Le formaldéhyde : un polluant domestique

Bac S 2019 Asie (ancien programme) · Exercice 1 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Écrire la formule développée du formaldéhyde et donner son nom dans la nomenclature systématique.

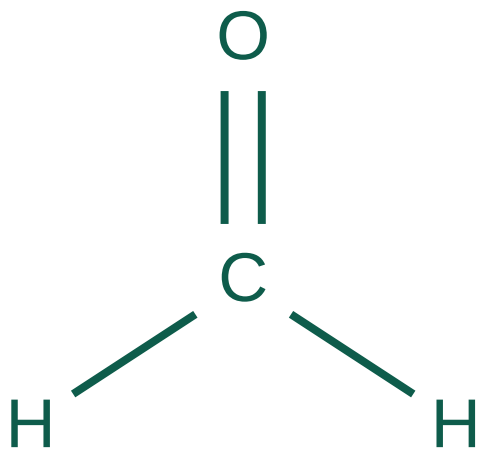
Données utiles formule brute CH_2O

L'atome de carbone forme quatre liaisons : une double liaison avec l'atome d'oxygène et une liaison simple avec chacun des deux atomes d'hydrogène (voir la figure).

La chaîne ne compte qu'un atome de carbone (préfixe « méthan- ») et porte le groupe carbonyle en bout de chaîne (aldéhyde, terminaison « -al »).

Le formaldéhyde est le **méthanal**, de formule $H_2C{=}O$.

PIÈGE
Une formule développée montre toutes les liaisons, y compris les liaisons $C{-}H$. Écrire $HCHO$ ou CH_2O ne répond pas à la question.



1.1 · Formule développée du méthanal

1.2 Le spectre IR obtenu pour l'échantillon de matériau permet-il de soupçonner la présence de formaldéhyde ? Justifier.

Données utiles aldéhyde : $C_{tri}{-}H$ entre 2700 et 2900 cm^{-1} ; $C{=}O$ entre 1720 et 1740 cm^{-1}

Le formaldéhyde est un aldéhyde : son spectre doit présenter les deux bandes de cette famille.

Sur le spectre, on relève :

- une bande fine et intense vers 1740 cm^{-1}, attribuable à la liaison $C{=}O$ d'un aldéhyde ;
- deux bandes entre 2700 et 2900 cm^{-1}, attribuables aux liaisons $C_{tri}{-}H$.

Aucune bande large n'apparaît au-delà de 3000 cm^{-1} : il n'y a pas de liaison $O{-}H$, ce qui écarte un alcool ou un acide carboxylique.

Oui : le spectre est celui d'un aldéhyde, la présence de formaldéhyde peut être soupçonnée.

PIÈGE
L'axe des nombres d'onde est gradué de droite à gauche et son échelle change à 2000 cm^{-1}. Repérer chaque bande par rapport aux graduations voisines.

COMPRENDRE
La bande $C{=}O$ seule ne suffit pas : cétones, esters et acides en possèdent une dans la même zone. C'est la bande $C_{tri}{-}H$ qui désigne un aldéhyde.

2.1 Pourquoi chauffe-t-on le mélange lors de la troisième étape ?

Données utiles étuve à 105 °C pendant 30 min

La température est un facteur cinétique : plus elle est élevée, plus la transformation est rapide.

Le chauffage accélère la réaction entre le formaldéhyde et l'acide chromotropique : le composé B est entièrement formé au bout de 30 min.

COMPRENDRE
Le dosage n'a de sens que si tout le formaldéhyde a réagi avant la mesure : l'absorbance mesurée correspond alors à l'état final.

2.2 Quelle est la couleur du composé coloré formé lors de cette réaction ?

Données utiles maximum d'absorption de B à 580 nm ; cercle chromatique

Le composé B absorbe surtout les radiations de longueur d'onde voisine de 580 nm, situées dans le jaune (entre 560 nm et 590 nm sur le cercle chromatique).

La couleur perçue est la couleur complémentaire de la couleur absorbée : elle est diamétralement opposée sur le cercle chromatique.

Le composé B est **violet** (violet à bleu-violet).

PIÈGE
Répondre « jaune » : 580 nm est la couleur absorbée, pas la couleur de la solution.

2.3 Déterminer la concentration en masse minimale de la solution d'acide chromotropique pour que celui-ci soit en excès sur toute la gamme d'échantillons.

Données utiles $V = 3{,}0$ mL de solution étalon ; $C_{m,\max} = 5{,}0\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_0 = 0{,}3$ mL de solution d'acide chromotropique ; $M_{\text{for}} = 30\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{chro}} = 320\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Le cas le plus exigeant est celui de la solution étalon la plus concentrée, $C_{m,\max} = 5{,}0\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Quantité de formaldéhyde introduite : $n_{\text{for}} = \dfrac{C_{m,\max}\,V}{M_{\text{for}}}$.

Quantité d'acide chromotropique introduite, pour une solution de concentration en masse C_{m0} : $n_{\text{chro}} = \dfrac{C_{m0}\,V_0}{M_{\text{chro}}}$.

D'après l'équation, 2 mol d'acide chromotropique réagissent avec 1 mol de formaldéhyde. La concentration minimale correspond au mélange stœchiométrique : $\dfrac{n_{\text{chro}}}{2} = n_{\text{for}}$, soit

$$C_{m0} = \frac{2\,M_{\text{chro}}\,C_{m,\max}\,V}{M_{\text{for}}\,V_0}$$

$$C_{m0} = \frac{2\times 320\times 5{,}0\times 3{,}0}{30\times 0{,}3} = 1{,}1\times 10^{3}\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$$

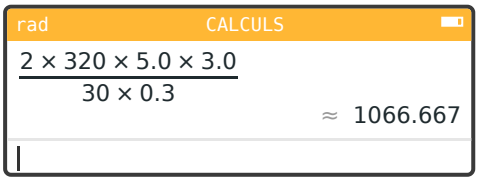
$C_{m0} \approx 1{,}1\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$: au-dessus de cette valeur, l'acide chromotropique est en excès pour toute la gamme.

PIÈGE
Oublier le coefficient 2 de l'équation, ou comparer directement les masses : la stœchiométrie porte sur les quantités de matière.

COMPRENDRE
Les volumes restent en mL au numérateur et au dénominateur : leur rapport est sans unité, et C_{m0} sort en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ comme $C_{m,\max}$.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : les données en ont deux, sauf $V_0 = 0{,}3$ mL qui n'en a qu'un. On garde deux chiffres au plus ; l'ordre de grandeur est $1\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE



2.4.1 Déterminer, par une méthode au choix, la concentration en masse en formaldéhyde dans le filtrat étudié.

Données utiles tableau $A = f(C_m)$ des solutions étalons ; filtrat : $A = 1{,}34$

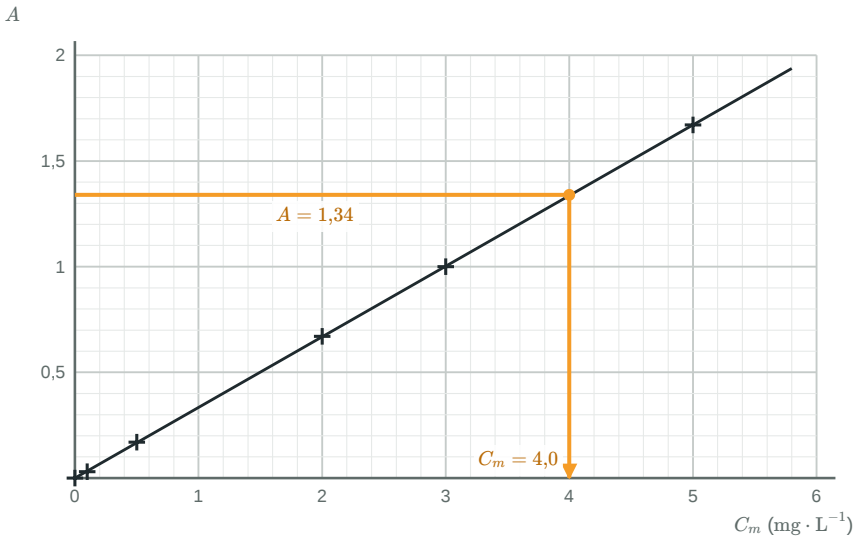
On calcule le rapport $\dfrac{A}{C_m}$ pour les solutions étalons :

$\dfrac{0{,}17}{0{,}5} = 0{,}34$; $\dfrac{0{,}67}{2{,}0} = 0{,}335$; $\dfrac{1{,}00}{3{,}0} = 0{,}333$; $\dfrac{1{,}67}{5{,}0} = 0{,}334$ (en $\text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$).

Ce rapport est constant : l'absorbance est proportionnelle à la concentration en masse, $A = k\,C_m$ (loi de Beer-Lambert), avec $k = 0{,}334\ \text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$. Le point à $0{,}1\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (rapport 0,3) est trop peu précis pour être retenu.

Le filtrat a subi le même protocole, donc $C_m = \dfrac{A}{k} = \dfrac{1{,}34}{0{,}334}$

$C_m = 4{,}0\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de formaldéhyde dans le filtrat.



2.4.1 · Droite d'étalonnage et lecture pour le filtrat

PIÈGE
Utiliser un seul point de la gamme sans avoir montré la proportionnalité. Il faut justifier que la loi de Beer-Lambert est vérifiée avant de s'en servir.

MÉTHODE
Autre voie : tracer $A = f(C_m)$, droite passant par l'origine, puis lire l'abscisse du point d'ordonnée 1,34. Vérification rapide : $1{,}34 = 2 \times 0{,}67$, donc $C_m = 2 \times 2{,}0\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.67}{5.0}$ ≈ 0.334

$\dfrac{1.34}{0.334}$ ≈ 4.011976

2.4.2 La norme E1 impose une teneur en formaldéhyde inférieure ou égale à 8 mg pour 100 g de matériau. L'échantillon étudié satisfait-il à cette norme ?

Données utiles $C_m = 4{,}0\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (2.4.1) ; échantillon de $30{,}0$ g macéré dans $V_{\text{eau}} = 300$ mL

Masse de formaldéhyde extraite des 30,0 g de matériau et dissoute dans les 300 mL de filtrat :

$$m = C_m\, V_{\text{eau}} = 4{,}0 \times 0{,}300 = 1{,}2\ \text{mg}$$

Par proportionnalité, pour 100 g de matériau :

$$m_{100} = 1{,}2 \times \frac{100}{30{,}0} = 4{,}0\ \text{mg}$$

Teneur de 4,0 mg pour 100 g, inférieure à 8 mg pour 100 g : l'échantillon **satisfait** à la norme E1.

PIÈGE

Comparer directement $4{,}0\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ à 8 mg : la norme est une masse par 100 g de matériau, pas une concentration. Convertir aussi 300 mL en litres.

COMPRENDRE

On suppose que la macération de 16 h a extrait tout le formaldéhyde du solide. Si l'extraction est incomplète, la teneur réelle est supérieure à la valeur trouvée.

À LA CALCULATRICE

