

TP N°1A : MESURE DE RESISTANCES

(la méthode Voltampérométrique)

Il s'agit d'évaluer rapidement et avec des moyens simples, la valeur d'une résistance passive, par l'application de la loi d'Ohm en courant continu. Son principe repose sur les mesures du courant traversant la résistance à déterminer et celle de la tension entre ces bornes. Deux montages sont envisageables suivant la position du voltmètre par rapport à celle de l'ampèremètre, le montage amont (*longue dérivation*) et le montage aval (*courte dérivation*).

➤ **Montage amont** (ou longue dérivation du voltmètre)

Le voltmètre est placé aux bornes de l'alimentation (figure 7) et ne mesure pas la tension aux bornes de la résistance R_x , mais la d.d.p aux bornes de l'ampèremètre en série avec la résistance inconnue. De ce fait, la perturbation est introduite par la résistance interne de l'ampèremètre R_A .

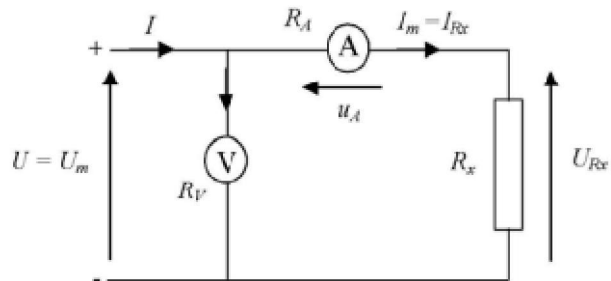


Figure 7. Montage amont

La résistance mesurée R_m est donc :

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

L'expression de l'incertitude absolue, si on conserve R_m comme résultat, est :

$$\Delta R_x = R_m - R_x = R_A$$

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

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{R_A}{R_x} = \frac{R_A}{R_m - R_A}$$

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.

➤ **Montage aval** (ou courte dérivation du voltmètre)

Le voltmètre est placé aux bornes de la résistance à déterminer (figure 8), par conséquent l'ampèremètre ne mesure pas seulement le courant traversant la résistance R_x mais tient compte également de celui parcourant le voltmètre. La perturbation est donc introduite par la résistance interne du voltmètre R_V .

La résistance mesurée R , est donnée par la relation :

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

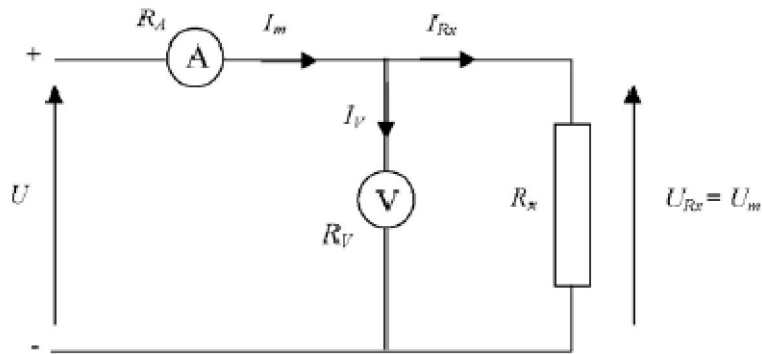


Figure 8. Montage aval

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 est alors :

$$\Delta R_x = R_x - R_m = \frac{R_m \cdot R_V}{(R_V - R_m)} - R_m = \frac{R_m^2}{(R_V - R_m)}$$

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

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\frac{R_m^2}{(R_V - R_m)}}{\frac{R_m \cdot R_V}{(R_V - R_m)}} = \frac{R_m}{R_V}$$

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.

➤ **Choix du montage en fonction de l'importance de la résistance à déterminer**

Le choix du montage dépend de la valeur de la résistance inconnue R_x , et des appareils de mesure disponibles. Il est donc nécessaire d'avoir une idée sur la valeur de la résistance à mesurer (en général, obtenue par la mesure de la valeur approchée à l'aide d'un ohmmètre). L'observation des variations des erreurs relatives en fonction de la valeur de la résistance R_x à déterminer (figure 9) montre les domaines d'emploi pour chacun des deux montages.

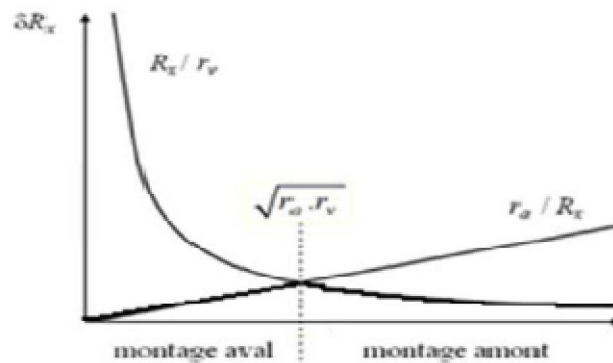


Figure 9. Variations des erreurs relatives en fonction de la valeur de la résistance à mesurer

Le choix du montage sera fait selon la règle suivante :

- si $R_m \leq \sqrt{R_A \cdot R_V}$ (résistances de faibles valeurs) on privilège le montage aval ;
- si $R_m \geq \sqrt{R_A \cdot R_V}$ (résistances de fortes valeurs) on privilège le montage amont.

Le choix de l'appareillage doit donc tenir compte des incertitudes introduites et de la précision recherchée. En électrotechnique (domaine des courants forts) les perturbations introduites par les appareils sont pratiquement négligeables, mais il convient d'être plus prudent en électronique (domaine des courants faibles).

➤ **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 :

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

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

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

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

Manipulation:

Schéma de montage

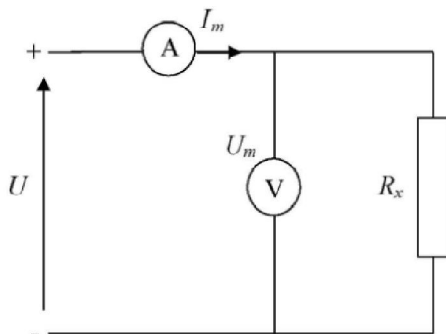


Figure 1.a montage aval

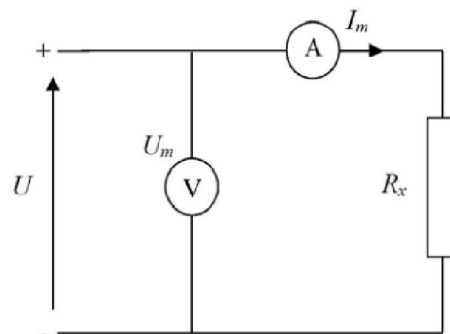


Figure 1.b Montage amont

Mode opératoire

- choisir une valeur pour la tension d'alimentation du générateur et estimer les calibres du voltmètre et de l'ampèremètre ; ce choix doit permettre d'obtenir des déviations des appareils de mesure dans le troisième tiers de leurs échelles ;
- réaliser les montages correspondants ;
- alimenter le montage ;
- ajuster les calibres des appareils de mesure conformément aux valeurs estimées antérieurement ;
- relever les indications du voltmètre et de l'ampèremètre.
- Refaire la même opération pour l'autre montage.
- calculer les erreurs de mesure dues aux résistances internes de l'ampèremètre et du voltmètre dans les 2 montages amont et aval.

Tableau de mesure :

Complétez le tableau suivant pour la résistances R_x

Résistance: R_x

La tension appliquée $U = \dots\dots$ Volts

	$U_m = (C_v/N_v) \cdot L_v$	$I_m = (C_A/N_A) \cdot L_A$	$R_m = (U_m/I_m)$	R_{Amp}	R_{Volt}
Montage	V	A	Ω	Ω	Ω
Amont					
Aval					

U_m : tension mesurée C_v : calibre(sensibilité) du voltmètre N_v : échelle du voltmètre L_v : Lecture	I_m : courant mesuré C_A : calibre(sensibilité) de l'ampèremètre N_A : échelle de l'ampèremètre L_A : Lecture	R_A Résistance interne de l'ampèremètre (voir manuel)	R_v Résistance interne du voltmètre (voir manuel)
---	--	--	--

Calcul d'incertitudes (on fait un tableau par montage)

$\frac{\Delta U_m}{U_m}$ <i>Inst.</i>	$\frac{\Delta U_m}{U_m}$ <i>opérat.</i>	$\frac{\Delta U_m}{U_m}$ <i>Inst.+opérat.</i>	$(\frac{\Delta I_m}{I_m})$ <i>Inst</i>	$(\frac{\Delta I_m}{I_m})$ <i>opérat.</i>	$(\frac{\Delta I_m}{I_m})$ <i>Inst.+opérat.</i>	$(\frac{\Delta R_m}{R_m})$ <i>Inst.+opérat</i>	$(\frac{\Delta R_m}{R_m})$ <i>méthode</i>	$(\frac{\Delta R_m}{R_m})$ <i>totale</i>	ΔR_m
%	%	%	%	%	%	%	%	%	Ω
$R_x =$	$R_m \pm \Delta R_m =$			Ω					

(*) Détailler le calcul d'incertitudes.

Donner la signification de l'écriture $R_x = R_m \pm \Delta R_m$.

Remplir les mêmes tableaux pour le montage amont et refaire le même travail pour la résistance R_x ...

Récapitulation des résultats et Conclusion

Résistance mesurée	$\frac{\Delta R_m}{R_m}$ en %	
	Amont(longue dérivation)	Aval(courte dérivation)
$R_{x...}$		
$R_{x...}$		

- Comparer entre la méthode amont et la méthode aval pour les résistances mesurée. Est-ce que le résultat théorique est vérifié ? justifier. Conclusion générale.

Questions à la fin de la séance sur le TP (Réponse individuelle Ecrite ou orale)

- 1) Une question sur les appareils de mesure.
- 2) Une question sur les formules de mesure.
- 3) Une question sur les incertitudes.