

Formulaire TechMes

Introduction

Méthodes de mesure

- Par déviation
- Par comparaison

Unités fondamentales

1. Masse en kilogramme [kg]
2. Distance en mètre [m]
3. Temps en seconde [s]
4. Courant en ampère [A]
5. Température en kelvin [K]
6. Intensité lumineuse en candela [cd]
7. Quantité de matière en mole [mol]

Mesure d'une grandeur physique

$$G = g \pm \Delta g \text{ } U \text{ à } x\% \text{ (ou } n - \sigma \text{)}$$

- G : nom de variable (m, I, t)
- g : valeur numérique
- Δg : incertitude
- U : unité
- $x\%$: probabilité que la vraie valeur de G soit comprise dans l'intervalle $[g - \Delta g; g + \Delta g]$
- $n - \sigma$: intervalle de confiance

Exemple: $m = 12.3 \cdot 10^{-6} \pm 0.5 \cdot 10^{-6} \text{ g}$ à 95%

Chaîne de mesure

Introduction

1. *Chaîne de mesure*: succession d'appareils assurant la transmission et la transformation de l'information entre le capteur et le résultat de mesure.
2. *Mesurande*: grandeur d'entrée que l'on souhaite mesurer.

Transducteurs: capteurs et actionneurs

Transducteur (transducer): conversion d'une grandeur physique en une autre.

Capteur (sensor): conversion d'une grandeur physique en grandeur d'entrée du système.

Actionneur (actuator): conversion d'une grandeur de sortie du système en grandeur physique.

Grandeurs d'influence Z_i : grandeurs d'entrée non désirées du système.

Grandeurs d'influence les plus courantes:

- Température
- Tension d'alimentation
- Temps
- Humidité relative

Résolution du problème de mesure

$$Y = F(X)$$

$$X_m = F^{-1}(Y)$$

- X : vraie valeur du mesurande (que l'on ne connaîtra jamais exactement)

- X_m : valeur mesurée, qui est une estimation de X
- *Validité des mesures*: degré de confiance que l'on peut accorder au résultat chiffré de la mesure.

Causes d'erreurs:

- modèle mathématique (non-conformité, non-linéarité)
- effet des grandeurs d'influence (modification du comportement de la chaîne)
- bruit interne (limite de détection)
- perturbations provoquées par l'environnement externe (compatibilité électromagnétique)
- effet de charge (échange d'énergie entre l'objet mesuré et la chaîne de mesure)

Modèle mathématique

Étendue de mesure: domaine des valeurs du mesurande dans lequel le modèle mathématique est valable.

Forme linéaire de la chaîne de mesure

$$Y = G \cdot X + \text{Offset}$$

Forme polynomiale de la chaîne de mesure

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + \dots + a_n \cdot X^n$$
$$X_m = c_0 + c_1 \cdot Y + c_2 \cdot Y^2 + \dots + c_n \cdot Y^n$$

Effet de charge

Effet de charge (loading effect): modification induites par la présence du transducteur.

Différents types de signaux

- Continu
- Discret
- Numérique
- Déterministes
- Aléatoires

Etalonnage, ajustage

Incertitudes

Modèle linéaire:

$$Y = GX + Of$$

Erreur absolue (e): écart entre la valeur mesurée et la vraie valeur.

Erreur relative (ε): quotient entre erreur absolue et vraie valeur.

Erreur de gain (α): erreur relative du gain de la chaîne. Erreur systématique proportionnelle au mesurande.

Erreur de décalage (D): erreur absolue à l'origine. Erreur systématique constante, indépendante du mesurande.

Erreur de non-linéarité (NL): écart entre la droite du modèle actuel et la courbe réelle de réponse.

Incertitude de mesure (I): valeur limite que peut prendre l'erreur, avec un certain degré de confiance (en général 99%).

$$e = X_m - X = X \cdot \alpha + D + NL$$

$$\epsilon = \frac{e}{X} = \frac{e}{X_m}$$

$$I = \alpha \cdot \text{lect} + B \cdot \text{digit} = \alpha \cdot \text{lect} + \beta \cdot \text{gamme}$$

Ajustage et étalonnage

Ajustage: modifier le comportement pour une meilleure réponse possible.

Étalonnage: déterminer les erreurs actuelles.

Ajustage

- Modèle nominal: rectangle d'incertitude centré autour des valeurs nominales et contient les valeurs extrêmes mesurées.
- Modèle réel: idem que modèle nominal, mais n'est pas centré autour des valeurs moyennes; le rectangle est alors plus petit.

Gain nominal:

$$G_n = \frac{Y_{\max} - Y_o}{X_{\max} - X_o}$$

Incertitude de décalage:

$$D_c = \Delta X_o + \left| \frac{\Delta Y_0}{G_n} \right|$$

Incertitude de gain:

$$\alpha_c = \frac{D_c + \Delta X_{\max} + \left| \frac{\Delta Y_{\max}}{G_n} \right|}{X_{\max} - X_o}$$

Étalonnage

Erreur pour chaque couple mesuré:

$$e(i) = X_m(i) - X(i) = \frac{Y(i) - Of_{\text{nom}}}{G_{\text{nom}}} - X(i)$$

Méthodes possibles pour choix de la droite:

Droite par les extrêmes: la droite passe par deux points de la réponse réelle.

Meilleure droite: droite de régression linéaire.

Écart entre la valeur mesurée et la droite:

$$\Delta = Y(i) - [G_{\text{reel}} \cdot X(i) + Of_{\text{reel}}]$$

$$NL + \text{Bruit} = \frac{\max |\Delta|}{G_{\text{reel}}}$$

Erreur de gain:

$$\alpha = \frac{G_r - G_n}{G_n}$$

Erreur de décalage:

$$D = \frac{Of_r - Of_n}{G_n}$$

Auto-calibrage

Mesures répétées

Moyenne:

$$\mu = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Écart-type:

$$\sigma = \lim_{N \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

$$\bullet 1 \cdot \sigma \rightarrow 68\%$$

$$\bullet 2 \cdot \sigma \rightarrow 95\%$$

$$\bullet 3 \cdot \sigma \rightarrow 99.7\%$$