

CLASSE : Terminale

VOIE : Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h45

EXERCICE 1 : commun à tous les candidats (10 points)

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ: PHYSIQUE-CHIMIE

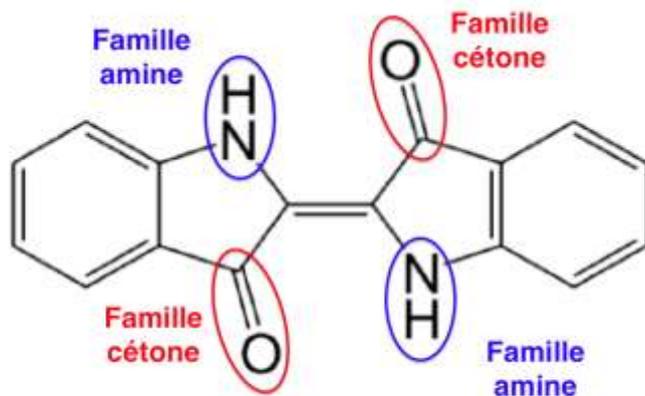
CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui « type collège »

EXERCICE 1 commun à tous les candidats

Indigo et carmin d'indigo (10 points)

A. Synthèse de l'indigo

A.1.



Formule de l'indigo

A.2.

$$n_{2\text{-nitrobenzaldéhyde}} = \frac{m_{2\text{-nitrobenzaldéhyde}}}{M_{2\text{-nitrobenzaldéhyde}}} = \frac{0,50}{151,1}$$

$$n_{2\text{-nitrobenzaldéhyde}} = \frac{0,50}{151,1}$$

$$n_{2\text{-nitrobenzaldéhyde}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{acétone}} = \frac{m_{\text{acétone}}}{M_{\text{acétone}}}$$

Or

$$\rho_{\text{acétone}} = \frac{m_{\text{acétone}}}{V_{\text{acétone}}}$$

$$m_{\text{acétone}} = \rho_{\text{acétone}} \times V_{\text{acétone}}$$

$$n_{\text{acétone}} = \frac{\rho_{\text{acétone}} \times V_{\text{acétone}}}{M_{\text{acétone}}}$$

$$n_{\text{acétone}} = \frac{1,05 \times 5,0}{58,1}$$

$$n_{\text{acétone}} = 9,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

A.3.

« L'hydroxyde de sodium est introduit en excès. »

$$x_{\text{max1}} = \frac{n_{2\text{-nitrobenzaldéhyde}}}{2}$$

$$x_{\text{max1}} = \frac{3,3 \cdot 10^{-3}}{2}$$

$$x_{\text{max1}} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$x_{\max 2} = \frac{n_{\text{acétone}}}{2}$$

$$x_{\max 2} = \frac{9,0 \cdot 10^{-2}}{2}$$

$$x_{\max 2} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$x_{\max 1} < x_{\max 2}$$

$$x_{\max} = x_{\max 1} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Le réactif limitant est le 2-nitrobenzaldéhyde.

Calculons la masse maximale d'indigo qui peut être obtenue :

$$n_{\text{indigo}}^{\text{maximale}} = \frac{m_{\text{indigo}}^{\text{maximale}}}{M_{\text{indigo}}}$$

$$m_{\text{indigo}}^{\text{maximale}} = n_{\text{indigo}}^{\text{maximale}} \times M_{\text{indigo}}$$

$$n_{\text{indigo}} = x_{\max}$$

$$m_{\text{indigo}}^{\text{maximale}} = x_{\max} \times M_{\text{indigo}}$$

$$m_{\text{indigo}}^{\text{maximale}} = 1,7 \cdot 10^{-3} \times 262,3$$

$$m_{\text{indigo}}^{\text{maximale}} = 0,45 \text{ g}$$

A.4.

$$\eta = \frac{m_{\text{indigo}}^{\text{experimentale}}}{m_{\text{indigo}}^{\text{maximale}}}$$

$$\eta = \frac{0,35}{0,45}$$

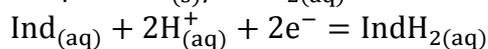
$$\eta = 0,78$$

$$\eta = 78\%$$

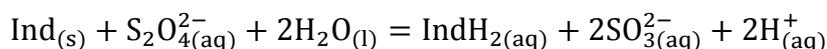
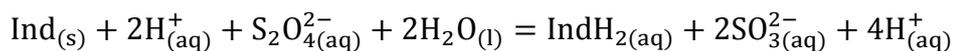
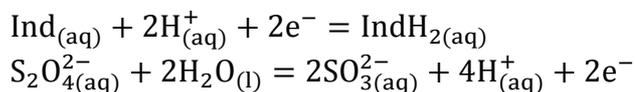
B. Teinture d'un tissu par l'indigo

B.1.

Couple : Ind_(s)/IndH_{2(aq)}



B.2.

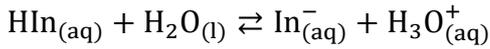


B.3.

Le dioxygène.

C. Le carmin d'indigo, un indicateur coloré acido-basique

C.1.



C.2.

	$\text{HIn}_{(\text{aq})}$	$+\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow$	$\text{In}^-_{(\text{aq})}$	$+\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$
Etat initial	cV	Solvant	0	0
Etat final	$cV - x_{\text{eq}}$	Solvant	x_{eq}	x_{eq}

$$cV - x_{\text{max}} = 0$$

$$x_{\text{max}} = cV$$

$$x_{\text{eq}} = n_{\text{H}_3\text{O}^+}^{\text{eq}}$$

$$x_{\text{eq}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} \times V$$

$$\text{Or } [\text{H}_3\text{O}^+] = c^0 \times 10^{-\text{pH}}$$

$$x_{\text{eq}} = c^0 \times 10^{-\text{pH}} \times V$$

$$\tau = \frac{x_{\text{eq}}}{x_{\text{max}}}$$

$$\tau = \frac{c^0 \times 10^{-\text{pH}} \times V}{cV}$$

$$\tau = \frac{c^0 \times 10^{-\text{pH}}}{c}$$

$$\tau = \frac{1 \times 10^{-6,3}}{1,0 \cdot 10^{-1}}$$

$$\tau = 5,0 \cdot 10^{-6}$$

$$\tau < 1$$

La transformation est limitée (non totale)

C.3.

$$[\text{In}^-]_{\text{eq}} = \frac{x_{\text{eq}}}{V}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = \frac{x_{\text{eq}}}{V}$$

$$[\text{HIn}]_{\text{eq}} = \frac{cV - x_{\text{eq}}}{V}$$

$$[\text{HIn}]_{\text{eq}} = c - \frac{x_{\text{eq}}}{V}$$

Ainsi :

$$[\text{In}^-]_{\text{eq}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$$

$$[\text{HIn}]_{\text{eq}} = c - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$$

$$K_A = \frac{[\text{In}^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{HIn}]_{\text{eq}} \times c^0}$$

$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{(c - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}) \times c^0}$$

$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}^2}{(c - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}) \times c^0}$$

$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}^2}{(c - [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}) \times c^0}$$

Or $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$

$$K_A = \frac{(10^{-\text{pH}})^2}{(c - 10^{-\text{pH}}) \times c^0}$$

C.4.

$$K_A = \frac{(10^{-\text{pH}})^2}{(c - 10^{-\text{pH}}) \times c^0}$$

$$K_A = \frac{(10^{-6,3})^2}{(1,0 \cdot 10^{-1} - 10^{-6,3}) \times 1}$$

$$K_A = 2,5 \cdot 10^{-12}$$

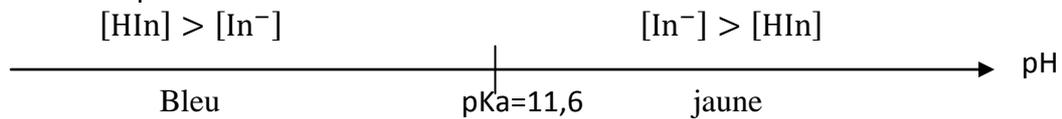
$$\text{p}K_A = -\log(K_A)$$

$$\text{p}K_A = -\log(2,5 \cdot 10^{-12})$$

$$\text{p}K_A = 11,6$$

C.5.

Diagramme de prédominance

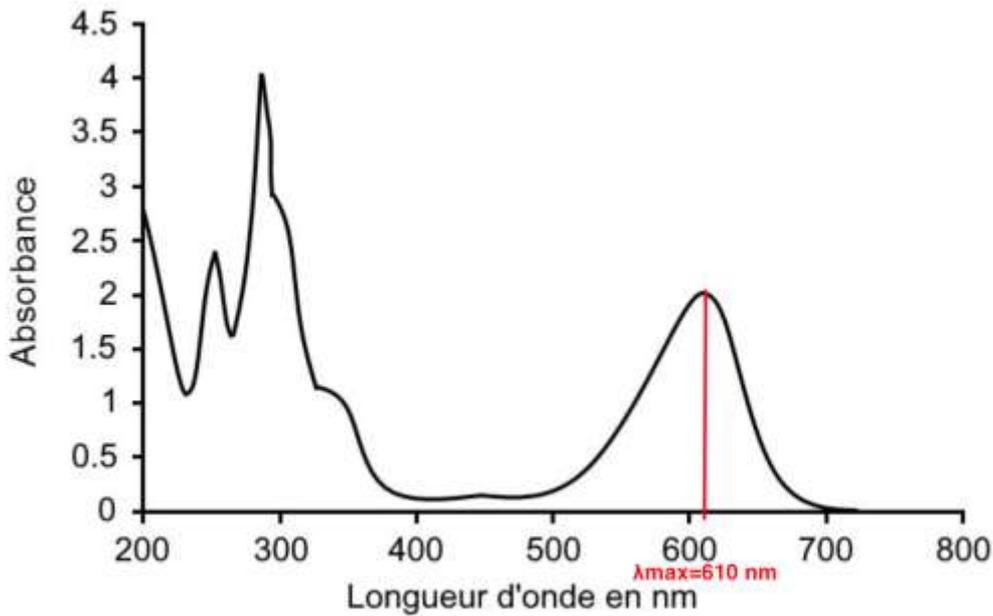


$\text{pH}_{eq} = 7$: il faut un indicateur coloré qui change de couleur pour $\text{pH}_{eq} = 7$. Ainsi, cet indicateur coloré pour le titrage d'un acide chlorhydrique par une solution d'hydroxyde de sodium n'est pas adapté.

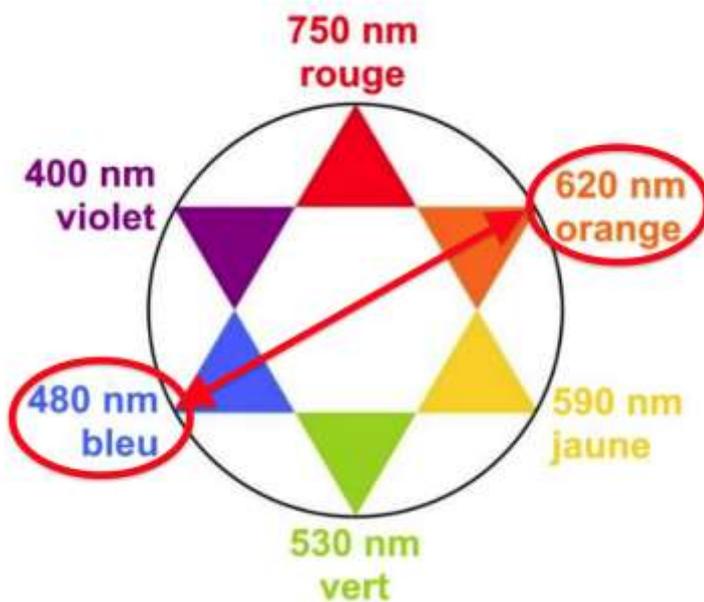
D. Utilisation médicale du carmin d'indigo

D.1.

La longueur d'onde adaptée à la réalisation de ce dosage dans le domaine visible est $\lambda_{\text{max}} = 610 \text{ nm}$



D.2.



Sa couleur est la couleur complémentaire du orangé (couleur opposée sur la cercle chromatique) : le bleu.
La couleur du carmin d'indigo est donc bleue.

D.3.

Lors d'une dilution, la masse se conserve :

$$m_m = m_3$$

$$C_m V_m = C_3 V_3$$

$$V_m = \frac{C_3 V_3}{C_m}$$

$$V_m = \frac{40,0 \times 50}{80,0}$$

$$V_m = 25 \text{ mL}$$

Protocole :

- Verser la solution mère dans un bécher
- Prélever à l'aide d'une pipette jaugée $V_m = 25$ mL de la solution mère
- Introduire V_m dans une fiole jaugée $V_3=50$ mL
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge
- Homogénéiser la solution

D.4.

Méthode 1 :

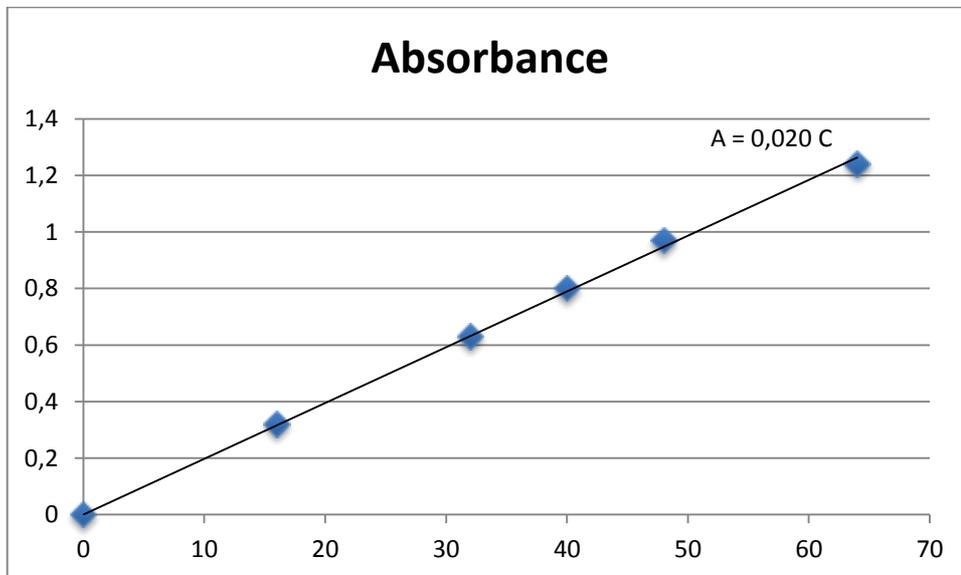
Solution	S1	S2	S3	S4	S5
Concentration en masse ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	64,0	48,0	40,0	32,0	16,0
Absorbance	1,24	0,97	0,80	0,63	0,32
$K=A/C$ ($\text{L}\cdot\text{mg}^{-1}$)	0,019	0,020	0,020	0,020	0,020

$$K_{\text{moyenne}} = \frac{0,019 + 0,020 + 0,020 + 0,020 + 0,020}{5}$$

$$K_{\text{moyenne}} = 0,020 \text{ L}\cdot\text{mg}^{-1}$$

$$A = 0,020 C$$

Méthode 2 : on trace $A=f(C)$



$$A = 0,020 C$$

Trouvons C_d :

$$A = 0,020 C_d$$

$$0,020 C_d = A$$

$$C_d = \frac{A}{0,020}$$

$$C_d = \frac{0,75}{0,020}$$

$$C_d = 37,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$$

Or « La solution injectable S est diluée 200 fois pour obtenir la solution S_d » :

$$C = 200 C_d$$

$$C = 200 \times 37,5 \cdot 10^{-3}$$

$$C = 7,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Déterminons la masse maximale que l'on peut injecter sans danger en une journée à un patient de 70 kg :
« La dose journalière admissible, notée DJA, de carmin d'indigo que l'on peut injecter à un patient est 5,0 mg/jour/kg de masse corporelle. »

$$m_{\max} = 5,0 \cdot 10^{-3} \times 70$$

$$m_{\max} = 0,35 \text{ g}$$

Déterminons le volume de la solution S que l'on peut injecter sans danger en une journée à un patient de 70 kg :

$$C = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{C}$$

$$V = \frac{0,35}{7,5}$$

$$V = 4,6 \cdot 10^{-2} \text{ L}$$

$$V = 46 \text{ mL}$$