

# Chapitre 1 : Mesures et incertitudes

Programme	
Notions et contenu	Capacités exigibles
<ul style="list-style-type: none"><li>— Grandeurs et unités.</li><li>— Système international d'unités.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>— Distinguer les notions de grandeur, valeur et unité.</li><li>— Citer les sept unités de base du système international.</li></ul>
Sources d'erreurs.  Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.  Justesse et fidélité.    Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesures.    Écriture d'un résultat.    Valeur de référence.	Identifier les principales sources d'erreurs lors d'une mesure  Exploiter des séries de mesures indépendantes (histogramme, moyenne et écart-type) pour comparer plusieurs méthodes de mesure d'une grandeur physique, en termes de justesse et de fidélité.  Procéder à une évaluation par une approche statistique (type A) d'une incertitude-type. Estimer une incertitude-type sur une mesure unique.  Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée et en indiquant l'unité correspondante.  Discuter de la validité d'un résultat en comparant la différence entre le résultat d'une mesure et la valeur de référence d'une part et l'incertitude-type d'autre part.

## DÉFINITIONS

### Définition 1 : Grandeurs

On appelle grandeur physique, ou simplement grandeur, toute propriété qui peut être mesurée ou calculée. voir fascicule "Remise à niveau" pour plus de détail.

### Définition 2 : Valeur

Une valeur est un nombre accompagné d'une unité qui représente la quantité d'une grandeur.

Exemple :

$m = 7.0kg$

la grandeur physique

la valeur de la grandeur physique

### Définition 3 : Unité de base du SI.

Les unités de base du Système international sont les sept unités de mesure indépendantes du Système international à partir desquelles sont obtenues toutes les autres unités, dites unités dérivées.

voir fascicule "Remise à niveau" pour la liste des 7 unités à connaître.

## SAVOIRS-FAIRE

### Valeur de référence.

Lors d'une mesure on ne peut pas connaître la valeur vraie d'une grandeur, on peut connaître la **valeur de référence** qu'on trouve en faisant la mesure avec un appareil précis et exact.

### Sources d'erreurs

- La grandeur que l'on veut mesurer est appelée le mesurande, noté  $M$ .
- Le mesurage est le processus consistant à obtenir expérimentalement une ou plusieurs valeurs, que l'on peut attribuer à une grandeur.
- La valeur vraie du mesurande est une valeur théorique que l'on obtiendrait si le mesurage était parfait.

Lors de la mesure d'une grandeur physique, l'erreur de mesure est la différence entre la valeur mesurée et la valeur vraie. On ne peut pas connaître la valeur vraie, on peut connaître la **valeur de référence**.

Dans des mesurages répétés, on distingue deux composantes de l'erreur de mesure :

- l'erreur systématique qui est constante ou varie de manière prévisible.
- l'erreur aléatoire qui varie de façon imprévisible.

L'incertitude de mesure  $U(M)$  est un paramètre, associé au résultat d'une mesure, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient être attribuées à la valeur mesurée.

Le résultat est un intervalle des valeurs probables de la valeur mesurée avec l'unité appropriée.

$$M = (m \pm U(M))_{\text{unité}}$$

### Incertainité-type A

Les incertitudes de types A sont utiles quand un grand nombre de mesures sont réalisées (dans les mêmes conditions). C'est souvent le cas lorsque l'on ne dispose que de peu d'informations sur les sources d'erreurs, puisque celles-ci n'entrent pas en compte dans le calcul.

Cela permet d'ignorer l'effet des erreurs aléatoires, dont on estime qu'elles se compensent en moyenne, mais pas les erreurs systématiques, dont il faut toujours tenir compte.

Pour calculer l'incertitude de type A on utilise la formule suivante :

$$U(X) = k \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Diagram illustrating the formula for Type A uncertainty  $U(X)$ :

- $U(X)$  is labeled as **Incertainité** (Incidence).
- $k$  is labeled as **un coefficient et qui dépend de n et du niveau de confiance sur la mesure (souvent 95 % auquel cas,  $k = 2$ ).**
- $\sigma$  is labeled as **l'écart-type de la série de mesures représente l'étalement des mesures autour de la moyenne, peut être obtenu facilement avec un tableur**.
- $n$  is labeled as **le nombre de mesures**.

où  $\sigma$  est défini tel que :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}$$

Diagram illustrating the formula for standard deviation  $\sigma$ :

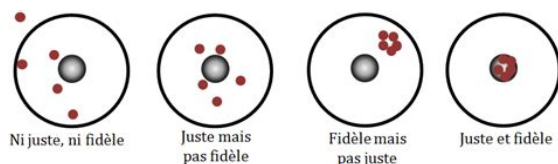
- $m_i$  is labeled as **la valeur de la i-ème mesure**.
- $\bar{m}$  is labeled as **la moyenne de la valeur des mesures**.

voir le problème 2 de "Remise à niveau"

### Justesse et fidélité

Le résultat d'une mesure est

- Juste si quand on répète la mesure, l'écart entre la valeur moyenne trouvée et la valeur de référence est faible.
- Fidèle si quand on répète la mesure, l'écart entre les mesures est faible.



### Écriture d'un résultat

#### 1. Compter les chiffres significatifs

- Les chiffres significatifs sont tous les chiffres **sauf les zéro à gauche**
- Les puissances de dix ne comptent pas pour les chiffres significatifs.

#### 2. Si le calcul est une addition ou une soustraction, le résultat doit avoir autant de chiffres après la virgule que le terme qui en comporte le moins.

Exemple :

Le terme qui a le moins de chiffre après la virgule est 8.0 qui en a 1.

$$8.0 + 1.06 = 9.06 = 9.1$$

Le résultat doit donc avoir un chiffre après la virgule, il faut arrondir.

#### 3. Si le calcul est une multiplication ou une division, le résultat final a autant de chiffre significatifs que le terme qui a le moins de chiffres significatifs.

Exemple :

$$8.0 \times 2 = 16 = 20$$

Donc le résultat aura un CS : 16 a deux CS, il faut donc arrondir

deux CS

un CS

#### 4. Il ne faut pas arrondir plusieurs fois pour écrire un résultat mais faire tout le calcul d'un coup.

# Activité

- Répondre aux questions suivantes sur une feuille (qui sera ramassé) avec nom et prénom .
- Répondre par des phrases.
- Écrire toute les justifications nécessaires.
- Rédiger proprement.

## Question 1 : Questions de cours

(a) Quelles sont les 7 unités de base du Système International ?

## Question 2 : Identifier les sources d'erreurs dans la mesure suivante :

### Question 3 : On mesure avec une balance :

$$m = (475.21 \pm 0.03)\mu g$$

- (a) Quelle est la grandeur mesurée ?
- (b) Quelle est la valeur mesurée ?
- (c) Quelle est l'unité de la valeur mesurée ?
- (d) Que vaut l'incertitude ?
- (e) Combien y a-t-il de chiffre significatif sur la mesure ? Sur l'incertitude ?

### Question 4 : Pour chacun des mesurages suivants :

- $V = (100.0 \pm 0.5)mL$
- $t = (60.00 \pm 0.4)s$
- $m = (3.56 \pm 0.0584)g$
- $L = (10 \pm 0.5)cm$

- (a) Rectifier si nécessaire le mesurage
- (b) Écrire le résultat modifié en notation scientifique.

## Question 5 : Écrire correctement le résultat des mesurages suivants

- (a) Avec une règle, on mesure  $l = 90,5cm$ . L'incertitude-type de lecture vaut  $u_{lecture} = 1cm$ .
- (b) Avec une balance, on pèse  $m = 0,896g$ . L'incertitude-type de résolution vaut  $u_{res} = 0,02g$ .
- (c) On mesure une tension  $U = 12,05V$ . L'incertitude-type de précision vaut  $u_{pre} = 0,01V$

## Question 6 : Voici les caractéristiques d'une balance.

- Portée max : 220 g
- Portée min : 0,02 g
- Résolution : 0,1 mg
- Écart maximal toléré : 1 mg

Mesure n°	1	2	3	4	5	6
Valeur ( $\Omega$ )	50,0000	49,9997	49,9996	50,0004	50,0001	49,9999

- (a) Calculer l'écart type  $\sigma$  pour ces mesures.
- (b) Comparer  $\sigma$  à l'écart maximal toléré. Conclure sur la fidélité de la balance.
- (c) Calculer l'incertitude type A  $U(r)$