

MESURE DE RESISTANCES

A) But de la manipulation

Le but de la manipulation est de :

- déterminer les valeurs des résistances inconnues par application directe de la loi d'Ohm en utilisant les montages courte et longue dérivation ;
- étudier les montages mentionnés ci-haut ;
- vérifier les lois d'association des résistances.

B) Rappels théoriques

B-1) Terminologie des réseaux électriques

- Réseau

On appelle réseau électrique un ensemble de composants électriques (générateur, appareils de mesure, résistance,...) reliés entre eux par des fils conducteurs de façon à former un ensemble de circuits fermés.

Exemple :

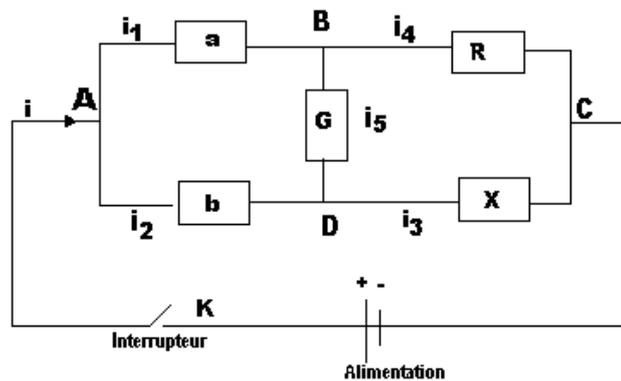


Fig. 1

- Nœud

On appelle nœud un point du réseau où se rencontrent au moins trois conducteurs (A, B, C, et D voir fig 1).

- Branche

On appelle branche une portion de circuit électrique située entre deux nœuds consécutifs.

On distingue:

- la branche principale qui est la branche comportant le générateur du circuit électrique ;
- les branches dérivées (ou secondaires) qui ne contiennent que des récepteurs.

- Maille

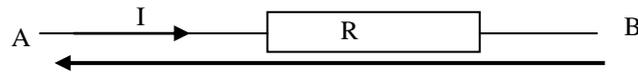
On appelle maille un parcours fermé, constitué de branches et ne passant qu'une fois par un nœud donné.

Exemple : ABCDA, ABDA, DBCAD, ADCA,...

- Mailles indépendantes

Une maille est dite indépendante lorsqu'une ou plusieurs de ses branches n'appartiennent pas aux autres mailles du réseau.

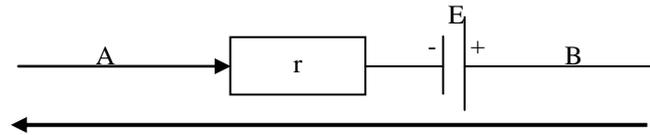
B-2) Loi d'Ohm



$$U_{AB} = U_A - U_B = RI$$

$U_{AB} = U_A - U_B = RI$ est la différence de potentiel (d.d.p.) entre les bornes A et B de la résistance **R**. I étant l'intensité du courant traversant la résistance **R**.

- Générateur

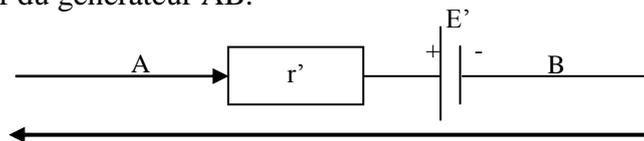


$$U_{AB} = U_A - U_B = rI - E$$

Un générateur (E, r) est un appareil qui maintient une tension constante aux bornes d'un circuit quelconque. E est la f.é.m. et r la résistance interne du générateur.

N.B. : Le courant sort du pôle positif du générateur AB.

- Récepteur



$$U_{AB} = U_A - U_B = r'I + E'$$

Un récepteur (E', r') est un appareil qui transforme une partie de l'énergie reçue en une autre forme autre que calorifique. E' est la f.c.é.m. et (r') la résistance interne du récepteur.

N.B. : Le courant entre par le pôle positif du récepteur AB.

B-3) Utilisation pratique d'un ampèremètre ou d'un voltmètre

Chaque appareil utilisé en salle de T.P. présente deux modes (alternatif et/ou continu), plusieurs calibres et plusieurs échelles.

1) Définition du calibre

- Le calibre d'intensité choisi sur l'ampèremètre correspond à la plus grande valeur d'intensité que ce dernier peut mesurer.
- Le calibre de tension choisi sur le voltmètre correspond à la plus grande valeur de tension que ce dernier peut mesurer.

Le calibre utilisé ne doit donc pas être **plus petit que l'intensité du courant** ou de la **tension** sinon la mesure ne peut pas être faite et l'appareil (ampèremètre ou voltmètre) risque d'être endommagé.

Le calibre ne doit cependant pas être trop grand sinon la mesure perd sa précision.

2) Méthode

On doit d'abord utiliser le calibre le plus grand pour avoir une approximation de l'intensité (ou de la tension) puis on choisit le calibre le plus proche (mais supérieur) afin d'obtenir une mesure plus précise.

Le calibre doit être choisi de sorte que la déviation soit maximale sur le cadran sans le dépasser.

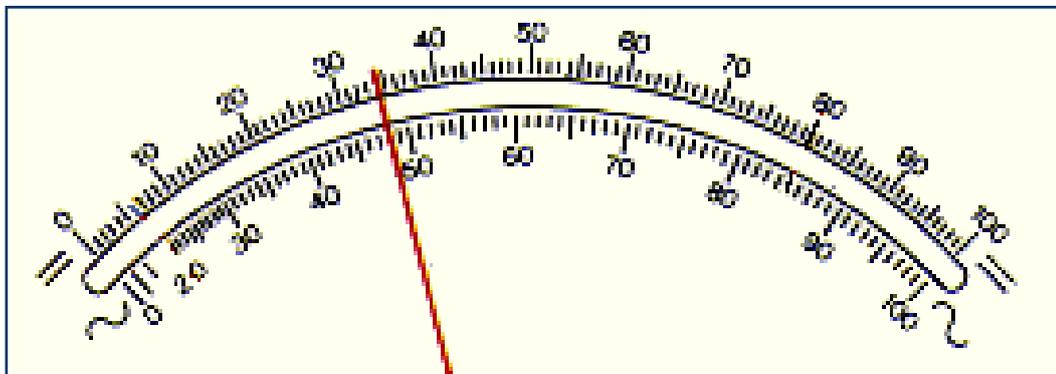
3) Mesure

Lecture d'un voltmètre (ou ampèremètre) à affichage analogique

L'aiguille se déplace devant une graduation commune à plusieurs calibres. L'indication lue ne représente qu'un nombre de divisions. Il faut déduire la tension à partir de ce nombre de divisions en tenant compte de la valeur du calibre.

4) Exemple

Sur la graduation supérieure (pour courant continu), l'aiguille indique **34 divisions**

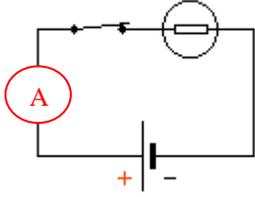
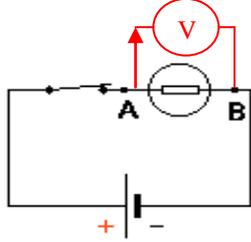


Exemple: le calibre sur le voltmètre est **10V** continu ; donc
100 divisions correspondent à 10V
34 divisions correspondent à 3,4 V

$$U = \frac{\text{Lecture} * \text{Calibre}}{100} = \frac{34 * 10}{100} = 3.4 \text{ V}$$

Différence entre ampèremètre et voltmètre.

	ampèremètre	voltmètre
grandeur mesurée	Il mesure l' intensité en 1 point	Il mesure la tension entre 2 points

<p style="text-align: center;">montage</p>	<p>en série dans le circuit (le montage nécessite une coupure du circuit au point considéré)</p> 	<p>en dérivation entre les 2 points considérés. (pas de coupure du circuit)</p> 
<p style="text-align: center;">résistance</p>	<p>La résistance électrique de l'ampèremètre doit être la plus faible possible pour que l'appareil ne freine pas de manière sensible le courant dans le circuit.</p>	<p>La résistance du voltmètre doit être la plus grande possible pour que le courant dérivé dans l'appareil soit négligeable.</p>

C) Incertitudes absolue et relative

L'incertitude sur une mesure a deux origines :

- **Incertitude de lecture** : elle dépend de l'opérateur

Sur l'exemple précédent, l'opérateur lit 34 divisions sur l'échelle 100, le calibre sélectionné est 10V et la valeur de la tension est 3,4V.

Quelle est alors l'incertitude absolue sur cette valeur ?

Si l'expérimentateur estime que l'erreur faite sur cette lecture est **d'une division**,

alors l'erreur sur la mesure est : $\Delta U_{lecture} = \frac{1 \cdot 10}{100} = 0.1 \text{ V}$

Si l'expérimentateur estime que l'erreur faite sur cette lecture est **d'une demi-**

division, alors l'erreur sur la mesure est : $\Delta U_{lecture} = \frac{0,5 \cdot 10}{100} = 0.05 \text{ V}$

- **Incertitude due à l'imprécision de l'appareil ou erreur de classe** : cette erreur est calculée à partir de la classe de l'appareil donnée par le constructeur.

Elle s'exprime en pourcentage et indique la précision que l'on peut attendre d'un appareil. La classe de précision d'un appareil correspond à l'erreur relative commise sur le calibre sur lequel la mesure est effectuée. Cette erreur relative sur le calibre correspond à une erreur absolue faite sur toute l'étendue de mesure du calibre.

Ainsi, un voltmètre de classe 1,5 sur le calibre de 10 V verra son indication entachée d'une incertitude absolue de : $1,5 \% \times 10 \text{ V} = 0,15 \text{ V}$.

L'erreur de classe (ou de construction) se calcule donc par l'expression suivante :

$$\Delta U_{classe} = \Delta U_{construction} = \frac{classe \cdot calibre}{100}$$

Pour l'exemple ci-haut, si le voltmètre a une classe 1,5 ; alors l'erreur de classe est égale à :

$$\Delta U_{classe} = \frac{1,5 \cdot 10}{100} = 0.15 \text{ V}$$

N.B. : Comme la classe de l'appareil est constante ; l'erreur de classe est donc proportionnelle au calibre. *D'où, il y a toujours intérêt, afin d'augmenter la précision à faire des mesures sur le plus petit calibre compatible avec la grandeur à mesurer.*

- **Incertitude totale**

L'incertitude totale commise sur la mesure est la somme des erreurs de lecture et de classe :

$$\Delta U_{tot} = \Delta U_{lec} + \Delta U_{classe} \text{ et } \Delta I_{tot} = \Delta I_{lec} + \Delta I_{classe}$$

- **Incertitude relative**

L'incertitude relative ou l'erreur relative est le rapport de l'erreur absolue totale sur la valeur de la grandeur.

Prenons l'exemple de la loi d'Ohm : $U = R I$. On mesure U et I pour déterminer R .

R est égale à : $R = \frac{U}{I}$ et l'erreur relative sur R s'écrit : $\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I}$.

Il est plus commode d'exprimer l'erreur relative en %.

D) Travail à faire et à remettre en début de séance

- 1) Un voltmètre de classe 1,5 possède les calibres : 3 V– 10V– 30V – 100V – 300V – 1000V.

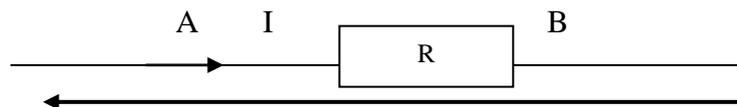
Pour la mesure d'une tension de 24 V, quelles sont les erreurs absolues et relatives faites sur chacun des différents calibres ?

Calibres	3 V	10 V	30 V	100 V	300 V	1 000 V
Erreur absolue en volts						
Erreur relative en %						

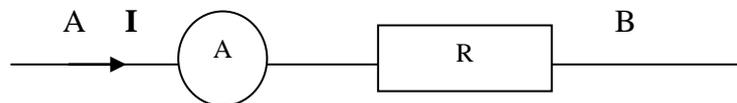
- 2) Rappels

La d.d.p. aux bornes d'une résistance R traversée par un courant d'intensité I , est :

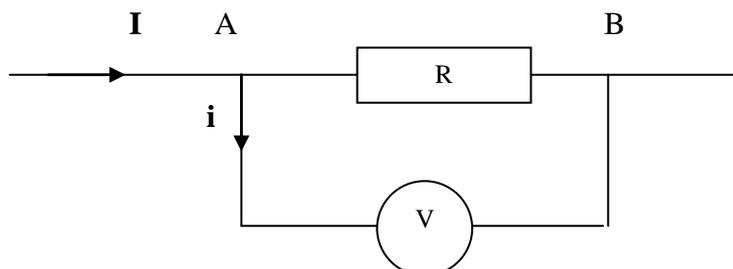
$$U_A - U_B = U_{AB} = R I$$



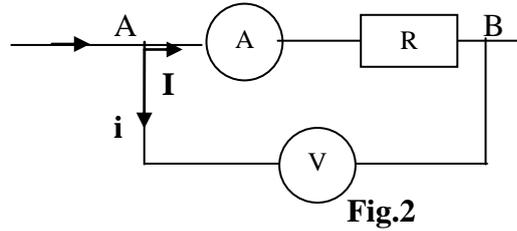
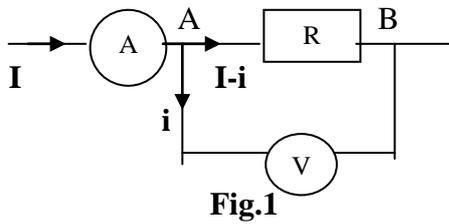
- Pour mesurer le courant I , on place l'ampèremètre en série avec la résistance R .



- Pour mesurer la tension U_{AB} , on place le voltmètre aux bornes de la résistance R c.à.d. **en parallèle sur R**).



- Lorsqu'on branche l'ampèremètre et le voltmètre, deux possibilités se présentent (Fig.1 et Fig.2) :



Ce qui correspond à deux montages différents appelés **montage courte dérivation** ou «montage aval» (Fig.1) et **montage longue dérivation** ou «montage amont» (Fig.2) qui ne donnent pas des valeurs exactes de la résistance à mesurer mais seulement des valeurs approchées.

Considérons maintenant les montages figures 3 et figures 4 où X est la résistance à déterminer.

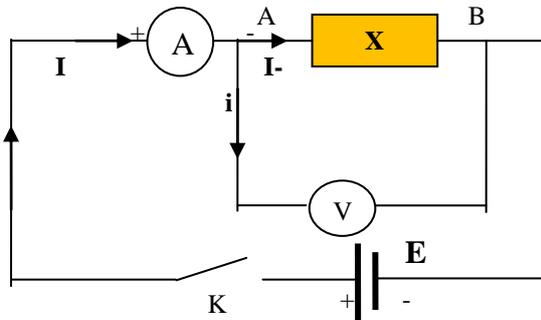


Figure 3

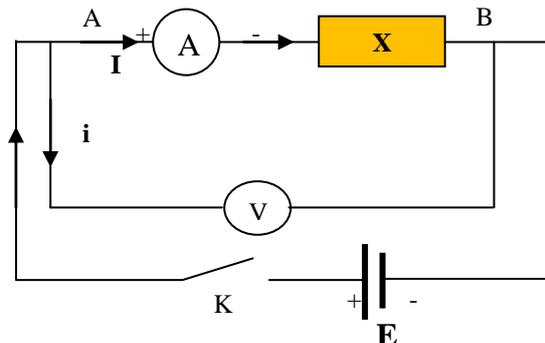


Figure 4

E : Générateur de f.e.m. E.

X : Résistance à déterminer.

K : Interrupteur.

A : Ampèremètre de résistance interne r_A

V : voltmètre de résistance interne R_V

En effet, chacun de ces deux montages introduit une erreur sur la détermination de X car, dans le cas du montage aval (Fig.1 et Fig.3), la tension mesurée par le voltmètre est bien celle qui se trouve entre les bornes de la résistance X mais le courant I qui traverse l'ampèremètre est différent du courant (I- i) qui traverse la résistance.

Dans le cas du montage «amont» (Fig.2 et Fig.4), le courant qui traverse l'ampèremètre est le même que celui qui traverse la résistance X, mais la d.d.p. mesurée par le voltmètre est différente de celle mesurée aux bornes de X.

a) Cas du montage aval

En écrivant la loi d'Ohm entre les points A et B pour la figure 3, on a :

$$U_A - U_B = U_{AB} = X(I - i) \quad (1)$$

$$U_A - U_B = U_{AB} = R_V i \quad (2)$$

Montrer qu'on peut mettre X sous la forme

$$X = X_a + \varepsilon_1 \quad \text{avec} \quad X_a = \frac{U_{AB}}{I} \quad \text{et} \quad \varepsilon_1 = \frac{X_a^2}{R_V - X_a}$$

ε_1 étant l'erreur commise sur la mesure de X par cette méthode.

Si on assimile X à X_a (c.à.d. $X \cong X_a = \frac{U_{AB}}{I}$), comparer X_a et R_V .

b) Cas du montage amont

En écrivant la loi d'Ohm entre les points A et B pour la figure 4, montrer qu'on peut mettre X sous la forme

$$X = X_a + \varepsilon_2 \quad \text{avec:} \quad X_a = \frac{U_{AB}}{I} \quad \text{et} \quad \varepsilon_2 = -r_A$$

E) Manipulation : Détermination des résistances inconnues

1) Montage «aval» ou courte dérivation

Réaliser le montage de la figure 3

1-a) Mesure des résistances inconnues X_1 et X_2

Mesure de X_{1a}

Remplir le tableau suivant

	Calibre	Echelle	Lecture (nombre de divisions)	Valeur
ampèremètre				$I_1 =$
voltmètre				$U_1 =$

$$X_{1a} =$$

Détermination de ΔX_{1a} :

	Erreur de classe	Erreur de lecture	Erreur totale
ampèremètre			
voltmètre			

On rappelle que :

$$\frac{\Delta X}{X} = \frac{\Delta I_{totale}}{I} + \frac{\Delta U_{totale}}{U} \quad \text{En déduire} \quad \Delta X_{1a} =$$

$$\text{Ecrire } X_1 \text{ sous la forme de} \quad X_1 = X_{1a} \pm \Delta X_{1a}$$

Détermination de X_{2a}

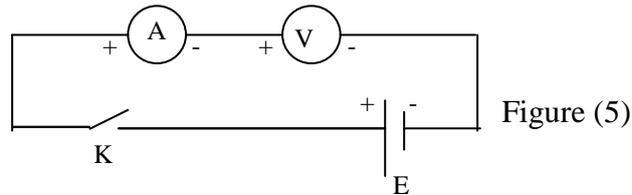
Remplir un tableau similaire au tableau ci-dessus et déterminer $X_{2a} =$

Remplir un tableau similaire au tableau ci-dessus et déterminer ΔX_{2a}

Ecrire X_2 sous la forme de $X_2 = X_{2a} \pm \Delta X_{2a}$

1-b) Mesure de R_V (Résistance du voltmètre)

Réaliser le montage de la figure 5



Remplir le tableau suivant

	Calibre	Echelle	Lecture (nombre de divisions)	Valeur
ampèremètre				$I_V =$
voltmètre				$U_V =$

En déduire $R_V =$

1-c) Compléter les tableaux suivants

$X_{1a} (\Omega)$	$\varepsilon_{11} (\Omega)$	$X_1 (\Omega)$	X_{1a} / X_1	$X_{2a} (\Omega)$	$\varepsilon_{12} (\Omega)$	$X_2 (\Omega)$	X_{2a} / X_2

Comparer X_1 à R_V et X_2 à R_V

Pour quel type de résistance ce montage convient il ? Justifier votre réponse.

2- Montage «amont » ou longue dérivation:

Réaliser le montage amont de la figure 4

2-a) Mesure des résistances inconnues X_1 et X_2

Mesure de X_{1a}

Reproduire des tableaux similaires aux précédents est déterminer X_{1a} et ΔX_{1a}

Ecrire X_1 sous la forme de $X_1 = X_{1a} \pm \Delta X_{1a}$

Mesure de X_{2a}

Reproduire des tableaux similaires aux précédents est déterminer X_{2a} et ΔX_{2a}

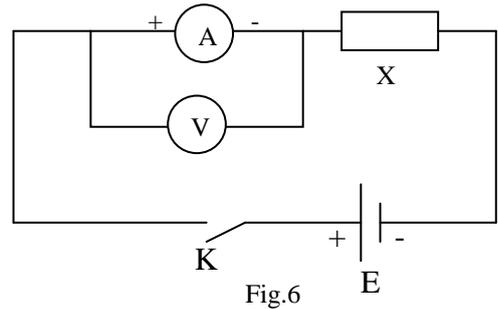
Ecrire X_2 sous la forme de $X_2 = X_{2a} \pm \Delta X_{2a}$

2-b) Mesure de r_A

Réaliser le montage de la figure 6 avec $X = X_1$ puis X_2 et remplir le tableau suivant

	Calibre	Echelle	Lecture (nombre de divisions)	Valeur
ampèremètre				$I_{A1} =$
voltmètre				$U_{A1} =$

Déterminer $r_{A1} =$



Faire le même travail en reproduisant le tableau et déterminer r_{A2}

2-c) Compléter les tableaux suivants :

$X_{1a}(\Omega)$	$\varepsilon_{21}(\Omega)$	$X_1(\Omega)$	X_{1a}/X_1	$X_{2a}(\Omega)$	$\varepsilon_{22}(\Omega)$	$X_2(\Omega)$	X_{2a}/X_2

Pour quel type de résistances ce montage convient il ? Justifier votre réponse.

3) Vérification des lois d'association des résistances :

Rappeler les lois d'association des résistances (en série et en parallèle) en notant respectivement R_s et R_p les résistances équivalentes en série et en parallèle des résistances X_1 et X_2 .

3-a) Mesure de R_s

Quel montage doit on utiliser pour la mesure de R_s et pourquoi ?

Donner le schéma de ce montage et réaliser le et remplir le tableau suivant :

	Calibre	Echelle	Lecture (nombre de divisions)	Valeur
ampèremètre				$I_s =$
voltmètre				$U_s =$

En déduire R_s

Détermination de ΔR_s

	Erreur de classe	Erreur de lecture	Erreur totale
ampèremètre			
voltmètre			

En déduire ΔR_s . Mettre R_s sous forme de $R = R_s \pm \Delta R_s$

3-b) Mesure de R_p :

Donner le montage pour la mesure de R_p .

Réaliser ce montage et remplir des tableaux similaires aux tableaux ci-dessus.

Déduire R_p et ΔR_p et mettre R_p sous forme de $R = R_p \pm \Delta R_p$

Conclusion : A l'aide des mesures précédentes dire si les lois d'association des résistances sont bien vérifiées.