Autour de l'odeur de rhum

Bac S 2014 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

P À partir des connaissances et des documents, rédiger un paragraphe argumenté (20 lignes environ) répondant à la question : quel protocole de synthèse est le plus judicieux pour obtenir le méthanoate d'éthyle ? L'argumentation et les calculs doivent être détaillés.

Données utiles quantités initiales : 0,30 mol d'éthanol dans les quatre protocoles ; 0,30 mol d'acide méthanoïque (protocoles 1, 2, 4) ou 2,02 mol (protocole 3, il en reste 1,73 mol) ; $r_2 = 67\ \%$; distillat du protocole 4 : $V = 23{,}4$ mL ; ester : $M = 74\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\rho = 0{,}918\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $\theta_{éb} = 55\ ^\circ\text{C}$

La réaction. Les quatre protocoles mettent en œuvre la même transformation (document 1), entre l'acide méthanoïque et l'éthanol :

$$\text{HCOOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{HCOOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$$

Une mole d'acide et une mole d'alcool donnent une mole d'ester. Le rendement est $r = \dfrac{n_{\text{ester obtenu}}}{n_{\text{ester max}}}$. L'éthanol (0,30 mol) n'est jamais en excès : dans les quatre cas, $n_{\text{ester max}} = 0{,}30$ mol.

Protocole 1 : chauffage seul. La température est un facteur cinétique et le reflux évite les pertes de matière, mais la réaction est très lente sans catalyseur : après plusieurs heures, le système n'a pas évolué. Le rendement est nul, ce protocole est à écarter.

Protocole 2 : ajout d'un catalyseur. L'acide sulfurique accélère la réaction sans figurer dans son bilan. L'état final est atteint, mais la réaction est limitée : $r_2 = 67\ \%$. Le catalyseur ne change pas l'état d'équilibre ; un tiers des réactifs reste inutilisé. Pour faire mieux, il faut déplacer l'équilibre.

Protocole 3 : excès d'un réactif. L'acide est en large excès, ce qui favorise le sens direct. Quantité d'acide consommée, égale à la quantité d'ester formée :

$$n_3 = 2{,}02 - 1{,}73 = 0{,}29\ \text{mol} \qquad r_3 = \frac{0{,}29}{0{,}30} = 0{,}97$$

Protocole 4 : élimination d'un produit. L'ester est l'espèce la plus volatile (55 °C, contre 78 °C, 100 °C et 101 °C pour les autres) : il distille seul tant que la température en tête de colonne reste à 55 °C. Extrait du ballon dès sa formation, il ne peut plus réagir avec l'eau : la réaction inverse est empêchée. Le distillat est de l'ester :

$$n_4 = \frac{\rho \times V}{M} = \frac{0{,}918 \times 23{,}4}{74} = 0{,}29\ \text{mol} \qquad r_4 = \frac{0{,}29}{0{,}30} = 0{,}97$$

Choix. Les protocoles 3 et 4 donnent le même rendement, 97 %, bien supérieur à celui du protocole 2. Ce qui les départage :

- le protocole 3 demande 2,02 mol d'acide au lieu de 0,30 mol, soit près de sept fois plus, et 1,73 mol n'est pas transformée : coût plus élevé, réactif gaspillé ou à recycler ;
- à la fin du protocole 3, l'ester est encore mélangé à l'acide restant, à l'eau et au catalyseur : il reste à l'extraire, avec des pertes possibles ; dans le protocole 4, il est recueilli déjà séparé du milieu réactionnel.

PIÈGE

Dire que le catalyseur augmente le rendement. Entre les protocoles 1 et 2, il permet seulement d'atteindre l'état final en un temps raisonnable ; la limite de 67 % est celle de l'équilibre, elle resterait la même sans lui.

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme 0,30 mol et M : 97 %. Dans le protocole 3, le rendement se rapporte à l'éthanol, réactif limitant ; rapporté à l'acide introduit, il ne vaudrait que 14 %.

MÉTHODE

Synthèse de documents : poser la réaction et le critère de comparaison (ici le rendement), traiter chaque protocole en disant ce qu'il change par rapport au précédent, calculer ce qui manque, puis trancher avec des arguments tirés des documents.

Le protocole 4 est le plus judicieux : catalyseur et distillation de l'ester au fur et à mesure, rendement $r_4 = 97\,\%$ (comme r_3) avec des réactifs en proportions stœchiométriques et un ester déjà isolé.

À LA CALCULATRICE

