

Cours de Physique 7 :

Dipôles résistifs



SAINTE CROIX
SAINT EUVERTE

ORLÉANS

Sommaire

PARTIE COURS	4
I. Loi d'Ohm.....	4
II. Etude physique de la conductivité	4
III. Association de résistances.....	6
IV. Théorème de Millman	7
V. Pont diviseur de tension.....	8
VI. Loi de Joule.....	9
PARTIE EXERCICE.....	10

Chapitre 7

Dipôles résistifs

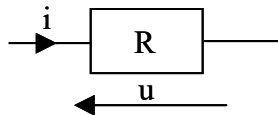


Notions et contenus	Capacités exigibles	autoévaluation			
		A	B	C	D
<p>Loi d'Ohm. Résistance, conductance.</p> <p>Conductivité, résistivité.</p> <p>Association de deux résistances.</p> <p>Pont diviseur de tension.</p>	<p>Exprimer la résistance d'un conducteur ohmique filiforme en fonction de ses caractéristiques géométriques et de sa résistivité.</p> <p>Justifier l'utilisation de conducteurs ohmiques dans certains capteurs.</p> <p>Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente.</p> <p>Mettre en œuvre et exploiter un pont diviseur de tension.</p>				
Effet Joule	<p>Exprimer la puissance dissipée dans une résistance en fonction de l'intensité ou de la tension et de la valeur de la résistance.</p>				

PARTIE COURS

I. Loi d'Ohm

Pour un conducteur ohmique, la **loi d'Ohm** s'écrit : $u = R i$ avec R **constante**, si l'on utilise la convention récepteur :

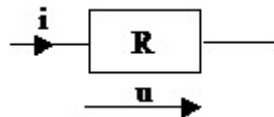


R est la résistance du conducteur ohmique, son unité SI est l'**ohm** : Ω .

Son inverse est la **conductance** $G = \frac{1}{R}$. Son unité est le **siemens** : S

La loi d'Ohm s'écrit donc aussi $i = G u$

Attention, en convention générateur :



La loi d'ohm devient :

II. Etude physique de la conductivité

Nous pouvons relier la valeur de la résistance aux caractéristiques géométriques du conducteur ohmique étudié, pour un conducteur filiforme la formule est :

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

- ρ (Résistivité) : Caractéristique du matériau (en $\Omega \cdot m$).
- L : Longueur du conducteur (en m).
- S : Section transversale du conducteur (en m^2).

Pour un métal pur :

- aux températures ordinaires : $\rho = \rho_0 (1 + a \theta)$. Dans cette formule, θ représente la température en °C et a est de l'ordre de $3,7 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.
- à des températures basses (20 K à 100 K. environ) la résistivité varie plus rapidement et non linéairement.

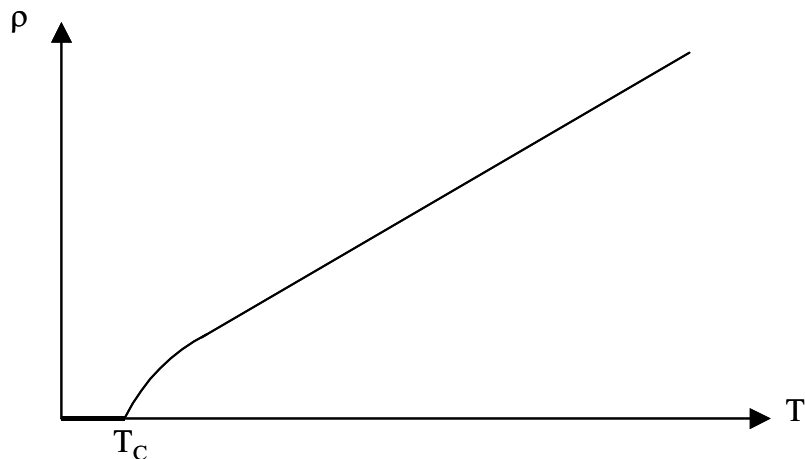
Les alliages métalliques ont souvent des coefficients a bien plus faibles, parfois même très faibles (constantan, manganine).

Cas des supraconducteurs :

Il existe une *température critique* en dessous de laquelle la résistivité s'annule pour certains matériaux. En dessous de cette température critique, le matériau est "*supraconducteur*".

Pour les métaux, la température critique est toujours très basse : quelques kelvins pour la plupart, mais il n'y a pas de température critique pour les meilleurs conducteurs (cuivre, argent).

Courbe typique de la variation de la résistivité d'un supraconducteur en fonction de la température :



Application aux capteurs :

Certains capteurs ont une résistance qui est une image d'une grandeur physique :

- Thermistance (CTN, PT100, PT1000,...) : La résistivité ρ est très sensible à la température. Leur utilisation permet la mesure et la régulation de température avec une grande précision.
- Jauges de Contrainte : Ces capteurs mesurent les déformations. La déformation de la pièce induit une variation minime de la longueur L et de la section S , ce qui fait varier R . C'est le principe des capteurs de force ou de pression (poids, torsion).

III. Association de résistances

En utilisant les lois du chapitre précédent et la loi d'ohm, il est possible de simplifier un circuit comprenant un grand nombre de résistances :

Association en série : (faites le schéma)

La résistance équivalente est :

Ce qui se généralise pour n résistances :

$$R = \sum_{k=1}^n R_k$$

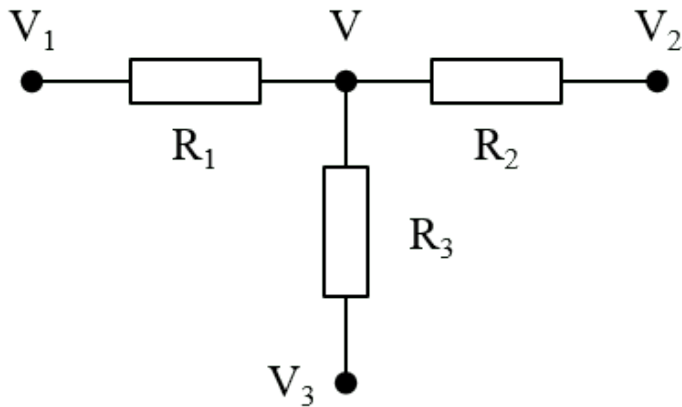
Association en parallèle (ou dérivation) : (faites le schéma)

La résistance équivalente est :

Ce qui se généralise pour n résistances :

IV. Théorème de Millman

Soit un nœud au potentiel V ou aboutissent plusieurs résistances :



La loi d'Ohm donne :

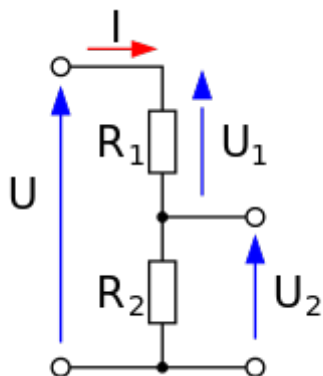
La loi des nœuds donne :

D'où le **théorème de Millman** :

Le théorème de Millman est très pratique à utiliser dans les montages à amplificateurs opérationnels.

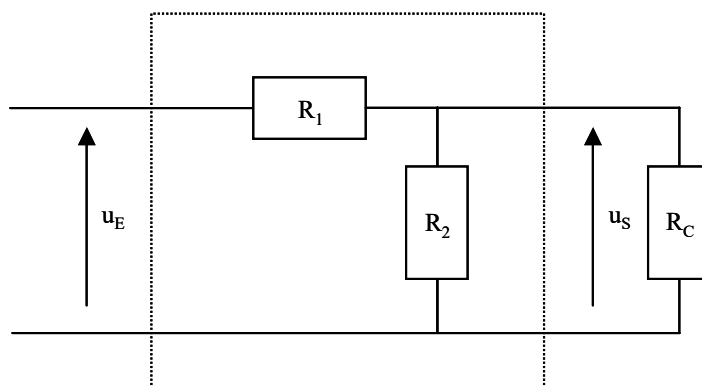
V. Pont diviseur de tension

Le Pont Diviseur de Tension permet le **conditionnement du signal**. On obtient une tension de sortie proportionnelle au rapport des résistances.



Exprimer U_2 en fonction de R_1 , R_2 et U :

Attention à ce qu'il y a dans la maille de R_2 :



Dans ce cas, la valeur mesurée devient :

VI. Loi de Joule

Dans un conducteur ohmique toute l'énergie électrique reçue est transformée en énergie thermique.

En régime stationnaire, cette énergie thermique est intégralement cédée au milieu extérieur (chaleur)

Par contre, en régime variable une partie de l'énergie thermique peut être conservée par le conducteur qui voit alors sa température varier. La résistance du conducteur est alors une variable. Ce qui peut entraîner une dérive de la valeur « vue » par le capteur...

La puissance électrique reçue par un conducteur ohmique est, avec la convention récepteur $\mathcal{P} = u i$, soit, avec $u = R i$ soit $\mathcal{P} = R i^2$.

La puissance thermique produite dans un conducteur ohmique est donc $\boxed{P_{th} = R i^2}$.

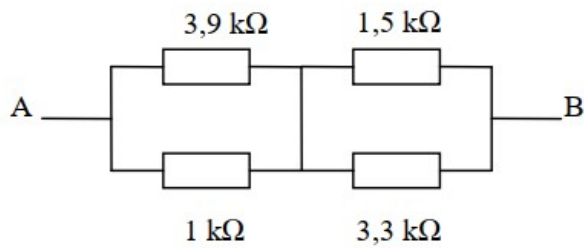
On peut l'exprimer en fonction de la tension :

L'énergie thermique produite pendant Δt est donc :

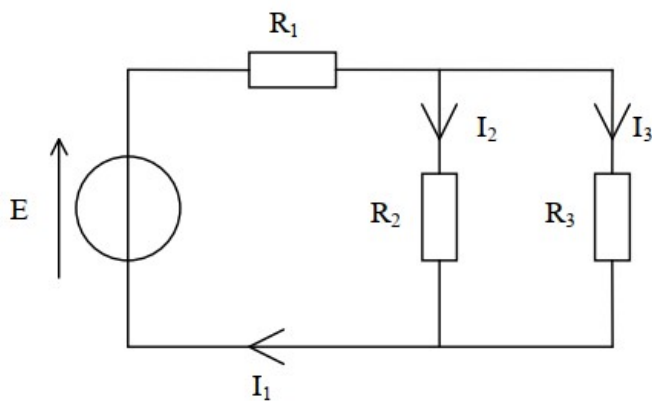
NB : Pour les capteurs de précision, le courant de mesure (I) doit être le plus faible possible. Une intensité trop forte entraînerait un auto-échauffement du capteur ($P=R \times I^2$), modifiant sa propre température et donc sa valeur de résistance (ρ varie avec la température), ce qui fausserait la mesure.

PARTIE EXERCICE

Exercice 1 : Déterminer la résistance équivalente du dipôle AB :

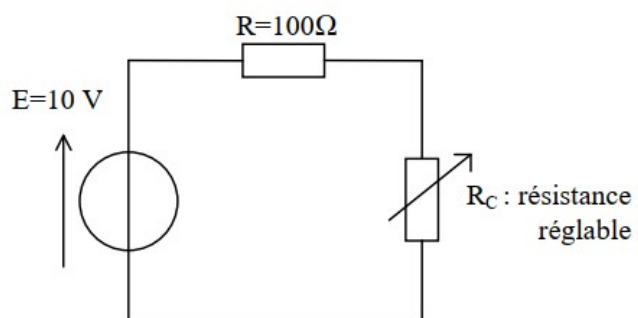


Exercice 2 : Calculer I_1 , I_2 et I_3 :



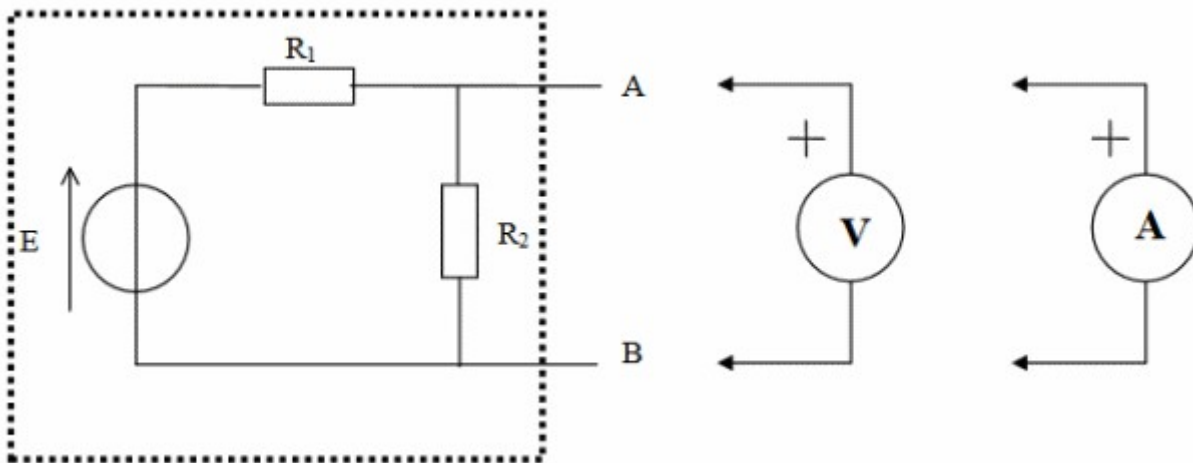
Application numérique :
 $E = 6\text{ V}$, $R_1 = 270\text{ }\Omega$,
 $R_2 = 470\text{ }\Omega$ et $R_3 = 220\text{ }\Omega$.

Exercice 3 : Déterminer la puissance P consommée par R_C (en fonction de E , R_C et R) :



Pour quelle valeur de R_C la puissance consommée est-elle maximale ?
Que vaut alors P_{max} ?

Exercice 4 :



Un détonateur contient 3 dipôles : E, R1 et R2. On sait que $E=6V$.

Lors des tests effectués par le démineur, on obtient avec le voltmètre 4,00V et avec l'ampèremètre 0,50A.

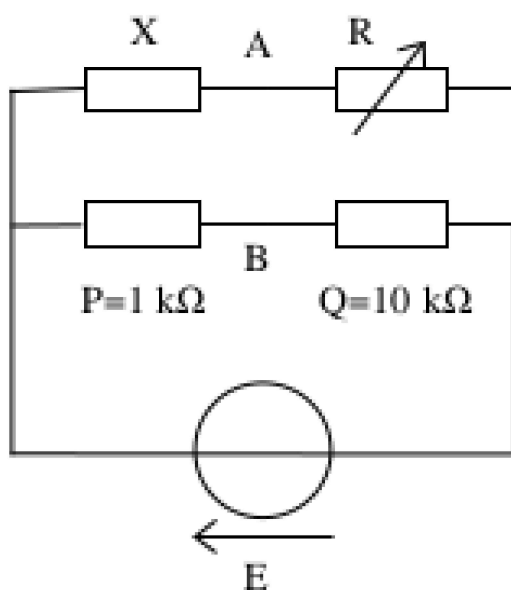
Pour désamorcer la bombe, il faut $R_2 < R_1$, dans le cas contraire, celle-ci explose dans une heure.

Cependant, la bombe a également été réglée pour exploser 10 minutes après que U_{AB} se soit annulée.

1. La bombe est-elle désamorcée d'après les mesures du démineur ?
2. Combien de temps avons-nous avant les mesures effectuées ? Et après ?
3. Quelle solution allez-vous proposer aux démineurs ?

Exercice 5 :

On considère le montage ci-dessous (un pont de Wheatstone) :



A quelle condition sur R avons-nous $U_{AB} = 0V$?

Exercice 6 :

On considère une résistance variable R alimentée par un générateur de tension, caractérisé par sa force électromotrice E et sa résistance interne r . On cherche à rendre maximale la puissance dissipée par effet Joule dans ce conducteur (c'est par exemple un radiateur électrique).

1. Déterminer l'expression de la puissance P reçue par le conducteur ohmique

en fonction de E , R et r .

2. Montrer que P (fonction dépendant de la variable R) est maximale pour une valeur particulière de R . On dit que le montage est alors adapté.

3. On définit le rendement du transfert thermique par $\eta = P/P_{\text{générateur}}$ où $P_{\text{générateur}}$ représente la puissance fournie par la force électromotrice E du dipôle.

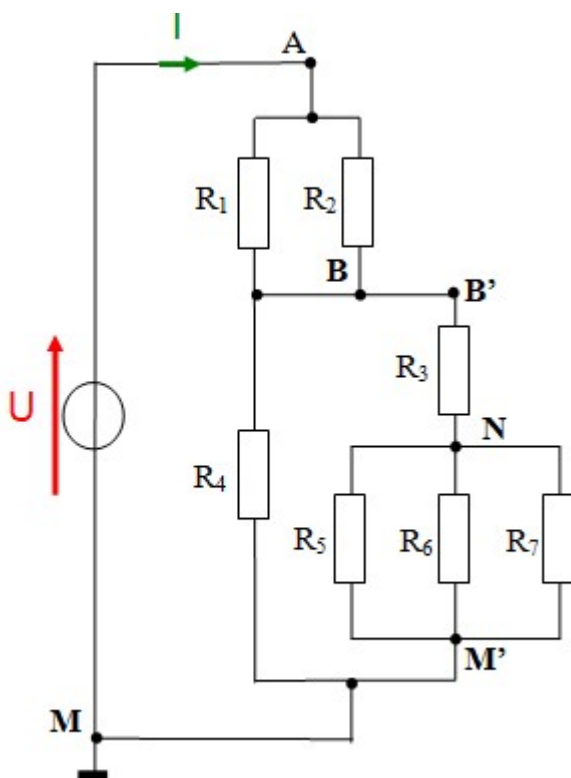
Représenter graphiquement $\eta(R)$. Que vaut le rendement quand le montage est adapté ?

Exercice 7 :

Entraînement pour les associations de résistances...

Trouver pour chaque circuit la résistance équivalente :

1)



Données :

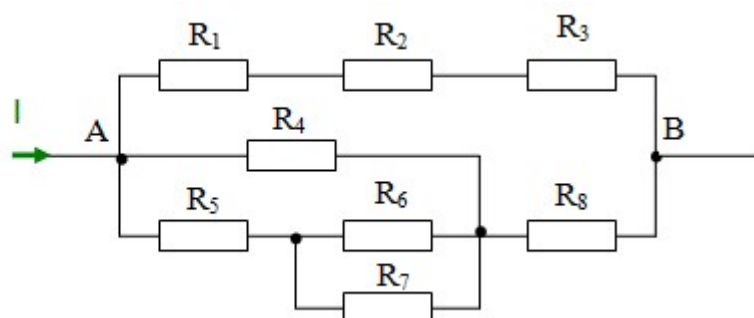
R_1	$= 3\Omega$
R_2	$= 6\Omega$
R_3	$= 12\Omega$
R_4	$= 36\Omega$
R_5	$= 18\Omega$
R_6	$= 36\Omega$
R_7	$= 12\Omega$

II)

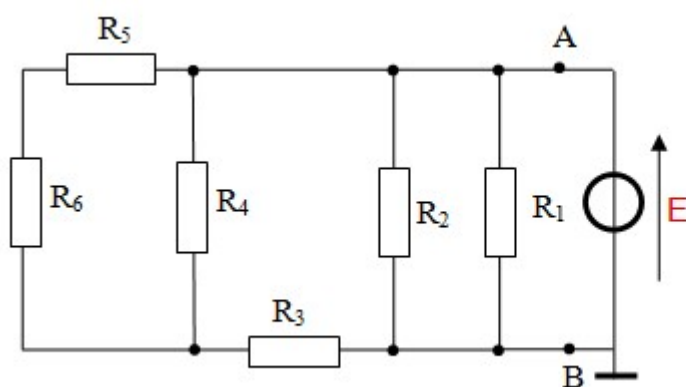
Données :

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = 250\Omega$$

$$R_4 = R_6 = R_7 = R_8 = 500\Omega$$



III)



Données :

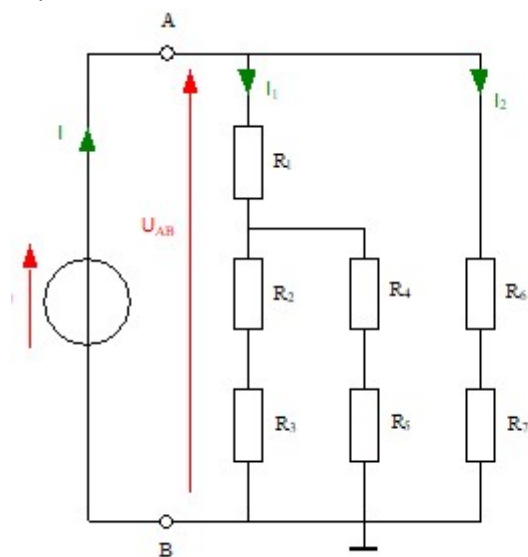
$$R_1 = R_2 = R_4 = 10\Omega$$

$$R_3 = 2\Omega$$

$$R_5 = 8\Omega$$

$$R_6 = 12\Omega$$

IV)



Données :

$$R_1 = 1\text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 1\text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 1\text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 1\text{ k}\Omega$$

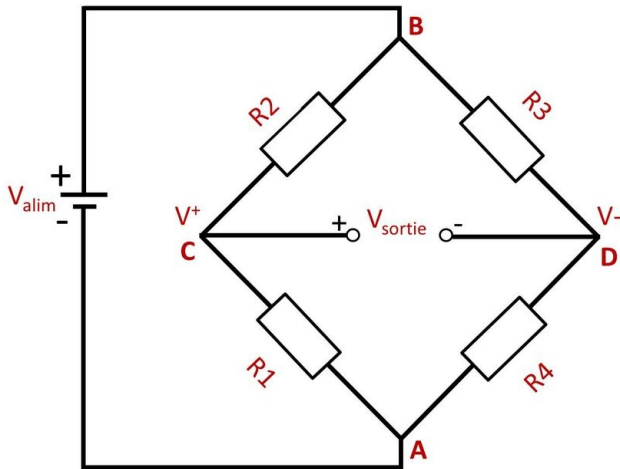
$$R_5 = 1\text{ k}\Omega$$

$$R_6 = 1\text{ k}\Omega$$

$$R_7 = 1\text{ k}\Omega$$

Exercice 8 :

Soit un pont de Wheatstone alimenté en 10V tel que $R_1=R_2=R_3=R=1\text{ k}\Omega$, R_4 correspond à une jauge de contrainte.



En l'absence de contrainte, $R_4 = 1\text{ k}\Omega$.

Que vaut V_{sortie} ?

Une contrainte fait passer R_4 à $R_4'=1,005\text{ k}\Omega$. Que vaut V_{sortie} maintenant?

Conclure sur l'intérêt du pont de Wheatstone.

Exercice 9 :

Un capteur de température est relié à une centrale d'acquisition par un câble en cuivre de 50 m (aller-retour).

Données :

- Résistivité du cuivre : $\rho=1,7\times 10^{-8}\text{ }\Omega\cdot\text{m}$.
- Section du câble : $S=0,25\text{ mm}^2$
- Le courant de mesure : $I=1\text{ mA}$

1. Quelle est la résistance totale R_{cable} du circuit ?
2. Calculez la chute de tension ΔU causée par ce câble lorsque le courant de 1 mA le traverse.
3. La centrale d'acquisition mesure la tension. Si cette chute de tension est non compensée, quel type d'erreur de mesure cela induit-il ? Comment éviter cela ?

Exercice 10 :

Une thermistance a une résistance $R_{\text{th}}=5\text{ k}\Omega$ à 25°C . Pour que l'auto-échauffement soit négligeable, le fabricant limite la puissance dissipée dans le capteur à $P_{\text{max}}=10\text{ mW}$.

1. Calculez l'intensité maximale I_{max} qui peut traverser la thermistance sans dépasser la puissance autorisée.
2. Quelle est la tension maximale U_{max} (en V) qui peut être appliquée aux bornes du capteur pour $R_{\text{th}}=5\text{ k}\Omega$?