	TRAVAUX DIRIGES n°3	Année : I3
	Matière : METROLOGIE ET CAPTEURS	Date : 2020-2021
	Remis par : P. Dassonville	Feuille n° 1/3

PROBLEME I

Soit une balance dont on sait qu'elle est parfaitement linéaire. On effectue un étalonnage de cette balance à partir de deux masses-étalons (considérées sans aucune erreur). On obtient :

Masse étalon (en g)	10,00	50,00
Affichage (en g)	9,82	49,02

- 1). Quelle est l'unité de la sensibilité S ?
- 2). Etablir la relation fonctionnelle donnant la valeur affichée m_{aff} en fonction de la valeur vraie m_{vraie} de la masse. Calculer numériquement les constantes caractéristiques en précisant les unités.
- 3). Quelle devrait être la sensibilité théorique $S_{\text{théorique}}$ de la balance ? Donner l'erreur de sensibilité $e_S = S - S_{\text{théorique}}$.
- 4). Quelle devrait être la valeur théorique $m_{0,\text{théorique}}$ du zéro ? Donner l'erreur de zéro $e_{m_0} = m_0 - m_{0,\text{théorique}}$ (avec son unité).
- 5). Quelle affichage m_{aff} obtiendra-t-on si la masse est de valeur vraie $m_{\text{vraie}} = 40 \text{ g}$?
- 6). Quelle est la valeur vraie m_{vraie} si la valeur affichée est $m_{\text{aff}} = 40 \text{ g}$?

PROBLEME II

On s'intéresse à un problème de datation au carbone 14 (isotope radioactif du carbone) provenant d'un drakkar en chêne découvert dans la vase du port de Roskilde au Danemark en 1983. On rappelle que l'activité (nombre de désintégrations par unité de temps) d'un échantillon organique s'écrit, en fonction du temps, $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ où A_0 est l'activité à l'instant initial $t = 0$ pris comme celui de la mort du sujet dont provient l'échantillon.

- 1). Etablir la relation entre la constante λ et la demi-vie $t_{1/2}$ durée pour laquelle on a $A(t_{1/2}) = A_0/2$.
- 2). L'analyse porte sur un échantillon de bois de chêne du drakkar à sa découverte. A cette date (1983), l'activité mesurée était $A_{1983} = 12,0 \text{ dpm}$ (1 dpm tient pour 1 désintégration par minute). La demi-vie du carbone 14 est $t_{1/2} = 5730 \text{ ans}$ et l'activité du bois de chêne vivant est $A_0 = 13,6 \text{ dpm}$. Etablir la relation fonctionnelle donnant l'année a de construction du drakkar, les activités et la demi-vie (attention à ne pas mélanger durée écoulée depuis la construction et l'année de la construction).
- 3). Quelle est l'année de la construction du drakkar ?

On tient compte maintenant des incertitudes sur les différentes données. En fait :

$$t_{1/2} = (5730 \pm 70) \text{ ans} \quad (t_{95\%} = 1,960)$$

$$A_0 = (13,6 \pm 0,2) \text{ dpm} \quad (t_{95\%} = 1,960)$$

$$A_{1983} = (12,0 \pm 0,2) \text{ dpm} \quad (t_{95\%} = 1,960)$$

4). Etablir l'expression de l'incertitude élargie (au niveau de confiance de 95%) sur la date de construction du drakkar en calculant les dérivées nécessaires. Application numérique, on prendra une année moyenne de 365,25 jours.

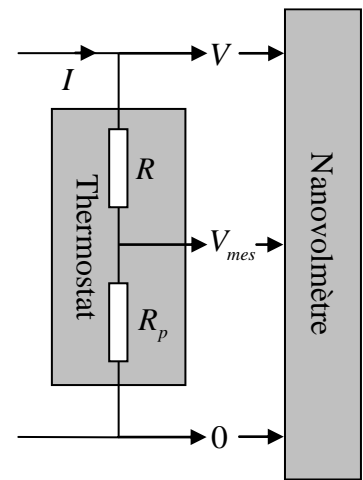
5). Présenter la date de construction selon les recommandations du GUM.

6). Les historiens considèrent que la période Viking Danoise court de l'an 700 à l'an 1000. Quelle conclusion peut-on apporter ?

PROBLEME III

On considère une résistance de puissance R_p dont on cherche à mesurer précisément la valeur à une température de référence de 20°C . Pour cela, on réalise le montage série suivant où la résistance R_p est montée en série avec une résistance de précision R .

Les deux résistances sont enfermées dans une enceinte thermostatée à la température $T_0 = 20^\circ\text{C}$ et l'alimentation est réalisée sous très faible courant afin d'éviter tout auto-échauffement des résistances (totalement compensé par le thermostat s'il reste faible). La tension d'alimentation V et la tension V_{mes} aux bornes de la résistance de puissance R_p sont mesurées à l'aide d'un nanovoltmètre de précision (voir ci-contre).



Le nanovoltmètre est de classe 0,1 et est réglé sur le calibre 10 mV pour les mesures de V_{mes} et V . La résistance R a pour valeur 1Ω à 20°C et est de tolérance 1%. On suppose que la dérive du thermostat autour de sa valeur de consigne est totalement négligeable.

1). Etablir l'équation donnant la tension de mesure V_{mes} en fonction de R , R_p et V et en déduire l'équation du mesurage, équation fonctionnelle donnant l'expression de la résistance R_p en fonction de R , V_{mes} et V .

2). Calculer les différentes incertitudes-types à prendre en compte et les degrés de liberté associés.

3). Calculer les trois dérivées nécessaires au calcul de l'incertitude composée sur la mesure de la résistance R_p .

4). En déduire l'expression puis la valeur de l'incertitude composée sur la mesure de la résistance R_p . On donne $V_{mes} = 0,100 \text{ mV}$ et $V = 1,100 \text{ mV}$.

5). En déduire l'incertitude élargie au niveau de confiance 95% et donner, en respectant les recommandations du GUM, la valeur de la résistance R_p .

6). En fait, les mesures de V_{mes} et V résultent de moyennes effectuées sur 8 couples de mesure dont les valeurs figurent dans le tableau ci-dessous.

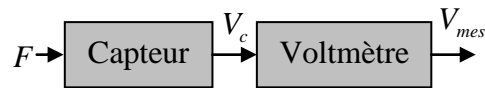
V_{mes} (mV)	0,101	0,098	0,102	0,105	0,095	0,106	0,093	0,100
V (mV)	1,094	1,101	1,106	1,104	1,094	1,101	1,100	1,098

Calculer en explicitant la démarche les incertitudes-types à octroyer à chacune des valeurs moyenne de \bar{V}_{mes} et \bar{V} et les nombres de degrés de liberté associés et reprendre les questions 4, 5.

7). Donner la tolérance t de la résistance R_p (attention penser à la distribution que doit prendre R_p d'après le TCL et à la distribution à partir de laquelle est définie la tolérance).

PROBLEME IV

On considère le synoptique suivant du mesurage d'une force F à l'aide d'un capteur à sortie tension (notée V_c), de sensibilité $S = 0,1V/N$, d'étendue de mesure $EM : 0-50N$ et d'erreur de précision $e_p = 0,1\%$. L'affichage se fait via un voltmètre de classe $C=1$ et de calibres $200mV, 2V, 20V$ et $200V$. Capteur et voltmètre sont supposés ne pas introduire d'erreur systématique.



On effectue $n = 12$ mesurages de la force F . Les résultats des $n = 12$ mesurages sont en volts :

V_{mes}	1,473	1,560	1,561	1,571	1,507	1,604
V_{mes}	1,465	1,529	1,490	1,539	1,488	1,506

1). Donner l'équation du mesurage, calculer la meilleure estimation de $E(V_{mes})$ et en déduire la meilleure estimation de l'espérance de F .

2). Ecrire la variance de V_{mes} en fonction des trois autres. En déduire la variance de F . La force F a-t-elle varié pendant les mesurages ?

PROBLEME V

1). On considère le capteur SS94A1 du TD 1. On considère que la température de mesure varie dans un intervalle de $\pm 5^\circ C$ autour de la température de référence T_0 de façon sinusoïdale. Ecrire l'équation complète du mesurage. Donner les estimateurs des v.a. y apparaissant ainsi que les incertitudes types de type B y afférant et les ddl correspondants.

2). Pour une induction donnée, on effectue cinq mesurages de la tension en sortie du capteur à l'aide d'un microvoltmètre n'entraînant qu'une incertitude totalement négligeable. Ces cinq valeurs sont en volt :

$V_i(V)$	4,9869	4,9957	5,0034	5,0358	5,0277
----------	--------	--------	--------	--------	--------

Donner le meilleur estimateur de la tension de mesure, son incertitude-type et le nombre de ddl correspondant.

3). Donner la meilleure estimation de l'induction, l'incertitude composée y afférant et le nombre de ddl associé.

4). Présenter le résultat de la mesure selon les recommandations du GUM au niveau de confiance 95%.