

# TP 4 Mesures des grandeurs physiques d'un circuit électrique

## Matériel :

- générateur basse fréquence (GBF)
- multimètres numérique de table
- oscilloscope
- boîte à décade de résistance
- câbles électriques.

## 1. Utilisation du multimètre (30 min)

La précision statistique des mesures du multimètre est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Caractéristiques techniques	MTX 202	MTX 203	MTX 204	Précision de base			Résolution 1er calibre
	TRMS 4000 points AC/DC	TRMS 6000 points AC/DC	TRMS 6000 points AC/DC/AC+DC	AC	DC	AC + DC*	
<b>Fonctions</b>	<b>Calibres</b>			AC	DC	AC + DC*	
Tension ADP	-	-	de 10 mV à 60 mV	1 % + 6D	1 % + 6D	1 % + 6D	0,01 mV
Tension AC/AC + DC (10 MΩ ou 500 kΩ) / 4 calibres	de 0,4 à 600 V	de 0,6 V à 750 V	de 0,6 à 750 V	0,5 % + 4 D	-	1 % + 4D	0,001 V
Tension DC (10 MΩ) / 4 calibres	de 0,4 à 600 V	de 0,6 V à 1 000 V	de 0,6 à 1000 V	-	0,2 % + 2D	-	0,001 V
Courant AC/DC/AC + DC (μA) / 2 calibres	-	de 10 μA à 6 000 μA	de 10 μA à 6000 μA	0,5 % + 5 D	0,5 % + 3D	0,5 % + 5D	0,1 μA
Courant AC/DC/AC + DC (mA) / 2 calibres	-	de 6 mA à 600 mA	de 6 mA à 600 mA	0,5 % + 5 D	0,5 % + 3D	0,5 % + 5D	0,01 mA
Courant AC/DC/AC + DC (A) / 2 calibres	de 0,002 A à 10 A	de 0,002 A à 10 A	de 0,002 A à 10 A	0,5 % + 5 D	0,5 % + 5D	0,5 % + 5D	0,001 A
Fréquence et rapport cyclique	-	-	de 2 Hz à 1 kHz	0,1 % + 3D	-	-	0,001 Hz
Test diode / résolution	3 V / 0,001 V			10 %			-
Température avec thermocouple K (°C / °F) / 3 calibres	de -55 °C à +1 200 °C		-	2 %			0,1 °C
Résistance / 6 calibres	de 1 Ω à 40 MΩ	De 1 Ω à 60 MΩ	De 1 Ω à 60 MΩ	0,5 % + 5 D			0,1 Ω

La précision statistique se compose :

- d'une imprécision proportionnelle donnée en pourcentage de l'amplitude affichée de la grandeur mesurée,
- d'une imprécision fixe, égale à quelques unités de représentation notées UR (de 1 à 9). L'UR est l'unité de la décade de poids le plus faible (le dernier chiffre significatif affiché).

Le calibre du multimètre désigne la plus grande valeur qu'il peut mesurer. On choisit le calibre avec le bouton *Range*. **On prend toujours le calibre affichant le plus grand nombre de chiffres significatifs.**

**Les deux imprécisions dépendent du calibre.** Pour obtenir l'incertitude sur la mesure, on doit sommer les deux imprécisions quadratiquement.

## Exemple

Pour la mesure de la résistance  $R$ , d'après le tableau précédent l'imprécision proportionnelle sur la mesure est de 0,5%  $R$  et l'imprécision fixe de 5 sur le dernier chiffre significatif. Si l'affichage indique 480,5 Ω, l'imprécision proportionnelle  $\Delta R_p$  sera de 0,5% de  $R$ , soit  $480,5 \times 0,5/100 = 2,4 \Omega$ ; et l'imprécision fixe  $\Delta R_f$  sera de 5 sur le dernier chiffre significatif, soit 0,5 Ω.

L'imprécision totale sera

$$\Delta R = \sqrt{\Delta R_p^2 + \Delta R_f^2}$$
$$\Delta R = \sqrt{2,4^2 + 0,5^2} = 2,5 \Omega.$$

La valeur de la résistance mesurée est donc  $R = (481 \pm 3) \Omega$ .

## Manipulations

En mode ohmmètre, le multimètre se comporte comme un générateur idéal de courant faisant passer un courant d'intensité contrôlé dans la résistance à mesurer. La mesure de la tension à ses bornes permet donc de déterminer la valeur de la résistance.

- **Mesurer** à l'ohmmètre la résistance d'entrée de l'oscilloscope et \textbf{déterminer} la précision de cette mesure.

## Questions

1. **Justifier** que choisir le calibre le plus faible permet de rendre négligeable l'imprécision fixe devant l'imprécision relative.

## 2. Résistances internes (30 min)

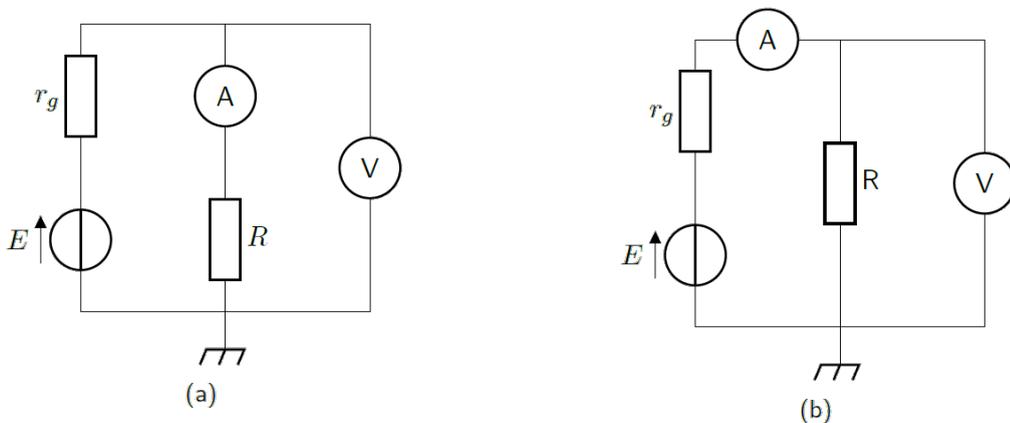
### Manipulations

- **Brancher** le premier multimètre réglé en ohmmètre sur le deuxième multimètre en voltmètre.
- **Mesurer** la résistance  $R_V$  du deuxième multimètre réglé en voltmètre.
- **Brancher** le premier multimètre réglé en ohmmètre sur le deuxième multimètre en ampèremètre.
- **Mesurer** la résistance  $r_A$  du deuxième multimètre réglé en ampèremètre.
- **Déterminer** si les résistances  $R_V$  et  $r_A$  dépendent du calibre.

La résistance d'un voltmètre  $R_V$  et la résistance d'un ampèremètre  $r_A$  peuvent être la source d'erreurs dans les mesures. On l'illustre par la mesure de la résistance  $R$  d'un dipôle à partir de la mesure de la tension  $U$  du dipôle et de l'intensité  $I$  du courant qui le traverse

$$R = \frac{U}{I}.$$

Pour obtenir les valeurs de  $U$  et  $I$  on peut brancher le voltmètre et l'ampèremètre de deux manières différentes : en **longue dérivation** et en **courte dérivation** comme illustré ci-dessous (respectivement figures (a) et (b)).



### Manipulations

- **Mesurer** la résistance  $R$  du résistor à l'aide d'un des multimètre réglé en ohmmètre. Cette valeur servira de valeur de référence  $R_{ref}$ .

- En longue dérivation, **mesurer** la valeur du courant  $I_l$  lue sur l'ampèremètre et la valeur de la tension  $U_l$  lue sur le voltmètre.
- **Calculer** la valeur de la résistance  $R_l$  obtenue avec les mesures en longue dérivation  $I_l$  et  $U_l$ .
- En courte dérivation, **mesurer** la valeur du courant  $I_c$  lue sur l'ampèremètre et la valeur de la tension  $U_c$  lue sur le voltmètre.
- **Calculer** la valeur de la résistance  $R_c$  obtenue avec les mesures en courte dérivation  $I_c$  et  $U_c$ .

## Questions

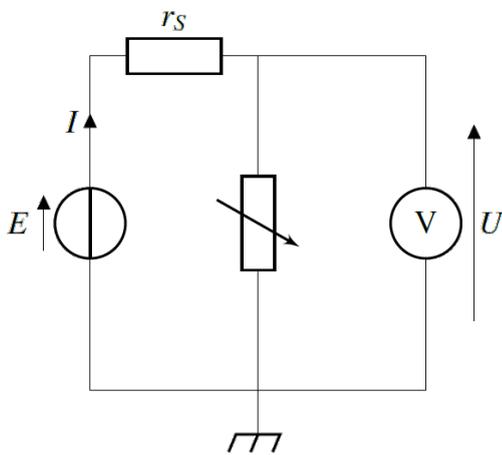
On modélise le voltmètre et l'ampèremètre par des dipôles de résistance  $R_V$  et  $r_A$  respectivement.

2. **Exprimer**, pour la longue dérivation, la tension aux bornes  $U$  du résistor en fonction de la tension  $U_l$  mesurée par le voltmètre et des résistances  $R_{ref}$  et  $r_A$ .
3. **En déduire** une condition portant sur  $r_A$  et  $R_{ref}$  pour que la mesure de  $R_l$  soit fiable.
4. **Exprimer**, pour la courte dérivation, l'intensité  $I$  traversant le résistor en fonction de l'intensité  $I_c$  mesurée par l'ampèremètre et des résistances  $R_{ref}$  et  $R_V$ .
5. **En déduire** une condition portant sur  $R_V$  et  $R_{ref}$  pour que la mesure de  $R_c$  soit fiable.
6. **Comparer**  $R_l$  et  $R_c$  à  $R_{ref}$ . **En déduire** si les conditions sont respectées.
7. **Déterminer** les valeurs  $R_V$  et  $r_A$  pour un voltmètre et un ampèremètre idéaux.

## 3. Mesure de la résistance de sortie d'un GBF (20 min)

Un GBF peut être modélisé par une source de Thévenin : l'association d'un générateur idéal de force électromotrice  $E$  et d'un résistor interne  $r_s$ . La résistance de ce résistor interne correspond à la résistance de sortie du GBF.

On cherche à obtenir la valeur de cette résistance de sortie  $r_s$  à l'aide du circuit électrique présenté ci-dessous.



## Manipulations

- **Réaliser** le montage présenté ci-dessus.
- **Mesurer** la tension  $U_{max}$  aux bornes de la boîte à décade lorsque vous réglez cette dernière sur sa plus grande valeur de résistance  $R_{max}$ .
- **Déterminer** la résistance  $R_{1/2}$  de la boîte à décade correspondant à une tension  $U_{1/2}$  aux bornes de la boîte à décade telle que  $U_{1/2} = U_{max}/2$ .

## Questions

8. **Montrer** que  $U_{max} = E$ .
9. **Exprimer** la tension  $U_R$  la tension aux bornes de la boîte à décades en fonction de  $E$ ,  $r_s$  et  $R$ .
10. **Montrer** que  $R_{1/2} = r_s$ .