

TP N° .2

Mesure de résistances .2. « Méthode Voltmètre – Ampèremètre »

I. But de TP

- Etude et réalisation des montages amont et aval pour la mesure des résistances.
- Etude des méthodes de comparaison de résistances à l'aide de ponts (le pont de Wheatstone et le pont à fil).
- Calcul des erreurs systématiques de mesures (les erreurs induites par les montages).

II. Préparation de la manipulation :

Montrer que l'expression de la résistance mesurée dans le cas du montage:

➤ courte dérivation $R_{Mes} = \frac{R_X \cdot R_V}{R_X + R_V}$

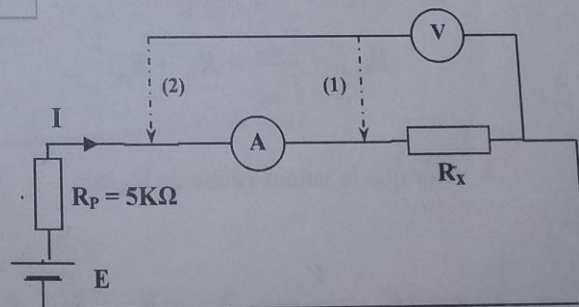
➤ longue dérivation $R_{Mes} = R_X + R_A$

Où R_V et R_A sont respectivement les résistances internes du voltmètre et l'ampèremètre

III. Equipements :

- 01 Source de tension réglable.
- 01 Ampère mètre
- 01 Voltmètre
- 01 Résistance $R_p = 5K\Omega$
- 01 Résistance de valeur inconnue R_X
- 01 Un interrupteur
- 06 Fils de connexion (2 bleus et 4 rouges)

Fig. 1



- (1) Montage Aval
- (2) Montage Amont

IV. Un peu de théorie :

1. Méthode Voltampère métrique

Pour mesurer une résistance inconnue avec un ampèremètre et un voltmètre, il existe deux méthodes de branchements possibles:

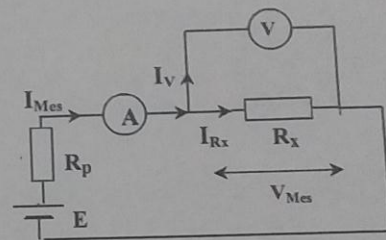
- > Le montage Amont, dans lequel le voltmètre est placé avant l'ampèremètre.
- > Le montage Aval, dans lequel le voltmètre est placé après l'ampèremètre.

1.1 Cas du montage Aval ou courte dérivation.

Dans ce cas, le courant mesuré par l'ampèremètre I_{Mes} est la somme du courant traversant la résistance I_{R_X} et le courant circulant dans le voltmètre I_V .

- La valeur mesurée de R_X est:

$$R_{Mes} = \frac{V_{Mes}}{I_{Mes}} = \frac{R_X \cdot R_V}{R_X + R_V} = R_X // R_V$$



- Alor que la valeur réelle de R_X est:

$$R_{X'} = \frac{V_{Mes}}{I_{R_X}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{Mes}} - \frac{1}{R_V}} \quad \text{Si } R_V \gg R_X \Rightarrow R_{Mes} \cong R_{X'}$$

1.2 Cas du montage Amont ou longue dérivation

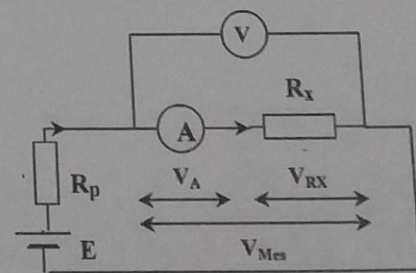
Dans ce cas, la tension mesurée par le voltmètre V_{Mes} est la somme de la tension qui se trouve aux bornes de la résistance V_{R_X} et la tension qui se trouve aux bornes de l'ampèremètre V_A .

- La valeur mesurée de R_X est:

$$R_{Mes} = \frac{V_{Mes}}{I_{Mes}} = R_{X'} + R_A$$

- Alor que la valeur réelle de R_X est:

$$R_{X'} = \frac{V_{R_X}}{I_{Mes}} = R_{Mes} - R_A \quad \text{Si } R_A \ll R_X \Rightarrow R_{Mes} \cong R_{X'}$$

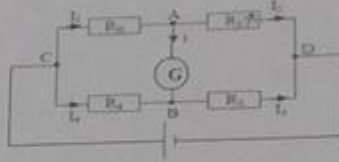


2. Méthodes de comparaison de résistances à l'aide de ponts

La méthode *Voltampère métrique* comporte donc toujours une erreur systématique et ne peut donner une très grande précision. Pour les mesures précises, on utilise les méthodes de comparaison de résistances à l'aide de ponts. Les plus célèbres sont :

2.1 Le pont de Wheatstone

On appelle le pont de Wheatstone l'assemblage ci-dessous



Un générateur continu, un galvanomètre G, quatre résistances: l'une inconnue, R_x , et les trois autres connues; deux résistances calibrées R_3 et R_4 et une résistance réglable R_2 (boîte AOP à décades).

On règle la résistance R_2 jusqu'à obtenir un courant nul dans le galvanomètre on dit que le "pont est équilibré". A ce moment-là;

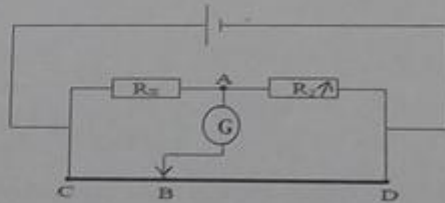
• A l'équilibre $\begin{cases} i = 0 \text{ ou } I_1 = I_2 \text{ et } I_3 = I_4 \\ V_A - V_B = 0 \text{ ou } V_A = V_B \end{cases}$

• On a $\begin{cases} V_C - V_A = R_x I_1 \text{ et } V_C - V_B = R_3 I_3 \\ V_A - V_D = R_2 I_2 \text{ et } V_B - V_D = R_4 I_4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_x I_1 = R_3 I_3 \\ R_2 I_2 = R_4 I_4 \end{cases} \Rightarrow R_x / R_2 = R_3 / R_4$

Donc la résistance inconnue R_x est donnée par $R_x = R_2 \frac{R_3}{R_4}$

2.2 Le pont à fil

Le pont à fil est un pont de *Wheatstone* dans lequel les résistances R_3 et R_4 sont remplacées par un fil résistif fin et calibré de longueur L_{CD} .



• A l'équilibre $R_x = R_2 \frac{R_{CB}}{R_{BD}}$

3. Calcul des erreurs des induites des deux montages:

> Dans le cas du montage en courte dérivation

$$\frac{\Delta R_X}{R_X} = \frac{\Delta V_X}{V_X} + \frac{\Delta I_X}{I_X} \stackrel{0(V_X = V_{Mes})}{=} \frac{I_V}{I_X} = \frac{V_X}{I_X R_V} = \frac{R_X}{R_V} \quad \left(\Delta I_X = I_{Mes} - I_X = I_V = \frac{V_X}{R_V} \right)$$

L'erreur systématique relative sur la valeur de R_X est: $\mathcal{E}_{Cd} = \frac{R_X}{R_V}$ (en %)

> Dans le cas du montage en longue dérivation

$$\frac{\Delta R_X}{R_X} = \frac{\Delta V_X}{V_X} + \frac{\Delta I_X}{I_X} \stackrel{0(I_X = I_{Mes})}{=} \frac{V_{Mes} - V_X}{V_X} = \frac{V_A}{V_X} = \frac{I_{Mes} R_A}{V_X} = \frac{R_A}{R_X}$$

L'erreur systématique relative sur la valeur de R_X est: $\mathcal{E}_{Ld} = \frac{R_A}{R_X}$ (en %)

4. Choix du montage

Le meilleur montage pour mesurer R_X est celui qui donne l'erreur relative systématique la plus faible pour être négligée. Il s'agit donc de comparer les erreurs relatives systématiques

$$\mathcal{E}_{Cd} = \frac{R_X}{R_V} \quad \text{et} \quad \mathcal{E}_{Ld} = \frac{R_A}{R_X}$$

En pratique, la résistance du voltmètre est très élevée par rapport à la résistance de l'ampèremètre, ($R_V \gg R_A$) pour ce la et d'après ce qui précède,

- > On choisit une **courte dérivation** pour les **petites résistances** R_X (quelques dizaines d'Ohms) car, dans ce cas, la résistance R_A de l'ampèremètre n'est pas négligeable devant R_X .
- > On choisit une **longue dérivation** pour les **grandes résistances** R_X , car la résistance R_A de l'ampèremètre est très faible devant R_X .
- > Pour des valeurs **intermédiaires** de R_X , on calcule la moyenne géométrique des résistances R_A et R_V . Si $R_X < \sqrt{R_V R_A}$ On choisit le montage **courte dérivation** et On choisit le montage de longue dérivation dans le cas contraire.

5. Remarque

L'ampèremètre et le voltmètre possèdent chacun une résistance interne qui varie suivant le calibre utilisé, on les notera respectivement R_A et R_V exemple:

- Pour les **voltmètres analogiques à aiguille**, le courant consommé est typiquement égal à **100 μ A**. Pour un calibre 10 V, la résistance interne est alors de **100 k Ω** .
- Pour les **voltmètres numériques**, la résistance interne est en général **indépendante du calibre** est vaut **10 M Ω** . Les multimètres numériques sont souvent peu pratiques quand on les utilise en ampèremètre car la résistance interne est souvent très importante surtout pour les faibles calibres.
- > R_V se calcule en **multipliant** la résistance spécifique du voltmètre sur le cadran de l'appareil en (Ω/V) par le calibre.
- > R_A se calcule en **divisant** la chute de tension marquée sur l'ampèremètre par le calibre.