

TRAVAUX DIRIGÉS N°1

Année scolaire 2026-2027 | Classe : Terminale D et TI

PHYSIQUE

Durée : 2 heures · Leçon 1 : Erreur et incertitude sur la mesure

Compétences visées

Exprimer le résultat d'une mesure directe ou calculée avec son incertitude ; exploiter ce résultat pour juger de la fiabilité d'une mesure et prendre une décision.

Consignes / Données

La calculatrice scientifique non programmable est autorisée. Sauf indication contraire, toute incertitude est arrondie par excès à un chiffre significatif et le résultat est arrondi au même rang. Pour des mesures répétées, on prend un facteur d'élargissement $k = 2$.

PARTIE A : ÉVALUATION DES RESSOURCES

A.1 Évaluation des savoirs

Exercice 1

1. Définir : mesurage ; incertitude absolue ; incertitude relative.
2. Distinguer une erreur systématique d'une erreur aléatoire, puis donner un exemple de chacune.
3. Écrire la relation donnant l'incertitude absolue d'un appareil de mesure à aiguille et préciser la signification de chaque terme.
4. À quelle condition le résultat $X = (x \pm \Delta x)$ est-il compatible avec une valeur de référence $x_{\text{réf}}$?

Exercice 2

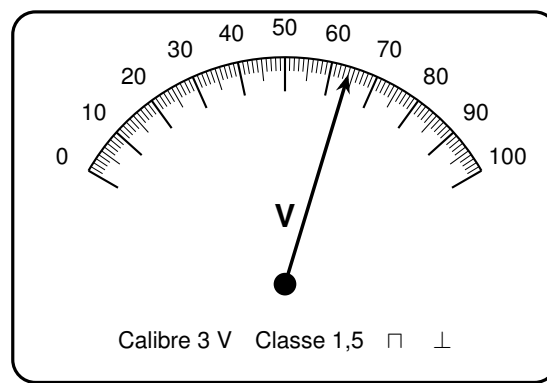
1. Réponds par Vrai ou Faux.
 - a) Répéter un grand nombre de fois une mesure permet d'éliminer une erreur systématique.
 - b) L'incertitude relative d'une mesure s'exprime sans unité.
 - c) Si $Z = X - Y$, alors $\Delta Z = \Delta X - \Delta Y$.
 - d) Plus l'incertitude relative est faible, plus la mesure est précise.
2. Choisis la bonne réponse.

- a) Le nombre 0,02050 comporte : (i) 3 chiffres significatifs ; (ii) 4 chiffres significatifs ; (iii) 5 chiffres significatifs.
- b) Si $Z = \frac{X^2}{Y}$, alors $\frac{\Delta Z}{Z}$ vaut : (i) $2\frac{\Delta X}{X} - \frac{\Delta Y}{Y}$; (ii) $2\frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y}$; (iii) $\frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y}$.
- c) Pour n mesures répétées d'écart-type expérimental s , l'incertitude-type sur la moyenne vaut : (i) s ; (ii) $\frac{s}{n}$; (iii) $\frac{s}{\sqrt{n}}$.

A.2 Évaluation des savoir-faire

Exercice 3

Un élève mesure la tension aux bornes d'une pile plate à l'aide d'un voltmètre à aiguille de classe 1,5 utilisé sur le calibre 3 V. Le cadran comporte 100 divisions ; la position de l'aiguille est représentée ci-dessous.



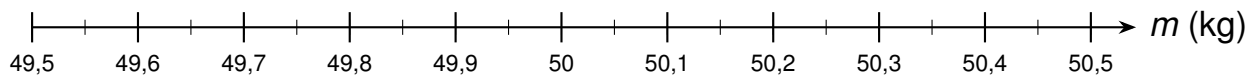
1. Lis la position de l'aiguille et calcule la tension U mesurée.
2. Calcule l'incertitude absolue ΔU puis l'incertitude relative de cette mesure.
3. Écris le résultat de la mesure sous sa forme normalisée.
4. L'élève avait d'abord utilisé le calibre 10 V. Sur quelle division l'aiguille s'arrêtait-elle ? Calcule l'incertitude relative correspondante et dis quel calibre il fallait retenir.
5. Pourquoi ne doit-on pas utiliser le calibre 1 V pour cette mesure ?

Exercice 4

Un agent du service des poids et mesures de Garoua contrôle dix sacs de ciment de masse nominale 50 kg. Il obtient les masses suivantes (en kg) :

49,8	50,2	50,1	49,7	50,0	50,3	49,9	50,0	50,1	49,9
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

1. Pourquoi les dix masses ne sont-elles pas toutes égales ?
2. Calcule la masse moyenne $\bar{m}$ d'un sac.
3. Calcule l'écart-type expérimental s de cette série.
4. Calcule l'incertitude-type $u(\bar{m})$ puis l'incertitude élargie Δm . Écris le résultat.
5. Sur l'axe ci-dessous, représente chaque mesure par une croix (empiler les croix des valeurs identiques), puis représente l'intervalle $[\bar{m} - \Delta m ; \bar{m} + \Delta m]$ par un segment épais.

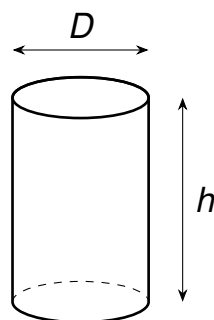


6. La masse nominale est-elle compatible avec ce résultat ? Justifie.

Exercice 5

Pour identifier le métal d'une pièce cylindrique pleine trouvée dans l'atelier de mécanique du lycée, des élèves mesurent :

- sa masse : $m = (153,5 \pm 0,1) \text{ g}$;
- son diamètre au pied à coulisse : $D = (2,00 \pm 0,01) \text{ cm}$;
- sa hauteur au pied à coulisse : $h = (5,80 \pm 0,01) \text{ cm}$.



Métal	$\rho \text{ (g}\cdot\text{cm}^{-3}\text{)}$
Aluminium	2,70
Fer	7,87
Laiton	8,50
Cuivre	8,96

1. Exprime le volume V du cylindre en fonction de D et h , puis calcule V .
2. Établis, par la différentielle logarithmique, l'expression de $\frac{\Delta V}{V}$, puis écris le résultat $V = (v \pm \Delta V)$.
3. Calcule la masse volumique ρ du métal et son incertitude $\Delta\rho$. Écris le résultat.
4. Identifie le métal à l'aide du tableau. Justifie.
5. Quelle mesure contribue le plus à l'incertitude sur ρ ? Propose un moyen de l'améliorer.

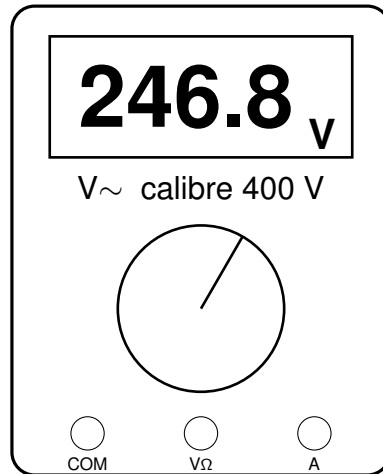
PARTIE B : ÉVALUATION DES COMPÉTENCES

Compétence 1

Contexte

M. FOTSO tient une boutique au marché A de Bafoussam. Son congélateur, conçu pour fonctionner sous une tension efficace comprise entre 198 V et 242 V, tombe souvent en panne le soir. Il accuse le distributeur d'électricité de livrer une tension trop élevée aux heures de forte consommation. Un technicien mesure la tension de la prise avec un multimètre numérique (calibre 400 V alternatif, unité de représentation UR = 0,1 V, précision donnée par la notice : $\pm(0,8\% \text{ de la lecture} + 3 \text{ UR})$).

Il lit 231,4 V à 9 h, puis la valeur ci-dessous à 20 h.



Tâche 1 : à l'aide d'un raisonnement scientifique, dis si la plainte de M. FOTSO est fondée.

Tâche 2 : propose-lui une solution pour protéger son congélateur.

Compétence 2

Contexte

Mme ABENA, restauratrice à Mvog-Mbi (Yaoundé), achète des bouteilles de gaz domestique censées contenir 12,5 kg de gaz. Doutant du remplissage, elle pèse six fois la même bouteille pleine avec une balance de son restaurant et obtient (en kg) :

27,1	27,2	27,0	27,1	27,3	26,9
------	------	------	------	------	------

La masse de la bouteille vide (tare), gravée sur la bouteille, est $T = (14,8 \pm 0,1)$ kg. On admet que l'incertitude sur la masse de la bouteille pleine provient uniquement de la dispersion des mesures.

Tâche : dis, en justifiant par des calculs, si Mme ABENA peut accuser le distributeur de vendre des bouteilles insuffisamment remplies.

CORRIGÉ DES TRAVAUX DIRIGÉS N°1

Année scolaire 2026-2027 | Classe : Terminale D et TI

PHYSIQUE

Durée : 2 heures · Leçon 1 : Erreur et incertitude sur la mesure

Compétences visées

Exprimer le résultat d'une mesure directe ou calculée avec son incertitude ; exploiter ce résultat pour juger de la fiabilité d'une mesure et prendre une décision.

PARTIE A : ÉVALUATION DES RESSOURCES

A.1 Évaluation des savoirs

Exercice 1

1. **Mesurage** : ensemble des opérations permettant de déterminer expérimentalement la valeur d'une grandeur.

Incertitude absolue Δx : limite supérieure de la valeur absolue de l'erreur commise sur la mesure x ; elle s'exprime dans la même unité que x et la valeur vraie est comprise entre $x - \Delta x$ et $x + \Delta x$.

Incertitude relative : quotient $\frac{\Delta x}{x}$, sans unité, souvent exprimé en % ; elle mesure la précision du résultat.

2. Une **erreur systématique** décale toutes les mesures dans le même sens et ne diminue pas quand on répète la mesure ; exemple : voltmètre dont le zéro est mal réglé. Une **erreur aléatoire** varie au hasard d'une mesure à l'autre et diminue en moyenne quand on répète la mesure ; exemple : temps de réaction de l'opérateur qui déclenche un chronomètre.
3. $\Delta x = \frac{\text{classe} \times \text{calibre}}{100}$, où la **classe** est l'indice de précision inscrit sur le cadran par le constructeur et le **calibre** la valeur maximale mesurable sur la position utilisée.
4. Le résultat est compatible avec $x_{\text{réf}}$ si $|x - x_{\text{réf}}| \leq \Delta x$, c'est-à-dire si $x_{\text{réf}} \in [x - \Delta x ; x + \Delta x]$.

Exercice 2

1.

- a) **Faux** : répéter la mesure réduit l'effet des erreurs aléatoires ; une erreur systématique affecte toutes les mesures de la même façon et subsiste dans la moyenne.

- b) **Vrai** : Δx et x ont la même unité, leur quotient est sans unité.
 c) **Faux** : les incertitudes s'ajoutent toujours, $\Delta Z = \Delta X + \Delta Y$.
 d) **Vrai** : la précision est d'autant meilleure que $\frac{\Delta x}{x}$ est petit.

2.

- a) Réponse (ii) : les zéros de gauche ne comptent pas ; les chiffres 2, 0, 5, 0 sont significatifs.
 b) Réponse (ii) : $\ln Z = 2 \ln X - \ln Y \Rightarrow \frac{dZ}{Z} = 2 \frac{dX}{X} - \frac{dY}{Y}$; on majore : $\frac{\Delta Z}{Z} = 2 \frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y}$.
 c) Réponse (iii) : $u(\bar{x}) = \frac{s}{\sqrt{n}}$.

A.2 Évaluation des savoir-faire

Exercice 3

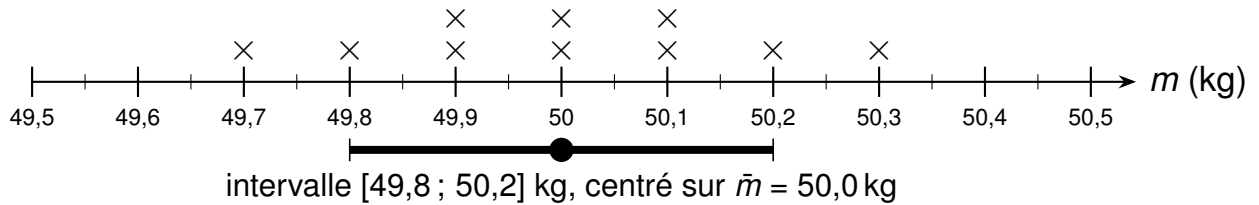
1. L'aiguille s'arrête sur la division $n = 64$ d'une échelle de $N = 100$ divisions : $U = \frac{n}{N} \times \text{calibre} = \frac{64}{100} \times 3 = 1,92 \text{ V}$.
2. $\Delta U = \frac{1,5 \times 3}{100} = 0,045 \text{ V} \approx 0,05 \text{ V}$ (arrondi par excès) ; $\frac{\Delta U}{U} = \frac{0,045}{1,92} = 0,023 = 2,3\%$.
3. $U = (1,92 \pm 0,05) \text{ V}$, soit $1,87 \text{ V} \leq U_{\text{vraie}} \leq 1,97 \text{ V}$.
4. Sur le calibre 10 V : $n' = \frac{1,92 \times 100}{10} = 19,2$ divisions. $\Delta U' = \frac{1,5 \times 10}{100} = 0,15 \text{ V}$ et $\frac{\Delta U'}{U} = \frac{0,15}{1,92} = 7,8\%$. Il faut retenir le calibre 3 V : c'est le plus petit calibre supérieur à la tension mesurée, il donne la plus faible incertitude relative.
5. La tension à mesurer (1,92 V) dépasse le calibre 1 V : l'aiguille irait en butée au-delà de la graduation 100, la lecture serait impossible et l'appareil risquerait d'être détérioré.

Exercice 4

1. Les masses diffèrent à cause des erreurs aléatoires (remplissage variable des sacs à l'usine, lecture de la balance, position du sac sur le plateau).
2. $\bar{m} = \frac{\sum m_i}{n} = \frac{500,0}{10} = 50,00 \text{ kg}$.
3. Écarts $m_i - \bar{m}$ (kg) : $-0,2 ; 0,2 ; 0,1 ; -0,3 ; 0 ; 0,3 ; -0,1 ; 0 ; 0,1 ; -0,1$.
 $\sum (m_i - \bar{m})^2 = 0,04 + 0,04 + 0,01 + 0,09 + 0 + 0,09 + 0,01 + 0 + 0,01 + 0,01 = 0,30 \text{ kg}^2$.
 $s = \sqrt{\frac{0,30}{10 - 1}} = 0,18 \text{ kg}$.
4. $u(\bar{m}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,183}{\sqrt{10}} = 0,058 \text{ kg}$; $\Delta m = 2 u(\bar{m}) = 0,115 \text{ kg} \approx 0,2 \text{ kg}$.

$$m = (50,0 \pm 0,2) \text{ kg}$$

5. Tracé :



6. La masse nominale 50 kg appartient à l'intervalle $[49,8 ; 50,2]$ kg ($|50,0 - 50| = 0 \leq 0,2$) : elle est compatible avec le résultat. En moyenne, les sacs contrôlés sont conformes.

Exercice 5

$$1. V = \frac{\pi D^2}{4} h = \frac{\pi \times (2,00)^2}{4} \times 5,80 = 18,22 \text{ cm}^3.$$

$$2. \ln V = \ln \frac{\pi}{4} + 2 \ln D + \ln h \Rightarrow \frac{dV}{V} = 2 \frac{dD}{D} + \frac{dh}{h}, \text{ d'où } \frac{\Delta V}{V} = 2 \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta h}{h}.$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 2 \times \frac{0,01}{2,00} + \frac{0,01}{5,80} = 0,0100 + 0,0017 = 0,0117 ; \Delta V = 18,22 \times 0,0117 = 0,21 \text{ cm}^3 \approx 0,3 \text{ cm}^3.$$

$$V = (18,2 \pm 0,3) \text{ cm}^3$$

$$3. \rho = \frac{m}{V} = \frac{153,5}{18,22} = 8,42 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}.$$

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{0,1}{153,5} + 0,0117 = 0,0007 + 0,0117 = 0,0124 ; \Delta \rho = 8,42 \times 0,0124 = 0,104 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \approx 0,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}.$$

$$\rho = (8,4 \pm 0,2) \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

4. La valeur vraie est comprise entre $8,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ et $8,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Seul le laiton ($8,50 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) appartient à cet intervalle ; le fer ($7,87$) et le cuivre ($8,96$) en sont exclus.
Le métal est du laiton.

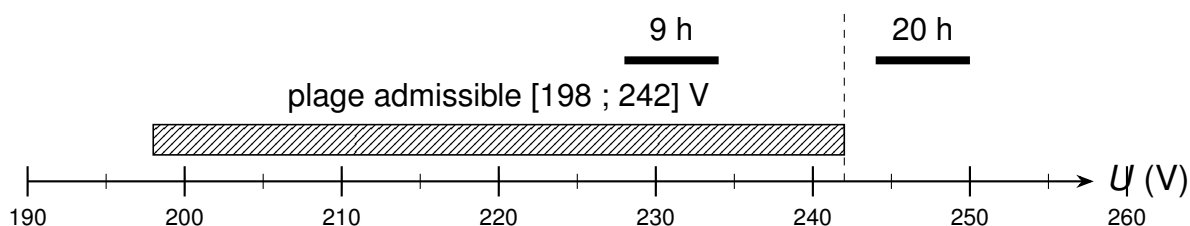
5. Contributions : $\frac{\Delta m}{m} = 0,07\%$; $\frac{\Delta h}{h} = 0,17\%$; $2 \frac{\Delta D}{D} = 1,0\%$. La mesure du diamètre contribue le plus (elle est petite et portée au carré). On l'améliore en mesurant D avec un palmer (micromètre, $\Delta D = 0,001 \text{ cm}$) ou en faisant plusieurs mesures du diamètre en différents endroits.

Compétence 1

Tâche 1.

Mesure de 9 h : $\Delta U_1 = 0,008 \times 231,4 + 3 \times 0,1 = 1,85 + 0,30 = 2,15 \text{ V} \approx 3 \text{ V}$;
 $U_1 = (231 \pm 3) \text{ V}$, soit $[228 ; 234] \text{ V}$.

Mesure de 20 h : $\Delta U_2 = 0,008 \times 246,8 + 3 \times 0,1 = 1,97 + 0,30 = 2,27 \text{ V} \approx 3 \text{ V}$;
 $U_2 = (247 \pm 3) \text{ V}$, soit $[244 ; 250] \text{ V}$.



À 9 h, tout l'intervalle $[228 ; 234] \text{ V}$ est inclus dans la plage admissible : la tension est normale. À 20 h, même la plus petite valeur possible (244 V) dépasse 242 V : la surtension est certaine, elle ne s'explique pas par l'imprécision du multimètre. **La plainte de M. FOTSO est fondée.**

Tâche 2. Brancher le congélateur à travers un régulateur (stabilisateur) de tension qui maintient une tension de sortie proche de 220 V, ou à travers un dispositif de protection contre les surtensions qui coupe l'alimentation au-delà de 242 V ; il peut aussi saisir le distributeur par écrit en joignant les mesures du technicien.

Compétence 2

Masse de la bouteille pleine. $\bar{M} = \frac{162,6}{6} = 27,10 \text{ kg}$.

Écarts (kg) : 0 ; 0,1 ; -0,1 ; 0 ; 0,2 ; -0,2 ; $\sum (M_i - \bar{M})^2 = 0,10 \text{ kg}^2$; $s = \sqrt{\frac{0,10}{5}} = 0,14 \text{ kg}$.

$u(\bar{M}) = \frac{0,141}{\sqrt{6}} = 0,058 \text{ kg}$; $\Delta M = 2u = 0,115 \text{ kg} \approx 0,2 \text{ kg}$; $M = (27,1 \pm 0,2) \text{ kg}$.

Masse du gaz. $G = M - T = 27,1 - 14,8 = 12,3 \text{ kg}$; pour une différence, les incertitudes s'ajoutent : $\Delta G = \Delta M + \Delta T = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ kg}$.

$G = (12,3 \pm 0,3) \text{ kg}$, soit $12,0 \text{ kg} \leq G_{\text{vraie}} \leq 12,6 \text{ kg}$.

Décision. La masse annoncée 12,5 kg appartient à l'intervalle $[12,0 ; 12,6] \text{ kg}$ ($|12,3 - 12,5| = 0,2 \leq 0,3$) : elle est compatible avec les mesures. **Mme ABENA ne peut pas accuser le distributeur** sur la base de ces mesures : l'écart observé peut s'expliquer par l'imprécision des pesées. Pour conclure, elle devrait faire peser la bouteille sur une balance plus précise (balance étalonnée du service des poids et mesures) ou contrôler plusieurs bouteilles.