TP

Incertitudes de mesure

Fiche à conserver et à amener à chaque TP.

On note Δ la demi-étendue d'incertitude : pour une valeur mesurée x, il s'agit de dire qu'on est presque certain que la valeur réelle se situe entre $x - \Delta$ et $x + \Delta$. De manière générale, l'incertitude associée à une valeur mesurée possède plusieurs contributions :

- celle liée à la fabrication nécessairement imparfaite de l'instrument, $\Delta_{\text{instrument}}$;
- celle liée à l'opérateur (vous) qui manipule ou lit le résultat de manière imparfaite, $\Delta_{\text{opérateur}}$;
- parfois une contribution supplémentaire, Δ_{autre}.

La demi-étendue d'incertitude globale est alors :

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{instrument}}^2 + \Delta_{\text{opérateur}}^2 + \Delta_{\text{autre}}^2}.$$

Si on pense que la valeur réelle est avec une probabilité uniforme entre $x - \Delta$ et $x + \Delta$, alors le lien entre demi-étendue d'incertitude (Δ) et incertitude-type ou écart-type (u) est donné par $u = \dfrac{\Delta}{\sqrt{3}}$.

Quelques exemples à compléter dans l'année :

Instrument	$\Delta_{\text{instrument}}$	$\Delta_{\text{opérateur}}$	Δ_{autre}
Règle, mètre ruban Exemple (TP n° ...) :	graduation		
Vernier Exemple (TP n° ...) :	graduation	oui	
Banc optique Exemple (TP n° ...) :	graduation		plage de nettetée
Appareil numérique Exemple du voltmètre (TP n° ...) :	lire notice	non	
Chronomètre Exemple (TP n° ...) :	négligeable	temps de réaction	
Fiole jaugée Exemple pour $V =$ (TP n° ...) :	tolérance indiquée	oui	
Pipette jaugée Exemple pour $V =$ (TP n° ...) :	tolérance indiquée	oui	
Burette graduée Exemple pour $V =$ (TP n° ...) :	tolérance indiquée	lecture	repérage de l'équivalence

Mesures et incertitudes en CPGE

x — Grandeur mesurée

Résultat d'une mesure : x_{exp} , $u(x_{\text{exp}})$

- x_{exp} : **VALEUR obtenue EXPÉRIMENTALEMENT** — *dernier CS de même rang que celui de* $u(x_{\text{exp}})$
- $u(x_{\text{exp}})$: **INCERTITUDE-TYPE** de la valeur mesurée *écrite avec deux CS*

Série de *N* mesures indépendantes

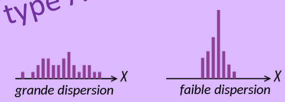
$$x_{\text{exp}} = \overline{x}$$

moyenne des valeurs obtenues

Évaluation par une approche **statistique**

Évaluation de type A

► l'écart-type σ : estime la dispersion de la série



$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}$$

et donne l'incertitude-type associée à une mesure

► On réduit l'incertitude en prenant en compte toute la série.

Alors : $$u(\overline{x}) = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$ Incertitude-type **de la moyenne**

diminue si le nombre *N* de mesures augmente

Mesure unique

$$x_{\text{exp}} = x_{\text{mes}}$$

valeur **donnée par l'instrument** de mesure

Évaluation par une approche **non statistique**

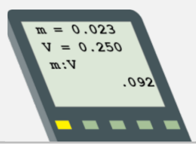
Évaluation de type B

$$u(x_{\text{mes}}) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$ Incertitude-type **de la valeur mesurée**

► liée à la demi-largeur de l'intervalle
on est presque certain de trouver la valeur recherchée dans l'intervalle $[x_{\text{mes}} - \Delta,\ x_{\text{mes}} + \Delta]$ (estimation)

- règle graduée au mm : $\Delta = 1\,\text{mm}$ ou $0{,}5\,\text{mm}$
- verrerie précise à $0{,}1\,\text{mL}$: $\Delta = 0{,}1\,\text{mL}$
- etc… et attention à prendre en compte l'expérimentateur

Calcul



$$x_{\text{exp}} = x_{\text{calc}}$$

calculée à partir de valeurs mesurées

$u(x_{\text{calc}})$ Incertitude-type **composée**

► $x_{\text{calc}} = x_1 \pm x_2 \Rightarrow u(x_{\text{calc}}) = \sqrt{u(x_1)^2 + u(x_2)^2}$

► $x_{\text{calc}} = a\,x_1 x_2$ ou $a\,x_1/x_2 \Rightarrow \frac{u(x_{\text{calc}})}{x_{\text{calc}}} = \sqrt{\left(\frac{u(x_1)}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{u(x_2)}{x_2}\right)^2}$

► autre formule : méthode Monte-Carlo

Comparaison à une valeur de référence $x_{\text{réf}}$

Estimation de l'écart rapporté à l'incertitude :

$$z = \frac{|x_{\text{exp}} - x_{\text{réf}}|}{\sqrt{u(x_{\text{exp}})^2 + u(x_{\text{réf}})^2}}$$

parfois inconnue ou négligée : prendre alors 0.