

Thème : Incertitudes
Cours 1 : Mesures et incertitudes
(version élèves)

B.O. Mesures et incertitudes. Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.
Incertitude-type. Incertitudes-types composée. Écriture du résultat. Valeur de référence

I. Chiffres significatifs.

Règles pour les chiffres significatifs d'une valeur écrite en notation scientifique (mantisse $\times 10^{\text{exposant}}$).

Il y a quatre règles pour déterminer les chiffres significatifs :

1. Les chiffres significatifs ne concernent que la mantisse.
2. Les chiffres différents de zéro sont toujours significatifs.
3. Les zéros à gauche ne sont jamais significatifs.
4. Les zéros à droite sont toujours significatifs.

Exemples : Soit la masse $m = 1,660540 \times 10^{-27}$ kg. Ce nombre est correctement écrit en notation scientifique et il comporte 7 chiffres significatifs.

Soit une substance chimique en solution de concentration centimolaire : cette concentration molaire suivant qu'elle est écrite $C = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ ou $C = 0,0100 \text{ mol.L}^{-1}$ **n'a pas la même précision** puisque dans le premier cas cela signifie qu'elle est connue avec 1 chiffre significatif et dans le deuxième cas avec 3.

D'ailleurs dans le cas où cette concentration molaire est connue à 1% près, il est préférable d'écrire : $C = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ écriture correcte relativement à la notation scientifique et au respect des chiffres significatifs.

II. Incertitude type et incertitude relative.

1. Définitions.

L'incertitude type est la valeur de l'écart type (s_x) divisée par la racine carrée du nombre de mesures : $\hat{u}_x = \frac{s_x}{\sqrt{N}}$

$\frac{\hat{u}_x}{X_e}$: est l'incertitude relative sur X_e : elle n'a pas d'unité ($100 \times \frac{\hat{u}_x}{X_e}$: donne l'incertitude relative en pourcentage)

2. Règles d'écriture

En notation scientifique, la valeur estimée et l'incertitude absolue d'une grandeur doivent être écrites avec la même puissance de 10 (et la même unité !) (et un nombre de chiffres significatifs cohérents). Généralement on prend un chiffre significatif.

Exemples : $C = (1,00 \pm 0,02) \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ $h = (1,70 \pm 0,01) \text{ m} \dots$

III. Estimateur de l'incertitude d'une grandeur.

Voir la fiche annexe

Attention : Si on effectue une mesure à l'aide d'une règle graduée dont la plus petite graduation est 1,0 mm, alors l'incertitude type sera égale à :

$$\hat{u}_x = \sqrt{2 \times \left(\frac{l}{\sqrt{12}}\right)^2} \text{ soit } \hat{u}_x = \sqrt{2} \times \frac{l}{\sqrt{12}} \quad \text{Vous appliquerez la relation fournie selon l'exercice.}$$

\hat{u}_x s'écrit avec 1 ou 2 chiffres significatifs avec autant de décimales que celles présentes dans la moyenne et toujours par excès
Exemple pour une valeur de la vitesse moyenne $v = 25,4 \text{ m.s}^{-1}$ et une incertitude type égale à $\hat{u}_v = 0,13 \text{ m.s}^{-1}$ on écrira :
 $v = (25,4 \pm 0,2) \text{ m.s}^{-1}$

1. Incertitudes types composées.

Voir Fiche annexe

Remarque :

Les formules sont fournies au baccalauréat.

Elles ne le seront pas toujours lors des TP et DST. Il faut donc s'entraîner à les retrouver.

Le logiciel GUM_MC permet de calculer les propagations d'incertitudes.

Exemple de calcul pour une vitesse :

L'incertitude sur la durée est $\hat{u}_t = 0,01$ s.
 L'incertitude sur la longueur est $\hat{u}_L = 0,001$ m
 $\hat{L} = 10,00$ m
 $\hat{\Delta t} = 2,00$ s $V = \frac{L}{\Delta t}$

L'incertitude-type sur la vitesse est égale à : $\hat{u}_V = \hat{V} \cdot \sqrt{\left(\frac{u_t}{\Delta t}\right)^2 + \left(\frac{u_L}{L}\right)^2}$

$\Leftrightarrow \hat{u}_V = 5,00 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,01}{2,00}\right)^2 + \left(\frac{0,001}{10,00}\right)^2} = 2,50 \times 10^{-2}$ m

Le résultat s'écrira : $V = (5,00 \pm 0,03)$ m.s⁻¹

IV. Acceptabilité d'un résultat.

Afin de comparer la valeur expérimentale avec une valeur de référence, on utilisera le quotient $\frac{|m_{mesurée} - m_{référence}|}{u(m)}$ où $\hat{u}(m)$ est l'incertitude-type associée au résultat comme critère principal comparatif. Si ce quotient est inférieur ou égal à 2, on peut considérer que la mesure acceptable. $\frac{|m_{mesurée} - m_{référence}|}{u(m)} \leq 2$

Ce quotient est appelé **z-score**

Bac Polynésie 2023 (version adaptée)

L'analyseur d'hématologie est un appareil permettant d'effectuer de manière automatisée une analyse quantitative des cellules contenues dans le sang, en particuliers les globules blancs (leucocytes).

On peut déterminer la taille d'une cellule par une méthode de diffraction. Pour cela on utilise la formule suivante : $a = \frac{2,44 \times D \times \lambda}{L}$
 Une cellule placée sur le trajet d'un faisceau laser de longueur d'onde $\lambda = (635 \pm 1)$ nm, génère une figure de diffraction dont la tache centrale a un diamètre $L = (45 \pm 1)$ mm sur un capteur placé à une distance $D = (350 \pm 1)$ mm de la cellule.

- Déterminer la valeur de la taille de la cellule notée a_{exp} avec 4 chiffres significatifs.
- Déterminer la valeur de l'incertitude-type notée $u(a)$ avec deux chiffres significatifs à l'aide de la formule suivante :

$$\hat{u}(a) = a_{exp} \times \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$$

Remarque : dans cet exercice de baccalauréat l'incertitude-type n'est pas notée $\hat{u}(a)$, mais $u(a)$

- Ecrire la valeur de la taille a de la cellule sous la forme : $a = a_{exp} \pm u(a)$ avec un nombre correct de chiffres sur la valeur de a_{exp} .
- En utilisant le z-score, vérifier que cette étude correspond bien à celle d'un neutrophile.

Nom	Image	Diagramme	Proportion	Diamètre	Cytoplasme
Neutrophile			40 à 75 %	12 µm	clair, avec granulations colorables par la mise en évidence de la myéloperoxydase.