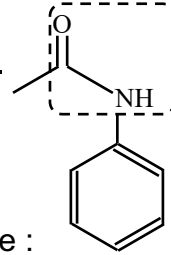


DST n°7 Correction -

Exercice 1 : L'acétanilide, médicament antipyrétique (6,5 pts)



1. (0,25pt) Formule topologique de l'acétanilide :
(0,25pt) Famille des amides

2. (0,5pt) Le spectre infrarouge de l'acétanilide présente :
– une bande forte entre 3100 et 3500 cm^{-1} associée à la liaison N–H (amide).
– une bande intense entre 1650 et 1700 cm^{-1} associée à la liaison C=O (amide).
Les deux liaisons N–H et C=O appartiennent bien au groupe amide.

3. Quantité initiale des réactifs :

(0,25pt) $n(\text{A})_i = \frac{m_{\text{A}}}{M_{\text{A}}} = \frac{\rho_{\text{A}} \times V_{\text{A}}}{M_{\text{A}}}$ soit $n(\text{A})_i = \frac{1,08 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 15,0 \text{ mL}}{102,09 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,159 \text{ mol}$.

(0,25pt) $n(\text{B})_i = \frac{m_{\text{B}}}{M_{\text{B}}} = \frac{\rho_{\text{B}} \times V_{\text{B}}}{M_{\text{B}}}$ soit $n(\text{B})_i = \frac{1,02 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 14,5 \text{ mL}}{93,13 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,159 \text{ mol}$.

(0,25pt) L'équation montre que 1 mole de A réagit avec 1 mole de B donc les réactifs du protocole 1 sont bien mélangés dans les proportions stœchiométriques.

4. (0,5pt) Quotient de réaction initial : $Q_{\text{R}}(x=0) = \frac{n(\text{C})_i \times n(\text{D})_i}{n(\text{A})_i \times n(\text{B})_i}$.

Or $n(\text{C})_i = n(\text{D})_i = 0 \text{ mol}$ donc $Q_{\text{R}}(x=0) = 0$.

5. (0,5pt) Comme $Q_{\text{R}}(x=0) < K = 1,0$ le système chimique évolue spontanément dans le **sens direct** de la réaction de synthèse (Critère d'évolution spontanée).

6. (0,5pt) Tableau d'avancement :

	Avancement x	$(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$	$+$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	\rightleftharpoons	$\text{CH}_3\text{-CO-NH-C}_6\text{H}_5$	$+$	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$
État initial	$x = 0$	$n(\text{A})_i$		$n(\text{B})_i$		0		0
État final	x_f	$n(\text{A})_i - x_f$		$n(\text{B})_i - x_f$		x_f		x_f

7. (0,25pt) Pour une réaction totale, $x_{\text{f}} = x_{\text{max}}$.

(0,25pt) Le mélange initial étant stœchiométrique, les deux réactifs seraient totalement consommés et $x_{\text{max}} = \frac{n(\text{A})_i}{1} = \frac{n(\text{B})_i}{1} = 0,159 \text{ mol}$.

(0,5pt) La masse maximale théorique du produit C obtenue serait :
 $m_{\text{max}} = x_{\text{max}} \times M_{\text{C}}$ soit $m_{\text{max}} = 0,159 \times 135,17 \text{ g} = 21,5 \text{ g}$.

8. (0,5pt) Rendement : $r = \frac{m_{\text{C}}}{m_{\text{max}}}$ soit $r = \frac{10,7}{21,5} = 0,498 = 49,8 \%$ donc environ 50 %.

9. (0,25pt) À l'état final : $n(\text{C})_{\text{f}} = n(\text{D})_{\text{f}} = x_{\text{f}}$, $n(\text{A})_{\text{f}} = n(\text{A})_i - x_{\text{f}}$ et $n(\text{B})_{\text{f}} = n(\text{B})_i - x_{\text{f}}$. De plus, $n(\text{A})_i = n(\text{B})_i$.

(0,25pt) donc : $Q_{\text{R}}(x = x_{\text{f}}) = \frac{x_{\text{f}}^2}{(n(\text{A})_i - x_{\text{f}}) \times (n(\text{B})_i - x_{\text{f}})} = \frac{x_{\text{f}}^2}{(n(\text{A})_i - x_{\text{f}})^2} = \left(\frac{x_{\text{f}}}{n(\text{A})_i - x_{\text{f}}} \right)^2$

10. (0,25pt) Or $x_f = \frac{m_C}{M_C}$ donc : $Q_R(x = x_f) = \left(\frac{\frac{m_C}{M_C}}{n(A)_i - \frac{m_C}{M_C}} \right)^2 = \left(\frac{\frac{10,7}{135,17}}{0,159 - \frac{10,7}{135,17}} \right)^2 = 0,99$

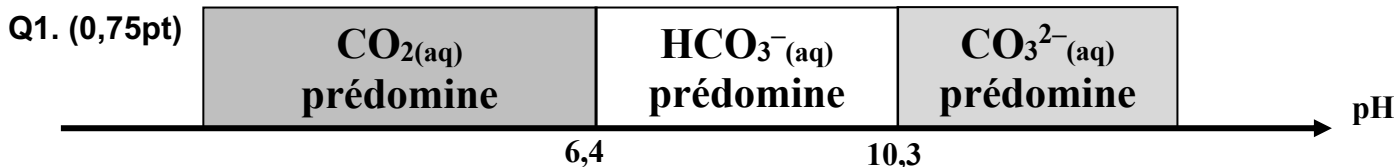
(0,25pt) Ainsi $Q_R(x=x_f) \sim 1 = K$. L'état d'équilibre final est atteint.

11. (0,25pt) Protocole 2 : l'appareil de DEAN-STARK adapté au chauffage à reflux, élimine un produit au cours de sa formation (énoncé). Ainsi le quotient de réaction est sans cesse égal à zéro donc inférieur à la constante d'équilibre. La réaction a lieu dans le sens direct (et la réaction inverse n'a jamais lieu). Cela permet d'optimiser le rendement qui passe de 50 % (protocole 1) à 100 %.

(0,25pt) Protocole 3 : le réactif A est introduit en excès devant le réactif B. Le rendement de la synthèse passe alors à 67 %, valeur supérieure à 50 %. Introduire un réactif en excès devant l'autre permet d'optimiser le rendement car cela fait diminuer le quotient de réaction et favorise donc la réaction dans le sens direct.

12. (0,25pt) Le protocole 2 est le plus intéressant car son rendement est maximal à 100 %.

Exercice 2 : Étude d'une lessive « multi-usages » (6,5 pts)



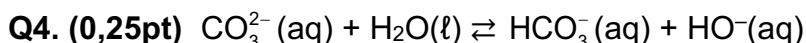
Q2. (0,5pt) Courbe 1 : CO₂(aq) qui prédomine si pH < 6,4, Courbe 2 : HCO₃⁻(aq), Courbe 3 : CO₃²⁻(aq) qui prédomine si pH > 10,3.

Q3. (0,25pt)
$$\text{pH} = \text{pK}_{A2} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_3^{2-}]}$$

(0,25pt) Si $[\text{HCO}_3^-] = [\text{CO}_3^{2-}]$, alors $\text{pH} = \text{pK}_{A2} + \log(1)$ soit $\text{pH} = \text{pK}_{A2}$.

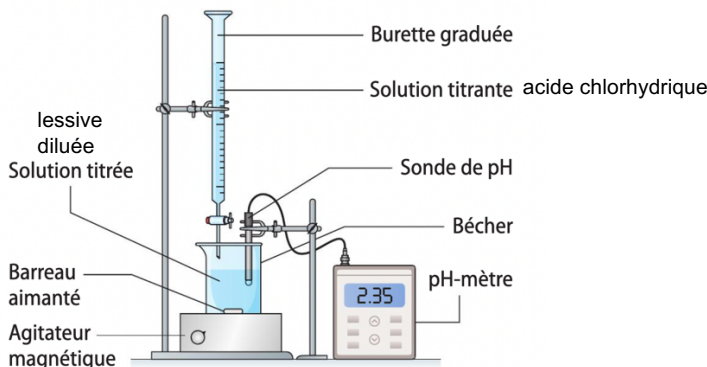
Les proportions de ces deux espèces sont égales à 50%.

(0,25pt) Graphiquement, sur la figure 1, ces proportions sont obtenues à l'intersection des courbes 2 et 3, pour pH = 10,3 ce qui correspond bien au pK_{A2}.



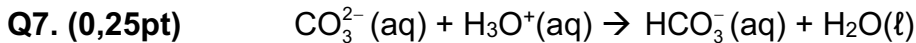
(0,25pt) Les ions carbonate jouent le rôle de base en acceptant un proton H⁺. La réaction libère des ions HO⁻(aq), cela explique le caractère basique de cette solution.

Q5. (0,75pt)



Q6. (0,25pt) Calcul V_{mère} : on dilue 10 fois donc $V_{\text{mère}} = V_{\text{fille}} / 10 = 100,0 / 10 = 10,0 \text{ mL}$

(0,25pt) On prélève donc la solution mère avec une pipette jaugée de 10 mL et on prépare la solution fille dans une fiole jaugée de 100 mL.



Q8. (2pt au total) Pour déterminer le pourcentage en masse, il faut déterminer la masse de Na_2CO_3 présente dans les 4,0 g de lessive de soude.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques :

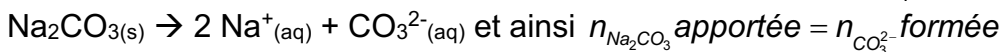
$$n_{\text{CO}_3^{2-}} \text{ initiale} = n_{\text{H}_3\text{O}^+} \text{ versée} \quad \text{(0,25pt)}$$

On note c_c la concentration en ions carbonate CO_3^{2-} dans la solution titrée de volume $V_c = 50,0 \text{ mL}$.

$$c_c \cdot V_c = c_A \cdot V_{\text{éq}} \text{ soit } c_c = \frac{c_A \cdot V_{\text{éq}}}{V_c} \quad \text{(0,25pt)}$$

La solution a été diluée d'un facteur 10, ainsi la lessive avait une concentration apportée en ions carbonate CO_3^{2-} égale à $c = 10c_c$. **(0,25pt)**

Lors de la dissolution de la lessive de soude dans un volume $V_1 = 100,0 \text{ mL}$, on a :



$$\frac{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} = c \cdot V_1 = 10 \cdot c_c \cdot V_1$$

$$\text{soit } m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 10 \cdot c_c \cdot V_1 \cdot M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 10 \cdot \frac{c_A \cdot V_{\text{éq}}}{V_c} \cdot M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \quad \text{(0,25pt)}$$

Sur la figure 2, on lit le volume correspondant à la première équivalence. La dérivée $\frac{\text{dpH}}{\text{dV}}$ est minimale pour $V_{\text{éq}} = 7,5 \text{ mL}$. **(0,25pt)**

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 10 \times \frac{1,0 \cdot 10^{-1} \times 7,5}{50,0} \times 100,0 \cdot 10^{-3} \times 106,0 = 1,59 \text{ g} \quad \text{(0,25pt)}$$

$$\text{Le pourcentage en masse est donc de } \frac{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{m} = \frac{1,59}{4,0} = 0,3975 = 0,40 = 40\% \quad \text{(0,25pt)}$$

Ce résultat est bien compris entre 30 et 60 %, comme annoncé par le fabricant. **(0,25pt)**

Q9. (0,25pt) On choisirait le rouge de crésol car le pH à la première équivalence est compris dans la zone de virage de cet indicateur coloré ($7,2 < 8,3 < 8,8$).

(0,25pt) On passerait de la teinte basique rouge à la teinte acide jaune car le pH diminue au cours du titrage.

Exercice 3 : La couleur des scarabées (7 pts)

Q1. (0,5pt) Pour que les deux ondes interfèrent de façon constructive, il faut que la différence de chemin optique soit $\delta = k \cdot \lambda$ où k est un entier relatif.

Q2. (0,75pt) On combine les deux expressions de la différence de chemin optique :

$$\delta = 2 \cdot n_{\text{fort}} \cdot e - \frac{\lambda}{2} = k \cdot \lambda \quad 2 \cdot n_{\text{fort}} \cdot e = k \cdot \lambda + \frac{\lambda}{2} = \lambda \cdot \left(k + \frac{1}{2}\right) \quad e = \left(k + \frac{1}{2}\right) \times \frac{\lambda}{2 \cdot n_{\text{fort}}} =$$

$$\text{Q3. (0,25pt)} \text{ On remplace } k \text{ par } 0 \text{ dans l'expression précédente : } e = \left(0 + \frac{1}{2}\right) \times \frac{530}{2 \times 1,7} = 78 \text{ nm}$$

(0,25pt) Les interférences constructives concernent la longueur d'onde de 530 nm associée à la couleur verte.

Q4. (0,25pt) On mesure la longueur d de plusieurs couches. On compte 9 couches pour une distance $d = 1,9 \text{ cm}$.

(0,5pt) En tenant compte de l'échelle $1 \mu\text{m} \rightarrow 2,6 \text{ cm}$

$$e = \frac{1,9 \text{ cm}}{9} \times 1 \mu\text{m} = \frac{1,9 \text{ cm}}{2,6 \text{ cm}} = 8,1 \cdot 10^{-2} \mu\text{m} = 81 \text{ nm}$$

(0,25pt) On retrouve une valeur proche des 78 nm obtenus en **Q3**.

Q5. (0,5pt)

Précision du double décimètre utilisé pour mesurer les distances sur la photo (plus petite graduation : mm).

Ou irrégularité de l'épaisseur des couches.

Ou les couches ne sont pas toutes horizontales.

Ou difficulté à bien identifier le début et la fin d'une couche.

Q6. (0,25pt) $d_{\text{mes}} = \text{rd.uniform}(1.8, 2.0, \text{Nsim})$ # intervalle de mesure de la distance d en cm

(0,25pt) On a mesuré $d = 1,9$ cm, on considère qu'il est possible de se tromper de 1 mm (=0,1 cm).

(0,25pt) Donc les valeurs de d sont situées dans l'intervalle 1,8 à 2,0 cm.

Q7. (0,25pt) On veut exprimer e en nm, or comme en Q4, on obtient des μm alors il faut ensuite les convertir en nm.

$$1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

(0,25pt) Donc $1 \mu\text{m} = 1000 \text{ nm}$.

Q8. (0,25pt) INCERTITUDE-TYPE : $u(e) = 2.5574799015216696$ en nm

L'incertitude-type avec un seul chiffre significatif est $u(e) = 3 \text{ nm}$. Elle porte sur les nanomètres.

Ainsi on écrit le résultat en arrondissant aux nm. $e_{\text{moyen}} = 75 \pm 3 \text{ nm}$.

(0,25pt) On calcule le z-score $z = \frac{|e_{\text{moyen}} - e|}{u(e)} = \frac{|75 - 73|}{3} = 1$

(0,25pt) Ainsi la valeur de la simulation et la valeur mesurée ne s'écartent que d'une fois l'incertitude de mesure. C'est peu ($z < 2$) et cela indique la bonne compatibilité entre ces deux résultats.

Q9. (1,75pt au total) Il faut déterminer avec la figure 5, l'épaisseur d'une couche de la zone puis déterminer la longueur d'onde correspondant à des interférences constructives.

(0,5pt) On mesure la longueur d de plusieurs couches. On compte 9 couches pour une distance $d = 1,9$ cm.

(0,25pt) En tenant compte de l'échelle $1 \mu\text{m} \rightarrow 1,8 \text{ cm}$

$$e = \frac{\frac{1,9 \text{ cm}}{9} \times 1 \mu\text{m}}{1,8 \text{ cm}} = 1,17 \cdot 10^{-1} \mu\text{m} = 117 \text{ nm}$$

(0,25pt) Comme $e = \left(k + \frac{1}{2}\right) \times \frac{\lambda}{2 \cdot n_{\text{fort}}}$ et avec $k = 0$ on a $e = \left(0 + \frac{1}{2}\right) \times \frac{\lambda}{2 \cdot n_{\text{fort}}} = \frac{\lambda}{4 \cdot n_{\text{fort}}}$

(0,25pt) Donc $\lambda = e \cdot 4 \cdot n_{\text{fort}}$

$$\lambda = 117 \times 4 \times 1,7 = 8,0 \times 10^2 \text{ nm}$$

(0,25pt) Les interférences renforcent les ondes de longueur d'onde égale à environ 800 nm. Le sujet indique $\lambda = 750 \text{ nm}$ pour le rouge. La couleur renforcée est à la limite de l'infra-rouge donc pas forcément visible par l'œil humain. On peut penser qu'une erreur de mesure sur e ait été commise et que cette partie paraîtrait plutôt rouge.