

CLASSE : Terminale

EXERCICE 1 : 9 points

VOIE : ☒ Générale

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE-CHIMIE

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h45

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui « type collège »

EXERCICE 1 : 9 points
Contrôle de la qualité d'un biberon

Partie A - Dosage spectrophotométrique des ions nitrate dans une eau

1.
D'après l'énoncé : « une solution aqueuse initialement incolore prend une teinte jaune »

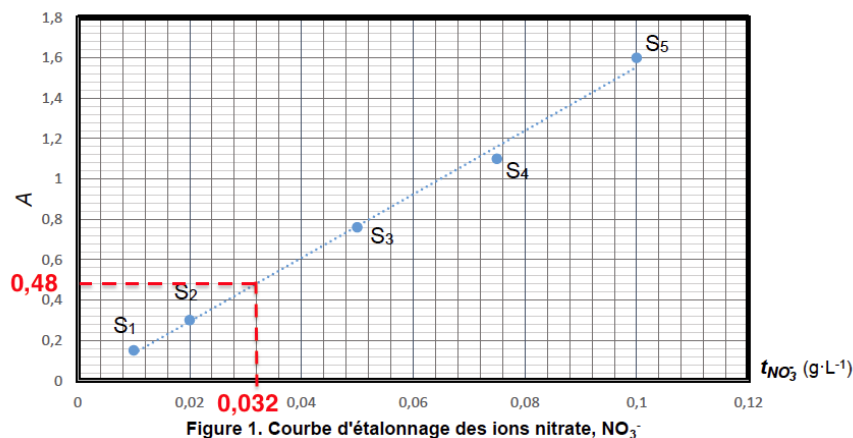
Longueurs d'onde d'absorption (nm)	400 - 424	424 - 491	491 - 575	575 - 585	585 - 647	647 - 850
Couleur absorbée	Violet	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Couleur complémentaire	jaune - vert	jaune	magenta	bleu	bleu - cyan	cyan

Elle absorbe la couleur complémentaire : le bleu. Il faut donc $424 \text{ nm} < \lambda < 491 \text{ nm}$.

Le spectrophotomètre utilisé lors de ce dosage peut fonctionner avec des radiations monochromatiques de longueurs d'onde : 440 nm, 510 nm, 580 nm, 640 nm.

La longueur d'onde la plus adaptée pour réaliser ce dosage est donc $\lambda = 440 \text{ nm}$

2.
L'absorbance mesurée est : $A = 0,48$.



Graphiquement : $t_1 = 0,032 \text{ g.L}^{-1}$

3.

$$\frac{u(t_1)}{t_1} = 15\%$$

$$u(t_1) = 15\%t_1$$

$$u(t_1) = \frac{15}{100}t_1$$

$$u(t_1) = \frac{15}{100} \times 0,032$$

$$u(t_1) = 5 \times 10^{-3} \text{ g.L}^{-1}$$

D'où

$$t_1 = 0,032 \pm 5 \times 10^{-3} \text{ g.L}^{-1}$$

$$t_1 = (32 \pm 5) \times 10^{-3} \text{ g.L}^{-1}$$

$$t_1 = 32 \pm 5 \text{ mg.L}^{-1}$$

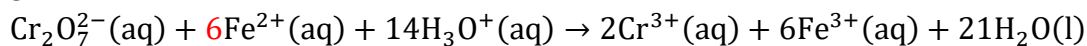
Partie B - Dosage par titrage conductimétrique des ions nitrate dans l'eau étudiée

4.

Le réactif titré est celui qui est dosé : Fe^{2+}

Le réactif titrant est celui de concentration connue : $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

5.



A l'équivalence :

$$\frac{n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}}}{6} = \frac{n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}}^{\text{eq}}}{1}$$

$$n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}} = 6 \times n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}}^{\text{eq}}$$

$$n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}} = 6 \times [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] \times V_{\text{eq}}$$

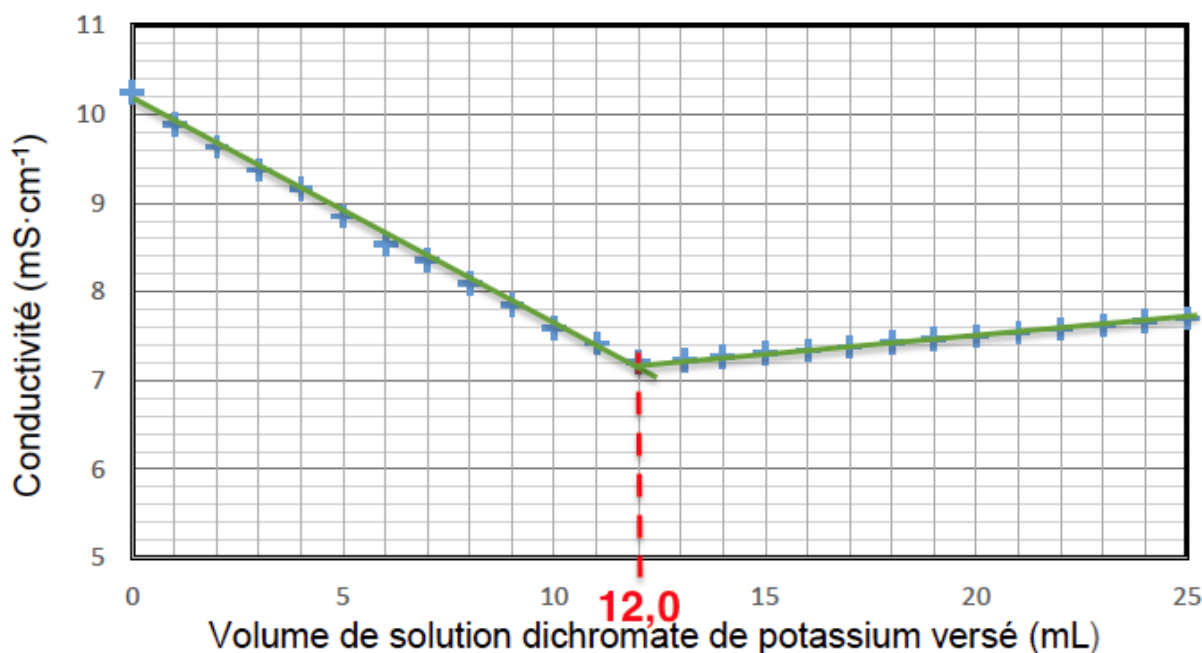


Figure 2. Courbe de titrage conductimétrique de l'eau analysée

Graphiquement : $V_{\text{eq}} = 12,0 \text{ mL}$

$$n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}} = 6 \times 5,0 \times 10^{-2} \times 12,0 \times 10^{-3}$$

$$n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}} = 3,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}} = 3,6 \text{ mmol}$$

6.

D'après l'énoncé : « Cette quantité notée $n(\text{Fe}^{2+})_{\text{totale}}$ est largement suffisante pour consommer tous les ions nitrate ». NO_3^- est donc le réactif limitant.

	$\text{NO}_3^-(\text{aq})$	$+3\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	$+4\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow$	$\text{NO}(\text{g})$	$+3\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$	$+6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
État initial	$n(\text{NO}_3^-)$	$n(\text{Fe}^{2+})_{\text{totale}}$	excès	0	0	Solvant
État intermédiaire	$n(\text{NO}_3^-) - x$	$n(\text{Fe}^{2+})_{\text{totale}} - 3x$	excès	x	3x	Solvant
État final	$n(\text{NO}_3^-) - x_{\text{max}} = 0$	$n(\text{Fe}^{2+})_{\text{totale}} - 3x_{\text{max}} = n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}}$	excès	x_f	$3x_f$	Solvant

$$\begin{aligned}
n(\text{Fe}^{2+})_{\text{totale}} - 3x_{\text{max}} &= n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}} \\
n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}} &= n(\text{Fe}^{2+})_{\text{totale}} - 3x_{\text{max}} \\
3x_{\text{max}} &= n(\text{Fe}^{2+})_{\text{totale}} - n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}} \\
x_{\text{max}} &= \frac{1}{3} [n(\text{Fe}^{2+})_{\text{totale}} - n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}}]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
n(\text{NO}_3^-) - x_{\text{max}} &= 0 \\
n(\text{NO}_3^-) &= x_{\text{max}} \\
n(\text{NO}_3^-) &= \frac{1}{3} [n(\text{Fe}^{2+})_{\text{totale}} - n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}}]
\end{aligned}$$

7.

$$\begin{aligned}
n(\text{NO}_3^-) &= \frac{1}{3} [n(\text{Fe}^{2+})_{\text{totale}} - n(\text{Fe}^{2+})_{\text{excès}}] \\
n(\text{NO}_3^-) &= \frac{1}{3} [4,0 \times 10^{-3} - 3,6 \times 10^{-3}] \\
n(\text{NO}_3^-) &= 1,3 \times 10^{-4} \text{ mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t_2 &= \frac{m(\text{NO}_3^-)}{V} \\
t_2 &= \frac{n(\text{NO}_3^-) \times M(\text{NO}_3^-)}{V} \\
t_2 &= \frac{1,3 \times 10^{-4} \times 62,0}{250 \times 10^{-3}} \\
t_2 &= 0,032 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \\
t_2 &= 32 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}
\end{aligned}$$

La concentration en masse en ion nitrate t_2 vaut environ $32 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

8.

$$\begin{aligned}
u(t_2) &= t_2 \times \sqrt{\left(\frac{u(\text{C})}{C}\right)^2 + \left(\frac{u(\text{V}_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(\text{V})}{V}\right)^2} \\
u(t_2) &= 32 \times \sqrt{\left(\frac{0,2 \times 10^{-2}}{5,0 \times 10^{-2}}\right)^2 + \left(\frac{0,5}{12}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{250}\right)^2} \\
u(t_2) &= 2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \\
t_2 &= 32 \pm 2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}
\end{aligned}$$

$$30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} < t_2 < 34 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

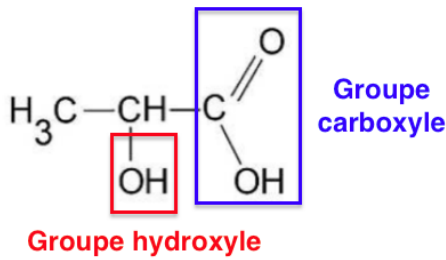
9.

D'après l'énoncé : « L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a fixé la concentration maximale en ions nitrate dans l'eau à $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. »

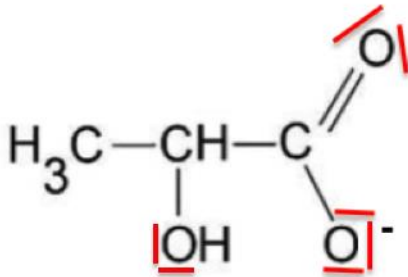
t_1 et t_2 sont inférieurs à la concentration maximale donc l'eau prélevée est potable au regard des résultats obtenus par les deux méthodes de dosage étudiées.

Partie C - Combien de temps peut-on conserver un biberon préparé avec du lait en poudre ?

10.

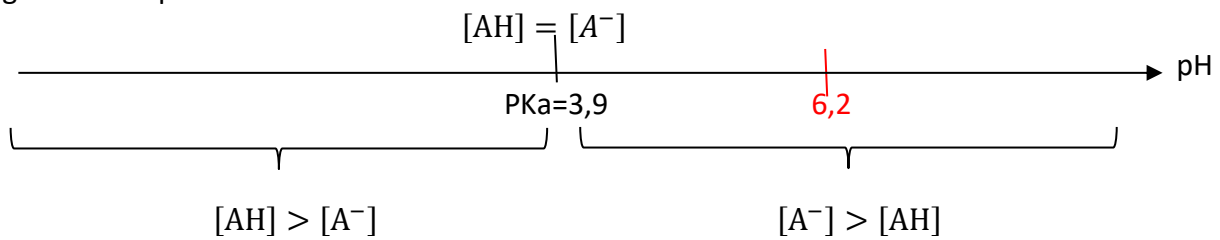


11.



12.

Diagramme de prédominance :



$\text{pH} = 6,2$ pour le lait contenu dans le biberon : A^- prédomine dans le lait du biberon.

13.

$$K_a = \frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}} \times c^0}$$

14.

$$\frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}} \times c^0} = K_a$$

$$\frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}}} = \frac{K_a \times c^0}{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}$$

$$\frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}}} = \frac{10^{-\text{pK}_a} \times c^0}{c^0 \times 10^{-\text{pH}}}$$

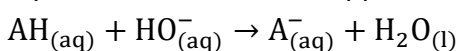
$$\frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}}} = \frac{10^{-\text{pK}_a}}{10^{-\text{pH}}}$$

$$\frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}}} = \frac{10^{-3,9}}{10^{-6,2}} = 200$$

$$[\text{A}^-]_{\text{eq}} = 200[\text{HA}]_{\text{eq}}$$

15.

Équation de la réaction support du titrage :



16.

A l'équivalence :

$$\frac{n_{AH}^i}{1} = \frac{n_{HO^-}^{eq}}{1}$$

$$\frac{m_{AH}}{M_{AH}} = C_B \times V_{BE}$$

$$m_{AH} = C_B \times V_{BE} \times M_{AH}$$

Or

$$c_m = \frac{m_{AH}}{V_L}$$

$$m_{AH} = c_m \times V_L$$

D'où

$$c_m \times V_L = C_B \times V_{BE} \times M_{AH}$$

$$c_m = \frac{C_B \times V_{BE} \times M_{AH}}{V_L}$$

$$c_m = \frac{2,0 \times 10^{-2} \times 12,2 \times 10^{-3} \times 90,0}{40,0 \times 10^{-3}}$$

$$c_m = 0,55 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

17.

V_L a une incidence sur V_{BE} .

L'eau ajouté n'entraîne pas une réaction avec $HO^-_{(aq)}$.

D'après la question précédente :

$$c_m = \frac{C_B \times V_{BE} \times M_{AH}}{V_L}$$

$$\frac{C_B \times V_{BE} \times M_{AH}}{V_L} = c_m$$

$$V_{BE} = \frac{c_m \times V_L}{C_B \times V_{BE} \times M_{AH}}$$

V_{BE} dépend de V_L mais ne dépend pas de V_{eau} .

18.

$t_1 < t_2 < t_3$ or la température est un facteur cinétique : plus la température est élevée, plus la concentration en acide lactique augmente rapidement.

t_1 : courbe c

t_2 : courbe b

t_3 : courbe a

1°D	0,1 g.L ⁻¹
18°D	x

$$x = \frac{18 \times 0,1}{1} = 1,8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ d'acide lactique}$$

L'échantillon 2 (courbe b) n'est plus considéré comme étant un lait frais au bout de 42 heures.

L'échantillon 3 (courbe a) n'est plus considéré comme étant un lait frais au bout de 23 heures.

