

Fiche méthodologique-Mesures et incertitudes

Compétences

- Identifier les différentes sources d'erreurs lors d'une mesure
- Evaluer et comparer les incertitudes liées à chaque source d'erreur
- Evaluer l'incertitude de répétabilité à l'aide d'une formule d'évaluation fournie
- Evaluer l'incertitude d'une mesure unique obtenue à l'aide d'un instrument de mesure
- Evaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs
- Maitriser l'usage des chiffres significatifs
- Evaluer la précision relative
- Déterminer les mesures à conserver en fonction d'un critère donné
- Commenter le résultat d'une opération de mesure en le comparant à une valeur de référence
- Faire des propositions pour améliorer la démarche

En physique, faire une mesure (**mesurage**) consiste à rechercher la valeur numérique d'une grandeur ; mais il est impossible de connaître la **valeur exacte (valeur vraie)** de la grandeur à cause des erreurs de mesure. **L'erreur de mesure** est donc la différence entre la valeur mesurée et la valeur exacte : celle-ci étant inconnue, l'erreur de mesure est également inconnue.

Pour juger de la **précision** d'une mesure, nous ne pouvons qu'associer une **incertitude de mesure** à la **valeur mesurée**. Il faut déterminer tout d'abord les différentes causes d'erreurs, puis les différentes méthodes pour évaluer les incertitudes de mesure et enfin, la façon de présenter le résultat.

1. Les erreurs

Nous pouvons distinguer deux types d'erreurs.

• **L'erreur systématique** : ce sont les erreurs provenant de l'appareil de mesure, du processus de mesure ou de l'opérateur, qui sont répétitives et constantes.

Exemple :

Une balance qui n'afficherait pas zéro en l'absence de masse à peser.

• **L'erreur aléatoire liée aux conditions opératoires. Elle peut être due à :**

✂ la fluctuation de la grandeur mesurée, qui n'est pas forcément stable dans le temps (la distance Terre-Lune) ou qui n'est pas la même dans tout l'échantillon (la température de la mer mesurée par le surveillant de la plage).

✂ la fluctuation de la méthode de mesure, c'est-à-dire à la manière d'utiliser l'appareil expérimental

2. Incertitude et précision

2.1 L'incertitude absolue

La valeur x d'une grandeur, résultant d'une mesure ou d'un calcul, peut être présentée comme une valeur estimée $x_{\text{estimée}}$ associée à son **incertitude absolue Δx** (nombre positif) :

$$x = x_{\text{estimée}} \pm \Delta x$$

Δx est exprimé dans la même unité que x .

Cela revient à donner pour x l'encadrement suivant, qui définit **l'intervalle de confiance** de x :

$$x_{\text{estimée}} - \Delta x \leq x \leq x_{\text{estimée}} + \Delta x$$

L'incertitude absolue est donnée la plupart du temps avec **un seul chiffre significatif**. Lorsque la valeur d'une grandeur est fournie sans incertitude, cette dernière est, **par convention**, égale à une demi-unité du dernier chiffre significatif exprimé.

Exemples :

- $m=1,4$ g signifie que $m=1,40\pm 0,05$ g
- la largeur d'une feuille de papier peut être mesurée au demi-millimètre près à l'aide d'une règle graduée : $L=21$ cm $\pm 0,05$ cm

2.2 Incertitude relative

L'incertitude relative, notée $\frac{\Delta x}{x}$, donne la précision d'une mesure : plus l'incertitude relative est **petite**, plus la mesure est **précise**.

L'incertitude relative s'obtient en calculant $\frac{\Delta x}{|x_{\text{estimée}}|}$

Elle n'a pas d'unité et s'exprime souvent en pourcentage. Elle est donnée la plupart du temps avec **un seul chiffre significatif**.

3. Estimation de l'incertitude

Suivant que la mesure est faite une seule fois ou répétée un grand nombre de fois, l'incertitude ne s'évalue pas de la même façon.

3.1 Mesures effectuées une seule fois

L'incertitude d'une mesure unique dépend de deux facteurs : informations techniques sur l'instrument de mesure données par le fabricant ou connues conventionnellement ; informations subjectives sur l'appréciation de la façon dont la mesure a été effectuée.

3.2 Mesures effectuées plusieurs fois

La moyenne des valeurs mesurées est la meilleure estimation qui puisse être faite. L'incertitude se calcule selon une règle dépendant de la situation. Au baccalauréat, elle sera donnée à chaque fois.

4. Chiffres significatifs

Si le résultat provient de **multiplication et de division de facteurs**, le résultat s'exprime avec le même nombre de chiffres significatifs que le facteur qui en comporte le moins.

Si le résultat provient **d'une somme** ou **d'une différence de termes**, il faut les exprimer dans la même unité pour procéder au calcul : le dernier chiffre exprimé dans le résultat est déterminé par le dernier chiffre exprimé de la donnée **la moins précise**.

En cas de doute, mettre 3 chiffres significatifs, ça passera la plupart du temps sauf en physique nucléaire.

5. Présentation du résultat

Le résultat d'une mesure doit comporter obligatoirement :

- la valeur mesurée ou la valeur moyenne ;
- l'incertitude ;
- l'unité.

Compte-tenu des conditions de mesures au lycée, la plupart des résultats seront donnés avec un seul chiffre significatif pour l'incertitude Δx .

$$x = x_{\text{estimée}} \pm \Delta x, \text{ symbole de l'unité}$$

Comparaison à une valeur de référence : c'est l'écart relatif entre la valeur obtenue et la valeur théorique par rapport à la valeur théorique (qui s'exprime en général en pourcentage) :

$$\frac{|x_{exp} - x_{théorique}|}{x_{théorique}}$$

6. Pratique expérimentale

☞ Données anormales

Certaines données doivent être éliminées quand elles sont manifestement incohérentes avec les autres valeurs. Cette élimination doit donner lieu à une réflexion sur la méthode de mesure.

☞ Améliorer une méthode de mesure

- Le matériel choisi n'a pas été utilisé correctement (problème d'étalonnage ou de calibre ou ...).
- Le protocole peut être amélioré (...).
- Le nombre de mesures aurait dû être plus important ...

Les applications des calculs d'incertitudes seront abordées tout au long de l'année. Il est donc très important d'y revenir régulièrement et de lire le chapitre de votre livre