TD2

I. ETALONNAGE

A2. VALIDATION DE LA METHODE SUR UNE VALEUR.

Une méthode de mesure d'épaisseur est appliquée à un étalon raccordé d'épaisseur $e_R = 50.0 \pm 0.2$ µm.

Une série de 10 mesurages successifs effectués dans des conditions identiques donne les valeurs suivantes :

e_n (µm)	52.4	51.8	52.2	52.0	51.7	51.9	52.3	52.0	52.1	52.0

1. Comment s'appellent les conditions d'une telle série de mesurage ?
2. Calculez la moyenne e de cette série de valeurs.
3. Calculez U_e l'incertitude absolue sur e. Expliquez le rôle du coefficient d'élargissement.
4. Présentez le résultat de la mesure avec son incertitude.
5. Calculez l'incertitude relative sur e
6. L'appareil de mesure est-il juste ? fidèle ? exact ?
7. Un autre laboratoire a appliqué la même méthode au même étalon et a obtenu e = 51.9 nm, avec une incertitude relative de 0.9 %. Que pensez-vous de la méthode ?

B. DROITE D'ETALONNAGE

La méthode de mesure d'épaisseur précédente est maintenant appliquée à une série de 10 étalons e_{R2} de 10 à 100 µm. Les valeurs suivantes sont relevées :

e_2 (µm)	10.9	20.8	30.7	40.4	52.0	60.1	69.7	79.6	89.3	99.2

8. Calculez la pente, l'ordonnée à l'origine et le coefficient de corrélation de la droite d'étalonnage.

II. LE FLEAU : UN MOYEN DE CONTROLE DES CAPTEURS DE COUPLE

Principe : Le fléau est un appareil servant à étalonner des capteurs de couple. Il est constitué d'un bras tournant autour d'un axe Δ et muni d'une masse m à une distance x de Δ. Le bras est centré en Δ. La masse propre du bras $m_b = 1150 \pm 1$ g est répartie régulièrement le long du bras et ne produit pas de couple.

Le bras est alors soumis en Δ à un couple $\boxed{c = m\,g\,x}$, avec $g = (9809 \pm 1)10^{-3}$ ms^{-2} l'accélération de pesanteur.

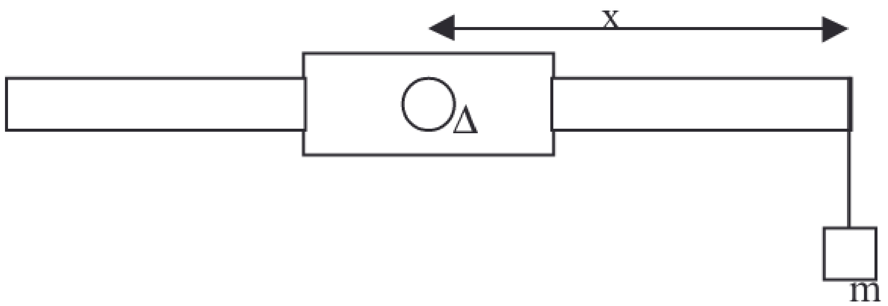

Figure 1 : Schéma d'un fléau.

L'axe est relié à un capteur de couple à afficheur numérique. L'indication du capteur est comparée à la valeur du couple calculée théoriquement pour chaque masse m et chaque distance x.

La perte de couple due aux frottements des roulements à bille du bras est donnée par $2a(m_b+m)gr$, avec a le coefficient de frottement du roulement et $r = 8.50 \pm 0.01$ mm le rayon de l'axe.

L'expression du couple devient donc : $c = mgx - 2a(m_b+m)gr$

1. Quelle est la dimension d'un couple ?
2. Quelle est l'unité de couple ?
3. Quelle est la dimension de a ?
4. Exprimez la différentielle de c.
5. $a = 0.001$, avec une incertitude relative de 0.1 % ; $m = 2$ kg à 0.2 % près ; $x = 302.0 \pm 0.2$ mm. Dressez un tableau des valeurs des composantes de c et de leurs incertitudes absolues.
6. Dressez un tableau des expressions et des valeurs des dérivées partielles de c. Précisez les unités.
7. Exprimez l'incertitude absolue U_c sur c, en fonction des variables et de leurs incertitudes associées.
8. Calculez c et son incertitude absolue. Présentez c avec son incertitude.
9. Calculez l'incertitude relative sur c.

III. MESURE D'UN TEMPS DE DEMI-VIE D'UN RADIOELEMENT

Le temps de demi-vie **T** d'un radioélément est mesuré à l'aide d'un Compteur Geiger-Muller. On place la source radioactive devant le compteur et on effectue **2** comptages à **t** heures d'intervalle. La relation permettant d'obtenir le temps de demi-vie est la suivante :

$$\mathbf{T} = \mathbf{t} \cdot \frac{\ln \mathbf{2}}{\ln\left(\dfrac{\mathbf{N_1} - \mathbf{N_0}}{\mathbf{N_2} - \mathbf{N_0}}\right)}$$

avec
- t : intervalle de temps séparant les comptages 1 et 2
- N_0 : résultat d'un comptage en l'absence de source
- N_1 : résultat du comptage 1
- N_2 : résultat du comptage 2

On donne :

t = 24 heures (**sans incertitude**)

$\mathbf{N_0} = 500 \pm 45$ $\mathbf{N_1} = 1683 \pm 82$ $\mathbf{N_2} = 914 \pm 61$

Pour simplifier les calculs, on pose $\mathbf{R} = \dfrac{\mathbf{N_1} - \mathbf{N_0}}{\mathbf{N_2} - \mathbf{N_0}}$

1. Donner l'expression littérale de l'incertitude relative $\dfrac{\mathbf{U(R)}}{\mathbf{R}}$

   Calculer numériquement cette incertitude relative.
2. Exprimer **T** en fonction de **R**.

   Donner l'expression littérale de l'incertitude relative $\dfrac{\mathbf{U(T)}}{\mathbf{T}}$

   Calculer numériquement cette incertitude relative.
3. Calculer **T.** Présenter le résultat de la mesure.

[source]

Exercice IV :

On réalise une sonde de température à partir d'un capteur de température bas coût. Cette sonde délivre une tension $V_{mes}(t)$ fonction de la température t (exprimée en °C) à laquelle elle est soumise. Pour étalonner cette sonde, on la place dans une enceinte thermostatée dont on fait varier la température sur l'étendue de mesure E . M. = [0 ◦ C ; 100 °C] . La température est mesurée à l'aide d'une sonde thermométrique Pt100 de précision. On réalise ainsi un étalonnage indirect pour lequel on considère que la température donnée par la sonde Pt100 est parfaitement exacte. Les résultats des mesures sont consignés dans le tableau suivant :

***t* °C**	3,35	8,80	11,66	17,66	22,12	30,11	31,83	36,44	38,81	39,86
V_{mes}	26	83	120	168	215	302	328	355	390	390
***t* °C**	43,00	45,20	47,19	49,95	51,83	59,59	59,86	61,67	64,10	67,84
V_{mes}	424	443	476	500	497	583	592	594	627	660
***t* °C**	68,26	77,33	78,18	80,18	82,82	82,91	85,69	91,76	92,51	99,59
V_{mes}	671	745	759	773	790	799	823	878	884	936

1. Sur l'étendue de mesure E . M., on cherche à modéliser le comportement de la sonde par l'approximation linéaire $V\ mes = V_{mes0} + \alpha t$. Déterminer les expressions V_{mes0} et α obtenues à partir des N points expérimentaux (t_i , $V_{mes,i}$) donnés dans le tableau et en calculer la valeur. Pour ceci, on cherchera à minimiser l'écart quadratique moyen χ^2 entre l'approximation linéaire et les points expérimentaux. On réalise alors une régression linéaire au sens des moindres carrés.
2. Estimer la sensibilité $S = dV_{mes}/dt$.
3. Donner l'écart de linéarité ε, plus grand écart sur l'étendue de mesure entre la caractéristique réelle et l'approximation linéaire donnée par la droite.
4. Calculer l'erreur de linéarité err, écart de linéarité normalisé à l'excursion de V_{mes} (t) sur l'étendue de mesure.