

**MODULE I : MESURES ET INCERTITUDES**

**Partie A : EVALUATION DES RESSOURCES**

**I. EVALUATION DES SAVOIRS**

1. Définir : mesurer une grandeur physique ; incertitude relative ; incertitude absolue, erreur systématique, chiffre significatif ; mesure, erreur de mesure, notation scientifique, grandeur dérivée; grandeur fondamentale; incertitude; mesurande; incertitude élargie; incertitude type de répétabilité, loi scientifique, contrainte d'une loi.
2. Donner 02 unités de base ainsi leurs instruments de mesures.
3. Donner la différence entre grandeur fondamentale et grandeur dérivé.
4. Citer les deux types d'erreur. Pour chaque type d'erreur, donner deux causes et deux méthodes de correction.
5. Etablir l'équation qui met en évidence la loi des gaz parfaits.
6. Citer deux exemples de modèles utilisées en physique et chimie.
7. Enoncer la loi d'Ohm.
8. Réponds par vrai ou faux :
  - a. A chaque grandeur physique correspond une dimension.
  - b. Le SI compte 11 grandeurs fondamentales.
  - c. L'écriture d'un nombre en notation scientifique obéit à la règle suivante : Si le nombre contient des chiffres avant la virgule ou s'il n'a pas de virgule, l'exposant n est négatif.
  - d. Lorsque la virgule est déplacée vers la droite, l'exposant de 10 est positif alors que lorsqu'elle est déplacée vers la gauche l'exposant est négatif.
  - e. Une mesure peut ne pas être accompagnée d'erreur.
9. Complète les tableaux ci-dessous :

| Grandeur physique   | Dimension | Symbole | Nom de l'unité |
|---------------------|-----------|---------|----------------|
| Intensité lumineuse |           | Cd      |                |

|                         |                    |       |        |
|-------------------------|--------------------|-------|--------|
|                         |                    | K     | Kelvin |
| Pression                |                    | Pa    |        |
| Différence de potentiel |                    |       | Volt   |
|                         | $ML^2T^{-3}I^{-2}$ | $m^2$ | Ohm    |
| Air                     |                    |       |        |
| Fréquence               |                    |       | Hz     |
| Accélération            | $LT^{-2}$          |       |        |

|          |            |      |           |      |   |            |       |      |        |
|----------|------------|------|-----------|------|---|------------|-------|------|--------|
| Exposant | $10^{-12}$ |      | $10^{-9}$ |      |   | $10^{-10}$ |       |      | $10^9$ |
| Préfixe  |            | déca |           | Giga |   |            | micro | tera |        |
| Symbole  | P          |      |           |      | h |            |       |      |        |

## II. EVALUATION DES SAVOIRS FAIRE

### EXERCICE 1:

Quel est le nombre de chiffres significatifs que possède chaque valeur suivante ? Ecrire sa notation scientifique : 0.000002 ; 21.00000054 ; 200000000 ; 00102.00840 ; 1542.3 ; 15.423.

### EXERCICE 2 :

Transformez les incertitudes absolues en incertitudes relatives pour les mesures suivantes :

a)  $l = 5,2 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$

b)  $t = (3,0 \pm 0,2) \text{ s}$

c)  $m = (4,42 \pm 0,05) \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

### EXERCICE 3 :

Calculez les incertitudes absolues et donnez le résultat arrondi des mesures suivantes :

a)  $l = 4,2 \text{ m}$  à 5%

b)  $t = 17,82 \text{ m}$  à 3%

c)  $m = 15,27 \text{ kg}$  ( $\pm 1.5\%$ )

**EXERCICE 4 :**

Deux corps de masse  $m_1 = (3,00 \pm 0,02)$  kg et  $m_2 = 0,275$  kg  $\pm 5\%$  sont liés par un ressort. Calculez la masse totale.

**EXERCICE 5 :**

Un ressort a une longueur  $L = (10,00 \pm 0,05)$  cm. On suspend un poids pour allonger le ressort ; la longueur est alors de  $L = (12,53 \pm 0,05)$  cm. Calculez l'allongement du ressort.

**EXERCICE 6 :**

Déterminez la vitesse d'une voiture qui a parcouru la distance  $d = (50,0 \pm 0,5)$  m dans le temps de  $(2,86 \pm 0,02)$  s.

**EXERCICE 7:**

Un voltmètre affiche une tension  $U = 6,1234$  V. Sachant que l'incertitude relative de l'appareil est de 3%, exprimez le résultat de la mesure sous la forme standard  $U \pm \Delta U$ . Combien de chiffres significatifs doit avoir la réponse?

**EXERCICE 8 :**

Soit un voltmètre analogique qui a les caractéristiques suivantes :  $CI=1,5$  et  $N=100$  pour :

- Cal=30V et lecture : n 80
- Cal=300V et lecture: n 8

1) Calculer pour chaque calibre :

- a- La tension U
- b- L'incertitude instrumentale absolue
- c- L'incertitude de lecture absolue
- d- Déduire l'incertitude absolue pour chaque calibre

2) Choisir le calibre adéquat.

**EXERCICE 9 :**

Calculer la masse (en g) de propane dans une bonbonne de 50 litres, à 25 °5, sous une pression de 7,5 atm.

### EXERCICE 10 :

On mesure la pression  $p$  d'un gaz, on trouve  $p=104000$  Pa. Ce gaz est contenu dans une enceinte de volume  $V=3L$  et à la température  $T=35.85^{\circ}C$ . Dans cette exercice on tiendra compte des chiffres significatifs.

1. Convertir le volume  $V$  en  $m^3$ .
2. Convertir la température en K.
3. En déduire la quantité de la matière (en mol) de ce gaz.
4. Le gaz est du  $Cl_2$ , calculer sa masse molaire.
5. Déduire des résultats précédents la masse de gaz contenu dans l'enceinte.

### EXERCICE 11:

Un thermomètre à alcool indique une température de  $\theta = 20,0^{\circ}C$ . La résolution du thermomètre est de  $0,5^{\circ}C$ , elle correspond une graduation du thermomètre. Calculer l'incertitude type de lecture et l'incertitude élargie.

### EXERCICE 12:

On fait varier la valeur de la tension électrique du générateur en ajoutant une pile à chaque mesure. Le circuit étant fermé, on mesure la tension électrique  $U$  aux bornes du résistor et l'intensité  $I$  du courant électrique dans le circuit. On obtient expérimentalement les résultats suivant :

|       |   |     |     |     |     |     |     |
|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| U(V)  | 0 | 1,5 | 3   | 4,5 | 6   | 7,5 | 9   |
| I(Ma) | 0 | 68  | 136 | 205 | 273 | 339 | 409 |

1. Tracer le graphe de la tension  $U$  en fonction de l'intensité  $I$
2. Donner la nature de la courbe. Ecrire son équation.
3. Calculer la pente puis déduire la valeur de la résistance  $R$  du résistor.

### EXERCICE 12 :

On réalise une série de pesées d'un échantillon de masse  $m$  avec une balance électronique. Les résultats sont les suivants :

| Essai | n°1   | n°2   | n°3   | n°4   | n°5   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| M(g)  | 22.85 | 22.87 | 22.81 | 22.79 | 22.84 |

1. Quelle est la meilleure estimation du résultat de la mesure ?
2. Calculer l'incertitude-type  $U_m$  puis l'incertitude élargie pour un niveau de confiance 95%.
3. Calculer aussi l'incertitude élargie pour le niveau de confiance 99%.

### EXERCICE 13:

Les quatre anneaux de couleur caractérisant la résistance sont Brun, Noir, Noir, Or. La résistance est donc égale à  $R = 10 \Omega \pm 5\%$ .

1. Calculer l'incertitude-type associée à cette mesure.
2. Calculer l'incertitude élargie sur cette mesure.

### EXERCICE 14:

On cherche à mesurer une tension de 0,9 V à l'aide d'un voltmètre de classe 2, réglé sur le calibre 100 V. Le résultat lu est 3 V et reste constant. Le calibre est-il bien choisi ?

### EXERCICE 15 :

On cherche à mesurer une tension de 0,9 V à l'aide d'un voltmètre de classe 2, réglé sur le calibre 100 V. Le résultat lu est 3 V et reste constant. Le calibre est-il bien choisi ?

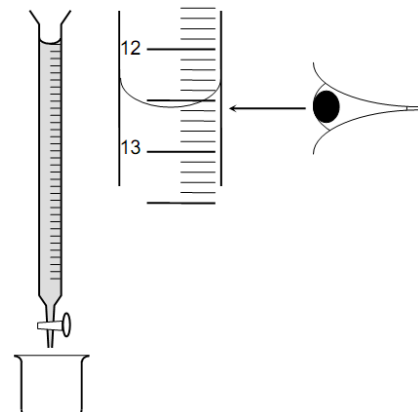
### EXERCICE 16 :

La mesure de la longueur L d'une petite tige métallique avec un réglet gradué au mm donne :

$L = 12,2$  cm. Que devient l'incertitude si l'on estime que l'erreur de lecture n'est pas égale à  $1/2$  division, mais à  $1/4$  de division .

### EXERCICE 16 : Mesure d'un volume de liquide

On mesure le volume d'une solution aqueuse versée avec une burette graduée au  $1/10^{\text{ème}}$  de mL, selon la procédure suivante : emplissage de la burette et ajustage du zéro. Ouverture du robinet et fermeture lorsque le volume versé correspond à la graduation  $V = 12,6$  mL;



Donnée du constructeur : précision = 0,05 mL

Donnée du constructeur : précision =  $\pm 0,05$  mL

Niveau de confiance inconnu.

### III. EVALUATION DES COMPETENCES

#### EXERCICE 1 :

Dans un lycée de la ville de Yaoundé, on trouve trois balances numérotées 1, 2 et 3. Les trois balances identiques, permettent de mesurer une masse maximale de 500g et ont 25 divisions. On effectue une série de trois mesures sur un même morceau de savon sur lequel est marqué 300 g et dans les mêmes conditions respectivement lundi, mardi, et mercredi :

- Avec la balance numéro 1, on trouve 300g lundi, 300g mardi et 300g mercredi.
- Avec la balance numéro 1, on trouve 303g lundi, 303g mardi et 303g mercredi.
- Avec la balance numéro 1, on trouve 301g lundi, 304g mardi et 302g mercredi.

**Consigne 1 :** Donner les raisons qui peuvent justifier la différence entre ces résultats.

**Consigne 2 :** Laquelle des balances est meilleure ? Déduire les qualités d'un bon instrument de mesure.

**Consigne 3 :** Quelles sont les valeurs de la masse de ce savon, de l'incertitude type et de l'incertitude élargie ? En déduire l'écriture de la masse sous la forme

Les élèves de la classe de première mesurent le poids de ce morceau de savon en utilisant un dynamomètre pouvant mesurer un poids maximal de 10N, comportant 100 divisions et ils trouvent 2,94N.

**Consigne 4 :** Ecrire le poids sous la forme  $p = \bar{p} \pm \Delta p$

**Consigne 5 :** Donner la relation entre p et m ainsi que la valeur de g. Cette relation est-elle vérifiée par l'expérience ? Si oui déduire l'expression de l'accélération de la pesanteur sous la forme  $g = (\bar{g} \pm \Delta g) N.kg^{-1}$ .

## EXERCICE 2 :

Dans le laboratoire de TP physique de M. PONE, il dispose d'un voltmètre de classe 0,5 qu'il utilise sur un calibre de 100 Volts et d'un ampèremètre sur lequel il visualise la mesure de l'intensité du courant électrique en mA. Ce dernier s'intéresse sur l'estimation des erreurs instrumentales de son voltmètre et de son ampèremètre. Mais pour manque de fidélité de son ampèremètre, il répète 5 fois la mesure de l'intensité du courant électrique en mA qui traverse une résistance R. Les résultats obtenus sont : 101,00 ; 102,30 ; 99,80 ; 100,90 ; 98,50. Aide M. PONE à répondre aux consignes suivantes :

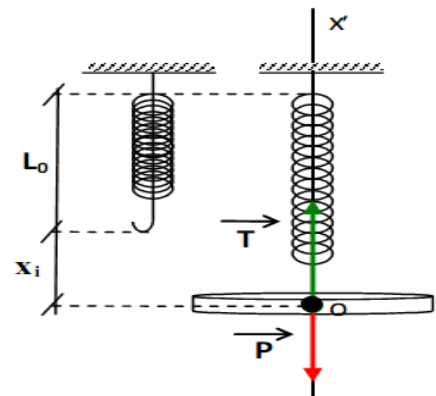
**Consigne 1 :** Calculer l'erreur instrumentale que son voltmètre tout en connaissant sa classe et son calibre comme mentionné dans le libellé. Puis donner la nature de cette erreur.

**Consigne 2 :** Calculer l'intensité I de son ampèremètre ainsi que son erreur.

**Consigne 3 :** Déterminer l'intervalle de confiance de la mesure de son intensité.

## EXERCICE 3 : Dressage d'un tableau de mesure et détermination d'une grandeur à partir du graphique

Un élève de seconde C réalise une expérience au laboratoire dont le but est la détermination d'une constante k d'un ressort. Au bout de ce ressort, il accroche des charges marquées  $m_i$  de différentes valeurs en kilogramme relève chaque fois la valeur de l'allongement  $x_i$  en mètre du ressort correspondant à la position d'équilibre O de la charge accrochée.



On obtient un ensemble de valeurs  $m_1 = 0.010$  ;  $m_2 = 0.020$  ;  $m_3 = 0.030$  ;  $m_4 = 0.050$  ;  $m_5 = 0.060$  ; correspondant respectivement à  $x_1 = 0.005$  ;  $x_2 = 0.010$  ;  $x_3 = 0.015$  ;  $x_4 = 0.020$  ;  $x_5 = 0.025$  ;  $x_6 = 0.030$ . En utilisant chaque couple de valeurs  $(m_i, x_i)$  ci-dessus pour calculer la constante k du ressort, l'élève ne retrouve curieusement pas la valeur indiquée par le fabricant du ressort

**Consigne 1 :** Après avoir défini les deux grandeurs mis en jeux dans cette expérience et leurs instruments de mesure, dresser un tableau de mesures.

**Consigne 2 :** l'élève a relevé sur les grandeurs les incertitudes suivantes :  $\Delta x = 0.001\text{m}$  et  $\Delta m = 0.001\text{kg}$ . Tracer sur papier millimétré la courbe des valeurs de  $x$  en fonction de celles de  $m$  soit le graphique  $x = f(m)$  à l'échelle : **En abscisse 1 cm pour 0,010 kg et en ordonnée 1cm pour 0,005m.**

La relation liant les grandeurs  $x$  et  $m$  est donnée par :  $x = \frac{g}{k} \cdot m$ .

Après avoir identifié la pente  $P$  de la courbe  $x=f(m)$  à partir de la relation précédente, Déterminer à partir du graphique tracé, **la valeur de cette pente ainsi que son incertitude** en utilisant la formule de propagation d'incertitudes suivante :

$$\Delta\left(\frac{a}{b}\right) = \frac{a\Delta b + b\Delta a}{b^2}$$

**Consigne 3 :**  $g$  étant le champ de pesanteur du lieu d'expérience, de valeur  $9,80 \text{ N/kg}$  et d'incertitude  $\Delta g = 0,05 \text{ N/kg}$ .

Déduire la valeur de la constante  $k$  du ressort et ainsi que son incertitude  $\Delta k$ .

Que peut-on conclure sur des variations de la grandeur  $x$  par rapport à celles de grandeur  $m$ .

**Consigne 4 :** Déterminer l'incertitude de répétabilité de  $x$ ,  $m$  ainsi que leur incertitude élargie.

## Annexe :

- Opérations sur les incertitudes :**

| Opération  | $x$     | $\Delta x$                    | $\Delta x / x$                |
|------------|---------|-------------------------------|-------------------------------|
| Somme      | $a + b$ | $\Delta a + \Delta b$         | $(\Delta a + \Delta b)/(a+b)$ |
| Différence | $a - b$ | $\Delta a + \Delta b$         | $(\Delta a + \Delta b)/(a-b)$ |
| Produit    | $a * b$ | $b\Delta a + a \Delta b$      | $\Delta a/a + \Delta b/b$     |
| Quotient   | $a / b$ | $(b\Delta a + a\Delta b)/b^2$ | $\Delta a/a + \Delta b/b$     |
| Puissance  | $a^n$   | $N a^{n-1} * \Delta a$        | $n * \Delta a/a$              |

- Incertitude absolue instrumentale pour un appareil à déviation :**  
incertitude instrumentale est l'incertitude due à l'appareil de mesure.



$$\Delta X_{inst} = \frac{Classe \times Calibre}{100}$$

- **Incertitude absolue de lecture :**  $\Delta X_{lect} = \frac{1 \text{ Calibre}}{4 \text{ echelle}}$
- **Incertitude absolue totale :**  $\Delta X_{Total} = \Delta X_{lect} + \Delta X_{inst}$
- **INCERTITUDE DE TYPE A**

| Nombre de mesures | Intervalle de Confiance |        |        |        |        |
|-------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                   | 90.0 %                  | 95.0 % | 98.0 % | 99.0 % | 99.9 % |
| 2                 | 2.92                    | 4.3    | 6.96   | 9.92   | 31.60  |
| 3                 | 2.35                    | 3.18   | 4.54   | 5.84   | 12.92  |
| 4                 | 2.13                    | 2.78   | 3.75   | 4.60   | 8.61   |
| 5                 | 2.02                    | 2.57   | 3.36   | 4.03   | 6.87   |
| 6                 | 1.94                    | 2.45   | 3.14   | 3.71   | 5.96   |
| 7                 | 1.89                    | 2.36   | 3.00   | 3.5    | 5.41   |
| 8                 | 1.86                    | 2.31   | 2.9    | 3.36   | 5.04   |
| 9                 | 1.83                    | 2.26   | 2.82   | 3.25   | 4.78   |
| 10                | 1.81                    | 2.23   | 2.76   | 3.17   | 4.59   |
| 12                | 1.78                    | 2.18   | 2.68   | 3.05   | 4.32   |
| 14                | 1.76                    | 2.14   | 2.62   | 2.98   | 4.14   |
| 17                | 1.74                    | 2.11   | 2.57   | 2.90   | 3.97   |
| 20                | 1.72                    | 2.09   | 2.53   | 2.85   | 3.85   |
| 30                | 1.70                    | 2.04   | 2.46   | 2.75   | 3.65   |
| 40                | 1.68                    | 2.02   | 2.42   | 2.7    | 3.55   |
| 50                | 1.68                    | 2.01   | 2.40   | 2.68   | 3.50   |
| 100               | 1.66                    | 1.98   | 2.36   | 2.63   | 3.39   |
| 10 000            | 1.64                    | 1.96   | 2.33   | 2.58   | 3.29   |