

Compétences exigibles sur les trois notions suivants :

1- Erreurs et notions associées:

- Identifier les différentes sources d'erreur (de limites à la précision) lors d'une mesure : variabilités du phénomène et de l'acte de mesure (facteurs liés à l'opérateur, aux instruments, etc.).

2- Incertitudes et notions associées:

- Évaluer et comparer les incertitudes associées à chaque source d'erreur.
- Évaluer l'incertitude de répétabilité à l'aide d'une formule d'évaluation fournie.
- Évaluer l'incertitude d'une mesure unique obtenue à l'aide d'un instrument de mesure.
- Évaluer, 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.

3- Expression et acceptabilité du résultat

- Maîtriser l'usage des chiffres significatifs et l'écriture scientifique. Associer l'incertitude à cette écriture.
- Exprimer le résultat d'une opération de mesure par une valeur issue éventuellement d'une moyenne et une incertitude de mesure associée à un niveau de confiance.
- Évaluer 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.

Cette activité a pour but de vous familiariser avec les notions d'erreurs et d'incertitudes incontournables en physique et chimie. Ces notions seront utiles lors des séances de travaux pratiques.

1- Mesures et erreurs de mesures

1.1- Définitions

Lire fiche p 583 partie A

Application :

Un générateur de tension, considéré comme parfait, délivre une tension continue $U = 4,5 \text{ V}$. On mesure une valeur de $4,6 \text{ V}$ avec un voltmètre.

1- Quel est le mesurage ? Ici, c'est le fait de brancher le voltmètre en dérivation et de relever la valeur de la tension délivrée par le générateur

2- Quel est le résultat du mesurage ? $U=4,6\text{V}$

3- Quelle est la vraie valeur (appelée également valeur théorique) ? $U_{\text{th}}=4,5\text{V}$

4- Quelle est l'erreur de mesure ? $\Delta U = U - U_{\text{th}} = 4,6-4,5=0,1\text{V}$

5- Quelle est l'erreur relative de cette mesure ? $\Delta U/U = 0,1/4,5=0,022=2,2 \%$

1.2- Erreurs et notions associées

Lire fiche p 583 partie B

Application :

Deux groupes effectuent des mesures de la tension d'une même pile dont la valeur théorique est 4,5V. Ils n'utilisent pas le même voltmètre

les résultats sont :

groupe 1 : 4,55V; 4,54V; 4,52V; 4,48V

groupe 2 : 4,76V ; 4,82V; 4,89V; 4,80V

1- En justifiant, indiquez quel groupe présente la plus grande erreur aléatoire et celui qui présente la plus grande erreur systématique.

Pour les deux groupes aucune valeur ne semble aberrante. On prendra donc en compte toutes les valeurs.

Pour évaluer l'erreur aléatoire on compare l'écart entre la plus grande et la plus petite valeur pour chacun des groupes :

$$\text{groupe 1 : } 4,55 - 4,48 = 0,07\text{V}$$

$$\text{groupe 2 : } 4,89 - 4,76 = 0,13\text{V}$$

Conclusion : Le groupe 2 présente la plus grande erreur aléatoire.

Pour évaluer l'erreur systématique, on compare l'écart entre la valeur moyenne des valeurs mesurées et la valeur théorique attendue. Le groupe ayant l'écart le plus grand présentera une erreur systématique plus importante.

$$\text{groupe 1 : } U_{\text{moy}} = 4,52\text{V} \Rightarrow \Delta U = |U_{\text{moy}} - U_{\text{th}}| = |4,52 - 4,5| = 0,02\text{ V}$$

$$\text{groupe 2 : } U_{\text{moy}} = 4,82\text{V} \Rightarrow \Delta U = |U_{\text{moy}} - U_{\text{th}}| = |4,82 - 4,5| = 0,32\text{ V}$$

Conclusion : le groupe 2 présente la plus grande erreur systématique

2- Quel groupe semble avoir le voltmètre de meilleur qualité ? Quel groupe possède le voltmètre mal étalonné ?

Un voltmètre de qualité présente peu d'erreur aléatoire : c'est donc le groupe 1 qui a un voltmètre de bonne qualité.

Le voltmètre mal étalonné présente une grande erreur systématique : c'est donc le groupe 2 qui possède le voltmètre mal étalonné sous réserve qu'aucune autre erreur de manipulation n'a été faite.

2- Évaluation des incertitudes de mesure

2.1- Évaluer une incertitude de répétabilité

Lire p 584 Fiche 3 partie A

Application

On a relevé les valeurs de pH d'une même solution acide. Les 11 valeurs sont rassemblées dans le tableau suivant.

3,45	3,37	3,51	4,53	3,34	3,48	3,42	3,44	3,37	3,39	3,36
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

1- Que pensez-vous de la 4^{ème} valeur ? Que faut-il faire ?

La 4^{ème} valeur est très éloignée des autres. Elle semble être issue d'une erreur de manipulation. Il ne faut pas en tenir compte.

2- A l'aide d'un tableur, calculez l'écart-type.

Écart-type = 0,056

3- Calculez l'incertitude de répétabilité pour un niveau de confiance de 95 % puis de 99 %.

D'après la loi de Student :

pour un niveau de confiance de 95 % on trouve $u = 0,04$

pour un niveau de confiance de 99 % on trouve $u = 0,058$

4- Donner l'intervalle de confiance pour 95 %.

$[pH_{moy} - u(95\%) ; pH_{moy} + u(95\%)] =$

$pH_{moy} = 3,41$ donc : l'intervalle de confiance est : $[3,36; 3,45]$

5- Pour un niveau de confiance de 99 %, exprimer le pH de la solution sous la forme :

$pH = pH_{moy} \pm U(pH)$. Soyez cohérent avec les chiffres significatifs....

Le pH de cette solution a donc pour valeur : $pH = 3,41 \pm 0,06$

2.2- Évaluer une incertitude sur une mesure unique

Lire p 585 partie B

Applications

1- Mesurez la largeur de votre livre de physique. Déterminez l'incertitude de lecture.

$$U_{2lecture} = \sqrt{2 \times \left(2 \frac{\text{gradu}}{\sqrt{12}} \right)^2}$$

double lecture :

graduation = 1mm

$$U_{2lecture} = \sqrt{2 \times \left(2 \frac{0,1}{\sqrt{12}} \right)^2} = 0,8\text{mm}$$

2- Pour un niveau de tolérance de 95 %, calculez l'incertitude sur la mesure du volume d'une fiole jaugée de 50mL dont la tolérance indiquée par le fabricant est de $\pm 0,1\text{mL}$

$$U = 2 \times \frac{0,1}{\sqrt{3}} = 0,12\text{mL}$$

2.3- Lorsqu'il y a plusieurs sources d'erreurs

Lire p 585 partie C

Applications :

La concentration d'une solution de permanganate de potassium est $c = (8,00 \pm 0,01) \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$.

L'absorbance de cette solution pour une longueur d'onde de 520nm est $A = 2,30 \pm 0,05$

A partir de la loi de Beer Lambert, déterminez le coefficient d'absorption k et donner le résultat sous la forme $k \pm u(k)$

$$\text{calcul de } k : \quad A = k \times c \Rightarrow k = \frac{A}{c} \quad k = \frac{2,30}{8 \times 10^{-4}} \quad k = 2875 \text{ L/mol}$$

calcul de $U(k)$

$$\frac{U(k)}{k} = \sqrt{\left(\frac{U(A)}{A} \right)^2 + \left(\frac{U(c)}{c} \right)^2} \Rightarrow U(k) = k \times \sqrt{\left(\frac{0,05}{2,30} \right)^2 + \left(\frac{0,01}{8,00} \right)^2} \Rightarrow U(k) = 63 \text{ L/mol}$$

d'où $k = 2875 \pm 63 \text{ L/mol}$

Rmq : $1/800$ est bcp plus petit que $5/230$ c'est donc l'incertitude sur l'absorbance qui impose l'incertitude sur k . et on peut écrire que :

$\frac{U(k)}{k} = \frac{U(A)}{A}$ et on trouve $U(k) = 62,5$ au lieu de $62,6 \text{ L/mol}$ compte tenu les chiffres significatifs on ne gardera que 63 L/mol .