



# Synthèse et contrôle d'un additif alimentaire : l'acide benzoïque.

Baccalauréat STL – épreuve de SPCL – Réunion, mars 2023

---

## PARTIE A : différentes voies de synthèse de l'acide benzoïque.

**Q1.** Une réaction d'oxydation correspond à une perte d'un ou plusieurs électron(s) de la part du réducteur.

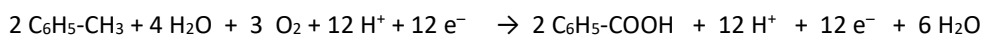
**Q2.** 1<sup>er</sup> couple :  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH} + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- = \text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$

2<sup>ème</sup> couple :  $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- = 2 \text{H}_2\text{O}$

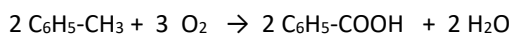
**Q3.** Afin d'échanger le même nombre d'électrons dans les 2 équations, on multiplie la première par 2 et la seconde par 3. Le toluène réagissant avec le dioxygène on obtient :

(  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH} + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e}^-$  )  $\times 2$

(  $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- = 2 \text{H}_2\text{O}$  )  $\times 3$



Après simplification on retrouve l'équation proposée :



**Q4.** Un catalyseur permet d'augmenter la vitesse d'une réaction chimique. Il n'apparaît pas dans l'équation bilan car il est utilisé en début de réaction puis régénéré en fin de réaction. Il est globalement non consommé.

**Q5.** D'après le document 1, il se forme l'ion benzoate et l'alcool benzylique.

**Q6.** L'éther sert de solvant extracteur. Il permet d'extraire l'alcool benzylique et le benzaldéhyde qui n'aurait pas réagi de la solution aqueuse.

**Q7.** Phase 1 (supérieure) : éther diéthylique (moins dense), alcool benzylique, benzaldéhyde.

Phase 2 (inférieure) : eau (plus dense), ions benzoate, ions hydroxyde, ions potassium, ions benzoate.

**Q8.** Équation de réaction acide base :  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH} + \text{H}_2\text{O}$

**Q9.** La solubilité de l'acide benzoïque diminue quand la température diminue. Plus le milieu réactionnel sera froid plus l'acide benzoïque précipitera.

**Q10.** Quantités de matières. On notera  $n_B = n_{\text{benzaldéhyde}}$

$$\begin{aligned} n_B &= \frac{m}{M} = \frac{\rho \times V}{M} \\ &= \frac{1,04 \times 14,0}{106} \\ n_B &= \mathbf{0,137 \text{ mol}} \end{aligned}$$



Ions hydroxyde :

$$\begin{aligned} n_{OH^-} &= n_{\text{hydroxyde de potassium}} = \frac{m}{M} \\ &= \frac{14,0}{56,1} = \mathbf{0,250 \text{ mol}} \end{aligned}$$

**Q11.** D'après l'équation de la réaction de Cannizzaro donnée dans le document 1 on a :

$$\frac{n_B}{2} = \frac{0,137}{2} = 6,85 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad \text{et} \quad \frac{n_{OH^-}}{1} = 0,250 \text{ mol}$$

Le benzaldéhyde est bien le réactif qui sera épuisé en premier. C'est le limitant.

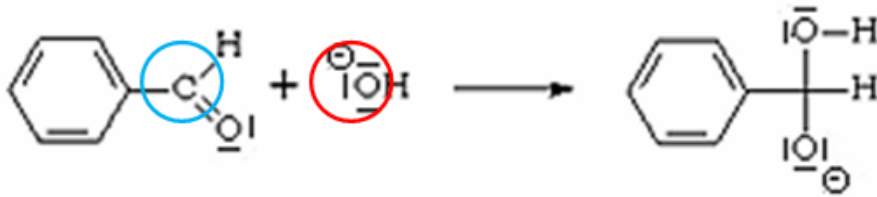
**Q12.** Calculer de la masse maximale d'acide benzoïque

$$\begin{aligned} m_{\text{max}} &= n \times M \\ &= 6,85 \cdot 10^{-2} \times 122 \\ &= 8,36 \text{ g} \end{aligned}$$

On calcule ensuite le rendement :

$$\begin{aligned} R &= \frac{m_{\text{obtenue}}}{m_{\text{maximale}}} \\ &= \frac{6,45}{8,36} = \mathbf{0,77} \end{aligned}$$

**Q13.** Site électrophile entouré en bleu et le site nucléophile entouré en rouge.



**Partie B : fonctionnement du bain thermostaté lors de la synthèse en laboratoire.**

**Q14.** L'énergie perdue par le système est donnée par la relation  $Q = m \times c \times \Delta\theta$  avec  $m = \rho \times V$  donc ici :

$$Q_{\text{système}} = \rho_{hs} \times V_0 \times c_{hs} \times \Delta\theta$$

On utilise ensuite la relation entre la puissance et l'énergie  $P = \left| \frac{Q_{\text{système}}}{\Delta t} \right|$  donc

$$\begin{aligned} \Delta t &= \left| \frac{\rho_{hs} \times V_0 \times c_{hs} \times \Delta\theta}{P} \right| \\ &= \left| \frac{950 \times 5,0 \cdot 10^{-3} \times 1800 \times 1}{125} \right| = \mathbf{68 \text{ s}} \end{aligned}$$

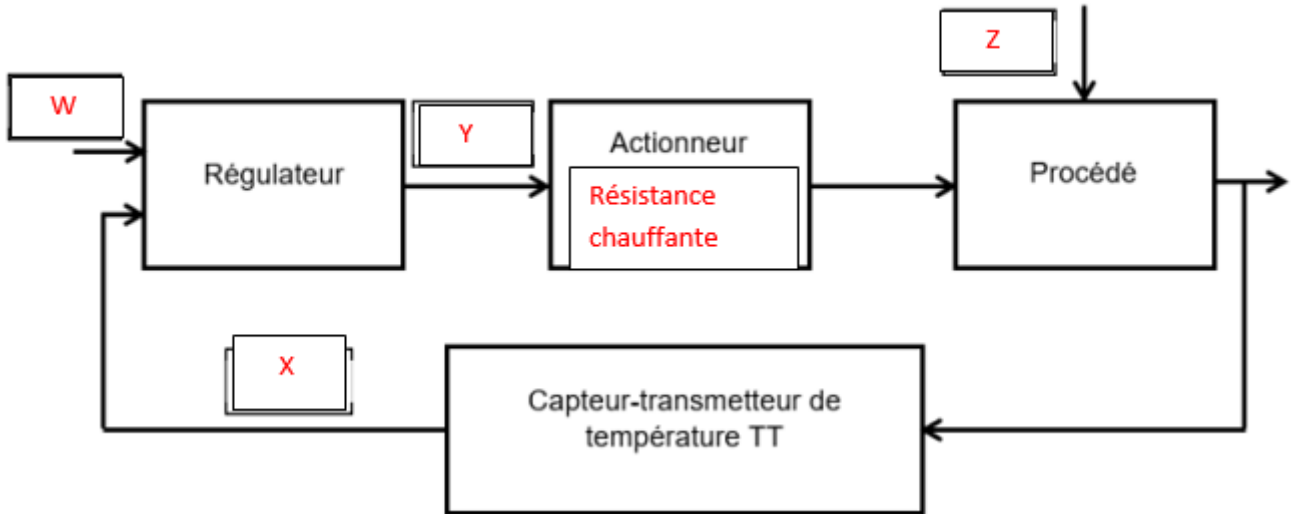
**Q15.** Grandeur réglée : la température du bain d'huile

2 valeurs seuils : 149 °C et 150°C

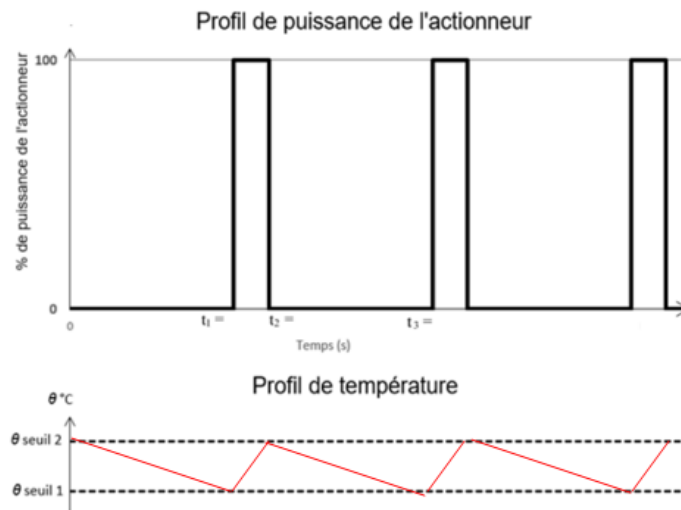
Grandeur réglante : Puissance de la résistance électrique

Grandeur perturbatrice : Température de l'air ambiant. (Refroidissement du bain)

**Q16.** Document à compléter



Q17. Document à compléter



D'après l'énoncé il faut 68 s pour perdre 1°C donc  $t_1 = 68$  s.

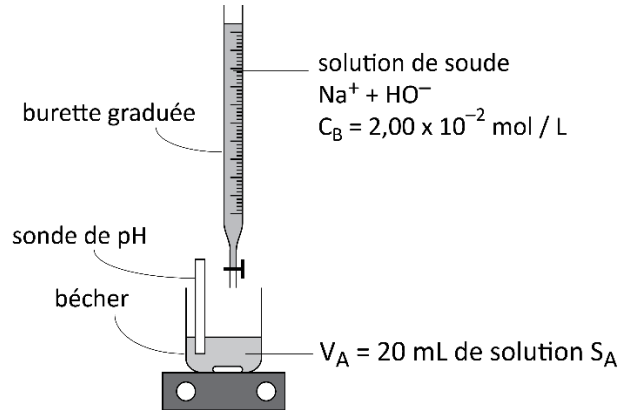
La phase de chauffage dure 15 s donc  $t_2 = 68 + 15 = 83$  s.

On peut en déduire  $t_3 = t_2 + 68 = 151$  s



**PARTIE C : détermination de la pureté de l'acide benzoïque synthétisé**

**Q18.** Schéma légendé :



**Q19.** On a les expressions suivantes :

$$K_{a1} = \frac{[\text{C6H5COO}^-]_{\text{éq}} \times [\text{H3O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{C6H5COOH}]_{\text{éq}}}$$

$$K_e = [\text{H3O}^+]_{\text{éq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{éq}}$$

On exprime la constante d'équilibre K de la réaction :

$$K = \frac{[\text{C6H5COO}^-]_{\text{éq}}}{[\text{C6H5COOH}]_{\text{éq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{éq}}}$$

En multipliant en haut et en bas dans la division par  $[\text{H3O}^+]_{\text{éq}}$  on obtient :

$$K = \frac{[\text{C6H5COO}^-]_{\text{éq}} \times [\text{H3O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{C6H5COOH}]_{\text{éq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{éq}} \times [\text{H3O}^+]_{\text{éq}}}$$

On retrouve alors l'expression du  $K_{a1}$  en rouge et celle du  $K_e$  en bleu. Finalement :

$$K = \frac{K_{a1}}{K_e}$$

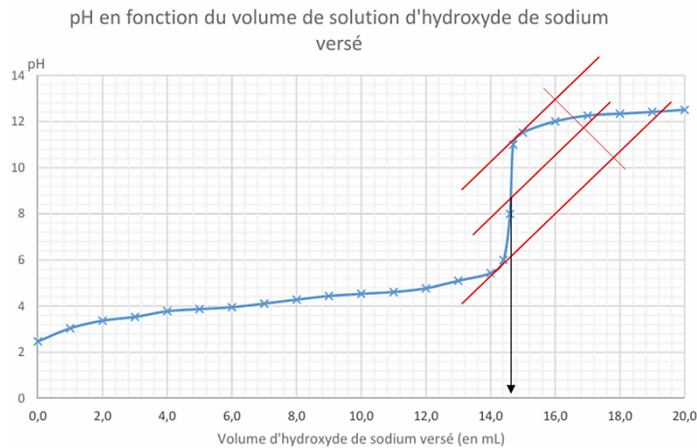
**Q20.** On calcule la valeur de K :

$$K = \frac{K_{a1}}{K_e} = \frac{10^{-pK_{a1}}}{10^{-pK_e}}$$

$$= \frac{10^{-4,2}}{10^{-14}} = 10^{9,8}$$

K est supérieure à  $10^4$ , la transformation est quantitative.

**Q21.** On utilise la méthode des tangentes :



On peut lire  $V_{\text{éq}} = 14,7 \text{ mL}$



**Q22.** On détermine la concentration molaire de la solution SA.

À l'aide de la réaction support du titrage on peut écrire à l'équivalence :

$$\begin{aligned} \frac{n_A}{1} &= \frac{n_B}{1} \\ C_A V_A &= C_B V_{\text{éq}} \\ C_A &= \frac{C_B \times V_{\text{éq}}}{V_A} \\ &= \frac{2,00 \cdot 10^{-2} \times 14,7}{20,0} \\ C_A &= \mathbf{1,47 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \end{aligned}$$

On en déduit la concentration en masse  $C_m$  :

$$\begin{aligned} C_m &= C_A \times M \\ &= 1,47 \cdot 10^{-2} \times 122 \\ &= \mathbf{1,79 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} \end{aligned}$$

On peut maintenant calculer la masse d'acide benzoïque dans les 250 mL de la fiole de préparation :

$$\begin{aligned} m &= C_m \times V \\ &= 1,79 \times 0,250 \\ &= \mathbf{0,45 \text{ g}} \end{aligned}$$

**Q23.** On applique la relation proposée :

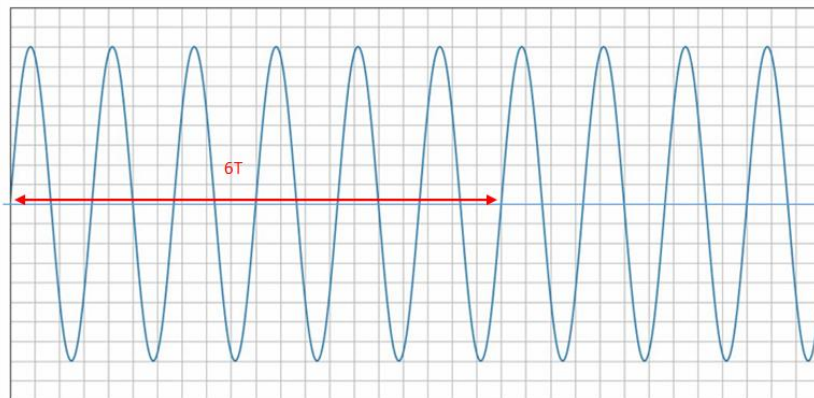
$$\begin{aligned} p &= \frac{m_x^{\text{pur}}}{m_e} \\ &= \frac{0,45}{0,50} \\ &= \mathbf{0,9} \end{aligned}$$

### Partie D : mesure granulométrique d'une poudre d'acide benzoïque utilisée dans l'industrie agroalimentaire

**Q24.** La grandeur mesurée par le récepteur est la pression et la grandeur en sortie est une tension.

On mesure sur le document 6 plusieurs périodes afin de calculer la fréquence des ultrasons.

**Document 6 : oscillogramme du signal  $u_r$  en sortie du récepteur**



Sensibilité verticale : 1 V / div

Sensibilité horizontale : 5  $\mu\text{s}$  / div

on a  $6 \times T = 20 \times 5 \cdot 10^{-6}$  donc  $T = 16,7 \cdot 10^{-6} \text{ s}$

D'où la fréquence :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{16,7 \cdot 10^{-6}} = \mathbf{6,0 \cdot 10^4 \text{ Hz}}$$



**Q25.** La valeur indiquée correspond à la valeur de la fréquence de résonance de la sonotrode utilisée. Cette valeur peut varier entre 20 kHz et 70 kHz. Cette valeur est différente de la valeur des US utilisés (60 kHz). La sonotrode choisie n'est pas adaptée à ces US.

**Q26.** On utilise la trigonométrie sur la figure du document 8 :

$$\tan \theta_0 \approx \theta_0 = \frac{L/2}{D}$$

$$\theta_0 = \frac{L}{2 \times D}$$

**Q27.** On peut en déduire l'expression de L :

$$L = \theta_0 \times 2 \times D$$

On utilise l'expression de  $\sin \theta_0 \approx \theta_0 = \frac{1,22 \times \lambda}{a}$  donnée dans l'énoncé dans l'expression précédente :

$$L = \frac{1,22 \times \lambda}{a} \times 2 \times D$$

$$L = \frac{2,44 \times \lambda \times D}{a}$$

**Q28.** On isole « a » de l'expression précédente :

$$a = \frac{2,44 \times \lambda \times D}{L}$$

$$= \frac{2,44 \times 635 \times 10^{-9} \times 2,00}{2,4990 \times 10^{-2}} = 1,24 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

**Q29.** On convertit « a » : a = 124 μm

On vérifie que a < do. Le grain peut donc être utilisé dans l'industrie alimentaire