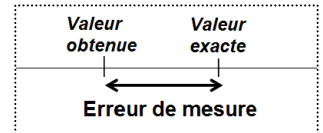


Fiche 3 :

Les mesures

A : Des erreurs de mesures inévitables

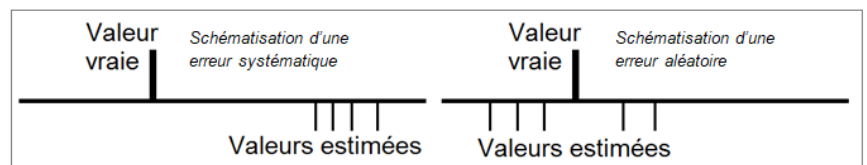
▪ En sciences expérimentales, les mesures sont entachées d'erreurs plus ou moins importantes en fonction de la qualité des instruments, de l'habileté du manipulateur . . . La mesure ne pouvant être absolument précise, il existe inexorablement un écart entre la valeur obtenue et **la valeur exacte (appelée valeur vraie)**.



Cet écart est appelé **erreur de mesure**. Lors d'une mesure, le scientifique cherche à réduire l'erreur, donc il doit être capable de l'identifier et de l'estimer.

► Des erreurs aléatoires

▪ Si on effectue N mesures d'une même grandeur avec le même matériel et dans les mêmes conditions, on constate souvent que les N mesures n'ont pas la même valeur. D'une mesure à l'autre, l'erreur n'a pas la même valeur et l'on dit que **l'erreur est aléatoire**.



↳ Cette dispersion des valeurs mesurées est due :

- à la qualité de la mesure réalisée par l'opérateur (*maladresse du manipulateur, fatigue, mauvaise lecture d'une graduation, mauvais ajustement d'un ménisque...*)
- à la qualité de l'instrument de mesure (*voir ci-dessous*).

► Des erreurs systématiques

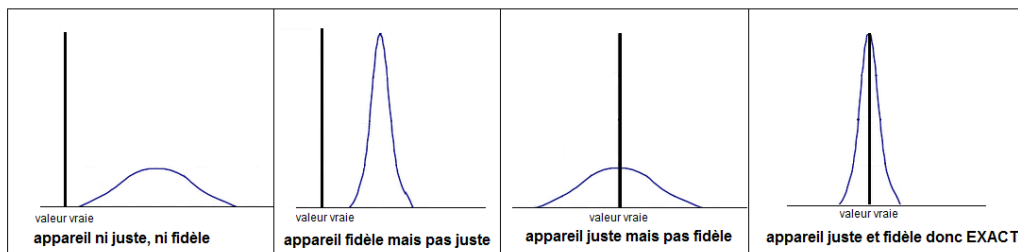
▪ Quelquefois les N mesures ont la même valeur et on « ne voit pas » l'erreur aléatoire. Mais la valeur déterminée est toujours différente de la vraie valeur. Dans ces conditions l'erreur prend la même valeur lors de chaque mesure et l'on dit qu'il s'agit d'**une erreur systématique**

↳ Cette dispersion des valeurs mesurées est due :

- à l'appareil de mesure (*appareil de mauvaise qualité, défectueux, mal étalonné ou utilisé incorrectement*)
- au protocole inadapté
- variabilité de la grandeur mesurée avec un facteur extérieur (*le volume dépend de la température...*)

B : Qualité de l'appareil de mesure

- « **La fidélité d'un appareil** » : La fidélité d'un instrument de mesure est son aptitude à donner des indications très voisines lors de l'application répétée de la même mesure dans les mêmes conditions.
- « **La justesse d'un appareil** » : Étroitesse de l'accord entre la valeur MOYENNE obtenue à partir d'une large série de résultats de mesures et la valeur vraie.
- « **L'exactitude d'un appareil** » : Étroitesse de l'accord entre UNE valeur mesurée et la valeur vraie du mesurande.



C : Présentation d'un résultat

- Présenter le résultat d'une mesure consiste à indiquer la valeur de la grandeur mesurée avec son unité, mais aussi à préciser l'incertitude de la mesure pour informer sur sa précision.

► **Présentation du résultat d'une mesure** : $X = (x \pm u(x))$ unité

X : grandeur mesurée (*vitesse, température, masse . . .*)

x : valeur de la mesure

$u(x)$: incertitude de la mesure, appelée également **incertitude-type**

Incertitude relative :

$$\frac{u(x)}{x}$$

La notation « u » provient de l'anglais *incertitude = uncertainty*

- Sans incertitude il nous est impossible de comparer deux résultats ou de réfuter une loi. Pour qu'un résultat ait une valeur scientifique il faut pouvoir prouver que les éventuels écarts entre la théorie et l'expérience sont non significatifs c'est-à-dire liés aux erreurs de mesure ce qui rend nécessaire l'estimation des incertitudes.

► **L'incertitude $u(x)$ doit être arrondie à 2 chiffres significatifs**

► **La valeur de la mesure doit avoir autant de décimales que $u(m)$**

EX : $V = (153,4 \pm 2,3) \text{ km.h}^{-1}$; $C = (0,153 \pm 0,051) \text{ mol.L}^{-1}$; $m = (25,16 \pm 0,82) \text{ g}$

EX Donner les résultats suivants sous la forme $x \pm u(x)$; Proposer plusieurs écritures

Valeur	L = 742319,1 m	L = 8231,34 m	L = 9,42136 mm	T = 0,014280 s	T = 0,0028584 s
Incetitude type	777,32 m	3,449 m	4 μm	0,000312 s	0,000457 s

Valeur	R = 1,10876 m Ω	R = 4,2032 M Ω	I = 0,32 kA	I = 4,4 mA
Incetitude type	333 $\mu\Omega$	5,3 k Ω	45,7 A	45 μA

D : Différentes méthodes pour obtenir l'incertitude d'une mesure

Voir fiche 4	<ul style="list-style-type: none"> Lorsque l'on répète plusieurs fois une mesure de la même grandeur, dans les mêmes conditions expérimentales, on obtient l'incertitude de la mesure en effectuant une étude statistique des résultats : on dit que l'on a une INCERTITUDE DE TYPE A.
Voir fiche 5	<ul style="list-style-type: none"> Lorsque l'on effectue une mesure, une seule fois, on dispose de renseignements sur les appareils de mesure qui permettent d'établir l'incertitude de la mesure : on dit que l'on a une INCERTITUDE DE TYPE B
Voir fiche 6	<ul style="list-style-type: none"> Lors d'une mesure, il peut y avoir plusieurs sources d'erreurs
Voir fiche 7	<ul style="list-style-type: none"> Pour une grandeur obtenue par calcul (<i>dans le cas d'une mesure indirecte</i>), l'incertitude se calcule à partir des incertitudes des grandeurs utilisées pour le calcul.

E : Comparer un résultat à une valeur de référence

▪ Dans certains cas, la grandeur mesurée a une valeur déjà connue précisément, considérée comme une valeur de référence x_{ref} .

↳ La qualité du résultat de la mesure x_{mes} est obtenue par un calcul d'un **écart relatif** ou d'un **Z-score**

► On définit l'**écart relatif** comme l'**écart absolu** entre la valeur mesurée " x " et la valeur de référence " x_{ref} ", divisé par la valeur de référence :

$$Ecart\ relatif = \frac{|x - x_{ref}|}{x_{ref}}$$

► On définit le **z-score** comme l'**écart absolu** entre la valeur mesurée " x " et la valeur de référence " x_{ref} ", divisé par l'**incertitude-type** $u(x)$:

$$Z_{score} = \frac{|x - x_{ref}|}{u(x)}$$

Lorsque $z < 2$, on considère que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence.

Ce seuil à 2, d'origine historique, est fixé par convention. On le retrouve dans de nombreux champs scientifiques, comme la médecine, la pharmacie, la biologie, la psychologie, l'économie, l'écologie, etc.

▪ Si les résultats semblent déraisonnables, il faut faire une analyse des causes possibles de l'erreur (**en utilisant la méthode des 5 M**):

