

# Formulaire TechMes

## Généralités

### 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
- $\Delta g$ : 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:  $m = 12.3 \cdot 10^{-6} \pm 0.5 \cdot 10^{-6} \text{ g}$  a 95%

## Chaîne de mesure

### Généralités

1. *Mesurande*: grandeur non-électrique que l'on souhaite mesurer
2. *Transducteur (capteur)*: signaux analogiques
3. *Conditionneur*: signaux continus dans le temps
4. *Pré-traitement*: amplification, filtrage
5. *Convertisseur A/N*: échantillonnage (discrétisation)
  - (a)  $x(t) \rightarrow$  Échantillonneur
  - (b)  $x[n] \rightarrow$  Quantificateur
  - (c) Codeur  $\rightarrow$  signal numérique
6. *Post-traitement et stockage des données*
7. *Résultat*

### Transducteurs: capteurs et actionneurs

**Transducteur**: conversion d'une grandeur physique en une autre.

**Capteur**: conversion d'une grandeur physique en un signal électrique.

**Actionneur**: génère une grandeur physique depuis un signal électrique.

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

Grandeurs d'influence les plus courantes:

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

## Problème de mesure

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

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

Modèle linéaire:

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

Modèle polynomial:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + \dots + a_n \cdot X^n$$

$$X_m = c_0 + c_1 \cdot Y + c_2 \cdot Y^2 + \dots + c_n \cdot Y^n$$

## Étalonnage, ajustage

### Incertitudes

#### Ajustage et étalonnage

**Ajustage**: modifier le comportement = la meilleure réponse possible (la plus proche des valeurs nominales).

**Étalonnage**: déterminer les erreurs actuelles.

### 0.0.1 Incertitudes résiduelles d'ajustage

Calcul du gain:

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

Incertitude de décalage:

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

Incertitude de gain:

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

### 0.1 Comparer les modèles actuels et nominaux

Erreur de gain:

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

Erreur de décalage:

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

### 0.2 Non-linéarité

Écart entre la courbe et le modèle réel:

$$\Delta i = Y_i - (Gr X_i + Of_r)$$

$$\delta i = X_i - (Y_i - Of_r)/Gr$$

Spécification d'incertitude:

$$NL = \max\{|\Delta i|/Gr\} = \max\{|\delta i|\}$$

### Compensation des erreurs systématiques

#### Mesures répétées

Sensibilité:

$$K(M) = \frac{\partial C(M)}{\partial (M)}$$

Fidélité d'un instrument:

$$F = \sqrt{(valeur\_etalon - valeur\_mesuree)^2}$$

Justesse d'un instrument:

$$J[\%] = (1 - \frac{valeur\_etalon - valeur\_mesuree}{valeur\_etalon})$$

Théorème de Shanon-Nyquist:

$$f_e \geq 2 \cdot f_{max}$$

Quantum (résolution):

$$q = \frac{X_{PE}}{2^N}$$

$$X_{PE} = X_{max} - X_{min}$$

Erreur de quantification:

$$-q/2 \leq e_q < q/2$$

Fréquence de scrutation et de balayage:

$$f_{scan} \leq \frac{f_{scrut}}{N_{canaux}}$$

## Analyse de mesures

## Capteurs

## Lexique

**Résolution de mesure:** plus petite variation du mesurande que l'on peut détecter  
(1 quantum = 1 digit = 1 LSB)