

Rédaction d'un protocole d'essai

Sections importantes :

1. Introduction/contexte (1 paragraphe):
  - a. Quel est le projet global (2-3 lignes)?
  - b. Pourquoi faire les tests (quelle est l'information manquante)?
2. Objectif (quelques phrases).
  - a. Bref descriptif de l'objectif des tests, suivi par des détails. « Évaluer le fonctionnement du système de stockage thermique ... ».
3. Méthodologie
  - a. Description de comment l'objectif sera atteint (1 paragraphe ou plus)
  - b. Schéma/diagramme
  - c. Instrumentation (sous forme d'un tableau, avec toute l'instrumentation et les précisions)
  - d. Procédure de test (écrit point-par-point dans une façon que 2 personnes différentes pourrait reproduire le même test sans se consulter).
  - e. Mesures à prendre (description des données mesurées, possiblement sous forme d'un formulaire à remplir pendant les tests). Nombre de répétitions à effectuer pour assurer la répétabilité des tests (typiquement 3). Conditions de départ.
4. Analyse des résultats
  - a. Expliquer comment les résultats seront analyser. Détailler les calculs avec les équations.
  - b. Calcul d'incertitude (ex. la méthode Kline-McClintock). Donnez un exemple de calcul.
5. Références

Exemple de calcul d'incertitude

Transfert de chaleur dans un échangeur :  $Q = \dot{m}c_p(T_1 - T_2)$

où :

$Q$  est la puissance de l'échangeur en W

$\dot{m}$  est le débit massique mesuré en kg/s

$c_p$  est la chaleur spécifique du fluide (présumons de l'eau pour l'exemple) en kJ/kg°C

$T_1$  est la température à l'entrée de l'échangeur en °C

$T_2$  est la température à la sortie de l'échangeur en °C

Dans la formule de Q il y a trois variables indépendants : le débit  $\dot{m}$ , la température à l'entrée  $T_1$  et la température à la sortie  $T_2$ .

Nous mesurons les trois variables indépendantes avec l'instrumentation suivante :

Mesure	Type d'instrument	Précision ( $\epsilon$ )
Température	Thermocouple Type T	$\pm 0.5$ °C
Débit	Débitmètre d'eau à turbine	0.5% de la lecture

### Méthode Kline-McClintock

Pour le but de l'exemple, présumons que les valeurs pertinentes sont les suivantes (mesurées en lab) :

$$\dot{m} = 0.187 \text{ kg/s}$$

$$c_p = 4.18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 52.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 45.2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = \dot{m}c_p(T_1 - T_2) = 5.7 \text{ kW (la capacité de chauffage de notre échangeur selon nos mesures).}$$

La méthode Kline-McClintock nous dit que nous pouvons évaluer l'incertitude sur la puissance de l'échangeur,  $\varepsilon_Q$ , en évaluant les dérivés partielles de chaque variable indépendant (k) qui influence la puissance de l'échangeur. Pour évaluer l'incertitude sur la valeur de Q, nous employons la formule de Kline-McClintock :

$$\varepsilon_Q = \sqrt{\sum \left( \frac{\partial Q}{\partial k_i} \varepsilon_{k_i} \right)^2} \text{ où } k_i \text{ sont les variables indépendantes.}$$

Nous avons trois variables, donc :

$$\varepsilon_Q = \sqrt{\left( \frac{\partial Q}{\partial \dot{m}} \varepsilon_{\dot{m}} \right)^2 + \left( \frac{\partial Q}{\partial T_1} \varepsilon_{T_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial Q}{\partial T_2} \varepsilon_{T_2} \right)^2}$$

où:

$$\frac{\partial Q}{\partial \dot{m}} = c_p(T_1 - T_2), \text{ en kJ/kg}$$

$$\varepsilon_{\dot{m}} = (0.005) * (0.187) \text{ kg/s}^1 \text{ (incertitude sur la lecture du débit)}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial T_1} = \dot{m}c_p, \text{ en kW/}^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon_{T_1} = 0.5 \text{ }^\circ\text{C (incertitude sur la lecture de température)}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial T_2} = -\dot{m}c_p, \text{ en kW/}^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon_{T_2} = 0.5 \text{ }^\circ\text{C (incertitude sur la lecture de température)}$$

En substituant, nous avons :

$$\varepsilon_Q = \sqrt{(c_p(T_1 - T_2)\varepsilon_{\dot{m}})^2 + (\dot{m}c_p\varepsilon_{T_1})^2 + (-\dot{m}c_p\varepsilon_{T_2})^2} = 0.55 \text{ kW}$$

Donc l'erreur absolue sur la valeur de Q est égale à 0.55 kW. L'erreur relative est  $(0.55/5.7) * 100\% = 9.7\%$ .

Si nous réduisons l'incertitude sur les lectures de températures ( $\varepsilon_{T_1}$  et  $\varepsilon_{T_2}$ ) à 0.1 °C au lieu de 0.5 °C, l'erreur relative devient 2.0%.

---

<sup>1</sup> 0.5% de la valeur mesurée