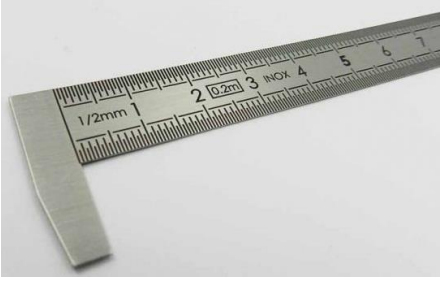
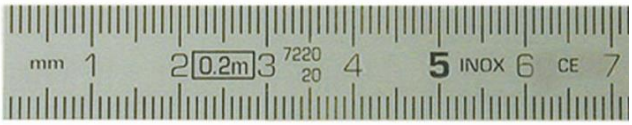
MESURES ET INCERTITUDES
INCERTITUDES DE TYPES A ET B EN SCIENCES

Les erreurs de mesure

En physique chimie, on détermine la valeur d'une grandeur physique (volume, distance, masse…) grâce à un appareil de mesure ou un dispositif expérimental fournissant un résultat plus ou moins précis.

Ex : Pour mesurer une distance, un réglet (à gauche) est plus précis qu'une règle (à droite).

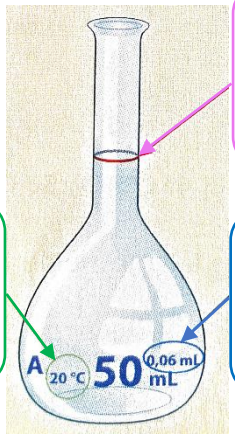




1. LES ERREURS DE MESURE

On ne peut jamais connaître avec exactitude la valeur d'une mesure, même si elle est réalisée avec soin. Il existe toujours des erreurs de mesures.

Ex : Préparation d'une solution



Erreur liée à l'opérateur :
Bas du ménisque pas exactement au niveau du trait de jauge…

Erreur liée à une grandeur d'influence :
Température à laquelle on ne travaille pas forcément 20°C…

Erreur liée à la qualité du matériel :
Tolérance indiquée par le fabriquant…

2. VARIABILITE DES MESURES

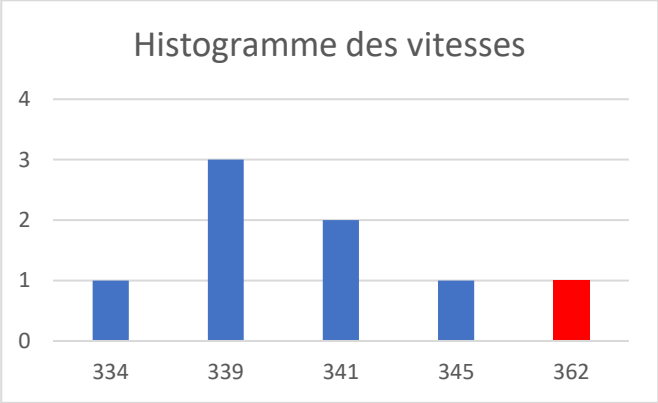
Lorsque l'on effectue n fois la mesure d'une grandeur dans les mêmes conditions, on trouve, dans la plupart des cas, des valeurs différentes.

Ex : Mesure de la vitesse de propagation du son par des élèves

Essai n°	Valeur de v en $m.s^{-1}$
1	362
2	339
3	345
4	339
5	341
6	334
7	339
8	341

La meilleure estimation de cette grandeur (notée G) est alors la **moyenne $\overline{G}$** des n mesures.
Ex : Moyenne de la vitesse : $\overline{v}$ = 342,5 m.s^{-1}

On peut visualiser la **dispersion des mesures** autour de la moyenne $\overline{G}$ graphiquement grâce à un **histogramme**.



Cette dispersion est caractérisée par l'**écart-type expérimental noté S_x**.
Ex : Ecart-type expérimental de la série de mesures des vitesses : S_x = 8,45154255 m.s^{-1}

Plus l'écart-type expérimental est faible, plus les résultats sont regroupés autour de la moyenne et plus la mesure est précise.
L'écart-type expérimental S_x peut être calculé à l'aide d'un tableur ou d'une calculatrice.

Rq : Si un résultat dans une série de mesures est trop éloigné des autres, on dira qu'il est aberrant et il devra être écarté afin de réduire la dispersion.

Ex : Dans les mesures précédentes, la valeur 362 est très éloignée des autres. On calcule à nouveau la moyenne et l'écart-type expérimental sans la valeur 362.
$\overline{v}$ = 339,7 m.s^{-1} et S_x = 3,30223589 m.s^{-1}

3. INCERTITUDE-TYPE

Pour évaluer l'étendue des valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à G, on peut déterminer l'**incertitude-type** sur G, notée **u(G)**, dont l'unité est la même que celle de la grandeur G.
Rq : **u** pour **u**ncertainty

L'incertitude-type permet également de comparer la valeur trouvée expérimentalement à une valeur de référence, pour juger de la pertinence ou de la qualité d'une mesure.

L'incertitude-type est donnée avec <u>un seul chiffre significatif</u> et on arrondit.

Deux méthodes de calcul sont utilisées pour estimer l'incertitude-type.

Incertitude de type A (statistique)

Cette méthode est utilisée lorsqu'on effectue un grand nombre de mesures et qu'on effectue ensuite une étude statistique.

- Calcul de la moyenne $\overline{G}$ des mesures
- Calcul de l'écart type expérimental S_x
- Calcul de l'incertitude-type de la grandeur G, avec u(G) = $\frac{S_x}{\sqrt{N}}$, N étant le nombre d'essais réalisés

Ex : Exemple précédant de la mesure de la vitesse de propagation du son
S_x = 3,30223589 m.s^{-1} et n = 7
Donc $u(v) = \frac{3{,}30223589}{\sqrt{7}}$ = 1,24812785 ≈ 1 m.s^{-1}

Présentation du résultat issu d'une étude statistique :

Rq : L'incertitude-type u(G) permet d'écrire le résultat de la mesure de façon légitime à condition de garder le nombre de chiffres significatifs pour la moyenne correspondant à la précision de u(G).

On rédige une phrase et on adapte la notation de la moyenne à l'incertitude.

Ex : Dans les conditions de l'expériences avec un échantillon de 8 mesures, la vitesse du son est estimée à $\bar{v}$ = 340 m.s^{-1} (et non 339,7) avec une incertitude-type u(v) = 1 m.s^{-1} (précision à l'unité).
v = 340 ± 1 m.s^{-1}
v ∈ [339 , 341]

Incertitude de type B

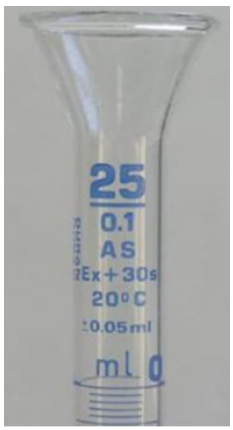
Cette méthode est utilisée lorsqu'une mesure ne peut pas être répétée.
Même sur une mesure unique il faut prendre en compte une variabilité due à l'instrument utilisé : si on change d'instrument en le remplaçant par un autre du même modèle, la mesure sera différente.

Ex : La détermination expérimentale d'une tension à l'aide d'un voltmètre donne une mesure. Mais si on prend d'autres voltmètres du même modèle, pour mesurer la même tension, on obtient malgré tout, des mesures à chaque fois différentes pour la même tension : il y a variabilité des mesures.

Un constructeur peut indiquer une tolérance notée ± t sur un instrument. L'incertitude-type u aura alors pour expression :

u(G) = $\frac{t}{\sqrt{3}}$

Ex : Mesure de volume avec une burette graduée



L'incertitude élargie (niveau de confiance à 95%) sur la mesure du volume est :
Δ(V) = 2xu(V) = 2 x $\frac{0,05}{\sqrt{3}}$ = 0,06 mL.
Cette incertitude est liée à la fabrication de l'instrument.

Rq : Cette incertitude n'est pas la seule qui intervient.
L'incertitude liée à la lecture du résultat par l'expérimentateur est souvent bien plus grande.
C'est alors elle que l'on prend uniquement en compte.

Sur un instrument muni de graduations sans indications du constructeur, l'incertitude élargie est donnée par l'expression :

Δ(G) = 2xu(G) = 2 x $\frac{\text{une graduation visible}}{\sqrt{12}}$

Ex : Un double décimètre gradué en mm mesure une longueur L
$\Delta(\mathrm{L}) = 2 \text{ x } \frac{1}{\sqrt{12}}$ = 0,6 mm

Autre exemple :

On souhaite déterminer par autocollimation la focale f ' d'une lentille convergente. La plage de distance qui permet d'obtenir l'image nette de l'objet par le miroir est 9,8 cm – 11,2 cm.

On calcule la valeur moyenne de la plage : $\overline{f'} = \frac{9,8+11,2}{2}$ = 10,5 cm

Pour calculer l'incertitude, on effectue : u(f') = $= \frac{11,2 - 9,8}{\sqrt{12}}$ = 0,4 cm