

**TP N° 3.MESURE DE RESISTANCES**

**1. BUT**

- ▶ Détermination d'une résistance inconnue à l'aide de deux méthodes différentes:
  - Méthode voltampère-métrique
  - Méthode du pont de Wheatstone
- ▶ Le compte rendu sera suivi d'un calcul d'erreurs et d'incertitudes sur les mesures.

**2. PRINCIPES DE LA METHODE VOLTAMPERE-METRIQUE**

Soit à mesurer la valeur de la résistance  $R$  dans le circuit montré ci dessous :

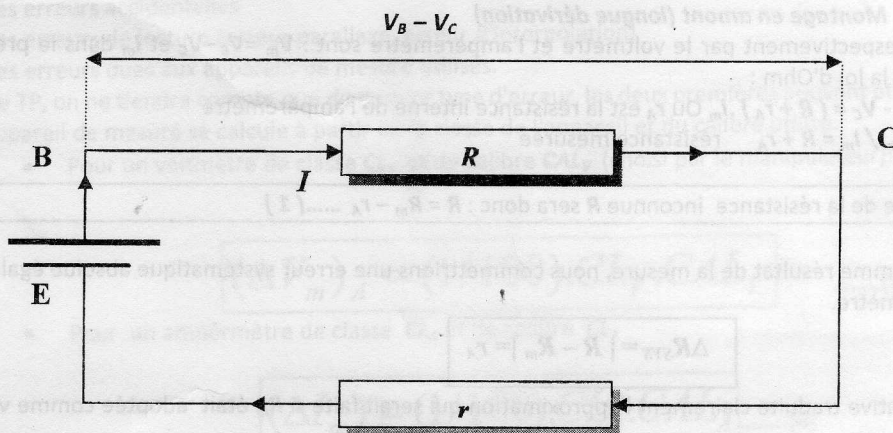


FIGURE :1

La loi d'Ohm appliquée à la portion du circuit BC nous donne :

$$V_B - V_C = R \cdot I \quad \longrightarrow \quad R = (V_B - V_C) / I$$

$I$  étant le courant qui parcourt  $R$  sous la d.d.p ( $V_B - V_C$ )

Pour déterminer la valeur de la résistance  $R$ , il suffira donc de mesurer simultanément, la d.d.p ( $V_B - V_C$ ) en utilisant un voltmètre en parallèle avec la résistance  $R$  et l'intensité du courant  $I$  en insérant un ampèremètre en série avec  $R$ . Pour réaliser ceci, deux montages sont possibles:

**2.1. Montage en AMONT ou 'longue dérivation'**

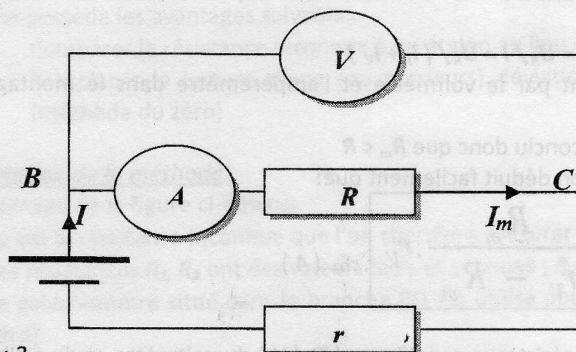


FIGURE : 2

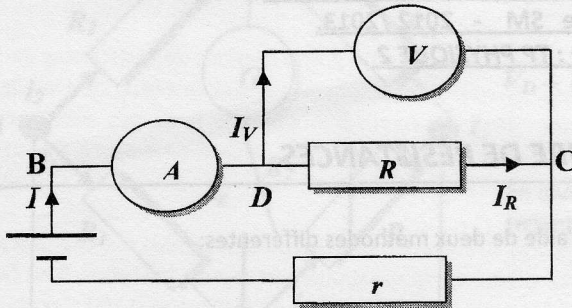
Dans ce montage le voltmètre ne mesure pas la d.d.p aux bornes de la résistance  $R$ . La d.d.p ( $V_B - V_C$ ) mesurée, représente la somme de deux d.d.p à savoir;  $U_R$  et  $U_A$

$$V_B - V_C = U_A + U_R$$

- \*  $U_A$  : d.d.p aux bornes de l'ampèremètre
- \*  $U_R$  : d.d.p aux bornes de la résistance  $R$

**2.2. Montage en AVAL ou 'courte dérivation'**

Dans ce montage l'intensité  $I$  mesurée par l'ampèremètre n'est pas celle qui traverse la résistance  $R$  alors que la d.d.p mesurée par le voltmètre est  $U_R$



$$* I = I_R + I_V \neq I_R$$

$$* V_D - V_C = U_R$$

JRE : 3

### 2.3. Erreurs de mesure

#### 1. Erreur systématique de montage.

Cette erreur est due au montage utilisée; elle peut être corrigée exactement en utilisant les équations du circuit. Calculons la valeur de cette erreur pour les deux montages présentés précédemment.

##### • Montage en amont (longue dérivation)

Si les valeurs mesurées respectivement par le voltmètre et l'ampèremètre sont :  $V_m = V_B - V_C$  et  $I_m$  dans le premier montage, on aura d'après la loi d'Ohm :

$$V_m = V_B - V_C = (R + r_A) \cdot I_m \text{ Ou } r_A \text{ est la résistance interne de l'ampèremètre}$$

D'où :  $R_m = V_m / I_m = R + r_A$  résistance mesurée

$$\text{La valeur exacte de la résistance inconnue } R \text{ sera donc : } R = R_m - r_A \dots\dots(1)$$

Si nous conservions  $R_m$  comme résultat de la mesure, nous commettrions une erreur systématique absolue égale à la résistance  $r_A$  de l'ampèremètre.

$$\Delta R_{SYS} = |R - R_m| = r_A$$

L'erreur systématique relative traduite clairement l'approximation qui serait faite si  $R_m$  était adoptée comme valeur de la résistance  $R$ .

$$\frac{\Delta R}{R} (Sys) = \frac{r_A}{R} \dots\dots(3)$$

Donc; cette erreur est d'autant plus négligeable que  $R$  est grande devant  $r_A$ . Ce montage sera utilisé pour la mesure de grandes résistances.

##### • Montage en AVAL (courte dérivation)

Pour ce type de montage, la lecture de la d.d.p aux bornes de  $R$  est correcte aux incertitudes près. Par contre l'intensité  $I$  du courant mesurée par l'ampèremètre est la somme de l'intensité  $I_R$  du courant qui traverse la résistance  $R$  et de la intensité  $I_V$  du courant qui passe dans le voltmètre de résistance interne  $r_V$ . Donc la résistance mesurée  $R_m$  sera :

$$R_m = V_m / I_m = U_R / I = U_R / (I_R + I_V)$$

$V_m$  et  $I_m$  sont les valeurs mesurées respectivement par le voltmètre et l'ampèremètre dans le montage courte dérivation.

Comme :  $R = U_R / I_R$ , on conclut donc que  $R_m < R$

Sachant que :  $U_R = R \cdot I_R = r_V \cdot I_V \rightarrow I_V = R \cdot I_R / r_V$  on déduit facilement que:

$$R_m = R \cdot r_V / (R + r_V) \rightarrow R = \frac{R_m}{r_V - R_m} \cdot r_V \dots\dots(4)$$

La résistance  $r_V$  peut être déterminée à l'aide de la résistance spécifique ( $\Omega / V$ ) du voltmètre et du calibre et du calibre utilisé. L'erreur systématique absolue du montage sera alors :

$\Delta R = |R - R_m| = R - [R \cdot r_V / (R + r_V)] = R^2 / (R + r_V)$  Avec les voltmètres modernes  $r_V$  est très grande devant  $R$  et nous pouvons écrire donc:

$$(5) \dots\dots \Delta R_{SYS} = R^2 / r_V \text{ Donc cette erreur sera d'autant plus petite que } R \text{ est petite}$$



devant  $r_v$ . Ce montage convient pour la mesure des petites résistances  $R < 10 \text{ k}\Omega$ . L'erreur systématique relative est :

$$\Delta R_{SYS} / R = R / r_v \dots\dots\dots (6)$$

**2.4. Conclusion**

Si on utilise la méthode voltampère-métrique pour la mesure d'un grand nombre de résistances de même ordre de grandeur, il sera bon de choisir le montage et les appareils qui donnent une erreur systématique négligeable; nous pourrons ainsi adopter la valeur mesurée  $R_m$  sans calcul de correction. Compte tenu des résistances des voltmètres modernes, c'est le plus souvent le montage aval qui convient le mieux à ce type de mesure. Par exemple pour  $r_v = 10 \text{ M}\Omega$  l'erreur systématique relative est pour ce montage, inférieure à 1 % tant que  $R \leq 100 \text{ k}\Omega$ .

Dans un laboratoire, pour un nombre réduit de mesures, la correction des valeurs mesurées est envisageable, le choix du montage est en principe dictée, par l'ordre de grandeur de la résistance à mesurer; toutefois, il ne faut pas oublier que la résistance interne du voltmètre  $r_v$  est toujours connue avec une bonne précision ( $\approx 0.1\%$ ) alors que celle de l'ampèremètre est rarement donnée et souvent varie d'un appareil à un autre me fabrication.

**1. Remarque sur les autres types d'erreurs.**

A l'erreur systématique due au montage utilisé, nous pouvons ajouter:

- les erreurs accidentelles
- les erreurs de lecture (erreur parallaxe, erreur d'interpolation)
- les erreurs dues aux appareils de mesure utilisés.

Dans ce TP, on ne tiendra compte que du dernier type d'erreur, les deux premières pouvant être réduites. L'erreur due à un appareil de mesure se calcule à partir de la classe de l'appareil et du calibre utilisé.

- Pour un voltmètre de classe  $CL_V$  et de calibre  $CAL_V$  (choisi par le manipulateur):

$$(\Delta V_m)_A = (1/100).CL_V.CAL_V \dots\dots\dots(7)$$

- Pour un ampèremètre de classe  $CL_A$  et de calibre  $CAL_A$

$$(\Delta I_m) = (1/100).CL_A.CAL_A \dots\dots\dots(8)$$

L'erreur relative sur la mesure des résistances s'écrira:

$$(\Delta R_m / R_m)_A = (\Delta V_m / V_m)_A + (\Delta I_m / I_m)_A \dots\dots\dots (9)$$

**3. PRINCIPE DE LA METHODE DU PONT DE WHEATSTONE.**

**3.1. Introduction**

Cette méthode, beaucoup plus précise que la méthode voltampère-métrique, permet de mesurer des résistances comprises entre  $1\Omega$  et  $1\text{M}\Omega$  avec une bonne précision (moins de 1%). La mesure de résistance à l'aide du pont de Wheatstone possède les avantages suivants:

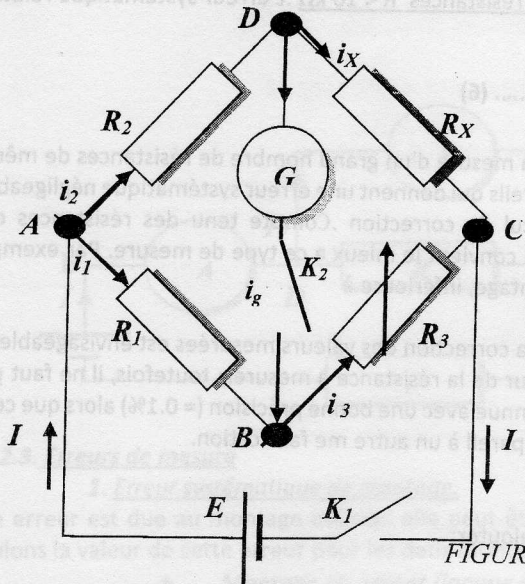
- Comparer la résistance inconnue à un étalon au lieu de la mesurer directement
- Remplacer la lecture d'une (ou plusieurs) déviation par la constatation de l'absence de déviation (méthode du zéro)

**3.2. Principe de la méthode**

Dans le montage de la figure ci-dessus:

- $R_x$  est la résistance inconnue que l'on cherche à mesurer
- Les résistances  $R_1, R_2$  ont des valeurs fixes et connues ;  $R_3$  est une résistance variable.
- Le galvanomètre situé dans la branche BD est utilisé pour déceler l'absence courant dans BD (méthode du zéro)

Le principe de la manipulation est de faire varier  $R_3$  jusqu'à ce qu'il ne passe aucun courant dans la branche BD (absence de déviation dans le galvanomètre)



Lorsque cette condition est satisfaite ( $i_g = 0$ )  
 $V_D - V_B = 0$  donc  $i_2 = i_X$  et  $i_1 = i_3$  .....(10)

$$V_D - V_B = 0 \begin{cases} V_A - V_D = V_A - V_B = 0 \Rightarrow R_2 \cdot i_2 = R_1 \cdot i_1 \\ V_D - V_C = V_B - V_C = 0 \Rightarrow R_X \cdot i_X = R_3 \cdot i_3 \end{cases}$$

En divisant les deux égalités obtenues membre a membre et en tenant compte de (1) on obtient donc :

$$\frac{R_2}{R_X} = \frac{R_1}{R_3} \Rightarrow R_X = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} \dots\dots(11)$$

La connaissance des trois résistances  $R_1$ ,  $R_2$ , et  $R_3$  permet le calcul de la quatrième si le pont est en équilibre ( $i_g = 0$ )

FIGURE : 4

**4 .MANIPULATION:**

**4.1 Méthode voltampère-métrique:**

**1. But**

Le but de cette première partie de la manipulation est de mesurer successivement deux résistances inconnues à l'aide de deux montages 'longue' et 'courte dérivation'.

**2. Matériel utilisé**

- Une source de tension continue
- Un voltmètre à dérivation
- Un ampèremètre
- Deux résistances inconnues  $R_1$  et  $R_2$
- Une résistance  $r$  nécessaire pour avoir une impédance de sortie suffisante dans les montages, au cas où la résistance à mesurer est faible

**3. Manipulation**

Chaque résistance sera mesurée à l'aide des deux montages " amont " et " aval " présentés dans la partie théorique du TP .Pour chaque méthode ; réaliser le montage en veillant à le faire vérifier par votre assistant avant sa mise sous tension (respecter la polarité des appareils de mesure).

**ATTENTION.** Lorsqu'on effectue des mesures de courant ou de tensions dont on ne connaît pas l'ordre de grandeur on branche les appareils de mesure sur les calibres les plus forts avant leur mise en marche. Si on remarque que la déviation est faible on diminue le calibre progressivement.

- $V_m$  : tension mesurée par le voltmètre.
- $I_m$  : intensité mesurée par l'ampèremètre
- $R_m = V_m / I_m$  : adoptée comme valeur de la résistance inconnue R
- $CAL_V$  : calibre utilisé pour le voltmètre
- $CAL_A$  : calibre utilisé par l'ampèremètre)
- $CL_V$  : classe du voltmètre
- $CL_A$  : classe de l'ampèremètre
- $r_V$  : résistance du voltmètre
- $r_A$  : résistance de l'ampèremètre
- $(\Delta R/R)_A$  : erreur due aux appareils
- $(\Delta R/R)_{SYS}$  : erreur systématique relative du montage à partir des formules approximatives

**4.2. Méthode du pont de Wheatstone**

**1. But**

Le but de cette deuxième partie de la manipulation est de mesurer successivement deux résistances inconnues à l'aide du montage pont de Wheatstone.

**2. Matériel utilisé**

Dans cette partie de la manipulation on utilisera le matériel suivant:

- Une source de tension continue
- Un galvanomètre / ampèremètre
- Deux résistances  $R_{1pw}$  et  $R_{2pw}$  (leurs valeurs seront déterminées en utilisant le code des couleurs)
- Une résistance variable  $R_3$  constitué par un rhéostat
- Une résistance  $R_x$  inconnue