Mesure, incertitude, présentation d'un résultat

1. INCERTITUDE

L'incertitude de mesure **ΔM** est un paramètre, associé au **résultat du mesurage**, qui caractérise la dispersion des valeurs qui peut être attribuées à la grandeur que l'on veut mesurer, appelée **mesurande**.

Le résultat d'une mesure n'est jamais une valeur : il est toujours donné sous la forme d'un intervalle des valeurs probables du mesurande **M = m ± ΔM** associé à un niveau de confiance.

L'évaluation de **l'incertitude-type S** par une méthode statistique est dite de ***type A***.
Quand la détermination statistique n'est pas possible, on dit que l'évaluation est de ***type B***. C'est le cas d'une mesure unique m réalisée avec un appareil de classe connue.

L'incertitude élargie est alors : **ΔM = k S** **k étant le niveau de confiance (k** = **1**, **2** ou **3)**

$$k_{68,47\%} = 1 \quad k_{95,45\%} = 2 \quad k_{99,73\%} = 3$$ **pour k = 2**

Incertitudes de type A si on a un ensemble statistique de résultats de mesurage d'un même mesurande (même grandeur à mesurer)

- La meilleure estimation du résultat de la mesure est donnée par la ***moyenne arithmétique*** :

$$m = \overline{m} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} m_k$$

- ***L'écart-type expérimental*** a pour expression :

$$s_{exp} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{k=1}^{n}(m_k - \overline{m})^2}$$

- ***L'incertitude-type*** est définie par :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n}}\, s_{exp}$$

Incertitudes de type B

Exemple 1 : mesure de volume avec une burette (résolution et tolérance)

Lecture	**V = 22,1 mL**
Srésolution (graduation)	$S_{rés}$ = 2 x 0,1 / √12 = 0,0577 mL car double lecture (0 et V)
Stolérance (dépend de la "classe")	S_{tol} = 0,05 / √3 = 0,0288 mL
S (incertitude type)	**S =** $\sqrt{S_{rés}^2 + S_{tol}^2}$ = 0,0644 mL
ΔV (incertitude type élargie)	**ΔV** = 3 x 0,0644 = 0,1932 mL = 0,2 mL k = 3 pour taux de confiance 99%
Résultat	V = 22,1 ± 0,2 mL (k=3)
Précision	ΔV/V = 0,2/22,1 = 0,9 % ≈ 1 %

Exemple 2 : mesure de période à l'oscilloscope et calcul de fréquence

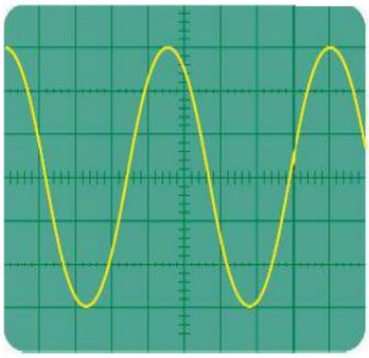
$2\ T = 9 \times 500.10^{-6}$ donc $T = 2{,}25.10^{-3}$ s

$\Delta T = 2 \times 2 \times 0{,}2 \times 500\ 10^{-6} / \sqrt{12} / 2 = 5{,}77.10^{-5}$ s $= 0{,}06.10^{-3}$ s

- *graduation = 0,2 div = 0,2 x 500 10^{-6} s*
- *double lecture donc x 2 et k = 2 donc x 2*
- *mais mesure de 2T donc division par 2*

résultat : $T = 2{,}25.10^{-3} \pm 0{,}06\ 10^{-3}$ s (k = 2)
précision : $\Delta T / T = 0{,}027 = 2{,}7$ %

calcul de la fréquence $f = 1 / T = 444{,}4$ Hz
$\Delta f / f = \Delta T / T = 2{,}7$ % donc $\Delta f = 0{,}027 \times 444{,}4 = 12$
résultat : $f = 444 \pm 12$ Hz (k = 2)



Réglages de l'oscilloscope
– Sensibilité : $a = 200$ mV·div^{-1}.
– Durée de balayage : $b = 500$ µs·div^{-1}.

---

2. CAS DE PLUSIEURS SOURCES D'INCERTITUDE INDEPENDANTES

Relation additive : c = a + b ou c = a - b

$$\Delta c = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Relation multiplicative : c = a × b ou c = a / b

$$\frac{\Delta c}{c} = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2}$$

---

3. PRESENTATION D'UN RESULTAT

<u>Notation scientifique</u>

Exemple : L = 0,06520 m comporte 4 chiffres significatifs (6520)

La notation scientifique est de la forme : $a \times 10^n$ avec $0 < a < 10$ et n entier
En notation scientifique on écrit : $L = 6{,}520 \times 10^{-2}$ m (on a bien 4 chiffres significatifs)

<u>Arrondissage</u> de la valeur numérique du résultat de mesure
L'incertitude élargie est donnée avec au plus 2 chiffres significatifs.

Pour la valeur numérique du résultat le dernier chiffre à retenir est celui qui a la même position que le dernier chiffre significatif dans l'expression de l'incertitude
Exemple : Y = 125,4596 ΔY = 1,2 alors : Y = 125,5 ± 1,2

Il faut arrondir le résultat obtenu par un calcul afin d'exprimer le résultat avec un nombre de chiffres significatifs égale à celui de la donnée utilisée la moins précise.
Exemple : 3,45 x 1,2 = 4,1400 arrondi à 4,1 (l'une des donnée du calcul n'a que deux chiffres significatifs)

<u>Présentation du résultat :</u> le résultat d'une mesure n'est jamais une valeur ; il sera donné sous la forme d'un intervalle des valeurs probables du mesurande.
On détermine donc un intervalle de confiance : le mesurande est compris dans l'intervalle :

[m - ΔM ; m + ΔM]

Ecriture normalisée : M = m ± Δm (avec l'unité et éventuellement le taux de confiance)

Précision : Δm / m (exprimée en pourcentage)

Par exemple : V = 22,1 ± 0,2 mL (k=3) ΔV/V = 0,9 %