

**CHAPITRE 3**

**METHODES DE MESURES ELECTRIQUES**

**3.1 MESURE DES INTENSITES ET DES TENSIONS**

**3.1.1 Introduction**

Les appareils de mesures des intensités et des tensions peuvent être classés en trois classes:

- Les appareils analogiques
- Les appareils digitaux
- Les appareils absolus

Les deux premières classes sont les plus fréquentes

**3.1.2 Eléments d’adaptation des appareils de mesures (accessoires de mesures)**

Ce sont des éléments qui assurent la possibilité d’utilisation des appareils de mesure malgré la différence entre les paramètres de ceux-ci et du circuit dans lequel on mesure (calibre, type de courant ou de tension etc).

**a) Classification**

- Le shunt
- Les résistances additionnelles
- Les diviseurs de tension

**a) Le shunt**

- Extension pour un seul calibre

Le shunt est une résistance de construction spéciale connectée en parallèle avec l’ampèremètre (Fig.3.1a). Elle permet de mesurer des courants dépassant le courant nominal de l’ampèremètre.

$$I = \frac{r_a + S}{S} I_a = K I_a \quad \text{où } K \text{ est le pouvoir multiplicateur du shunt.}$$

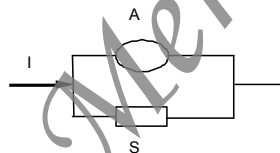


Fig.3.1a : Extension de la plage de mesure d’un ampèremètre

**b) Résistance additionnelle**

**Notion de résistance additionnelle**

La résistance additionnelle est une résistance de construction spéciale connecté en série avec le voltmètre, elle est déterminée de telle façon que la tension nominale du voltmètre ne soit pas dépassée( Fig. 3.2a) . Elle se caractérise par le nombre  $\Omega/V$  et par le facteur de multiplicité (**m**), tel que  $m=U/U_v$  où U est la nouvelle tension (calibre) et  $U_v$  la tension nominale.

La figure 3.a montre le schéma de l'extension de la plage de mesure d'un voltmètre. pour chaque calibre des ré, la résistance additionnelle est calculée selon la formule suivante:

$$R_{ad} = (m-1) R_v$$

Où  $R_v$  est la résistance du voltmètre

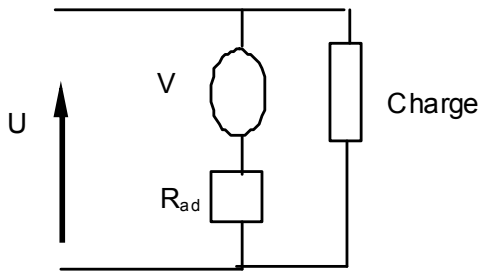


Fig.3.2a : Extension de la plage de mesure d'un voltmètre

**C) Diviseur de tension**

Les diviseurs de tension sont des dispositifs qui donnent la possibilité d'obtenir différentes valeurs de tension à partir d'une tension d'alimentation constante (généralement plus grande que la tension dont on a besoin). On trouve:

- des diviseurs résistifs (fig.3.3a) utilisés en courant continu et alternatif, ils sont utilisés jusqu'à 200 kV. La valeur de la tension \$V\_2\$ est donnée par:

$$V_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_1$$

- des diviseurs capacitifs (fig.3.3b) utilisés en courant alternatif de 200 kV à 500 kV. La valeur de la tension \$V\_2\$ est donnée par:

$$V_2 = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} V_1$$

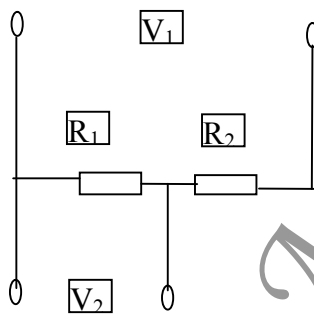


Fig.3.3a: Diviseur résistif

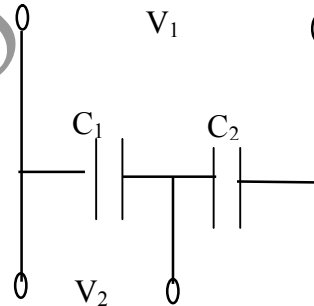


Fig. 3.3b: Diviseur capacitif

**3.2 MESURES DES RESISTANCES ET DES IMPEDANCES**

**3.2.1 RESISTANCE**

**3.2.1.1 Classement**

Dans un circuit électrique, on a une source (tension) et un courant qui circule à travers un circuit fermé. Le circuit a généralement une certaine résistance qui s'oppose au passage du courant; elle se traduit sous forme de chaleur (effet de Joule). Selon la puissance dissipée ( 2W, ½ Watt, etc.), les résistances peuvent être classées en deux catégories: des résistances de faible puissance utilisées dans les circuits électroniques et les résistances de puissances. Selon leurs valeurs, les résistances peuvent être classées en trois catégories:

- résistances faibles  $1\mu\Omega \leq R \leq 1\Omega$
- résistances moyennes  $1\Omega < R \leq 1M\Omega$
- résistances grandes  $R > 1M\Omega$

### 3.2.1.2 Mesures des résistances moyennes

Les résistances moyennes sont les plus faciles à mesurer. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées:

#### a) Méthode de substitution

La résistance à mesurer est remplacée par une résistance R étalon, de valeur connue et telle que le courant dans le circuit soit le même quand on branche R ou X.

La précision du mesurage dépend de:

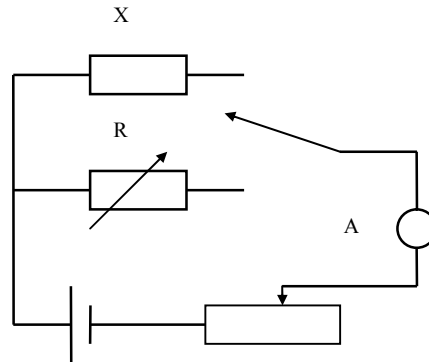


Fig.3.4: Méthode de substitution

#### b) Méthode de comparaison

Dans cette méthode on mesure la d.d.p. aux bornes de la résistance à mesurer X et aux bornes de la résistance étalon R (Fig.4.5).

La résistance X est déterminée comme suit:

$$\frac{U_X}{U_R} = \frac{XI}{RI} = \frac{X}{R} \Rightarrow X = R \frac{U_X}{U_R}$$

#### Remarques

- Pour que l'erreur soit faible il faut que les résistances des voltmètres soit très grandes devant R et X. Cette méthode est utilisée pour la mesure des résistances faibles de cette gamme

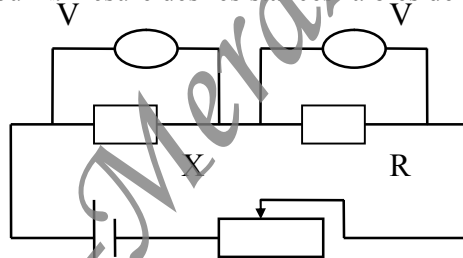


Fig.3.5 Méthode de comparaison

#### c) Méthode voltampérométrique

Cette méthode est simple et rapide. Elle est très utilisée dans l'industrie. La précision dépend des appareils utilisés et de leur consommation. La précision est généralement comprise entre ( 1÷5%).

La valeur réelle de X est donnée par  $X = \frac{U}{I}$  (1)

La valeur mesurée de X est donnée par  $X_{mes} = \frac{U_{mes}}{I_{mes}}$  (2)

Cette méthode (Fig. 3.6) comporte deux variantes:

- Montage amont (position 1)
- Montage aval (position 2).

Pour le montage amont les erreurs systématiques sont calculées comme suit:

Pour ce cas  $I_{mes} = I$  et  $U_{mes} = U + r_a I$ , où  $r_a$  est la résistance interne de l'ampèremètre.

En remplace dans l'équation (2) on obtient:

$$X_{mes} = \frac{U_{mes}}{I_{mes}} = \frac{U + r_a I}{I} = \frac{U}{I} + r_a = X + r_a \Rightarrow \frac{\Delta X}{X} = \frac{r_a}{X}$$

Pour le second montage (montage aval) on a  $U_{mes} = U$  et  $I_{mes} = I + I_v$ .  
 En remplace dans l'équation (2) on obtient:

$$X_{mes} = \frac{U_{mes}}{I_{mes}} = \frac{U}{I + I_v} = \frac{U}{I + \frac{IX}{R_v}} = \frac{U}{I(1 + \frac{X}{R_v})} \approx X(1 - \frac{X}{R_v}) \Rightarrow \frac{\Delta X}{X} = \frac{X}{R_v}$$

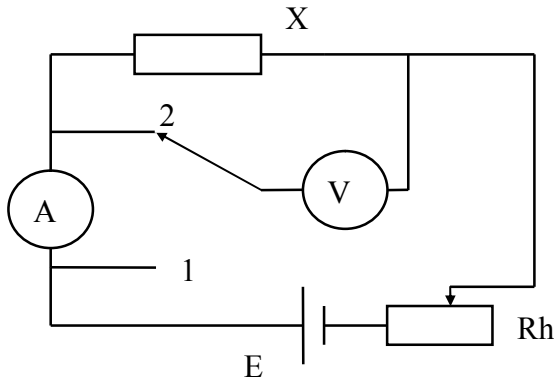


Fig.3.6a: Méthode voltampèremétrique

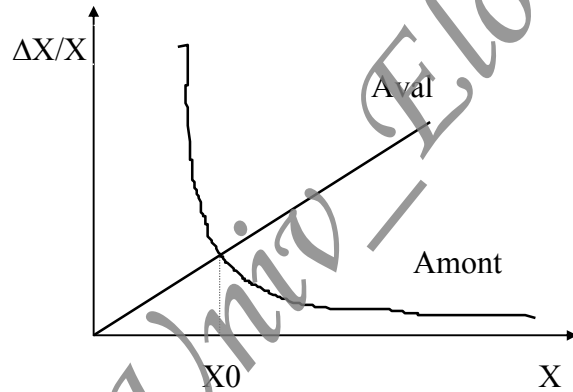


Fig. 3.6b: Comparaison des erreurs pour les deux montages

**d) Méthode de zéro (méthode du pont de Wheatstone)**

• **Introduction**

Lorsqu'on désire l'obtention d'une valeur précise de la résistance on doit utiliser la méthode de zéro. La précision de cette méthode dépend des résistances utilisées dans le pont et de précision de la détermination de zéro (l'équilibre du pont).

• **Constitution et principe de fonctionnement**

Le pont de Wheatstone (Fig.3.7a) est composé de quatre résistances dont l'une est la résistance inconnue, d'un galvanomètre ou un appareil de détection de zéro et d'une source d'alimentation en courant continu. Le pont est équilibré lorsqu'aucun courant ne traverse le galvanomètre. Cet équilibre est obtenu en faisant varier l'une des trois résistances de valeurs connues. A l'équilibre on aura le potentiel du point N égale au potentiel du point M, d'où:

$$V_M - V_A = V_N - V_A \text{ et } V_M - V_B = V_N - V_B \Rightarrow \frac{XI_1 = PI_2}{RI_1 = QI_2} \Rightarrow X = \frac{P}{Q} R_0$$

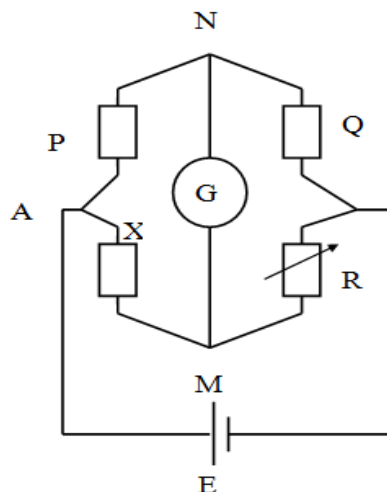


Fig. 3.7a: Pont de Wheatstone