

TP :1 MESURE DES RESISTANCES

I. Complément théorique :

I.1) mesures directes

1- Mesure de la résistance par le code des couleurs

La valeur des résistances de faibles puissances (moins de 5W) est généralement inscrite sous forme de code formé de 4, 5 ou 6 anneaux de couleur. Figure.1, 2 et 3 illustrent le code des couleurs formé de 4 et 5 anneaux.

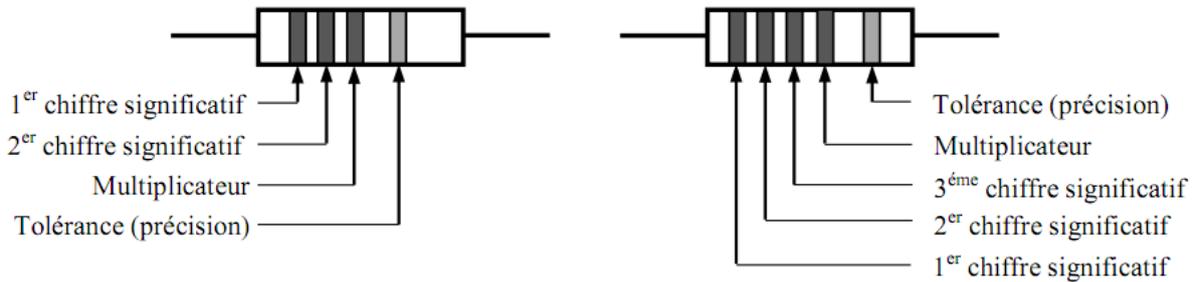


Figure 1. Identification des résistances avec le code des couleurs

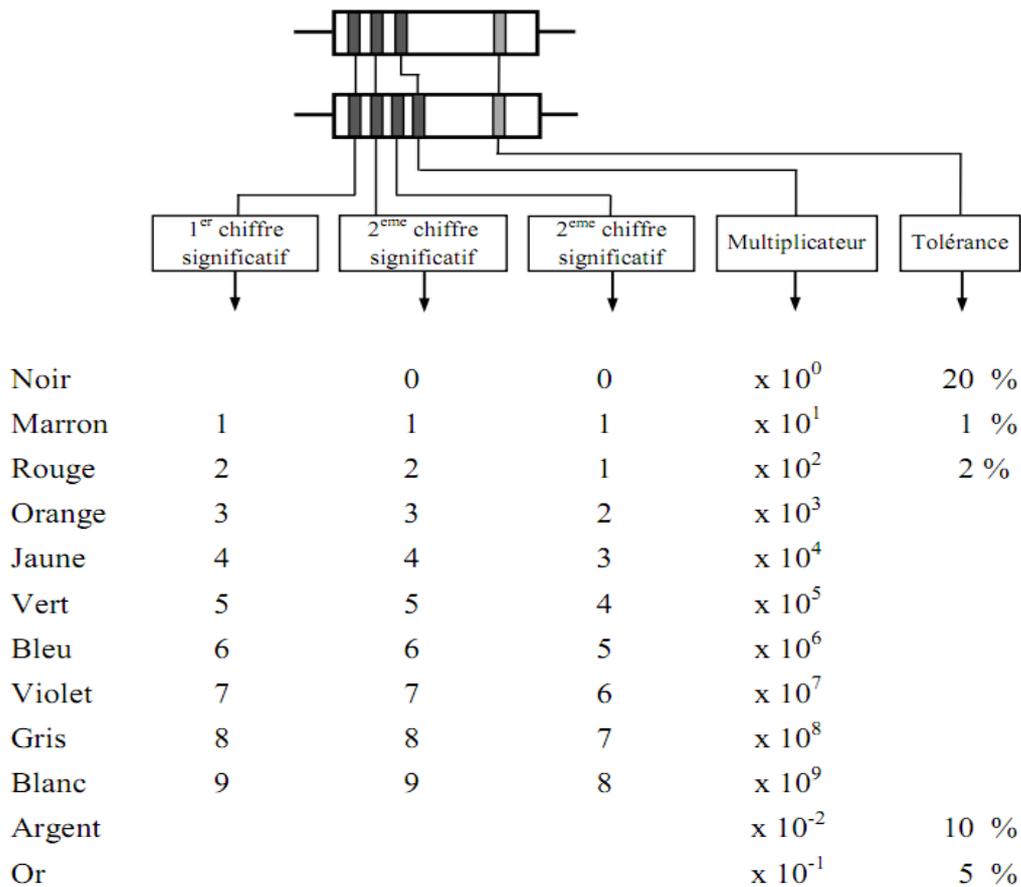


Figure 2 Marquage des résistances avec le code des couleurs

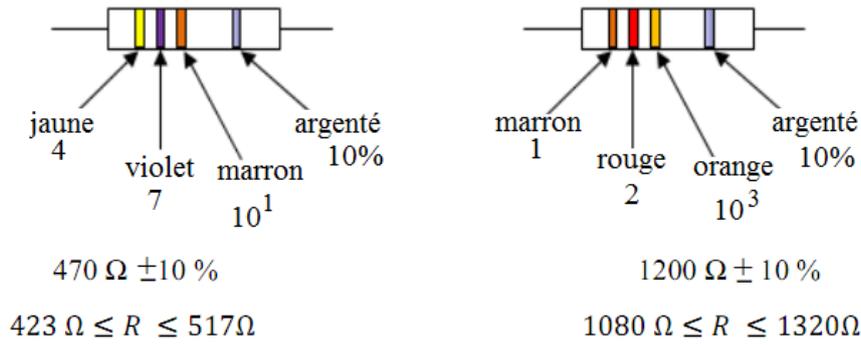
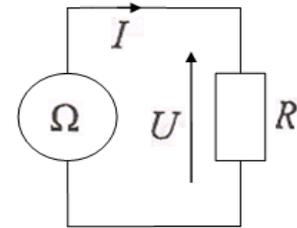


Figure 3. Exemple d'identification de la valeur d'une résistance avec le code des couleurs

2- Mesures à l'ohmmètre.

➤ Principe de l'ohmmètre.

L'appareil fait circuler un courant de faible intensité I (de l'ordre du mA, μA ou du nA) dans la résistance à mesurer et affiche le résultat $R=U/I$, U étant la tension aux bornes de la résistance. *Figure 4. Principe de l'ohmmètre*



1.1) *ohmmètre analogique (à déviation ou à aiguille)*

➤ **Incertitudes due à l'instrument de mesure**

R_x : résistance à mesurer.

L'incertitude absolue instrumentale $\Delta R_{x_{inst}}$ due à l'appareil de mesure.

$$\Delta R_{x_{inst}} = \frac{\text{Classe. Calibre}}{100}$$

L'incertitude relative instrumentale peut s'écrire sous la forme :

$$\frac{\Delta R_{x_{inst}}}{R_x}$$

➤ **Incertitudes due à la lecture (opérateur)**

Incertitude absolue due la lecture $\Delta R_{x_{opérat}}$ peut s'écrire sous la forme :

$$\Delta R_{x_{opérat}} = \frac{1}{4} \cdot \text{Division}$$

l'incertitude relative due la lecture peut s'écrire sous la forme :

$$\frac{\Delta R_{x_{opérat}}}{R_x}$$

2.2) *Ohmmètre numérique*

La précision des appareils numériques se présente généralement sous la forme suivante :

$\Delta R_x = \dots\% \text{ de la lecture} + \dots \text{digit} (\text{digit : résolution de l'appareil}).$

Incertitude absolue totale

- pour les appareils à déviation :

$$\Delta R_{x_{totale}} = \Delta R_{x_{inst}} + \Delta R_{x_{opérat}}$$

- pour les appareils à affichage numérique:

$$\Delta R_{x_{totale}} = \Delta R_{x_{inst}}$$

I.2) Méthode indirecte**1- Mesure des résistances par la méthode Volt-Ampèremétrique**

Cette méthode est particulièrement bien adaptée aux mesures des résistances moyennes ($10\Omega < R_x < 1M\Omega$)
 Cette méthode consiste à :

- ✓ Mesurer à l'aide d'un Ampèremètre le courant parcourant la résistance inconnue.
 - ✓ Mesurer à l'aide d'un Voltmètre la tension appliquée à la résistance inconnue.
- La résistance mesurée est alors le rapport de la tension mesurée par l'intensité mesurée du courant, soit:

$$R_m = \frac{U_m}{I_m}$$

➤ Montages utilisés

Selon l'emplacement du voltmètre par rapport à l'Ampèremètre, on distingue deux types de montages :
 montage Amont (ou Longue Dérivation) et le montage Aval (ou Courte Dérivation).

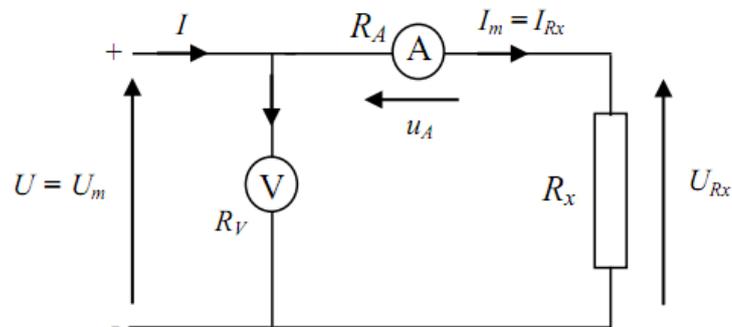
1.1) montage Amont (ou Longue Dérivation)

Figure 5. Montage amont

➤ Incertitudes due à la méthode de mesure

La résistance mesurée R_m est donc :

$$R_m = \frac{U_m}{I_m} = \frac{U_{Rx} + u_A}{I_{Rx}} = \frac{R_x \cdot I_{Rx} + R_A \cdot I_{Rx}}{I_{Rx}} = R_x + R_A \quad \text{soit :} \quad R_m > R_x$$

L'expression de l'incertitude absolue due à la méthode est :

$$\Delta R_{x-meth} = R_m - R_x = R_A$$

Et donc l'incertitude relative due à la méthode a pour expression :

$$\delta R_{x-meth} = \frac{\Delta R_{x-meth}}{R_x} = \frac{R_A}{R_x} = \frac{R_A}{R_m - R_A}$$

Cette expression montre que l'erreur relative de méthode est d'autant plus faible que la résistance de l'ampèremètre est plus petite devant celle de la résistance à mesurer.

1.2) montage Aval (ou Courte Dérivation)

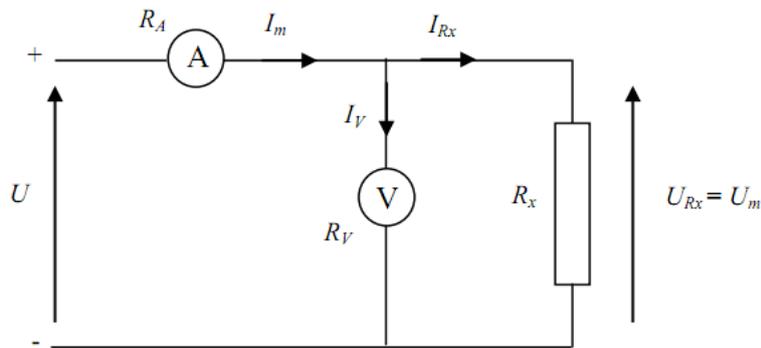


Figure 6. Montage aval

➤ Incertitudes due à la méthode de mesure

La résistance mesurée R_m est donnée par la relation :

$$R_m = \frac{U_m}{I_m} = \frac{U_{Rx}}{I_m} = \frac{R_V \cdot R_x}{R_V + R_x} \quad \text{soit :} \quad R_m < R_x$$

La valeur exacte de la résistance R_x en fonction de la valeur mesurée R_m est donnée par :

$$R_m \cdot (R_V + R_x) = R_V \cdot R_x \quad \Rightarrow \quad R_m \cdot R_V = R_x \cdot (R_V - R_m)$$

$$R_x = \frac{R_m \cdot R_V}{R_V - R_m}$$

L'expression de l'incertitude absolue due à la méthode est alors :

$$\Delta R_{x-meth} = R_m - R_x = R_m - \frac{R_m \cdot R_V}{R_V - R_m} = -\frac{R_m^2}{R_V - R_m}$$

et donc l'incertitude relative due à la méthode a pour expression :

$$\delta R_{x-meth} = \frac{\Delta R_{x-meth}}{R_x} = -\frac{R_m^2 / (R_V - R_m)}{R_m \cdot R_V / (R_V - R_m)} = -\frac{R_m}{R_V}$$

En conclusion, l'erreur relative de méthode est d'autant plus faible que la résistance du voltmètre est plus grande devant celle de la résistance à mesurer.

• Incertitude totale sur le résultat de la mesure

La précision de la mesure, quel que soit le montage utilisé, est donnée par l'incertitude relative en tenant compte des erreurs instrumentales et dues à l'opérateur :

$$\delta R_x = \frac{\Delta R_x}{R_x} = \left(\frac{\Delta U_{mesurée}}{U_{mesurée}} \right)_{totale} + \left(\frac{\Delta I_{mesurée}}{I_{mesurée}} \right)_{totale} + \left(\frac{\Delta R_x}{R_x} \right)_{methode}$$

les incertitudes sur les mesures de tension et de courant étant donnée par les relations suivantes :

$$\left(\frac{\Delta U_{mesurée}}{U_{mesurée}} \right)_{totale} = \left(\frac{\Delta U_{mesurée}}{U_{mesurée}} \right)_{instr} + \left(\frac{\Delta U_{mesurée}}{U_{mesurée}} \right)_{opérat}$$

$$\left(\frac{\Delta I_{mesurée}}{I_{mesurée}} \right)_{totale} = \left(\frac{\Delta I_{mesurée}}{I_{mesurée}} \right)_{instr} + \left(\frac{\Delta I_{mesurée}}{I_{mesurée}} \right)_{opérat}$$

➤ Choix du montage

Le choix du montage sera fait selon la règle suivante :

- si $R_{x \text{ approchée}} \leq \sqrt{R_A \cdot R_V}$ (résistances de faibles valeurs) on privilégie le montage aval ;
- si $R_{x \text{ approchée}} \geq \sqrt{R_A \cdot R_V}$ (résistances de fortes valeurs) on privilégie le montage amont.

2- mesure des résistances par la méthode de comparaison

Cette méthode est particulièrement bien adaptée aux mesures des résistances faibles ($R_x < 10\Omega$)

- **Principe de la méthode**

La méthode étudiée consiste à comparer la résistance inconnue R_x à une résistance étalon R_e faible et parfaitement connue, en mesurant au voltmètre les tensions entre leurs bornes.

Les deux résistances sont placées en série dans un même circuit, alimenté par une source de tension continu, et donc parcourut par un même courant I (figure 7).

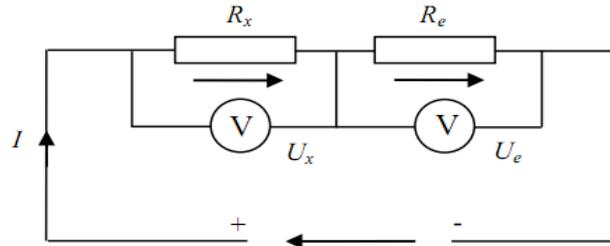


Figure 7 . Schéma de principe pour la méthode de comparaison

Les tensions mesurées par les voltmètres ont alors pour expression :

$$\begin{cases} U_e = R_e \cdot I \\ U_x = R_x \cdot I \end{cases}$$

d'où :

$$R_x = R_e \cdot \frac{U_x}{U_e}$$

➤ Calcul de l'Incertitude totale sur le résultat de mesure

$$\delta R_x = \frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_e}{R_e} + \left(\frac{\Delta U_x \text{ mesurée}}{U_x \text{ mesurée}} \right)_{\text{totale}} + \left(\frac{\Delta U_e \text{ mesurée}}{U_e \text{ mesurée}} \right)_{\text{totale}}$$

$$\left(\frac{\Delta U_x \text{ mesurée}}{U_x \text{ mesurée}} \right)_{\text{totale}} = \left(\frac{\Delta U_x \text{ mesurée}}{U_x \text{ mesurée}} \right)_{\text{instr}} + \left(\frac{\Delta U_x \text{ mesurée}}{U_x \text{ mesurée}} \right)_{\text{opérat}}$$

$$\left(\frac{\Delta U_e \text{ mesurée}}{U_e \text{ mesurée}} \right)_{\text{totale}} = \left(\frac{\Delta U_e \text{ mesurée}}{U_e \text{ mesurée}} \right)_{\text{instr}} + \left(\frac{\Delta U_e \text{ mesurée}}{U_e \text{ mesurée}} \right)_{\text{opérat}}$$

<i>Nom et Prénoms</i>			<i>Groupe</i>	<i>Note</i>
<i>Nom et Prénoms</i>				
<i>Date:</i> <i>Horaire:</i> <i>Lab. N°</i>				

TP :1 MESURE DES RESISTANCES

II. Objectifs :

I.1) Mesure de la résistance à l'aide de différentes méthodes, directe et indirecte :

2. Mesure directe :

- Mesure de la résistance par le code des couleurs
- Mesure de la résistance par ohmmètre

3. Mesure indirecte :

- mesure de la résistance par la méthode Volt-Ampèremétrique
- mesure de la résistance par la méthode de comparaison

I.2) Calcul de l'incertitude relative pour chacune des méthodes

III. Matériel utilisé : Pour la manipulation de ce *TP*, le matériel est le suivant :

- ❑ Une Alimentation stabilisée.
- ❑ Deux multimètres numériques.
- ❑ Multimètre analogique (à déviation)
- ❑ Câbles de connexion.
- ❑ Deux Résistances ($R_x = 1k\Omega$; $R_e = 10 k\Omega$).

IV. Etude expérimentale

1) Mesures directes (Code des couleurs et ohmmètres)

- Relever les couleurs de la résistance de gauche vers la droite et déduire sa valeur R_x et sa tolérance.
- Mesurer la résistance R_x avec l'ohmmètre analogique après avoir ajusté son zéro.
- Mesurer la résistance R_x avec l'ohmmètre numérique

Tableau de mesure 1 : Mesures directes (Code des couleurs et ohmmètres)

<i>Résistance</i>	Code des couleurs	Ohmmètre numérique	Ohmmètre analogique
$R_x \Omega$
$\Delta R_x \Omega$			
$\delta R_x = \Delta R_x / R_x \%$		
$R_x - \Delta R_x \leq R_x \leq R_x + \Delta R_x \Omega$			

- Calculer les valeurs manquées et remplir le tableau au-dessus.
- Caractéristiques de la mesure par l'ohmmètre analogique

Classe.....**0,1**....., calibre.....**20 kΩ**....., Division.....**100 Ω**.....

2) Mesures indirectes

2.1) mesure par la méthode Volt-Ampèremétrique

➤ montage Aval (ou Courte Dérivation)

- Réaliser le montage correspondant ; fig.8
- Régler la tension d'alimentation U à 10 V
- Ajuster les calibres des appareils de mesure (20mA, 20V)
- Relever les indications du voltmètre et de l'ampèremètre.
- Calculer et compléter les tableaux suivants

➤ montage Amont (ou Longue Dérivation)

- Refaire la même opération pour le montage Amont (fig.9)

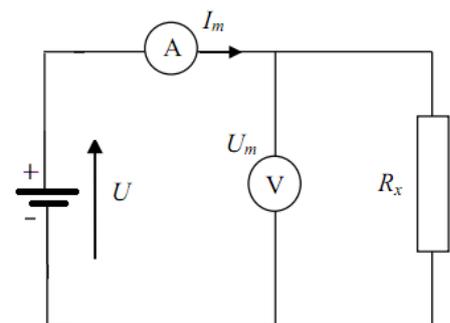


Figure 8 Montage aval

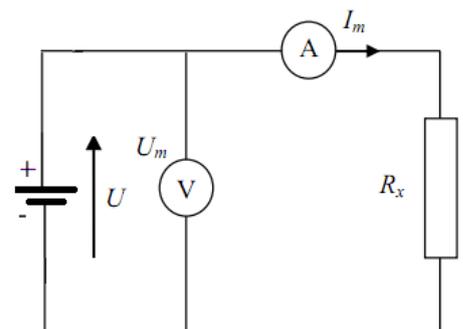


Figure 9 Montage amont

2.2) mesure par la méthode de comparaison

- Réaliser le montage suivant :

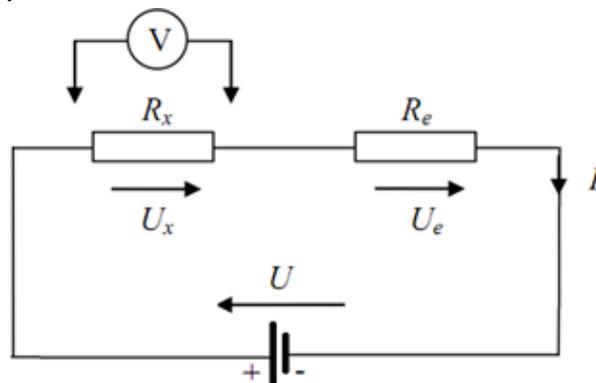


Figure10 Schéma de montage pour la méthode de comparaison

- Régler la tension d'alimentation U à 10 V
- Ajuster le calibre du voltmètre à 20V
- Relever la tension aux bornes de la résistance R_x (U_x)
- Relever la tension aux bornes de la résistance R_e (U_e)
- Calculer et compléter le tableau suivant:

Tableau de mesure 4 : Mesures par la méthode de comparaison

U_x	V
U_e	V
R_e	k Ω
R_x		Ω
ΔR_e		Ω
$\Delta R_x / R_x$		%
ΔR_x		Ω
$R_x \pm \Delta R_x$	$\leq R_x \leq$	Ω

V) Travail à effectuer

1/ Comparer les précisions (incertitudes relatives) obtenues avec les différentes méthodes de mesure mises en œuvre:

- Pour les méthodes directes.
- Pour les méthodes indirectes.

2/ Donner une conclusion à ce travail.

1/ Comparaison:

2/ Conclusion:
