



Fiche de synthèse n° 1

Mesure et incertitudes

1. Qu'est-ce qu'une mesure ?

Effectuer une mesure, c'est rechercher la valeur d'une grandeur physique.

La **valeur** d'une **grandeur physique** est le produit d'un nombre et d'une unité.

$$\text{Valeur d'une grandeur} = \text{Nombre} \times \text{Unité}$$

Exemple d'une mesure de longueur : $L = 2,51 \text{ m}$

- L : grandeur mesurée (Longueur)
- 2,51 : nombre
- m : unité de mesure

Attention : Exprimer la valeur d'une grandeur physique sans unité n'a aucune signification.

2. Les grandeurs de référence du système international

Il existe 7 grandeurs de références définies par le **Bureau International des Poids et Mesures**.

Grandeur de base	Unité de base du système international	
	Nom	Symbole
Masse	kilogramme	kg
Longueur	mètre	m
Temps	seconde	s
Courant électrique	ampère	A
Température thermodynamique	kelvin	K
Quantité de matière	mole	mol
Intensité lumineuse	candela	cd

Il existe pour chaque unité des multiples et sous-multiples.



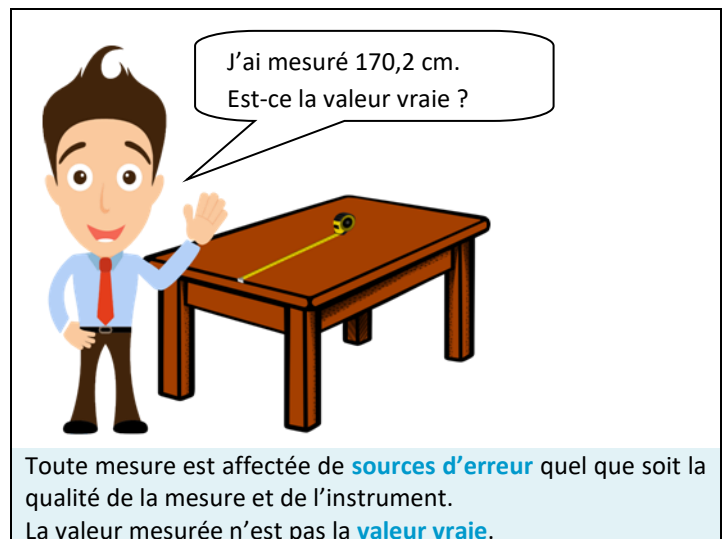
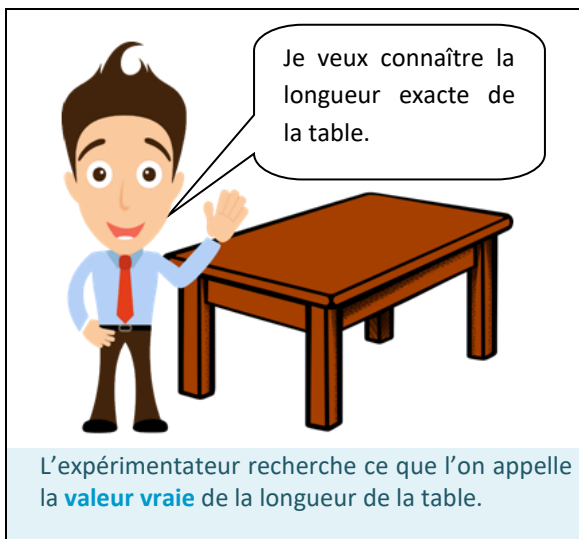
3. Les autres grandeurs physiques de référence

Toutes les autres grandeurs physiques sont définies par rapport aux grandeurs de base du système international.

Par exemple :

- une charge électrique est définie par le produit d'une intensité d'un courant électrique par un temps
L'unité de charge électrique est le coulomb (C) $1\text{ C} = 1\text{ A.s}$
- une force est définie par le produit d'une masse par une longueur divisée par un temps au carré.
L'unité de la force est le newton (N) : $1\text{ N} = 1\text{ kg.m.s}^{-2}$
- une pression est définie par le rapport d'une force par une surface.
L'unité de la pression est le pascal (Pa) $1\text{ Pa} = 1\text{ N.m}^{-2}$

4. Une mesure ne permet pas de connaître la valeur vraie d'une grandeur



Les sources d'**erreur** ne sont pas seulement liées à l'**instrument** de mesure. Elles peuvent être dues également à la **méthode** de mesure, à l'**opérateur**.

L'expérimentateur **ne peut jamais connaître** la valeur vraie !

5. Comment exprimer le résultat de mesure ?

On ne connaît pas la valeur vraie mais pour exprimer le résultat de mesure, on détermine :

- La valeur mesurée (ou la valeur moyenne des valeurs mesurées)
- L'**incertitude-type** qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient être attribuées à la grandeur physique.

Pour exprimer un résultat de mesure il faut donner la **valeur mesurée** (ou la moyenne des mesures réalisées) accompagnée de l'**incertitude-type**.



L'incertitude-type peut être déterminée de deux manières différentes :

- Je réalise une série de mesures car les valeurs sont différentes quand je répète les mesures. Dans ce cas je réalise une **évaluation de type A** et j'estime **l'incertitude-type de la valeur moyenne**.
- Je réalise une mesure inutile car c'est inutile de la répéter (les mesures répétées donnent des valeurs identiques). Dans ce cas je réalise une **évaluation de type B** et j'estime **l'incertitude-type de la valeur mesurée**.

5.1. Evaluation de type A

L'**estimateur** de la **grandeur mesurée** est la **valeur moyenne** de la série de mesure.

L'**incertitude-type** de la valeur moyenne (M_{moy}) est estimée à l'aide de **l'écart-type** expérimental de la série de mesures (s_{exp}) et du **nombre n de mesures** :

$$u(M_{\text{moy}}) = \frac{s_{\text{exp}}}{\sqrt{n}}$$

5.2. Evaluation de type B

Dans certaines situations, il n'est pas opportun de réaliser plusieurs mesures pour déterminer l'incertitude-type puisque la valeur mesurée ne varie pas ou pratiquement pas lorsque l'on répète les mesures (**activité 2**). Dans ce cas, une mesure unique suffit, on procède alors à une **évaluation de type B** de l'incertitude-type qui nécessite d'exploiter une relation fournie ou une notice constructeur.

Dans le cas d'une **évaluation de type B**, l'**estimateur** de la **grandeur mesurée** est la **valeur unique**.

L'incertitude-type est complexe à établir et dépend de plusieurs facteurs.

Par exemple le fabricant d'un instrument numérique donne souvent une indication souvent suivie d'un « ± » mais qui n'est pas l'incertitude-type. Il faudra utiliser une formule que le professeur fournira pour calculer l'incertitude-type.

Remarque : Le vocabulaire employé par les fabricants est souvent ambigu (on rencontre indifféremment les termes « précision », « justesse »...).

L'**incertitude-type** d'une grandeur M est estimée par une formule d'évaluation fournie par le professeur.

6. Validité d'un résultat

Pour des discutés de la validité d'un résultat il ne suffit pas de comparer la valeur mesurée à une valeur de référence. Des critères qualitatifs et quantitatifs permettent de caractériser la fiabilité et la validité d'un protocole.

Une valeur de référence est soit une valeur donnée par un dispositif étalon, soit une valeur connue trouvée dans un livre (température d'ébullition de l'eau à une pression donnée par exemple), soit une valeur donnée par un modèle théorique.



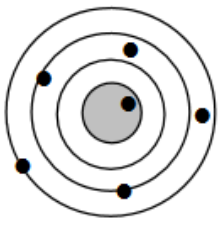
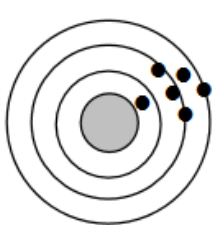
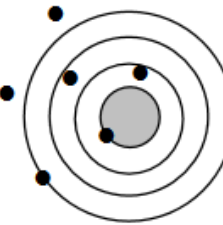
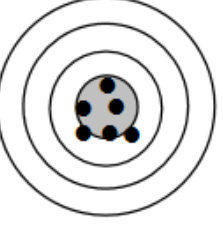
6.1. Fidélité et justesse, deux critères qualitatifs

On parle de fidélité lorsque les valeurs de la grandeur mesurée sont faiblement dispersées.

En revanche une mesure est d'autant plus juste que l'écart entre la valeur moyenne des valeurs et la valeur de référence est faible.

La justesse et la fidélité sont des critères qualitatifs.

Dans l'exemple ci-dessous le centre de la cible représente la valeur de référence et les tirs (points noirs) représentent les valeurs de la grandeur mesurée.

	
Protocole de mesure juste mais pas fidèle	Protocole de mesure fidèle mais pas juste
	
Protocole de mesure ni fidèle, ni juste	Protocole de mesure fidèle et juste

La justesse caractérise un écart faible entre une valeur de référence et la valeur moyenne de la série de mesures.

La fidélité caractérise la faible dispersion des mesures.

La fidélité et la justesse sont des critères qualitatifs qui permettent de comparer des méthodes de mesure.

6.2. Critère quantitatif

Pour valider un résultat il faut comparer l'écart entre la valeur moyenne de la série de mesure (ou la valeur de la grandeur mesurée dans le cas d'une mesure unique) et la valeur de référence à l'incertitude-type.

On appelle m la valeur de la grandeur mesurée, m_{ref} la valeur de référence et $u(M)$ l'incertitude-type de la mesure.

On peut par exemple décider de valider un protocole si l'écart $|m - m_{\text{ref}}|$ est inférieur ou comparable à l'incertitude-type $u(M)$.