Correction TD n°01

Exercice 01 :

Données : $\mathbf{U} = (120 \pm 2)\ [\mathbf{V}]$ et $\mathbf{I} = 24,2\mathbf{A} \pm\ 1,65\%$.

1) Calcul de l'incertitude absolue sur la puissance :

$\mathbf{P} = \mathbf{U} \cdot \mathbf{I}$ AN : $\mathbf{P} = 120 \times 24,2 = 2904\ \mathbf{W}$

$$\Delta\mathbf{P} = \left|\frac{\partial\mathbf{P}}{\partial\mathbf{U}}\right|_{\mathbf{I=cte}} \Delta\mathbf{U} + \left|\frac{\partial\mathbf{P}}{\partial\mathbf{I}}\right|_{\mathbf{U=cte}} \Delta\mathbf{I} = \mathbf{I} \cdot \Delta\mathbf{U} + \mathbf{U} \cdot \Delta\mathbf{I}$$

avec : $\Delta\mathbf{U} = 2\ \mathbf{V}$ et $\Delta\mathbf{I} = \frac{1,65}{100} \cdot \mathbf{I} = \frac{1,65}{100} \times 24,2 = 0,4\,\mathbf{A}$.

$\Rightarrow$ $\Delta\mathbf{P} = \mathbf{I} \cdot \Delta\mathbf{U} + \mathbf{U} \cdot \Delta\mathbf{I}$ AN : $\Delta\mathbf{P} = 24,2 \times 2 + 120 \times 0,4$ $\Rightarrow$ $\boxed{\Delta\mathbf{P} = 96,4\,\mathbf{W}}$

2) Calcul de l'erreur relative :

$\left(\frac{\Delta\mathbf{P}}{\mathbf{P}}\right)_{\%} = 100 \cdot \frac{\Delta\mathbf{P}}{\mathbf{P}}$ AN : $\left(\frac{\Delta\mathbf{P}}{\mathbf{P}}\right)_{\%} = 100 \times \frac{96,4}{2904}$ $\Rightarrow$ $\boxed{\left(\frac{\Delta\mathbf{P}}{\mathbf{P}}\right)_{\%} = 3,32\,\%}$

3) Expressions du résultat :

1ère façon : $\boxed{\mathbf{P} = \mathbf{P_m} \pm \Delta\mathbf{P}\,[\mathbf{W}] = (2904 \pm 96,4)\,[\mathbf{W}]}$

2ème façon : $\boxed{\mathbf{P} = \mathbf{P_m}\,\mathbf{W} \pm \left(\frac{\Delta\mathbf{P}}{\mathbf{P}}\right)_{\%} = 2904\,\mathbf{W} \pm 3,32\,\%}$

Exercice 02 :

Données :

- Voltmètre : $\mathbf{U_L} = 27,2\,\mathbf{V}$; $\mathbf{N} = 300\,\mathbf{points}$; $\mathbf{G} = 30\,\mathbf{V}$; $\Delta\mathbf{U} = \pm(0,2\%\ \mathbf{L},\ 2\,\mathbf{points})$.
- Ampèremètre : $\mathbf{Cl} = 0,5$; $\mathbf{C} = 1\,\mathbf{A}$; $\mathbf{L} = 92,85$ **divisions** ; $\mathbf{E} = 100$; $\Delta\mathbf{l} = 0,35$ **divisions**.

1) Calcul de l'incertitude absolue sur R :

$\mathbf{U} = \mathbf{R} \cdot \mathbf{I}$ $\Rightarrow$ $\mathbf{R} = \frac{\mathbf{U}}{\mathbf{I}}$

$$\Delta\mathbf{R} = \left|\frac{\partial\mathbf{R}}{\partial\mathbf{U}}\right|_{\mathbf{I=cte}} \Delta\mathbf{U} + \left|\frac{\partial\mathbf{R}}{\partial\mathbf{I}}\right|_{\mathbf{U=cte}} \Delta\mathbf{I} = \frac{\Delta\mathbf{U}}{\mathbf{I}} + \frac{\mathbf{U}}{\mathbf{I}^2} \cdot \Delta\mathbf{I}$$

- Calcul de I : $\mathbf{I} = \frac{\mathbf{C} \cdot \mathbf{L}}{\mathbf{E}}$ AN $\mathbf{I} = \frac{1 \times 92,85}{100} = 928\ \mathbf{m\,A}$

$$\Delta \mathbf{I_c} = \frac{\mathbf{Cl \cdot C}}{100} \quad \text{AN :} \quad \Delta \mathbf{I_c} = \frac{0,5 \times 1}{100} = 0,005\,\mathbf{A}$$

$$\Delta \mathbf{I_l} = \frac{\mathbf{C \cdot \Delta l}}{\mathbf{E}} \quad \text{AN :} \quad \Delta \mathbf{I_l} = \frac{1 \times 0,35}{100} = 0,0035\,\mathbf{A}$$

⇘ $\Delta \mathbf{I} = \Delta \mathbf{I_c} + \Delta \mathbf{I_l} = 0,005 + 0,0035 = 8,5\ \mathbf{m\,A}$

⇨ $\mathbf{I} = (928 \pm 8,5)\,\mathbf{m\,A}$

- Calcul de U : $\Delta \mathbf{U} = \pm(0,2\%\ \mathbf{L},\ 2\,\mathbf{points})$

⇘ $\Delta \mathbf{U} = \dfrac{0,2 \times \mathbf{L}}{100} + \dfrac{\mathbf{G} \times 2}{\mathbf{N}}$ AN : $\Delta \mathbf{U} = \dfrac{0,2 \times 27,2}{100} + \dfrac{30 \times 2}{300} = 0,25\,\mathbf{V}$

⇨ $\mathbf{U} = (27,2 \pm 0,25)\,\mathbf{V}$

Ainsi, on obtient :

$$\Delta \mathbf{R} = \frac{\Delta \mathbf{U}}{\mathbf{I}} + \frac{\mathbf{U}}{\mathbf{I}^2} \cdot \Delta \mathbf{I} \quad \text{AN :} \quad \Delta \mathbf{R} = \frac{0,25}{0,928} + \frac{27,2}{(0,928)^2} \times 0,0085 \Rightarrow \boxed{\Delta \mathbf{R} = 0,54\ \Omega}$$

2) Calcul de l'incertitude relative :

$$\mathbf{R_m} = \frac{\mathbf{U}}{\mathbf{I}} = \frac{27,2}{(0,928)^2} = 29,31\ \Omega$$

$$\left(\frac{\Delta \mathbf{R}}{\mathbf{R}}\right)_{\%} = \frac{0,54}{29,31} \times 100 \Rightarrow \boxed{\left(\frac{\Delta \mathbf{R}}{\mathbf{R}}\right)_{\%} = 1,84\,\%}$$

3) Expressions du résultat :

✍ **1ère façon :** $\boxed{\mathbf{R} = \mathbf{R_m} \pm \Delta \mathbf{R}\,[\Omega] = (29,31 \pm 0,54)\,[\Omega]}$

✍ **2ème façon :** $\boxed{\mathbf{R} = \mathbf{R_m}\,\Omega \pm \left(\frac{\Delta \mathbf{R}}{\mathbf{R}}\right)_{\%} = 29,31\ \Omega \pm 1,84\,\%}$

Exercice 03 :

Données : $\mathbf{R}_1 = 47\Omega \pm\ 5\%$, $\mathbf{R}_2 = 33\Omega\ \pm\ 3\%$, $\mathbf{R}_3 = 22\ \Omega\ \pm\ \mathbf{2}\%$ et $\mathbf{I} = (2 \pm 0,05)\,\mathbf{A}$.

1) Calcul de l'erreur relative sur la puissance :

$\mathbf{P} = \mathbf{R} \cdot \mathbf{I}^2$ avec $\mathbf{R} = \mathbf{R}_1 + \mathbf{R}_2 + \mathbf{R}_3$ AN : $\mathbf{R} = 47 + 33 + 22 = 102\,\Omega$

$$\Delta \mathbf{P} = \mathbf{I}^2 \cdot \Delta \mathbf{R} + 2 \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{I} \cdot \Delta \mathbf{I} \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta \mathbf{P}}{\mathbf{P}} = \frac{\mathbf{I}^2 \cdot \Delta \mathbf{R} + 2 \cdot \mathbf{RI} \cdot \Delta \mathbf{I}}{\mathbf{R} \cdot \mathbf{I}^2} = \frac{\Delta \mathbf{R}}{\mathbf{R}} + \frac{2 \cdot \Delta \mathbf{I}}{\mathbf{I}}$$

- Calcul de ΔR : on a $\Delta \mathbf{R} = \Delta \mathbf{R}_1 + \Delta \mathbf{R}_2 + \Delta \mathbf{R}_3$

$$\Delta \mathbf{R}_1 = \frac{5}{100} \cdot \mathbf{R}_1 = \frac{5}{100} \times 47 = 2,35\,\Omega,\quad \Delta \mathbf{R}_2 = \frac{3}{100} \cdot \mathbf{R}_2 = \frac{3}{100} \times 33 = 0,99\,\Omega$$

$$\Delta \mathbf{R}_3 = \frac{2}{100} \cdot \mathbf{R}_3 = \frac{2}{100} \times 22 = 0,44\,\Omega$$

$$\Delta\mathbf{R} = \Delta\mathbf{R}_1 + \Delta\mathbf{R}_2 + \Delta\mathbf{R}_3 = 2{,}35 + 0{,}99 + 0{,}44 = 3{,}78\ \Omega$$

$$\frac{\Delta\mathbf{P}}{\mathbf{P}} = \frac{\Delta\mathbf{R}}{\mathbf{R}} + \frac{2\cdot\Delta\mathbf{I}}{\mathbf{I}} = \frac{3{,}78}{102} + 2\times\frac{0{,}05}{2} \Rightarrow \boxed{\frac{\Delta\mathbf{P}}{\mathbf{P}} = 0{,}087}$$

3) <u>Expressions du résultat</u> :

$$\mathbf{P} = \mathbf{R}\cdot\mathbf{I}^2 = 102\times 2^2 = 408\ \mathbf{W} \Rightarrow \Delta\mathbf{P} = 0{,}087\times\mathbf{P} = 0{,}087\times 408 = 35{,}49\ \mathbf{W}$$

1ère façon : $\boxed{\mathbf{P} = (408 \pm 35{,}49)\,[\mathbf{W}]}$

2ème façon : $\boxed{\mathbf{R} = 408\ \mathbf{W} \pm 8{,}7\%}$

- <u>L'intervalle de confiance de P :</u>

$$\left[\mathbf{P}_{\inf}\,;\mathbf{P}_{\sup}\right] = [408 - 35{,}49;\, 408 + 35{,}49]\mathbf{W} \Rightarrow \boxed{\left[\mathbf{P}_{\inf}\,;\mathbf{P}_{\sup}\right] = [372{,}51\,;\,443{,}49]\mathbf{W}}$$

Exercice 04 :

<u>Données</u> : $\mathbf{R} = 3\Omega \pm 0{,}5\%$

- Ampèremètre : $\mathbf{Cl} = 0{,}5$; $\mathbf{N} = \mathbf{E} = 100$; $\mathbf{C} = 5\mathbf{A}$; $\mathbf{L} = 82$ **divisions** ; $\Delta\mathbf{l} = 0{,}25$ **divisions**.

1) Calcul de l'incertitude absolue sur la puissance :

$$\mathbf{P} = \mathbf{R}\cdot\mathbf{I}^2 \Rightarrow \Delta\mathbf{P} = \left|\frac{\partial\mathbf{P}}{\partial\mathbf{R}}\right|_{\mathbf{I=cte}}\cdot\Delta\mathbf{R} + \left|\frac{\partial\mathbf{P}}{\partial\mathbf{I}}\right|_{\mathbf{R=cte}}\cdot\Delta\mathbf{I} = \mathbf{I}^2\cdot\Delta\mathbf{R} + 2\cdot\mathbf{R}\cdot\mathbf{I}\cdot\Delta\mathbf{I}$$

- <u>Calcul de I :</u> $\mathbf{I} = \frac{\mathbf{C}\cdot\mathbf{L}}{\mathbf{E}}$ AN $\mathbf{I} = \frac{5\times 82}{100} = 4{,}1\ \mathbf{A}$

$\Delta\mathbf{I_c} = \frac{\mathbf{Cl}\cdot\mathbf{C}}{100}$ AN : $\Delta\mathbf{I_c} = \frac{0{,}5\times 5}{100} = 0{,}025\,\mathbf{A}$

$\Delta\mathbf{I_l} = \frac{\mathbf{C}\cdot\Delta\mathbf{l}}{\mathbf{E}}$ AN : $\Delta\mathbf{I_l} = \frac{5\times 0{,}25}{100} = 0{,}0125\,\mathbf{A}$

$\Delta\mathbf{I} = \Delta\mathbf{I_c} + \Delta\mathbf{I_l} = 0{,}025 + 0{,}0125 = 0{,}037\ \mathbf{A}$

$\Rightarrow \mathbf{I} = (4{,}1 \pm 0{,}037)\mathbf{A}$

- <u>Calcul de ΔR :</u> on a $\Delta\mathbf{R} = \Delta\mathbf{R}_1 + \Delta\mathbf{R}_2 + \Delta\mathbf{R}_3$

$$\Delta\mathbf{R} = \frac{0{,}5}{100}\times\mathbf{R} = \frac{0{,}5}{100}\times 3 = 0{,}015\Omega$$

<u>Calcul de ΔP :</u> $\Delta\mathbf{P} = \mathbf{I}^2\cdot\Delta\mathbf{R} + 2\cdot\mathbf{R}\cdot\mathbf{I}\cdot\Delta\mathbf{I}$

AN : $\Delta\mathbf{P} = (4{,}1)^2\times 0{,}015 + 2\times 3\times 4{,}1\times 0{,}037 \Rightarrow \boxed{\Delta\mathbf{P} = 1{,}16\ \mathbf{W}}$

2) Calcul de la puissance :

$$\mathbf{P} = \mathbf{R}\cdot\mathbf{I}^2 = 3\times(4{,}1)^2 \Rightarrow \boxed{\mathbf{P} = 50{,}43\ \mathbf{W}}$$

3) Calcul de l'incertitude relative :

$$\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\%} = \frac{1,16}{50,43}\times 100 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\left(\frac{\Delta P}{P}\right)_{\%} = 2,3\%}$$

Exercice 05 :

Données : $I = 2,5\ A$

- Ampèremètre analogique : $Cl = 1,5$; $C = 3\,A$; $E = 30$ **divisions** ; $\Delta l = 0,5$ **division**.
- Ampèremètre numérique : $N = 300$ **points** ; $G = 4\,A$; $\Delta I = \pm(0,1\%\ L,\ 0,01\%\ G)$.

1) Calcul de l'incertitude par l'appareil analogique :

$$\Delta I_c = \frac{Cl \cdot C}{100} \quad AN: \quad \Delta I_c = \frac{1,5\times 3}{100} = 0,045\,A$$

$$\Delta I_l = \frac{C \cdot \Delta l}{E} \quad AN: \quad \Delta I_l = \frac{3\times 0,5}{30} = 0,05\,A$$

$$\Rightarrow \Delta I = \Delta I_c + \Delta I_l = 0,045 + 0,05 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\Delta I = 0,095\ A}$$

$$\left(\frac{\Delta I}{I}\right)_{\%} = \frac{0,095}{2,5}\times 100 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\left(\frac{\Delta I}{I}\right)_{\%} = 3,8\%}$$

2) Calcul de l'incertitude par l'appareil numérique :

$$\Delta I = \pm(0,1\%\ L,\ 0,01\%\ G) = \frac{0,1\times L}{100} + \frac{0,01\times G}{100} = \frac{0,1\times 2,5}{100} + \frac{0,01\times 4}{100} = 0,0025 + 0,0004$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{\Delta I = 0,0029\ A}$$

$$\left(\frac{\Delta I}{I}\right)_{\%} = \frac{0,0029}{2,5}\times 100 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\left(\frac{\Delta I}{I}\right)_{\%} = 0,116\%}$$

3) On choisit l'appareil numérique car il donne une valeur plus précise $(\Delta I_{numérique} < \Delta I_{analogique})$.

Exercice 06 :

Données : $\mathbf{Cl} = 1{,}5$; $\mathbf{n} = \Delta\mathbf{l} = 0{,}5\,\mathbf{division}$.

1) Le tableau de mesures :

	Calibre/Echelle			
	300mA/30	300mA/100	1A/30	1A/100
Lecture	25	83	7,5	25
$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{C} \times \mathbf{L}}{\mathbf{E}}\ (\mathbf{A})$	0,25	0,249	0,25	0,25
$\Delta\mathbf{I_c} = \frac{\mathbf{Cl} \times \mathbf{C}}{100}\ (\mathbf{A})$	0,0045	0,0045	0,015	0,015
$\Delta\mathbf{I_l} = \frac{\mathbf{C} \times \Delta\mathbf{l}}{\mathbf{E}}\ (\mathbf{A})$	0,005	0,0015	0,016	0,005
$\Delta\mathbf{I} = \Delta\mathbf{I_c} + \Delta\mathbf{I_l}\ (\mathbf{A})$	0,0095	0,006	0,031	0,020
$\left(\frac{\Delta\mathbf{I}}{\mathbf{I}}\right)_{\%}$	3,8%	2,4%	12,4%	8%

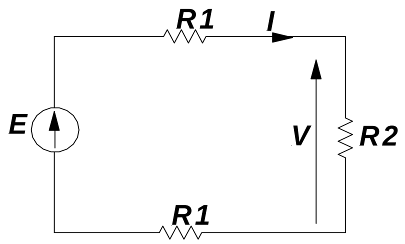
2) On choisit le calibre 300 mA. Le choix du calibre doit être adapté à la valeur mesurée.

3) On choisit l'échelle 100 car $\left(\Delta\mathbf{I}_{(100)} < \Delta\mathbf{I}_{(30)}\right)$.

Exercice 07 :

- ***Partie A :***

Données : E=24 V, R_1=38 Ω, R_2=20 Ω.



1) En appliquant le théorème de diviseur de tension, on obtient :

$$\boxed{\mathbf{V} = \frac{\mathbf{R}_2}{2\mathbf{R}_1 + \mathbf{R}_2} \cdot \mathbf{E}}$$

2) L'expression de $\frac{\Delta V}{V}$:

$$\Delta \mathbf{V} = \left|\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{R}_1}\right|_{\mathbf{R}_2,\mathbf{E}=\mathbf{cte}} \cdot \Delta \mathbf{R}_1 + \left|\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{R}_2}\right|_{\mathbf{R}_1,\mathbf{E}=\mathbf{cte}} \cdot \Delta \mathbf{R}_2 + \left|\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{E}}\right|_{\mathbf{R}_1,\mathbf{R}_2=\mathbf{cte}} \cdot \Delta \mathbf{E}$$

$$= \frac{2\mathbf{R}_2 \cdot \mathbf{E}}{(2\mathbf{R}_1+\mathbf{R}_2)^2} \cdot \Delta \mathbf{R}_1 + \frac{2\mathbf{R}_1 \cdot \mathbf{E}}{(2\mathbf{R}_1+\mathbf{R}_2)^2} \cdot \Delta \mathbf{R}_2 + \frac{\mathbf{R}_2}{(2\mathbf{R}_1+\mathbf{R}_2)} \cdot \Delta \mathbf{E}$$

⇨ $\boxed{\frac{\Delta \mathbf{V}}{\mathbf{V}} = \frac{2}{(2\mathbf{R}_1+\mathbf{R}_2)} \cdot \Delta \mathbf{R}_1 + \frac{2\mathbf{R}_1}{(2\mathbf{R}_1+\mathbf{R}_2)} \cdot \frac{\Delta \mathbf{R}_2}{\mathbf{R}_2} + \frac{\Delta \mathbf{E}}{\mathbf{E}}}$

3) <u>Données</u> : $\frac{\Delta \mathbf{R}_1}{\mathbf{R}_1} = \frac{\Delta \mathbf{R}_2}{\mathbf{R}_2} = 1\%$ et $\Delta \mathbf{E} = 1\,\mathbf{V}$

a. Calcul de V :

$\mathbf{V} = \frac{\mathbf{R}_2}{2\mathbf{R}_1+\mathbf{R}_2} \cdot \mathbf{E}$ AN : $\mathbf{V} = \frac{20}{2\times 38+20} \times 24$ ⇨ $\boxed{\mathbf{V} = 5\ \mathbf{V}}$

b. Calcul de $\frac{\Delta V}{V}$:

$$\frac{\Delta \mathbf{V}}{\mathbf{V}} = \frac{2}{(2\mathbf{R}_1+\mathbf{R}_2)} \cdot \Delta \mathbf{R}_1 + \frac{2\mathbf{R}_1}{(2\mathbf{R}_1+\mathbf{R}_2)} \cdot \frac{\Delta \mathbf{R}_2}{\mathbf{R}_2} + \frac{\Delta \mathbf{E}}{\mathbf{E}}$$

avec : $\Delta \mathbf{R}_1 = \frac{1}{100} \times \mathbf{R}_1 = \frac{38}{100} = 0{,}38\,\Omega$, $\Delta \mathbf{R}_2 = \frac{1}{100} \cdot \mathbf{R}_2 = \frac{20}{100} = 0{,}2\,\Omega$

⇨ $\frac{\Delta \mathbf{V}}{\mathbf{V}} = \frac{2}{96} \times 0{,}38 + \frac{2\times 38}{96} \times 0{,}01 + \frac{1}{24}$ ⇨ $\boxed{\left(\frac{\Delta \mathbf{V}}{\mathbf{V}}\right)_{\%} = 5{,}78\ \%}$

c. Calcul de ΔV :

$\Delta \mathbf{V} = 0{,}0578 \times \mathbf{V} = 0{,}0578 \times 5$ ⇨ $\boxed{\Delta \mathbf{V} = 0{,}289\ \mathbf{V}}$

d. Expressions du résultat :

✍ **1ère façon :** $\boxed{\mathbf{V} = (5 \pm 0{,}289)\,[\mathbf{V}]}$

✍ **2ème façon :** $\boxed{\mathbf{V} = 5\,[\mathbf{V}] \pm 5{,}78\ \%}$

- ***<u>Partie B :</u>***

<u>Données</u> : $\mathbf{Cl} = 1{,}5$; $\mathbf{C} = 30\,\mathbf{V}$; $\mathbf{S}_1 = 100\ \Omega / \mathbf{V}$

1) Détermination de la tension U_{2mes} :

$\mathbf{U}_{2mes} = \frac{\mathbf{R}_{éq}}{\mathbf{R}_{éq} + 2\mathbf{R}_1} \cdot \mathbf{E}$ avec : $\mathbf{R}_{éq} = \frac{\mathbf{R}_2 \cdot \mathbf{R}_V}{\mathbf{R}_2 + \mathbf{R}_V}$ et $\mathbf{R}_V = \mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{C} = 100 \times 30 = 3000\ \Omega$

⇘ $\mathbf{R}_{éq} = \frac{20 \times 3000}{20+3000} = 19{,}86\ \Omega$ ⇨ $\mathbf{U}_{2mes} = \frac{19{,}86}{19{,}86 + 2\times 38} \times 24$

⇨ $\boxed{\mathbf{U}_{2mes} = 4{,}97\ \mathbf{V}}$

2) Calcul de l'incertitude de méthode :

$\Delta U_2 = |U_{2mes} - U_2| = |4{,}97 - 5| \Rightarrow \boxed{\Delta U_2 = 0{,}03\ V}$

$\left(\frac{\Delta U_2}{U_{2mes}}\right)_{\%} = \frac{0{,}03}{4{,}97} \times 100 \Rightarrow \boxed{\left(\frac{\Delta U_2}{U_{2mes}}\right)_{\%} = 0{,}6\ \%}$

3) Changement du voltmètre : $S_2 = 100\ K\Omega / V$

a. Détermination de la tension U'_{2mes} :

$U_{2mes} = \frac{R'_{éq}}{R'_{éq} + 2R_1} \cdot E$ avec : $R'_{éq} = \frac{R_2 \cdot R'_V}{R_2 + R'_V}$ et $R'_V = S_2 \cdot C = 100 \times 10^3 \times 30 = 3000\ K\Omega$

$\Rightarrow R_{éq} = \frac{20 \times 3000 \times 10^3}{20 + 3000 \times 10^3} = 19{,}99\ \Omega \Rightarrow U_{2mes} = \frac{19{,}99}{19{,}99 + 2 \times 38} \times 24$

$\Rightarrow \boxed{U_{2mes} = 4{,}998\ V}$

b. Calcul de l'incertitude de méthode :

$\Delta U'_2 = |U'_{2mes} - U'_2| = |4{,}998 - 5| \Rightarrow \boxed{\Delta U'_2 = 0{,}002\ V}$

$\left(\frac{\Delta U'_2}{U'_{2mes}}\right)_{\%} = \frac{0{,}002}{4{,}998} \times 100 \Rightarrow \boxed{\left(\frac{\Delta U'_2}{U'_{2mes}}\right)_{\%} = 0{,}04\ \%}$

4) Interprétation des résultats :

On conclut que $\left(\frac{\Delta U'_2}{U'_{2mes}}\right)_{\%} < \left(\frac{\Delta U_2}{U_{2mes}}\right)_{\%}$ ⇨ ainsi le voltmètre ayant la valeur la plus élevée de S est plus précis (plus S augmente → plus ΔU diminue).

Exercice 08 :

Données : $C = G = 4000\,\Omega$; $N = 4000$ **points** ; $L = 475{,}5$; $\Delta U = \pm(0{,}2\%\ L,\ 2\,\text{points})$.

- ***Partie A :***

1) Calcul de l'incertitude absolue : $\Delta R_0 = \pm(2\%\ \text{Lecture} + 5\ \text{points})$

$\Delta R_0 = \frac{2 \times L}{100} + \frac{5 \times G}{N} = \frac{2 \times 475{,}5}{100} + \frac{5 \times 4000}{4000} \Rightarrow \boxed{\Delta R_0 = 14{,}51\ \Omega}$

2) Calcul de l'incertitude relative :

$\left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_{\%} = \frac{14{,}51}{475{,}5} \times 100 \Rightarrow \boxed{\left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_{\%} = 3{,}05\ \%}$

3) Expressions du résultat :

✎ **1ère forme :** $\boxed{R_0 = R_0 \pm \Delta R_0\ [\Omega] = (475{,}5 \pm 14{,}51)\ [\Omega]}$

✍ **2ème forme :** $\boxed{\mathbf{R_0} = \mathbf{R_0}[\Omega] \pm \left(\frac{\Delta\mathbf{R_0}}{\mathbf{R_0}}\right)_{\%} = 475{,}5\ \Omega \pm 3{,}05\%}$

- ***Partie B :***

Données : $\mathbf{R} = \mathbf{R_0}(1+\mathbf{a}\cdot\theta)$; $\theta = 50°\mathbf{C} \pm 1°\mathbf{C}$ et $\mathbf{a} = \frac{1}{250}$

1) Calcul de la valeur de R :

$$\mathbf{R} = 475{,}5\times\left(1+\frac{50}{250}\right) \Rightarrow \boxed{\mathbf{R} = 570{,}6\ \Omega}$$

2) Calcul de l'incertitude absolue :

$$\Delta\mathbf{R} = \left|\frac{\partial\mathbf{R}}{\partial\mathbf{R_0}}\right|_{\theta=\mathbf{cte}}\cdot\Delta\mathbf{R_0} + \left|\frac{\partial\mathbf{R}}{\partial\theta}\right|_{\mathbf{R_0}=\mathbf{cte}}\cdot\Delta\theta = (1+\mathbf{a}\cdot\theta)\cdot\Delta\mathbf{R_0} + \mathbf{a}\cdot\mathbf{R_0}\cdot\Delta\theta$$

$$\Delta\mathbf{R} = 1{,}2\times14{,}51+\frac{475{,}5}{250}\times1 \Rightarrow \boxed{\Delta\mathbf{R} = 19{,}314\ \Omega}$$

3) Calcul de l'incertitude relative :

$$\left(\frac{\Delta\mathbf{R}}{\mathbf{R}}\right)_{\%} = \frac{19{,}314}{570{,}6}\times100 \Rightarrow \boxed{\left(\frac{\Delta\mathbf{R}}{\mathbf{R}}\right)_{\%} = 3{,}38\ \%}$$

4) Expressions du résultat :

✍ **1ère forme :** $\boxed{\mathbf{R} = \mathbf{R}\pm\Delta\mathbf{R}\ [\Omega] = (570{,}6\pm19{,}314)\,[\Omega]}$

✍ **2ème forme :** $\boxed{\mathbf{R} = \mathbf{R}[\Omega]\pm\left(\frac{\Delta\mathbf{R}}{\mathbf{R}}\right)_{\%} = 570{,}6\ \Omega\pm3{,}38\%}$