

Approfondissement

Synthèse d'une espèce chimique

Arôme de rhum, lavage à l'eau salée, parfum de jasmin, curcuma, menthol

5 exercices · niveau ●●● · durée conseillée : 2 h 30 · calculatrice autorisée

Exercice 1 Pourquoi un réfrigérant ? L'arôme de rhum

●●●

Le méthanoate d'éthyle, qui contribue à l'odeur du rhum, se forme à partir d'acide méthanoïque et d'éthanol. Deux élèves chauffent chacun 42,0 g du même mélange de réactifs pendant 30 min : Alix à reflux, Bilal dans un erlenmeyer ouvert posé sur une plaque chauffante. Ils pèsent régulièrement leur récipient et reportent la masse de son contenu sur la figure 1.

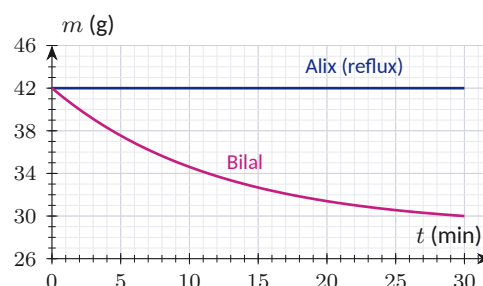


Figure 1 — Masse du contenu du récipient

Températures d'ébullition : acide méthanoïque 101 °C ; éthanol 78 °C ; méthanoate d'éthyle 54 °C ; eau 100 °C.

- 1.1 Lire sur la figure 1 la masse perdue par le mélange de Bilal en 30 min. Que sont devenues les espèces correspondantes ? Pourquoi la masse du mélange d'Alix ne varie-t-elle pas ?
- 1.2 Quelle espèce Bilal perd-il le plus facilement ? Pourquoi est-ce particulièrement gênant ici ?
- 1.3 Dans les conditions de l'expérience, l'état final est atteint en quelques semaines à 20 °C, en moins d'une heure au voisinage de l'ébullition. Expliquer en quelques lignes pourquoi le chauffage à reflux est le meilleur compromis entre rapidité de la transformation et conservation de la matière.
- 1.4 Écrire l'équation de la réaction sachant que l'acide méthanoïque a pour formule CH_2O_2 , l'éthanol $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, et qu'il se forme de l'eau et du méthanoate d'éthyle. En déduire la formule brute du méthanoate d'éthyle.

Exercice 2 Laver sans perdre l'arôme : le rôle de l'eau salée

●●●

Le butanoate de méthyle ($\rho = 0,90 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$), à l'odeur de pomme, est synthétisé au laboratoire ; on obtient un mélange contenant 8,0 g d'ester et des réactifs restants, très solubles dans l'eau. À 20 °C, la solubilité de l'ester vaut environ $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ dans l'eau et environ $1,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ dans l'eau salée saturée.

■ DONNÉES $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ • eau salée saturée : $\rho = 1,2 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$

- 2.1 On lave le mélange avec 50 mL d'eau. Quelle masse maximale d'ester peut se dissoudre dans l'eau de lavage ? Quel pourcentage des 8,0 g d'ester cela représente-t-il ?
- 2.2 Reprendre le calcul avec 50 mL d'eau salée saturée. Conclure sur l'intérêt de l'eau salée.
- 2.3 Pour éliminer les réactifs, vaut-il mieux laver une fois avec 100 mL d'eau salée ou deux fois avec 50 mL ? Comparer d'abord la masse maximale d'ester perdue dans les deux cas, puis proposer un argument en faveur de deux lavages.
- 2.4 Dans quelle phase se trouve l'ester dans l'ampoule à décanter ? La différence de masse volumique entre les deux phases est-elle plus grande avec l'eau ou avec l'eau salée ? Pourquoi est-ce un avantage ?

Exercice 3 Le parfum de jasmin : quelle masse maximale?



L'éthanoate de benzyle $C_9H_{10}O_2$ est l'un des principaux constituants odorants du jasmin ; les parfumeurs l'obtiennent par synthèse à partir d'alcool benzylique C_7H_8O et d'acide éthanoïque $C_2H_4O_2$ (il se forme aussi de l'eau). On mélange $V_1 = 10,4 \text{ mL}$ d'alcool benzylique ($\rho_1 = 1,04 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) et $V_2 = 11,4 \text{ mL}$ d'acide éthanoïque ($\rho_2 = 1,05 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$). Éthanoate de benzyle : $\rho = 1,05 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$, très peu soluble dans l'eau.

■ **DONNÉES** $\rho = m/V$ • $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ • eau salée saturée : $\rho = 1,2 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ • $m_H = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ • $m_C = 1,99 \times 10^{-26} \text{ kg}$ • $m_O = 2,66 \times 10^{-26} \text{ kg}$ • $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- 3.1 Écrire l'équation de la réaction et vérifier qu'elle est ajustée.
- 3.2 Calculer la masse d'une molécule d'alcool benzylique et celle d'une molécule d'acide éthanoïque.
- 3.3 Montrer que les quantités de matière introduites valent $n_1 = 0,100 \text{ mol}$ d'alcool benzylique et $n_2 \approx 0,20 \text{ mol}$ d'acide éthanoïque. Quel est le réactif limitant ? Pourquoi un parfumeur choisit-il de mettre l'acide éthanoïque, bien moins cher, en excès ?
- 3.4 Si la transformation était totale, quelle quantité de matière d'éthanoate de benzyle obtiendrait-on ? Montrer que cela correspond à une masse de 15,0 g environ.
- 3.5 On obtient en réalité 9,8 g de produit purifié. Proposer deux explications.
- 3.6 On veut laver le mélange final dans une ampoule à décanter. Pourquoi l'eau pure est-elle un très mauvais choix ici ? Pourquoi l'eau salée convient-elle ? Préciser la position de la phase contenant le parfum.

Exercice 4 Du vrai curcuma ? Même rapport frontal, même espèce ?



La curcumine, colorant jaune du curcuma (additif E100), est une espèce naturelle que l'on sait aussi synthétiser. Un laboratoire contrôle un colorant X vendu comme « extrait de curcuma ». Il réalise deux CCM avec deux éluants différents A et B (figure 2) : 1 curcumine pure • 2 colorant X • 3 curcumine et X déposés au même point. Sur chaque plaque, $H = 5,0 \text{ cm}$.

■ **DONNÉES** Rapport frontal $R_f = h/H$

- 4.1 Calculer les rapports frontaux des taches de la plaque A (taches à 2,25 cm de la ligne de dépôt). Peut-on conclure ?
- 4.2 Calculer les rapports frontaux sur la plaque B (taches à 1,0 cm et 3,1 cm). Conclure. Quel est l'intérêt du dépôt 3 ?
- 4.3 Pourquoi un seul chromatogramme ne suffit-il pas toujours à identifier une espèce ?
- 4.4 Proposer une autre expérience pour vérifier la conclusion (température de fusion de la curcumine : 183°C).

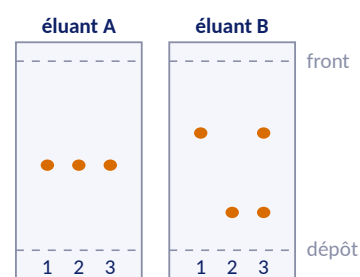


Figure 2 — Les deux plaques révélées

Exercice 5 Le menthol : identique... ou presque



Le menthol, qui donne sa fraîcheur à la menthe poivrée, est aujourd'hui en grande partie synthétisé. Dix groupes d'élèves mesurent la température de fusion d'un même échantillon de menthol de synthèse :

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\theta_{\text{fus}} (^\circ\text{C})$	42,5	43,0	42,0	43,5	43,0	42,5	44,0	43,0	42,5	43,0

- 5.1 Calculer la moyenne $\bar{\theta}$ et l'écart-type σ de cette série (calculatrice), puis l'incertitude-type $u = \sigma/\sqrt{10}$. Écrire le résultat de la mesure.
- 5.2 Le menthol extrait de la menthe fond à 43°C . Le résultat est-il compatible avec l'identité des deux espèces ? (On considère qu'il l'est si l'écart à la valeur de référence est inférieur à $2u$.)
- 5.3 (*Hors programme — pour aller plus loin.*) Un menthol de synthèse moins cher fond entre 36 et 38°C : c'est un mélange, à parts égales, du menthol de la menthe et d'une molécule de même formule qui en est l'« image dans un miroir ». Ce produit est-il identique au menthol naturel ? Quelle précaution cet exemple impose-t-il ?