

51 Résolution de problème La meilleure recette

PROBLÈME

Pour déterminer quel est le meilleur protocole de synthèse du méthanoate d'éthyle, on compare leur rendement.

• Protocole 1

Dans le **protocole 1**, le rendement est donné : $\eta_1 = 67\%$.

• Protocole 2

Pour déterminer le rendement obtenu dans le **protocole 2**, on commence par construire un tableau d'avancement de la réaction de Fischer.

		RCOOH + R'-OH \rightleftharpoons RCOOR' + H ₂ O			
Avancement	Quantité de matière...	... de RCOOH	... de R'-OH	... de RCOOR'	... de H ₂ O
0	...apportée à l'état initial	n_{RCOOH}	$n_{\text{R'OH}}$	0	0
x	...en cours de réaction	$n_{\text{RCOOH}} - x$	$n_{\text{R'OH}} - x$	x	x
$x_{\text{éq}}$...présente à l'état final	$n_{\text{RCOOH}} - x_{\text{éq}}$	$n_{\text{R'OH}} - x_{\text{éq}}$	$x_{\text{éq}}$	$x_{\text{éq}}$
x_{max}	...qui serait présente à l'état d'avancement maximal	$n_{\text{RCOOH}} - x_{\text{max}} = 0$	$n_{\text{R'OH}} - x_{\text{max}} = 0$	x_{max}	x_{max}

Le **protocole**, indique que $n_{\text{RCOOH}} = 2,02$ mol et $n_{\text{R'OH}} = 0,30$ mol ont été initialement introduits et qu'il reste 1,73 mol d'acide méthanoïque à l'équilibre. On peut donc écrire $n_{\text{RCOOH}} - x_{\text{éq}} = 1,73$ mol d'où $x_{\text{éq}} = 2,02 - 1,73 = 0,29$ mol.

D'après ce tableau d'avancement, la quantité de matière d'ester RCOOR' finale synthétisée à l'équilibre est égale à : $n_f = x_{\text{éq}} = 0,29$ mol.

On calcule ensuite, à partir du tableau d'avancement, la quantité de matière d'ester RCOOR' maximale qu'il aurait été possible de synthétiser si la réaction avait été totale : $n_{\text{max}} = x_{\text{max}} = 0,30$ mol.

On en déduit le rendement η_2 : $\eta_2 = \frac{n_f}{n_{\text{max}}} = \frac{0,29}{0,30} = 0,966 = 96,6\%$.

Remarque Le rendement du **protocole 2** est plus grand que celui du **protocole 1** alors que les conditions opératoires sont identiques. Cela s'explique par l'introduction de l'un des réactifs (acide méthanoïque) en excès.

• Protocole 3

On identifie la nature du distillat recueilli à partir de sa température d'ébullition, égale à la température en tête de colonne (55°C), et des données fournies : le méthanoate de méthyle (ester).

D'après le **protocole 3**, un volume $V = 23,4$ mL de cet ester a été synthétisé, soit une quantité de matière : $n_f = \frac{\rho V}{M} = \frac{0,918 \times 23,4}{74} = 0,29$ mol.

On déduit des quantités de matière de réactifs introduits dans ce protocole ($n_{\text{RCOOH}} = n_{\text{R'OH}} = 0,30$ mol) et du tableau d'avancement ci-dessus (**protocole 2**), la quantité de matière d'ester RCOOR' maximale qu'il aurait été possible de synthétiser si la réaction avait été totale : $n_{\text{max}} = x_{\text{max}} = 0,30$ mol.

Le rendement vaut donc $\eta_3 = \frac{n_f}{n_{\text{max}}} = \frac{0,29}{0,30} = 0,966 = 96,6\%$.

Remarque Le rendement du **protocole 3** est proche de 100 %, car en éliminant le produit au fur et à mesure de sa formation, on déplace l'équilibre et la réaction devient presque totale.

• Comparaison et conclusion

Les meilleurs rendements sont obtenus avec les **protocoles 2** et **3** ($\eta_2 = \eta_3 > \eta_1$).

Le **protocole 3** est cependant le meilleur pour deux raisons : il consomme une quantité plus faible d'acide méthanoïque et le produit est directement extrait.