

Durée : 1 heure 30 ; une calculatrice électronique, autonome, <A5, munie de fonctions statistiques est indispensable ; téléphones portables interdits ; tous documents interdits à l'exception des supports de cours et notes de cours manuscrites.

Étalonnage d'une fiole jaugée

Soit une fiole de 100 cm^3 en pyrex. Elle est munie à mi-hauteur du col d'un trait de jauge circulaire gravé dans le plan horizontal. L'étalonnage a pour objet la détermination de la capacité de la fiole. Il consiste à peser l'eau contenue dans la fiole. La capacité est ensuite donnée par le quotient de la masse d'eau par sa masse volumique, l'eau distillée étant considérée comme un étalon de masse volumique : 1000 kg m^{-3} à 10^{-5} près (norme NF EN ISO 8222)

Mode opératoire : - pesée de la fiole vide, propre et sèche (poids p_1) – remplissage de la fiole d'eau distillée légèrement au dessus du trait de jauge – thermalisation pendant au moins une demi-heure dans un bain thermostaté – ajustage du niveau d'eau dans la fiole jusqu'au trait de jauge (microseringue, buvard,...) -essuyage extérieur de la fiole – pesée de la fiole pleine (poids p_2).

Le volume V de la fiole est $V = \frac{p_2 - p_1}{e - a}$. Avec e et a les masses volumiques de l'eau et de l'air.

1. Dressez une liste des sources d'incertitudes dans cet étalonnage. Vous les trierez en vous aidant d'un diagramme d'Ishikawa (diagramme causes – effets). Identifiez les grandeurs d'influence.

Afin de minimiser la contribution de la balance dans le résultat des pesées, celles-ci sont réalisées par comparaison à des étalons de masse par double substitution. L'incertitude relative des étalons de masse est de $1,9 \cdot 10^{-6}$. Un essai de répétabilité sur le processus de pesée donne un écart-type de 1,2 mg. La résolution de la balance est de 1 mg.

L'influence de l'opérateur sur le résultat de mesure est prise en compte par un essai de répétabilité de l'ensemble de la méthode qui donne un écart-type de 3 mm^3 .

La température du bain thermostaté est égale à $\theta = 20,00 \pm 0,05 \text{ }^\circ\text{C}$ avec une distribution arcsinus. Elle influence à la fois la masse volumique de l'eau, $de = -\beta e d\theta$ avec $\beta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ coefficient de dilatation de l'eau à $20 \text{ }^\circ\text{C}$ et le volume de la fiole, $dV = \alpha V d\theta$ avec $\alpha = 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ coefficient de dilatation du pyrex à $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

L'expérience est effectuée dans un local dont l'atmosphère est régulée en température ($20 \text{ }^\circ\text{C}$), pression (1013 hpa) et humidité (50%). La mesure de la masse volumique de l'air donne $a = 1,20404 \text{ kg m}^{-3}$ avec une incertitude de $4,4 \text{ g m}^{-3}$.

Les mesures donnent : $p_1 = 81,217 \text{ g}$ et $p_2 = 181,116 \text{ g}$

2. Calculez le volume V
3. Calculez les coefficients de sensibilité du volume par rapport aux pesées et aux masses volumiques.
4. Dressez un tableau de travail listant toutes les source d'incertitudes et comportant les demi-intervalles de confiance, les coefficients d'élargissement, les incertitudes-types, les coefficients de sensibilité et les contributions à l'incertitude sur V .
5. Calculez l'incertitude sur V . Présentez le résultat correctement. Calculez l'incertitude relative sur V .