

CLASSE : Terminale

VOIE : Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h45

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

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ: PHYSIQUE-CHIMIE

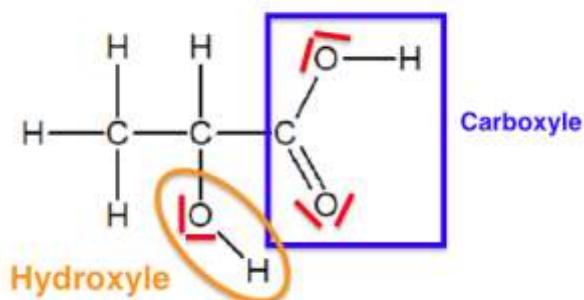
CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui « type collège »

EXERCICE 1 commun à tous les candidats

Solution désinfectante (10 points)

Partie A. Étude de l'acide lactique

1.



2.

Extrait d'une table de spectroscopie IR :

Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Intensité
O-H alcool lié	3200 - 3400	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
N-H amine	3100 - 3500	Moyenne
N-H amide	3100 - 3500	forte
N-H amine ou amide	1560 - 1640	forte ou moyenne
C _{tri} - H	3000 - 3100	Moyenne
C _{tét} - H	2800 - 3000	Forte
C = O ester	1700 - 1740	forte
C = O amide	1650 - 1740	Forte
C = O aldéhyde et cétone	1650 - 1730	Forte
C = O acide	1680 - 1740	forte

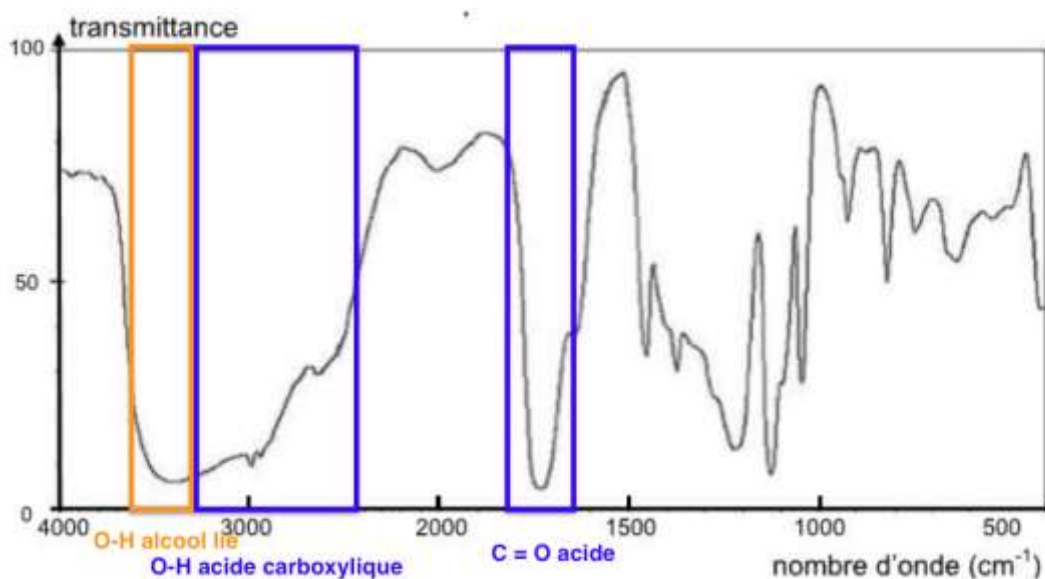


Figure 1. Spectre d'absorption IR de l'acide lactique

3.

D'après les données : « 100 g de solution désinfectante contient 1,75 g d'acide lactique »

$$C_{\text{acide lactique}} = \frac{n_{\text{acide lactique}}}{V_{\text{sol}}}$$

Or

$$n_{\text{acide lactique}} = \frac{m_{\text{acide lactique}}}{M_{\text{acide lactique}}}$$

Donc

$$C_{\text{acide lactique}} = \frac{\frac{m_{\text{acide lactique}}}{M_{\text{acide lactique}}}}{V_{\text{sol}}}$$
$$C_{\text{acide lactique}} = \frac{m_{\text{acide lactique}}}{M_{\text{acide lactique}} \times V_{\text{sol}}}$$

Or

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

Donc

$$C_{\text{acide lactique}} = \frac{m_{\text{acide lactique}}}{M_{\text{acide lactique}} \times \frac{m_{\text{sol}}}{\rho_{\text{sol}}}}$$
$$C_{\text{acide lactique}} = \frac{m_{\text{acide lactique}}}{M_{\text{acide lactique}}} \times \frac{\rho_{\text{sol}}}{m_{\text{sol}}}$$
$$C_{\text{acide lactique}} = \frac{1,75}{90,1} \times \frac{1,00 \times 10^3}{100}$$
$$C_{\text{acide lactique}} = 0,19 \text{ mol. L}^{-1}$$

La valeur de la concentration en acide lactique apporté dans la solution désinfectante est voisine de $C = 0,20 \text{ mol. L}^{-1}$.

4.

Un Acide est une espèce capable de céder un proton H^+ .

5.

Pour un acide fort $\text{pH} = -\log(c)$. Avec c la concentration de l'acide fort.

$$-\log c = -\log 0,20$$

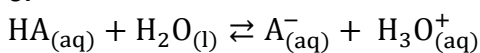
$$-\log c = 0,70$$

$$\text{Or } \text{pH} = 2,3$$

$$-\log c \neq \text{pH}$$

L'acide lactique est donc un acide faible.

6.



7.

Équation chimique		HA _(aq)	+H ₂ O _(l) →	A _(aq) ⁻	+ H ₃ O _(aq) ⁺
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	x = 0	CV		0	0
Etat final	x _f	CV - x _f = CV - c ⁰ × 10 ^{-pH} × V		x _f = c ⁰ × 10 ^{-pH} × V	x _f = c ⁰ × 10 ^{-pH} × V

$$n_{AH}^i = CV$$

$$x_f = n_{H_3O^+}^f = [H_3O^+]_f \times V$$

Or

$$[H_3O^+] = c^0 \times 10^{-pH}$$

Donc

$$x_f = n_{H_3O^+}^f = c^0 \times 10^{-pH} \times V$$

8.

$$K_a = \frac{[A^-]_{eq} \times [H_3O^+]_{eq}}{[HA]_{eq} \times c^0}$$

$$K_a = \frac{\frac{c^0 \times 10^{-pH} \times V}{V} \times \frac{c^0 \times 10^{-pH} \times V}{V}}{\frac{CV - c^0 \times 10^{-pH} \times V}{V} \times c^0}$$

$$K_a = \frac{c^0 \times 10^{-pH} \times e^{\frac{0}{2}} \times 10^{-pH}}{(C - c^0 \times 10^{-pH}) \times e^{\frac{0}{2}}}$$

$$K_a = \frac{C - c^0 \times 10^{-pH}}{1 \times 10^{-2 \times 2,3}}$$

$$K_a = \frac{0,20 - 1 \times 10^{-2,3}}{1 \times 10^{-4,6}}$$

$$K_a = 1,3 \times 10^{-4}$$

$$pK_a = -\log K_a$$

$$pK_a = -\log 1,3 \times 10^{-4}$$

$$pK_a = 3,9$$

La valeur trouvée correspond à la valeur de référence du pKa du couple acide lactique/ion lactate.

9.

9.1.

$$[A^-]_{eq} = \frac{c^0 \times 10^{-pH} \times V}{V} = c^0 \times 10^{-pH}$$

$$[HA]_{eq} = \frac{CV - c^0 \times 10^{-pH} \times V}{V} = C - c^0 \times 10^{-pH}$$

Donc :

$$C - c^0 \times 10^{-pH} = [HA]_{eq}$$

$$C - [A^-]_{eq} = [HA]_{eq}$$

$$C = [HA]_{eq} + [A^-]_{eq}$$

$$K_a = \frac{[A^-]_{eq} \times [H_3O^+]_{eq}}{[HA]_{eq} \times c^0}$$

$$-\log K_a = -\log \frac{[A^-]_{eq} \times [H_3O^+]_{eq}}{[HA]_{eq} \times c^0}$$

$$pK_a = -\log \frac{[H_3O^+]_{eq}}{c^0} - \log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$$

$$pK_a = pH - \log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$$

9.2.

Pourcentage en acide AH, défini par $100 \times \frac{[HA]_{eq}}{C}$

$C = [HA]_{eq} + [A^-]_{eq}$ (question 9.1.)

$$100 \times \frac{[HA]_{eq}}{C} = 100 \times \frac{[HA]_{eq}}{[HA]_{eq} + [A^-]_{eq}}$$

Nous devons utiliser $pH = pK_a + \log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$, nous allons faire apparaître $\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$ dans l'équation précédente en divisant le numérateur et le dénominateur par $[HA]_{eq}$:

$$100 \times \frac{[HA]_{eq}}{C} = 100 \times \frac{\frac{[HA]_{eq}}{[HA]_{eq}}}{\frac{[HA]_{eq}}{[HA]_{eq}} + \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}}$$

$$100 \times \frac{[HA]_{eq}}{C} = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}}$$

$$100 \times \frac{[HA]_{eq}}{C} = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}} = \frac{100}{1 + \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}}$$

Isolons $\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$ dans l'équation $pH = pK_a + \log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$:

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$$

$$\log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}} = pH - pK_a$$

$$10^{\log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}} = 10^{pH - pK_a}$$

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

On remplace dans l'équation précédente :

$$100 \times \frac{[HA]_{eq}}{C} = \frac{100}{1 + \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}}$$

$$100 \times \frac{[HA]_{eq}}{C} = \frac{100}{1 + 10^{pH - pK_a}}$$

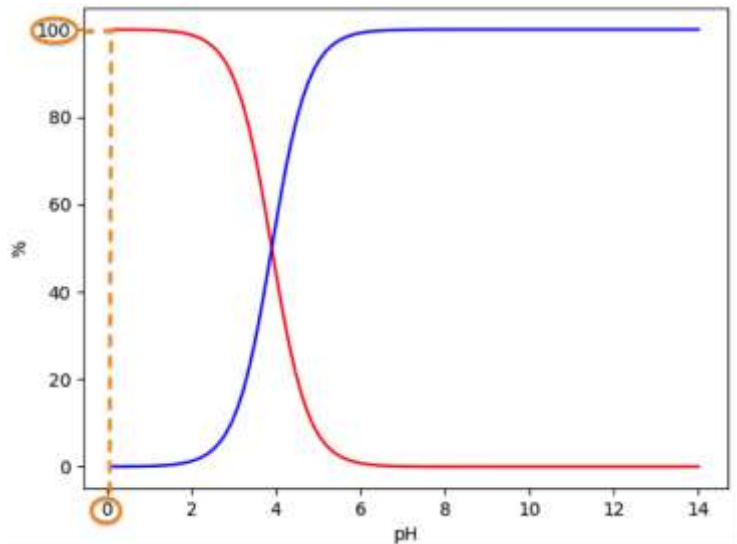
9.3.

Le pourcentage en acide AH peut s'écrire : $\frac{100}{1+10^{\text{pH}-\text{pKa}}}$

Calculons pourcentage en acide AH lorsque le pH est nul :

$$\frac{100}{1+10^{\text{pH}-\text{pKa}}} = \frac{100}{1+10^{0-3,9}} = 100$$

Il y a 100% d'acide AH lorsque le pH est nul.
L'espèce chimique qui correspond la courbe 1 est l'acide AH.



Méthode pour retrouver la valeur du pKa à partir d'une lecture graphique :

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}}}$$

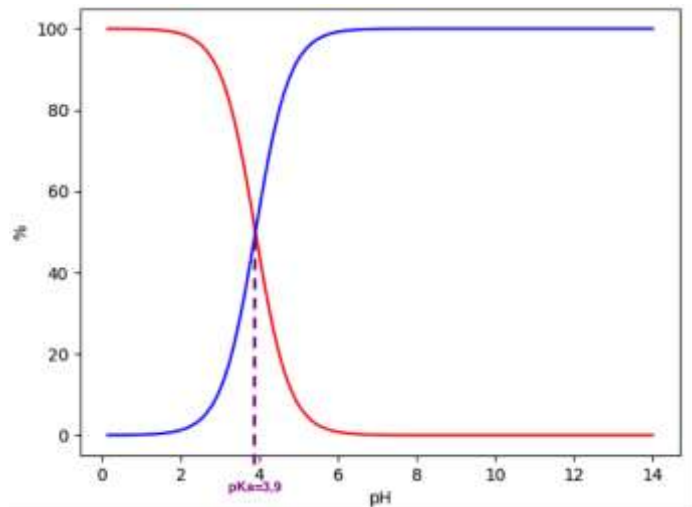
Lorsque les courbes se croisent $[\text{A}^-]_{\text{eq}} = [\text{HA}]_{\text{eq}}$

Donc

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log 1$$

$$\text{pH} = \text{pKa}$$

La valeur du $\text{pKa}=\text{pH}$ lorsque les courbes se croisent.



Partie B. Titrage de l'acide lactique dans la solution désinfectante

1.

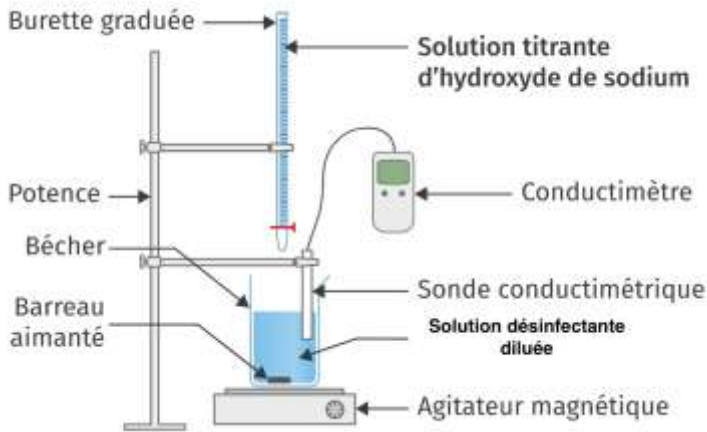
La solution S_2 est obtenue par dilution d'un facteur cinq de la solution S_1 . Ainsi le volume V_2 est 5 fois plus grand que V_1 .

Or on désire $V_2=100\text{mL}$, on doit donc prendre $V_1=20\text{mL}$

Protocole :

- Verser la solution mère dans un bécher
- Prélever à l'aide d'une pipette jaugée $V_1=20\text{mL}$ de la solution mère
- Introduire V dans une fiole jaugée $V_2=100\text{mL}$,
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge
- Homogénéiser la solution

2.
C'est un titrage par suivi conductimétrique.



3.
solution désinfectante AH
Hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$)
C'est une réaction acido-basique HO^- réagit avec AH. Na^+ est un ion spectateur.

équation de la réaction support du titrage :
 $\text{AH}_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{A}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

4.
 $\text{AH}_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{A}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

Avant l'équivalence :

- $[\text{A}^-]$ augmente car c'est un produit de la réaction.
- $[\text{HO}^-]$ est nulle car les ions HO^- sont en défaut avant l'équivalence
- $[\text{Na}^+]$ augmente car les ions Na^+ sont spectateurs et ajoutés au cours du titrage.

Ions	Avant l'équivalence
A^-	↗
HO^-	0
Na^+	↗

Après l'équivalence :

- $[\text{A}^-]$ reste car constant. A^- est un produit de la réaction or après l'équivalence, il n'y a plus de réaction entre $\text{AH}_{(\text{aq})}$ et $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ car tous les AH ont été consommés.
- $[\text{HO}^-]$ augmente car les ions HO^- sont en excès après l'équivalence et ils ne réagissent plus
- $[\text{Na}^+]$ augmente car les ions Na^+ sont spectateurs et ajoutés au cours du titrage.

Ions	Après l'équivalence
A^-	=
HO^-	↗
Na^+	↗

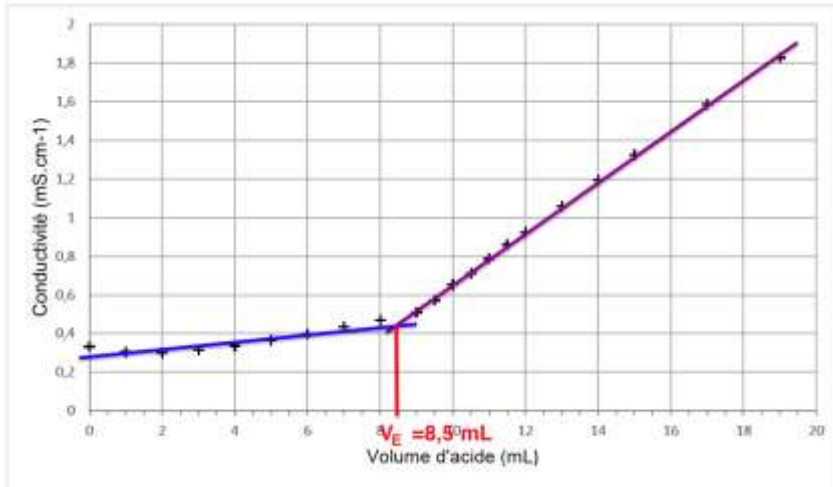
Avant l'équivalence, la concentration des ions augmente donc la conductivité augmente.
Après l'équivalence, la concentration des ions augmente donc la conductivité augmente.

Comparons les deux augmentations :

$\lambda_{\text{HO}^-} > \lambda_{\text{A}^-}$ donc l'augmentation de la conductivité est plus importante après l'équivalence.

5.

la valeur du volume à l'équivalence V_E se lit à l'intersection des deux droites :



Graphiquement $V_E = 8,5 \text{ mL}$.

6.

A l'équivalence :

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

$$C_A^{\text{dilué}} \times V_A = C_B \times V_E$$

$$C_A^{\text{dilué}} = \frac{C_B \times V_E}{V_A}$$

$$C_A^{\text{dilué}} = \frac{1,0 \times 10^{-1} \times 8,5 \times 10^{-3}}{20,0 \times 10^{-3}} = 4,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Diluée 5 fois : $C_A = 5C_A^{\text{dilué}}$

$$C_A = 5 \times 4,3 \cdot 10^{-2} = 0,22 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

incertitude-type sur la mesure d'une concentration C_A :

$$\frac{u(C_A)}{C_A} = \sqrt{\left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(C_B)}{C_B}\right)^2}$$

$$u(C_A) = C_A \times \sqrt{\left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(C_B)}{C_B}\right)^2}$$

$$u(C_A) = 0,22 \times \sqrt{\left(\frac{0,05}{20,0}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{8,5}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{1,0}\right)^2}$$

$$u(C_A) = 0,03 \text{ (1 seul chiffre significatif et le résultat est majoré)}$$

$$C_A = 0,22 \pm 0,03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$0,19 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < C_A < 0,25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La valeur de la concentration attendue $c_{\text{acide lactique}} = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Partie A question 3.) est comprise dans cet intervalle : les deux valeurs sont en accord.