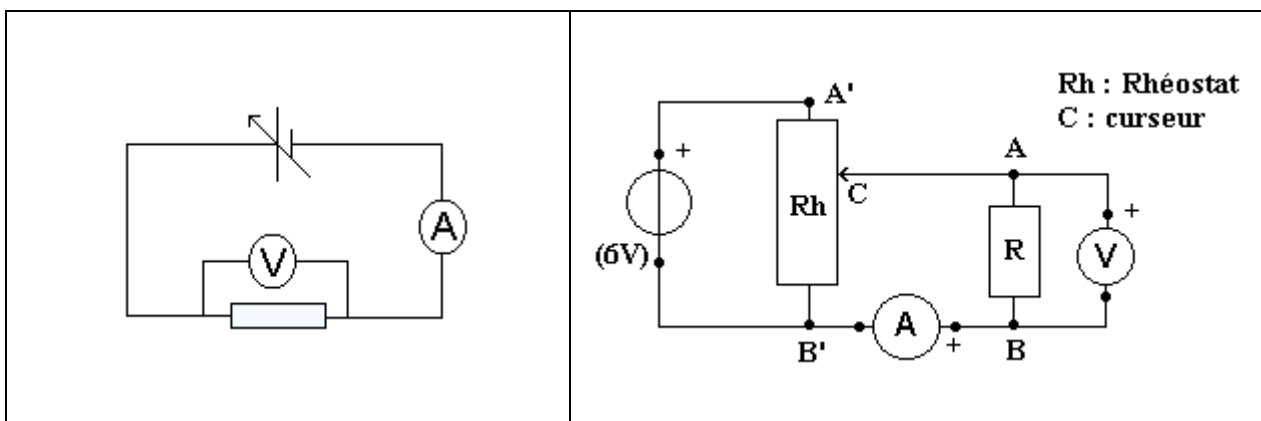


Figure 8

Sur la figure 9 le résultat obtenu pour un dipôle particulier appelé conducteur ohmique car U et I sont proportionnelles. En vert une construction permettant d'obtenir le coefficient directeur de la droite de proportionnalité.

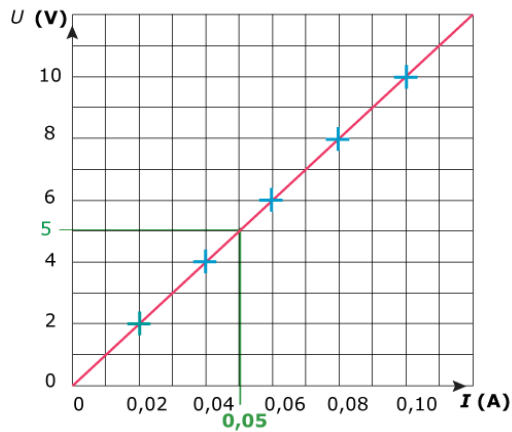


Figure 9

Le coefficient de proportionnalité est appelé résistance du dipôle ohmique. Un tel conducteur vérifie la loi d'ohm :

$$U = R I$$

U : tension en volt (V)

R : résistance en ohm (Ω)

I : intensité en ampère (A)

Sur la figure 10 ci-dessous le symbole d'un conducteur ohmique.

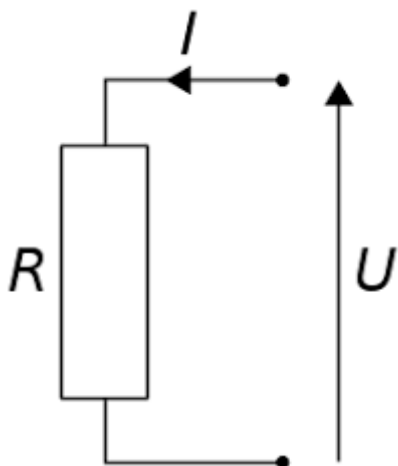


Figure 10

Application

Afin de déterminer la résistance R d'un conducteur ohmique, on effectue les mesures ci-après de tension et d'intensité.

U(V)	0	0,67	1,27	2,03	2,73	3,49	4,21	4,94
I(mA)	0	3,0	5,7	9,1	12,3	15,7	19,0	22,3

1. Tracer la caractéristique intensité-tension du dipôle avec l'échelle suivante :
abscisse 1cm pour 2 mA ; ordonnée 1 cm pour 0,5 V.
2. La loi d'Ohm est-elle vérifiée ? Justifier votre réponse.
3. En déduire la résistance du conducteur ohmique.

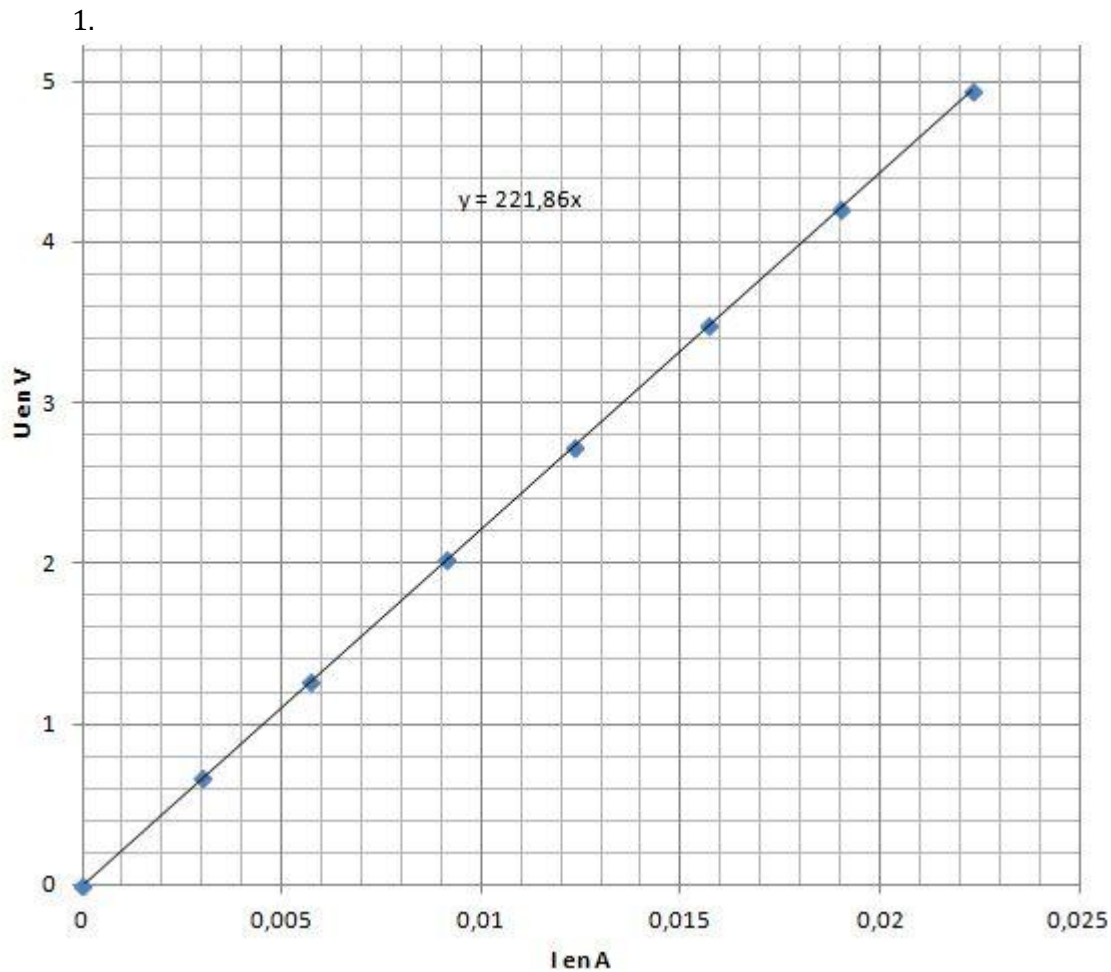


Figure 11

2. La loi d'ohm est vérifiée car la courbe représentant U en fonction de I est une droite linéaire en accord avec l'expression de la loi d'ohm $U = R I$.
3. La résistance R est le coefficient de proportionnalité donné par le tableur : $R = 2,2.10^2 \Omega$.

b. Dipôle récepteur quelconque

Sur la figure 12 la caractéristique d'une varistance (à droite) ainsi que son symbole (à gauche) :

- Les flèches de U et I sont en opposition donc il s'agit d'un dipôle passif ;
- Le trait passant dans le rectangle indique que la résistance est variable ;
- Le symbole $-U$ indique que la résistance diminue lorsque la tension augmente.

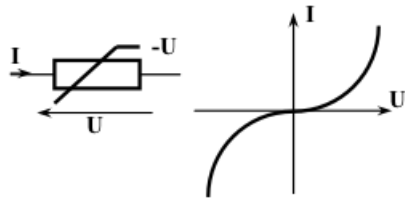


Figure 12

Ce type de composant électronique est utilisé dans les dispositifs parafoudre.

c. Dipôle générateur linéaire

On sait que La tension aux bornes d'une pile diminue si l'intensité augmente.
Un générateur est qualifié de linéaire si U est une fonction affine décroissante (ou constante) de I (voir figure 13).

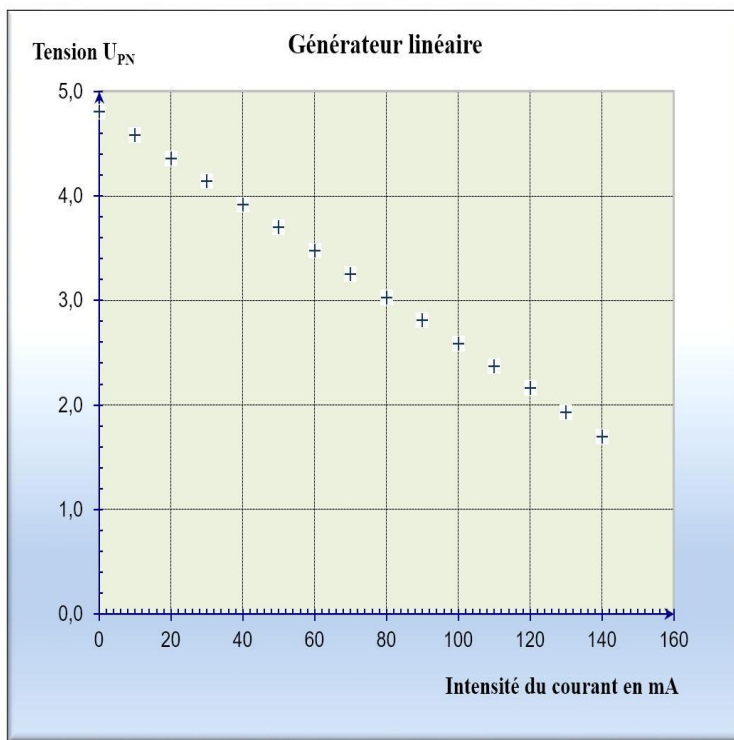


Figure 13

d. Point de fonctionnement d'un circuit

Sur la figure 14 on a représenté les caractéristiques tension-intensité d'une lampe (en bleu) et d'un générateur linéaire (en rouge). Si la lampe est directement branchée en dérivation sur le générateur alors la tension est la même pour chacun des deux dipôles ; De plus l'intensité est la même car ils forment une seule maille. Par conséquent le point d'intersection des deux courbes (appelé aussi point de fonctionnement) va nous donner I et U pour ce circuit.

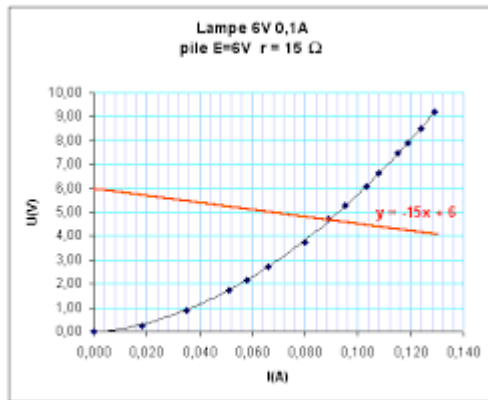


Figure 14

e. Capteurs électriques

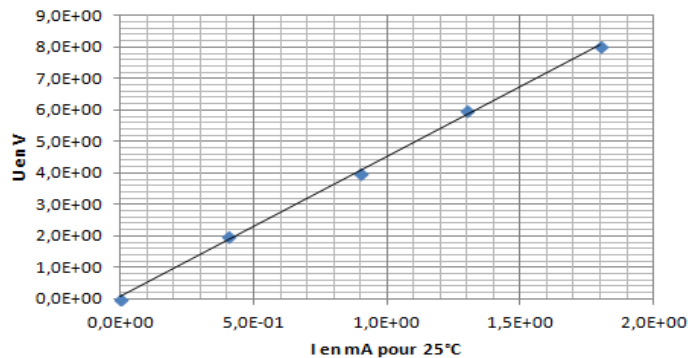
Ce sont des dipôles passifs dont la résistance dépend d'un facteur extérieur. Citons :

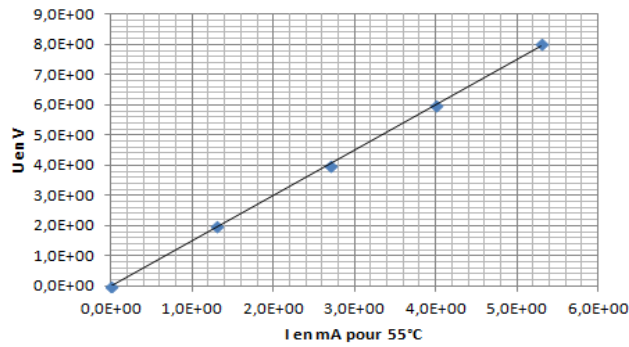
- La photorésistance qui détecte les changements de luminosité.
- La thermistance qui détecte les changements de température.

Application

Les thermistances CTN (Coefficient de Température Négatif) sont utilisées dans certains thermomètres électroniques. On mesure, pour deux températures, l'intensité du courant traversant une thermistance pour différentes tensions à ses bornes.

U (en V)	0	2,0	4,0	6,0	8,0
I (en mA) à 25 °C	0	0,4	0,9	1,3	1,8
I (en mA) à 55 °C	0	1,3	2,7	4,0	5,3





1. Justifier l'appellation de thermistance.
2. Expliquer le qualificatif CTN.

1. Les deux graphiques montrent que le dipôle est un conducteur ohmique (U et I sont proportionnelles). Le coefficient de proportionnalité est la résistance $R = U/I$; Or cette dernière dépend de la température (pente différente). La résistance change en fonction de la température ambiante. Ce qui explique le nom de thermistance.

2. La comparaison des courbes montre que la résistance diminue quand la température augmente (c'est le contraire pour beaucoup de matériaux dont les métaux).

Exercice d'application sur les lois de l'électricité

Un générateur de tension $U_G = 12,0 \text{ V}$ alimente deux lampes L_1 et L_2 respectivement protégées par des résistances $R_1 = 17 \Omega$ et $R_2 = 43 \Omega$. On mesure la tension $U_{R2} = 8,5 \text{ V}$ aux bornes de la résistance R_2 et les intensités $I_1 = 350 \text{ mA}$ et $I_2 = 0,20 \text{ A}$ dans les branches dérivées.

1. Faire le schéma du circuit.
2. Calculer l'intensité I_G délivrée par le générateur.
3. Calculer la tension U_{L2} aux bornes de la lampe L_2 .
4. Calculer la tension aux bornes de la résistance R_1 .

1.

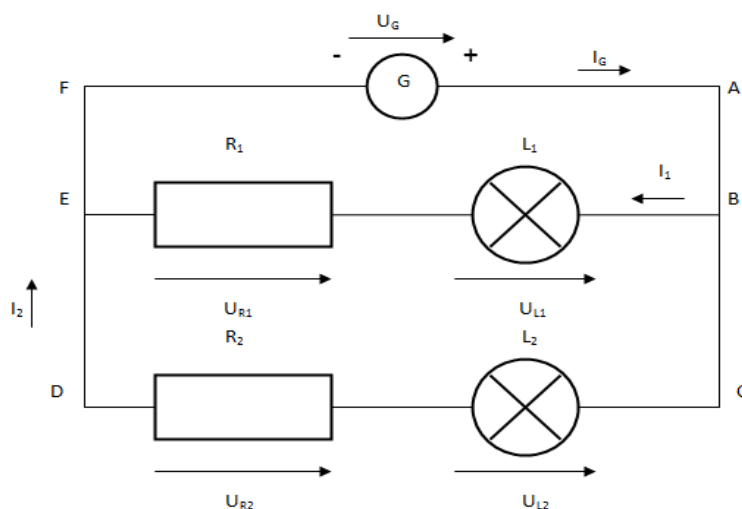


Figure 15

2. Appliquons la loi des nœuds au point B :

$$\begin{aligned} I_G &= I_1 + I_2 \\ &= 350.10^{-3} + 0,20 \\ I_G &= \underline{0,55 \text{ A}}. \end{aligned}$$

3. D'après la loi des mailles :

$$\begin{aligned} U_G - U_{L2} - U_{R2} &= 0 \\ U_{L2} &= U_G - U_{R2} \\ &= 12,0 - 8,5 \\ U_{L2} &= \underline{3,5 \text{ V}}. \end{aligned}$$

4. Appliquons la loi d'ohm au conducteur ohmique de résistance R_1 :

$$\begin{aligned} U_{R1} &= R_1 I_1 \\ &= 17 \times 0,350 \\ U_{R1} &= \underline{6,0 \text{ V}}. \end{aligned}$$

4. Utilisation du langage Python

Le programme ci-dessous permet de tracer la caractéristique tension-intensité de la thermistance vue dans le paragraphe 3.e. pour la température de 25 °C.

```
import matplotlib.pyplot as plt
U=[0,2.0,4.0,6.0,8.0 ]
I = [0,0.4,0.9,1.3,1.8 ]
plt.grid()
plt.title("Caractéristique intensité-tension d'une thermistance")
plt.ylabel("U en V")
plt.xlabel("I en mA")
plt.plot(I,U,'o',label="points issus de mesures")
plt.legend()
plt.show()
```

Exercices

N°	3	page	286
N°	9	page	287
N°	13	page	287
N°	15	page	287
N°	18	page	288
N°	20	page	288
N°	22	page	289
N°	25	page	290
N°	27	page	291