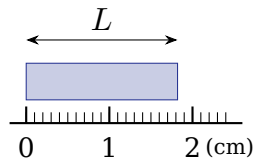


Précision de mesure et chiffres significatifs

Contrairement aux mathématiques, toutes les valeurs numériques utilisées en physique-chimie proviennent d'une **mesure**, réalisée avec un instrument offrant une certaine **précision**. Cette fiche explique comment cette précision se lit dans l'écriture d'un résultat, et comment elle se propage dans les calculs.

1. Précision d'un instrument de mesure

La précision d'une règle graduée est de 1 mm : le plus petit détail qu'elle permette de mesurer a une taille de 1 mm.



La dimension de l'objet ne tombe jamais **exactement** sur une graduation (même si l'œil n'est pas toujours capable de le percevoir) : la précision de la règle s'identifie donc avec l'**incertitude** de la mesure (fiche **O4**).

Une mesure complète serait donc donnée par le résultat suivi d'un encadrement précisant son incertitude :

$$L = 1,8 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}$$

Comme *toutes* les mesures sont entachées d'une incertitude, le physicien résume cette notation :

Écriture d'un résultat mesuré

Quand on écrit

$$L = 1,8 \text{ cm},$$

il est **entendu** que le résultat présente une incertitude d'**une unité sur le dernier chiffre écrit**, et que l'on ne sait **rien** des chiffres suivants.

Les chiffres effectivement mesurés sont les **chiffres significatifs** (abrégés **CS**). Ici le résultat compte 2 CS : le 1 (nombre de cm mesurés) et le 8 (nombre de mm mesurés).

Exemple. Aucun changement d'unité ne peut modifier le nombre de CS. On pourra tout aussi bien écrire :

$$L = \underset{2 \text{ CS}}{0,018 \text{ m}} = \underset{2 \text{ CS}}{1,8 \times 10^4 \mu\text{m}}.$$

Les deux zéros du résultat exprimé en mètre ne sont **pas significatifs** : ils ne signifient rien, car ils dépendent simplement du choix d'unité. Il est par contre strictement interdit d'écrire $L = 18\,000\ \mu\text{m}$: d'après la règle fondamentale, cela signifierait $L = 18\,000\ \mu\text{m} \pm 1\ \mu\text{m}$ (résultat à 5 CS). Pour obtenir une si petite incertitude, il aurait fallu mesurer l'objet avec un instrument d'une précision de $1\ \mu\text{m}$ — un microscope performant, par exemple.

De la même manière, en chimie, une **éprouvette graduée** a une précision de 1 mL, alors qu'une **fiolle jaugée**, une **pipette jaugée** ou une **burette graduée** ont une précision de 0,1 mL (fiche **O4** pour les valeurs précises données par le fabricant).

Cas des nombres entiers

Si un nombre est entier *par nature*, la précision sur sa partie décimale est infinie : un pack de 6 bouteilles d'eau ne peut pas en contenir 6,02. Un entier possède donc un nombre **infini** de CS (6,00000 ...).

Exemple. Dans la formule de l'énergie cinétique $E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2$, les nombres 1 et 2 sont entiers (1,0000 ... et 2,0000 ...) : les CS à prendre en compte sont uniquement ceux des mesures de masse et de vitesse.

2. Calculs et chiffres significatifs

Addition et soustraction

M. S mesure 1,62 m (3 CS, précision de 1 cm) et porte des chaussures dont les talonnettes mesurent 34 mm (2 CS, précision de 1 mm). Pour calculer la hauteur h de M. S chaussé, posons l'addition après avoir converti les deux longueurs dans la même unité (le cm) :

$$\begin{array}{r} 162,?? \\ + \quad 3,4? \\ \hline 165,?? \end{array}$$

La précision du mm sur la deuxième mesure est **inutile**, puisque l'on ne connaît pas le chiffre correspondant au mm de la première (alors que votre calculatrice afficherait sans sourciller 165,4, en bonne mathématicienne qu'elle est) :

$$h = 162 + 3,4 = 162 + 3 = 165\ \text{cm} \quad (\text{on arrondit la valeur la plus précise}).$$

Cap bac — l'indispensable

Dans une addition ou une soustraction, la précision du résultat est celle de la mesure la moins précise (ici, le cm).

À la calculatrice : calculer normalement, puis **arrondir le résultat final à la précision la plus faible**.

Attention ! Le nombre de CS peut fortement **diminuer** au cours d'une soustraction :

$$m_{\text{neutron}} - m_{\text{proton}} = \underset{6 \text{ CS}}{1,67494 \times 10^{-27}} - \underset{10 \text{ CS}}{1,672621778 \times 10^{-27}} = \underset{3 \text{ CS}}{2,32 \times 10^{-30} \text{ kg.}}$$

Multiplication et division

Calculons la surface S d'un ruban de scotch de longueur $L = 20,0 \text{ m}$ (précision de $0,1 \text{ m}$, 3 CS) et de largeur $\ell = 2,1 \text{ cm}$ (précision de 1 mm , 2 CS). Convertissons en cm ($L = 200?$: le chiffre des unités de cm est inconnu) et posons la multiplication :

$$\begin{array}{r} 200? \\ \times 2,1? \\ \hline ??? \\ 200? \\ 400? \\ \hline 42??,?? \end{array}$$

Seuls les chiffres 4 et 2 sont fiables : on retiendra $S = 4,2 \times 10^3 \text{ cm}^2$, alors que votre calculatrice donnerait sans réfléchir 4200 cm^2 :

$$S = L \cdot \ell = \underset{3 \text{ CS}}{2,00 \times 10^3} \times \underset{2 \text{ CS}}{2,1} = \underset{2 \text{ CS}}{4,2 \times 10^3 \text{ cm}^2}.$$

Cap bac — l'indispensable

Dans une multiplication ou une division, le nombre de CS du résultat est le plus petit nombre de CS utilisé dans le calcul (ici, 2 CS).

À la calculatrice : calculer normalement, puis **arrondir le résultat final au nombre de CS le plus faible**.

Attention ! Un résultat ne doit pas être présenté de manière mathématique (« exacte ») en physique. La diagonale d d'un carré d'arête $a = 3,0 \text{ cm}$ doit s'écrire :

$$d = a \cdot \sqrt{2} = \underset{2 \text{ CS}}{3,0} \times \underset{\text{beaucoup de CS}}{\sqrt{2}} = \underset{2 \text{ CS}}{4,2 \text{ cm.}}$$

Le résultat « $3\sqrt{2}$ » ne serait pas correct.

N'arrondir qu'une fois, à la fin

Dans un calcul en plusieurs étapes, une valeur intermédiaire n'est arrondie que pour l'**affichage** : pour la suite du calcul, on réutilise la valeur **non arrondie** (gardée en mémoire de calculatrice), sinon les arrondis successifs dérivent et le dernier chiffre du résultat devient faux.

Pièges fréquents

- Un **changement d'unité** ne change jamais le nombre de CS : les zéros de position (0,018 m) ne sont **pas significatifs**.
- Addition/soustraction : on raisonne en **précision** (rang du dernier chiffre); multiplication/division : on raisonne en **nombre de CS**. Ne pas confondre les deux règles.
- La calculatrice affiche tous ses chiffres : c'est à **vous** d'arrondir le **résultat final** — et lui seul.
- Les **entiers par nature** (nombre d'objets, coefficients d'une formule) ont un nombre infini de CS : ils ne limitent jamais un résultat.

Cap bac — l'indispensable

- Dernier chiffre écrit = incertain d'une unité ; on ne sait rien des suivants.
- + et - : précision de la mesure la **moins précise**.
- $\times$ et $\div$: **plus petit nombre de CS** du calcul.
- On n'arrondit qu'**une fois**, à la toute fin.

3. Auto-test

Répondez avant de regarder les corrigés.

1. Combien de chiffres significatifs comptent : 0,050 g ; $1,20 \times 10^2$ mL ; 6 comprimés ?
2. Écrire $L = 2,5$ cm en m, puis en μm , sans changer le nombre de CS.
3. Calculer $m = 250,0 + 3,52$ (masses en g).
4. Calculer $c = n/V$ avec $n = 2,0 \times 10^{-3}$ mol et $V = 50,0$ mL.
5. Quel est le périmètre $P = 2\pi r$ d'un cercle de rayon $r = 2,0$ cm ?

Corrigés

1. 0,050 : 2 CS (les zéros de gauche ne sont pas significatifs, celui de droite l'est) ; $1,20 \times 10^2$: 3 CS ; 6 comprimés : entier par nature, CS infinis.
2. $L = 0,025$ m = $2,5 \times 10^4 \mu\text{m}$ (2 CS dans tous les cas ; « 25 000 μm » serait faux).
3. Addition : précision la plus faible, ici 0,1 g : $m = 250,0 + 3,5 = 253,5$ g.
4. Division : plus petit nombre de CS (2) : $c = 2,0 \times 10^{-3} / 0,0500 = 4,0 \times 10^{-2}$ mol · L⁻¹.
5. $P = 2\pi r = 13$ cm (2 CS : 2 est entier, π a une infinité de CS, seul r limite ; « 4π cm » ne serait pas correct).