

Fiche 4 : Les mesures

A : Mesures directes ou indirectes ?

- Lorsque l'on désire obtenir la valeur d'une grandeur physique,
 - soit on dispose d'un appareil qui nous donne directement la valeur désirée,
 - soit on dispose de la valeur d'autres grandeurs, mesurées avec des appareils, qui permettent ensuite, par un calcul, d'obtenir la valeur désirée.

↳ Une mesure est dite « **directe** » lorsque l'instrument de mesure fournit directement la valeur m .

EX : Mesure d'une longueur en utilisant une règle

↳ Une mesure est dite « **indirecte** » si la mesure est obtenue à partir de la valeur d'autres grandeurs

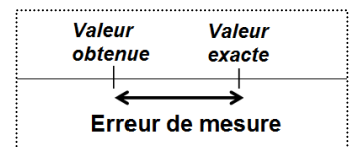
EX : Mesure de la masse volumique d'un liquide à partir des valeurs de sa masse et de son volume

B : Des erreurs de mesures inévitables

- En sciences expérimentales, il n'existe pas de mesures exactes. 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'un mesurage, 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'un même mesurande 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*).

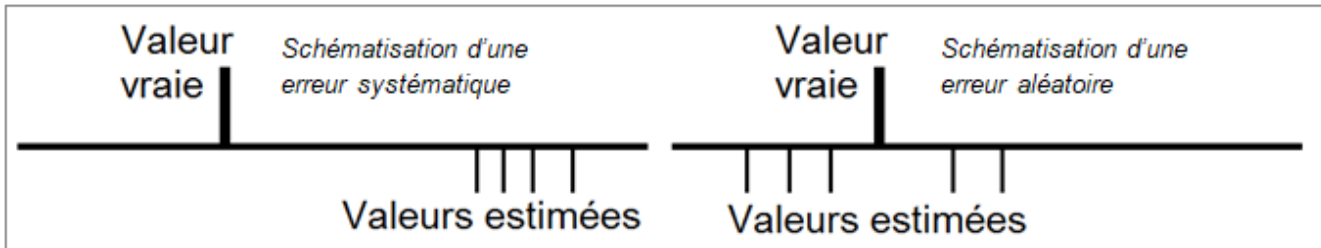
► Des erreurs systématiques

- 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...*)



C : 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.

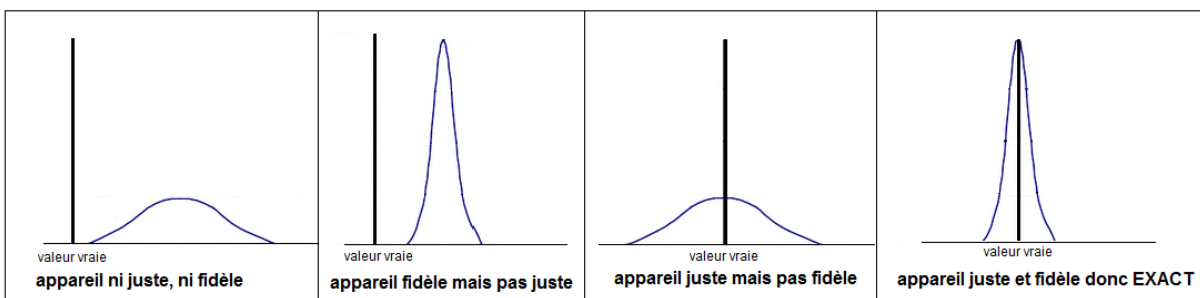
▪ « La justesse d'un appareil »

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.

Il est important de ne pas confondre les concepts d'exactitude et de justesse



D : 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 : $M = (m \pm U_m) \text{ unité}$

M : grandeur mesurée (vitesse, température, masse . . .)

m : mesure (exprimée préférentiellement avec l'écriture scientifique)

Um : incertitude de la mesure, appelée également **incertitude-élargie**

La notation *U* provient de l'anglais *incertitude = uncertainty*

- L'incertitude **Um** doit être arrondie à 1 chiffre significatif
- La valeur de la mesure doit avoir autant de décimales que **Um**

EX : $V = (153 \pm 2) \text{ km.h}^{-1}$; $C = (0,15 \pm 0,05) \text{ mol.L}^{-1}$; $m = (25,1 \pm 0,8) \text{ g}$

Remarque :

Les valeurs des incertitudes que l'on va déterminer au cours des séances suivantes, le sont pour des niveaux de confiance de 95% ; cela signifie qu'il y a 95% de chance de trouver la valeur vraie dans l'intervalle $[m-U_m ; m+U_m]$

EX : Le résultat de mesure est noté $R = (102,5 \pm 0,5) \Omega$

Cela signifie qu'il y a 95 chances sur 100 pour que la valeur vraie appartienne à l'intervalle $[102 \Omega ; 103 \Omega]$

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

- 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 (*détermination d'une moyenne, d'un écart-type...*) ; on dit que l'on a une **INCERTITUDE DE TYPE A**.

↳ Voir fiche 5.

- 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.

- Pour une grandeur obtenue par calcul (*dans le cas d'une mesure indirecte*), l'incertitude se calcule à partir des incertitudes des grandeurs utilisées pour le calcul.

↳ Voir fiche 7.

- Lors d'une mesure, il peut y avoir plusieurs sources d'erreurs. Si U_{m_i} est l'incertitude d'une source d'erreur, le calcul de l'incertitude U_m sur la mesure M s'effectue à partir de la formule : $U_m^2 = \sum U_{m_i}^2$

↳ Voir fiche 8.

► Comparaison avec 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 de l'écart relatif (en %) donné par :

$$\text{Ecart - relatif} = \frac{|x_{ref} - x_{mes}|}{x_{ref}} \times 100$$

► Propositions pour améliorer le résultat

▪ Incertitude du type A :

Pour les TP, on peut considérer qu'une incertitude relative de l'ordre de 1 à 10% est raisonnable. Dans le cas contraire, on peut essayer d'améliorer ce résultats en éliminant les mesures qui s'écartent trop des autres valeurs (ou les refaire si c'est possible) avant de faire l'étude statistique.

▪ Incertitude du type B :

Lorsque la valeur référence est connue (*exemple dosage d'un vinaigre*), la mesure devrait conduire à un écart relatif de l'ordre de 1 à 5%.

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

