

Partie A – Différentes voies de synthèse de l'acide benzoïque

1. Synthèse industrielle de l'acide benzoïque

Dans l'industrie, l'acide benzoïque peut être préparé à chaud ($T = 150\text{ °C}$) et sous pression ($P = 2,5\text{ bar}$) par oxydation du toluène de formule $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3$ avec le dioxygène en présence d'un catalyseur : le pentoxyde de vanadium V_2O_5 .

On donne les couples oxydant / réducteur suivants : $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH} / \text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3$
 $\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$.

- Q1.** Définir une réaction d'oxydation.
Q2. Écrire les équations de demi-réaction électronique pour chaque couple redox.
Q3. Vérifier que l'équation de réaction modélisant la transformation chimique du toluène en acide benzoïque lors de la synthèse industrielle peut s'écrire :

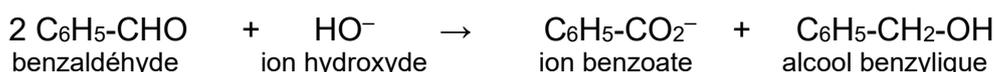


- Q4.** Expliquer le rôle d'un catalyseur.

2. Synthèse de l'acide benzoïque au laboratoire

Au laboratoire, l'acide benzoïque est obtenu à partir du benzaldéhyde en réalisant une réaction de Cannizzaro (voir document 1 ci-dessous) suivie d'une acidification du milieu réactionnel. Le document 2 présente le protocole expérimental de la synthèse de l'acide benzoïque au laboratoire.

Document 1 : équation de la réaction de Cannizzaro



Document 2 : protocole d'obtention de l'acide benzoïque au laboratoire

- Introduire dans un ballon équipé d'un barreau aimanté 14,0 mL de benzaldéhyde, 14,0 g de pastilles d'hydroxyde de potassium et 20 mL d'eau.
- Réaliser un montage à reflux et chauffer à ébullition douce pendant 30 minutes.
- Arrêter le chauffage et ajouter 20 mL d'eau au mélange réactionnel jusqu'à obtention d'une solution homogène.
- Refroidir puis verser la solution dans une ampoule à décanter.
- Rincer le ballon avec 30 mL d'éther diéthylique et ajouter cette phase éthérée à la solution dans l'ampoule à décanter.
- Laisser décanter et recueillir la phase aqueuse et la phase éthérée dans deux erlenmeyers différents.
- Placer l'erlenmeyer contenant la phase aqueuse dans un bain de glace et verser avec précaution de l'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) de concentration $C = 2,0\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ jusqu'à précipitation complète de l'acide benzoïque.
- Filtrer et rincer les cristaux à l'eau froide puis les sécher.

Document 3 : données physico-chimiques et sécurité				
Espèce chimique	Masse molaire (g·mol ⁻¹)	Masse volumique (g·mL ⁻¹)	Solubilité et miscibilité	Sécurité
Benzaldéhyde	106,0	1,04	- Peu soluble dans l'eau - Très soluble dans l'éther diéthylique - Très soluble dans l'alcool benzylique	
Alcool benzylique	108,0	1,04	- Peu soluble dans l'eau - Très soluble dans l'éther diéthylique	
Acide benzoïque	122,0		- Solubilité dans l'eau : 1,5 g·L ⁻¹ à 10 °C ; 2,4 g·L ⁻¹ à 25 °C ; 68 g·L ⁻¹ à 95 °C - Très peu soluble dans l'éther diéthylique	
Ion benzoate			- Très soluble dans l'eau - Insoluble dans l'éther diéthylique	
Hydroxyde de potassium solide	56,1		Très soluble dans l'eau	 
Ether diéthylique	74	0,70	Peu soluble dans l'eau Température d'ébullition : $\theta_{éb} = 35\text{ °C}$	 
Acide chlorhydrique				

Analyse du protocole expérimental

- Q5.** Indiquer les deux produits qui se forment lors de la transformation chimique qui se déroule durant l'étape (b) du **document 2**.
- Q6.** À l'aide des données du **document 3**, expliquer, en justifiant la réponse, le rôle de l'éther diéthylique au cours de la synthèse.
- Q7.** Sur le **DOCUMENT RÉPONSE 1** à **RENDRE AVEC LA COPIE**, compléter le schéma de l'ampoule à décanter en indiquant la composition des phases 1 et 2. Justifier la réponse.

Couples acide / base : $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH(aq)} / \text{C}_6\text{H}_5\text{-COO}^{\text{-}}(\text{aq})$; $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\ell)$

- Q8.** En utilisant les couples acide / base ci-dessus, écrire l'équation de la réaction permettant d'obtenir l'acide benzoïque, lors de l'étape d'acidification (étape g).

Q9. Justifier l'intérêt de placer l'erlenmeyer dans un bain de glace.

Identification du réactif limitant et détermination du rendement de la synthèse

Q10. Déterminer la valeur de la quantité de matière des réactifs introduits dans le ballon.

Q11. Montrer que le réactif limitant est le benzaldéhyde.

Après la synthèse en laboratoire, on obtient une masse $m_1 = 6,45$ g de cristaux d'acide benzoïque.

Q12. Sachant que la quantité de matière maximale possible d'acide benzoïque vaut $6,85 \times 10^{-2}$ mol, calculer le rendement de la synthèse au laboratoire.

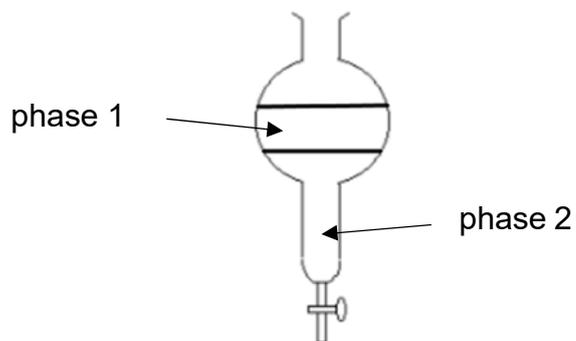
Mécanisme réactionnel

Q13. Sur le **DOCUMENT RÉPONSE 2**, à **RENDRE AVEC LA COPIE**, entourer de deux façons différentes qui sont à préciser sur le schéma, le site électrophile du benzaldéhyde et le site nucléophile de l'ion hydroxyde.

DOCUMENTS RÉPONSES

À RENDRE AVEC LA COPIE

DOCUMENT RÉPONSE 1 (Q7)



DOCUMENT RÉPONSE 2 (Q13)

