

Exercices sur le chapitre 1

Durée : 1h

Exercice n°1 : Autonomie d'un chauffage d'appoint à gaz

Les chauffages d'appoint à gaz sont généralement alimentés par une bouteille de butane partiellement liquéfié. C'est la combustion de ce dernier qui libère l'énergie de chauffage. Un chauffage d'appoint classique consomme 250g de butane par heure de fonctionnement.



Caractéristique d'une bouteille de butane :

Le butane est un hydrocarbure de formule brute C_4H_{10} , gazeux à pression atmosphérique, mais liquide à la pression de 2 bars (deux fois la pression atmosphérique), tout ceci à la température ambiante de $20^\circ C$. Sa masse volumique est d'ailleurs $\rho = 601 \text{ g/L}$ à l'état liquide. Il est couramment stocké dans des bouteilles métalliques de volume total $V_{\text{tot}} = 41 \text{ L}$. Dans une bouteille, une partie du butane est liquide et l'autre reste gazeuse.



Rappels : $M(C) = 12,0 \text{ g/mol}$; $M(H) = 1,0 \text{ g/mol}$; $M(O) = 16,0 \text{ g/mol}$;
Volume molaire d'un gaz : en L / mol

Pression \ Température	1 bar	2 bars
	$0^\circ C$	22,4
$20^\circ C$	24,1	12,0

- 1) Déterminer la masse molaire du butane en faisant attention aux chiffres significatifs (détailler le calcul).
- 2) Dans une bouteille donnée, la partie liquide occupe un volume $V_l = 11 \text{ L}$. Déterminer la durée de fonctionnement restante du chauffage d'appoint avec cette bouteille. Cette question nécessite plusieurs étapes de raisonnement et de calcul. Toute démarche rédigée vers la solution sera valorisée. La structure de la rédaction fait aussi partie des critères d'évaluation.

Exercice n°2 : Contrôle de qualité d'une solution de chlorure de méthylthioninium

Le chlorure de méthylthioninium est un dérivé de la phénothiazine à la fois médicament et colorant. C'est une espèce chimique organique de formule brute $C_{16}H_{18}N_3SCl$ et de masse molaire $M = 319,6 \text{ g/mol}$. A l'état pur, il se présente sous la forme d'une poudre soluble dans l'eau. Son action médicinale repose sur ses propriétés oxydo-réductrices. Certaines de ses propriétés sont aussi utilisées pour des expériences en biochimie. Enfin, il peut également servir à colorer des bactéries pour les visualiser au microscope. En effet, quand il entre dans le cytoplasme d'une cellule vivante, il est réduit car c'est un environnement réducteur : les cellules vivantes paraissent incolores. En revanche, des cellules mortes restent colorées. On peut ainsi distinguer les cellules mortes des cellules vivantes.

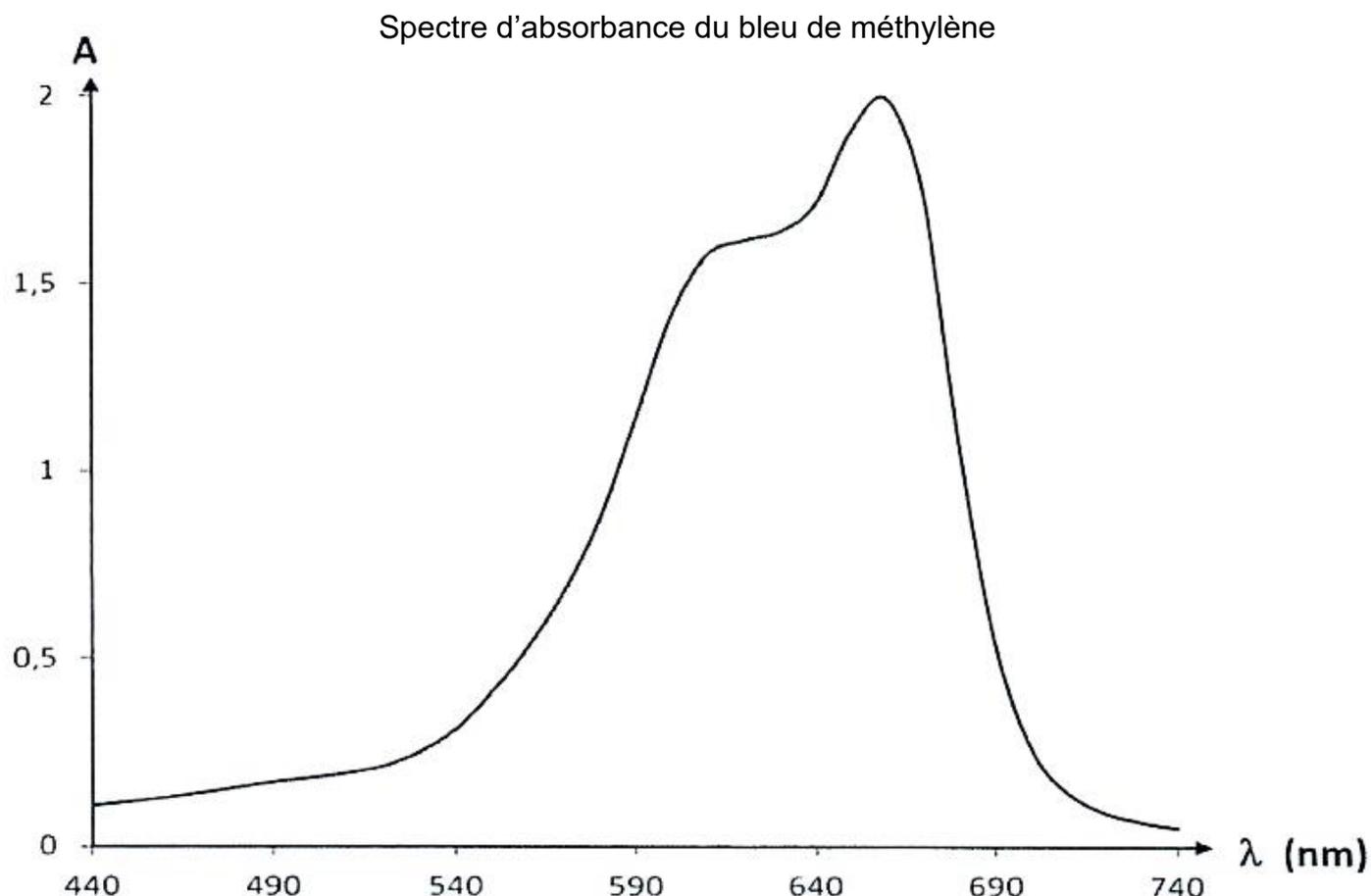
L'objectif d'un technicien est d'effectuer un contrôle de qualité, par dosage spectrophotométrique, d'une préparation microscopique utilisée dans le domaine de la santé.

Un technicien de laboratoire souhaite déterminer avec précision la concentration du colorant dans une solution S dont l'étiquette porte l'indication suivante :

« **Chlorure de méthylthionium 3,20mmol.L⁻¹** »

On note C_S la concentration en quantité de matière de cette solution S déterminée par une méthode spectrophotométrique.

Le technicien commence par mesurer l'évolution de l'absorbance A d'une solution de bleu de méthylène pour différentes longueurs d'onde λ :



Puis, il prépare une gamme de solutions notées S_1 à S_4 , de volume 25,0 mL chacune, à partir d'une solution mère S_0 de concentration en masse égale à 5,00mg.L⁻¹.

L'absorbance des solutions a ensuite été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre préalablement réglé sur une valeur λ du spectre d'absorption. Les résultats sont reproduits dans le tableau ci-dessous :

Solution	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4
Concentration en quantité de matière C_i (en mg.L ⁻¹)	5,00	4,00	3,00	2,00	1,00
Absorbance A	0,610	0,480	0,374	0,243	0,126

- 1) En justifiant, déterminer la couleur de la solution de ce colorant.
- 2) En justifiant, déterminer avec précision la longueur d'onde à privilégier pour réaliser les mesures d'absorbance.

- 3) Ecrire le protocole détaillé de la préparation de la solution S_2 à partir de la solution mère S_0 , en précisant la verrerie nécessaire.
- 4) (a) Sur Atelier Scientifique, réaliser la courbe d'étalonnage du dosage (faire apparaître l'origine du repère).
 (b) La loi de Beer-Lambert est-elle vérifiée ? Justifier.
 (c) Relever l'équation de modélisation.
- 5) Une solution S_D de CM a été obtenue en diluant 400 fois la solution S. La mesure de l'absorbance de la solution S_D vaut $A_D = 0,328$.
 Déterminer la concentration en masse C_{mS} de la solution S.
- 6) Déterminer la concentration en quantité de matière C_S de la solution S testée et comparer la valeur trouvée à la valeur annoncée.
- 7) L'expérience est renouvelée 10 fois et mène aux résultats suivants :

C_S (mmol/L)	3,37	3,13	3,22	3,16	3,50	3,47	3,10	3,16	3,44	3,41

- (a) Déterminer la valeur de C_S la plus probable à proposer, ainsi que son incertitude-type
 (rappel : $(C_S) = \frac{S_x}{\sqrt{n}}$).
- (b) Donner un sens physique aux résultats trouvés en (a).
- 8) Rédiger le protocole de fabrication de $V_S = 0,250$ L de la solution S annoncée à partir du solide.

Correction

Exercice n°1 : Autonomie d'un chauffage d'appoint à gaz

1) On a $M = 4.M(C) + 10.M(H)$ avec $M(C) = 12,0 \text{ g/mol}$ et $M(H) = 1,0 \text{ g/mol}$
 $M = 48,0 + 10 = 58 \text{ g/mol}$

2) Détermination de la quantité de matière à l'état gazeux :

On a $n_g = V / V_m$ avec $V = 41 - 11 = 30 \text{ L}$ et $V_m = 12,0 \text{ L/mol}$
 $n_g = 2,5 \text{ mol}$

Détermination de la masse de gaz :

On a $n_g = m_g / M$ donc $m_g = n_g \times M$ avec $n_g = 2,5 \text{ mol}$ et $M = 58 \text{ g/mol}$
 $m_g = 1,5 \cdot 10^2 \text{ g}$

Détermination de la masse à l'état liquide :

On a $\rho = m_l / V_l$ donc $m_l = \rho \times V_l$ avec $\rho = 601 \text{ g/L}$ et $V_l = 11 \text{ L}$
 $m_l = 6,6 \cdot 10^3 \text{ g}$

Détermination de la masse totale de butane :

On a $m_{\text{tot}} = m_g + m_l = 6,8 \cdot 10^3 \text{ g}$

Détermination de la durée de fonctionnement :

On a une situation de proportionnalité : $250 \text{ g} \leftrightarrow 1 \text{ h}$
 $m_{\text{tot}} \leftrightarrow t = ?$

Donc $t = m_{\text{tot}} / 250 = 27 \text{ h} = t$

Exercice n°2 : Contrôle de qualité d'une solution de chlorure de méthyltinionium

1) La solution absorbe dans les radiations rouges ($\lambda \approx 650 \text{ nm}$), donc elle transmet les radiations Bleues ($\lambda \approx 450 \text{ nm}$) et Vertes (λ entre 500 et 550 nm). Ainsi, cette solution est cyan ou une nuance de bleu-cyan.

2) Quand on fait des mesures avec un appareil de mesure, son incertitude absolue est la même pour toutes les mesures. Par contre, l'incertitude relative (en %) est moindre sur de grande valeur. Il faut donc choisir la longueur d'onde λ_{max} d'absorbance maximale.

Sur le spectre, en abscisse on a $9,35 \text{ cm} \leftrightarrow 300 \text{ nm}$
et le pic à $6,8 \text{ cm} \leftrightarrow \Delta\lambda$

Ainsi $\lambda_{\text{max}} = 440 + \Delta\lambda = 440 + 300 \times 6,8 / 9,35$
 $\lambda_{\text{max}} = 658 \text{ nm}$

3) Détermination du volume de solution mère à prélever :

Au cours d'une dilution, la masse de soluté n'est pas modifiée, donc :

$m = C_0 \times V_0 = C_2 \times V_2$, donc $V_0 = C_2 \times V_2 / C_0$ avec $C_2 = 3,00 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$, $V_2 = 25,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}$
 $V_0 = 0,0150 \text{ L} = 15,0 \text{ mL}$

Protocole de dilution :

- Dans un bécher propre et sec, verser un volume suffisant de solution à diluer.
- Rincer une pipette graduée de 20 mL avec un peu de solution à diluer.
- Prélever $15,0 \text{ mL}$ de solution et verser dans une fiole jaugée de $25,0 \text{ mL}$.
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
- Homogénéiser, puis ajuster si nécessaire.

4) (a) Tracé sur Atelier Scientifique.

(b) Les points obtenus sont approximativement alignés avec l'origine, donc on modélise par une droite qui passe par l'origine. C'est conforme à la loi de proportionnalité entre absorbance et concentration de Beer-Lambert.

(c) Le module de modélisation d'AS fournit l'équation $A = 0,122 \times C$

5) Graphiquement, pour la solution diluée, on lit $C_D = 2,69 \text{ mg/L} = 2,69 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$

On a donc $C_{mS} = 400 \times C_D = \mathbf{1,08 \text{ g/L} = C_{ms}}$

6) On a $C_S = C_{ms} / M$ avec $M = 319,6 \text{ g/mol}$
 $C_S = \mathbf{3,37 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} = 3,37 \text{ mmol/L}}$

Pour comparer, on peut calculer l'écart relatif avec la valeur annoncée C :

$$: e = \frac{|C_{m_{exp}} - C|}{C} = 0,05 = 5\%$$

Comme cette valeur reste inférieure ou égale à 5%, on peut considérer que les deux valeurs sont cohérentes (les incertitudes liées aux manipulations et mesures peuvent facilement expliquer l'écart).

7) La valeur la plus probable à proposer est la moyenne, qui est $C_m = \mathbf{3,30 \text{ mmol/L}}$ avec une incertitude-type statistique de $U(C_m) = \mathbf{0,05 \text{ mmol/L}}$.

Cela signifie qu'il est très probable que la valeur réelle soit comprise entre 3,25 et 3,35 mmol/L.

8) Détermination de la masse de soluté à peser :

On a $C = n / V_S$, donc $n = C \times V_S$ et $n = m / M$, soit $m = n \times M$

Donc $m = C \times V_S \times M$ avec $C = 3,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$, $V_S = 0,250 \text{ L}$ et $M = 319,6 \text{ g/mol}$

$$\mathbf{m = 0,256 \text{ g}}$$

Protocole de dissolution :

- Peser $m = 0,256 \text{ g}$ avec une balance au millième de gramme.
- A l'aide d'un entonnoir, verser le soluté dans une fiole jaugée de 250 mL.
- Remplir la fiole d'eau distillée jusqu'au 2/3 environ, puis agiter pour dissoudre.
- Ajuster jusqu'au trait de jauge et homogénéiser.