Correction OS – TP 5

Instruments de mesure en électricité

I - Manipulation du multimètre

I.1 - Fonctionnement en ohmmètre

- ☐ On mesure directement avec le multimètre la résistance du résistor de valeur nominale $4{,}7\,\mathrm{k\Omega}$, en utilisant le calibre le plus adapté soit $20\,\mathrm{k\Omega}$. On lit $R = 4{,}61\,\mathrm{k\Omega}$ [1].
- ☐ On lit sur la notice du multimètre que, pour la gamme $20\,\mathrm{k\Omega}$, la précision de mesure est $p = 0,8\% + 1\mathrm{dgt}$ soit : $p = 4610 \times 0,8\% + 10 = 47\,\Omega$.
- ☐ On adopte un modèle rectangulaire, l'incertitude sur R est donc $u(R) = \frac{p}{\sqrt{3}} = 27\,\Omega$ [2].
- ☐ Le résultat du mesurage de R est donc : $\boxed{R = (4610; 27)\,\Omega}$
- ☐ La valeur nominale de référence du résistor mesuré est $R_{\text{ref}} = 4{,}7\,\mathrm{k\Omega}$, avec une tolérance de $\pm 5\%$. On a donc une précision $p = 4700 \times 0,05 = 235\,\Omega$ et, toujours avec un modèle rectangulaire, une incertitude $u(R_{\text{ref}}) = \frac{p}{\sqrt{3}} = 136\,\Omega$
- ☐ On peut calculer le Z-score entre la valeur mesurée et la valeur nominale :

$$Z = \frac{|R - R_{\text{ref}}|}{\sqrt{u(R)^2 + u(R_{ref})^2}} = \frac{90}{139} = 0,65$$

Le Z-score est inférieur à 2, la mesure est compatible avec la valeur nominale.

I.2 - Fonctionnement en voltmètre

- ☐ On mesure directement la tension au bornes du GBF avec le multimètre : $E = 3{,}98\,\mathrm{V}$. La documentation du multimètre indique que, pour le calibre utilisé, la précision de mesure est de $0,5\% + 1\mathrm{dgt}$ soit $p = 29{,}9\,\mathrm{mV}$. L'incertitude sur la mesure est donc $u(E) = \frac{e}{\sqrt{3}} = 17\,\mathrm{mV}$.

  Le résultat du mesurage de E est donc : $\boxed{E = (3,980; 0,017)\,\mathrm{V}}$
- ☐ On mesure la tension U aux bornes de R_2 en suivant le même protocole.
  Le résultat du mesurage est : $U = (2,420; 0,013)\,\mathrm{V}$
- ☐ La relation du pont diviseur de tension donne $U_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2}E = \frac{4{,}7}{4{,}7+3{,}3}3,98 = 2{,}34\,\mathrm{V}$
- ☐ pour déterminer l'incertitude sur cette valeur calculée, on utilise la tolérance de $\pm 5\%$ sur les résistances et les formules de propagation des incertitudes :
  - $p(R_1) = 165\,\Omega$ et $p(R_2) = 235\,\Omega$. Soit $u(R_1) = 95\,\Omega$ et $u(R_2) = 136\,\Omega$
  - $u(R_1 + R_2) = \sqrt{u(R_1)^2 + u(R_2)^2} = 166\,\Omega$
  -

$$\begin{aligned} u(U_2) = u\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}E\right) &= U_2\sqrt{\left(\frac{u(R_2)}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{u(R_1+R_2)}{R_1+R_2}\right)^2 + \left(\frac{u(E)}{E}\right)^2} \\ &= 2,34\sqrt{\left(\frac{136}{4{,}7\cdot 10^3}\right)^2 + \left(\frac{166}{8\cdot 10^3}\right)^2 + \left(\frac{17\cdot 10^{-3}}{3,98}\right)^2} = 84\,\mathrm{mV} \end{aligned}$$

- ☐ On peut alors calculer le Z-score : $Z = \frac{|(2{,}42-2{,}34)\times 10^3|}{\sqrt{17^2+84^2}} = 0,93$.
  Le Z-score est inférieur à 2, les valeurs mesurée et calculée sont compatibles entre elles.

1. Ceci est bien sûr une valeur arbitraire, la valeur effectivement obtenue lors du TP peut être légèrement différente
2. On garde toujours 2 chiffres significatifs sur l'incertitude

I.3 - Fonctionnement en ampèremètre

- ☐ On mesure le courant dans le circuit avec le multimètre : $I_m = 491\,\mathrm{m\,A}$ avec une précision $p = 4{,}93\,\mathrm{m\,A}$ $(0,8\% + 1\mathrm{dgt})$ soit $u(I_m) = \frac{4.93}{\sqrt{3}} = 2{,}845\,\mathrm{m\,A}$.
- ☐ Le résultat du mesurage de I est : $\boxed{I_m = (491,0\,;2,8)\,\mathrm{m\,A}}$
- ☐ La valeur calculée est : $I_c = \frac{E}{R_1+R_2} = \frac{4}{8\cdot 10^3} = 500\,\mathrm{m\,A}$

  L'incertitude associée est donnée par $u(I_c) = I_C\sqrt{\left(\frac{u(E)}{E}\right)^2 + \left(\frac{u(R_1+R_2)}{R_1+R_2}\right)^2} = 10{,}6\,\mathrm{m\,A}$
- ☐ Le Z-score est : $Z = \frac{|(491-500)|}{\sqrt{2{,}8^2+10{,}6^2}} = 0,82$.

  Le Z-score est inférieur à 2, les valeurs mesurée et calculée sont compatibles entre elles.
- ☐ Un ampèremètre étant monté en série, il faut que sa résistance soit la plus petite possible pour ne pas perturber le circuit (typiquement quelques ohms).

II - Résistance d'entrée du voltmètre

- ☐ Si on note R_v la résistance d'entrée du voltmètre, on a $U = \frac{R_v}{R+R_v}E$.
- ☐ on ferme l'interrupteur K, on a $R = 0$ dans l'équation précédente soit $U = E$.
- ☐ la mesure effectuée interrupteur fermé donne donc E. On mesure $E = 3{,}98\,\mathrm{V}$.
- ☐ pour avoir $U = \frac{E}{2}$, il faut $\frac{R_v}{R+R_v} = \frac{1}{2}$ soit $\boxed{R = R_v}$.
- ☐ on règle la boîte à décade jusqu'à mesurer au voltmètre $U = \frac{E}{2} = 1{,}99\,\mathrm{V}$. On note les valeurs minimales et maximales de R qui permettent d'obtenir cette valeur de U. On obtient alors : $R_{min} = 9{,}42\,\mathrm{M\Omega}$ $R_{max} = 10{,}84\,\mathrm{M\Omega}$.
- ☐ La valeur mesurée pour R_v est alors : $R_v = \frac{R_{min}+R_{max}}{2} = 10{,}13\,\mathrm{M\Omega}$.

  L'étendue de mesure est $e = R_{max} - R_{min} = 1{,}42\,\mathrm{M\Omega}$.

  En adoptant un modèle triangulaire, l'incertitude associée est :$u(R_v) = \frac{e}{2\sqrt{6}} = 0{,}29\,\mathrm{M\Omega}$.

  Le résultat du mesurage est : $\boxed{R_v = (10,13; 0,29)\,\mathrm{M\Omega}}$.
- ☐ Lorsque l'on utilise un voltmètre aux bornes d'un dipôle de résistance R, la mesure ne perturbe pas le circuit tant que $R_v \gg R$.