

41 Titrage de l'acide lactique dans le lait

Élaborer un protocole • Exploiter un graphique



L'acidité du lait augmente par fermentation lactique suite à une augmentation de la concentration d'acide lactique due à une mauvaise conservation.

On titre un lait afin d'apprécier son état de conservation.

On prélève $V_L = 20,0$ mL de lait auquel on ajoute de l'eau distillée pour obtenir $V'_L = 200,0$ mL de solution diluée S'_L .

Ce volume V'_L est utilisé pour réaliser un titrage pH-métrique par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})}$, $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration $c_B = 3,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

1. Proposer un protocole pour préparer 500,0 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium à $c_B = 3,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à partir d'une solution à 20,0 % en masse et de densité $d = 1,20$.

2. Schématiser et légender le dispositif.

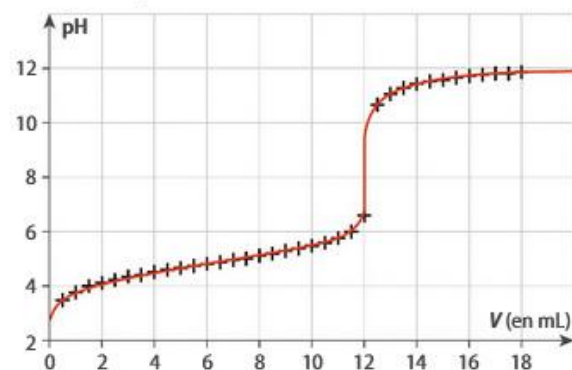
3.a. La formule de l'acide lactique est $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$.

Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

b. Définir l'équivalence d'un titrage.

c. À partir de la courbe de titrage ci-dessous et fournie à l'adresse hatier-clic.fr/pct106b, déterminer le volume équivalent V_E de solution d'hydroxyde de sodium versée à l'équivalence du titrage.

d. Expliquer pourquoi la dilution ne modifie pas la valeur du volume équivalent.



4.a. Établir la relation exprimant c'_A , concentration en acide lactique de la solution diluée S'_L , en fonction de V_E et c_B .

b. En déduire la concentration en acide lactique du lait étudié.

c. Pour être propre à la consommation, le lait ne doit pas contenir plus de $2,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ d'acide lactique.

Le lait étudié a-t-il été convenablement conservé ?

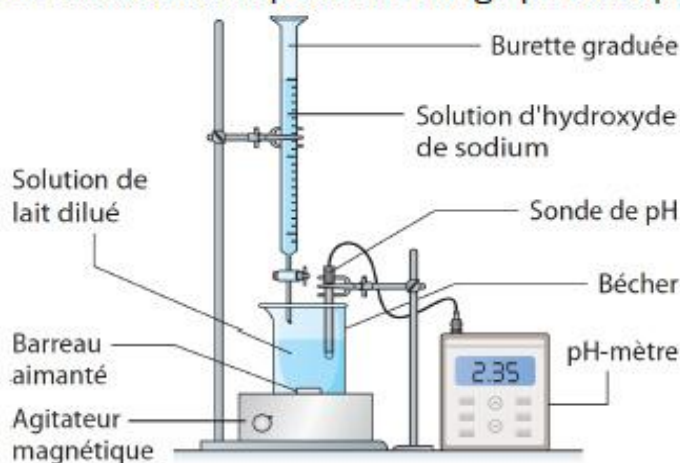
41 1. Il faut trouver le volume V_0 à prélever de la solution d'hydroxyde de sodium commerciale, de pourcentage massique $P = 0,200$ et de densité d , pour préparer $V = 500,0$ mL de solution d'hydroxyde de sodium de concentration c_B .

Soit M la masse molaire d'hydroxyde de sodium, $M = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Si la masse volumique est exprimée en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, $\rho = 1\,200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ car la masse volumique de l'eau vaut $1\,000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Soit m la masse d'hydroxyde de sodium à prélever.

Comme $P = \frac{m}{m_0}$, $\rho = \frac{m_0}{V_0} = \frac{m}{PV_0}$ avec m_0 la masse de la solution commerciale. D'où $m = \rho PV_0$. On en déduit la quantité de matière à prélever $n = \frac{m}{M} = \frac{\rho PV_0}{M}$. Lors d'une dilution, la quantité de matière est conservée, soit $n = \frac{\rho PV_0}{M} = c_B V$. Le volume V_0 à prélever de la solution d'hydroxyde de sodium commerciale est $V_0 = \frac{c_B VM}{\rho P} = \frac{0,0300 \times 0,500 \times 40}{1\,200 \times 0,2} = 2,5 \text{ mL}$

Il faut prélever 2,5 mL de solution commerciale à l'aide d'une pipette graduée, les placer dans une fiole jaugée de 500,0 mL contenant de l'eau distillée aux trois quarts. Agiter, puis compléter jusqu'au trait de jauge. Puis agiter pour homogénéiser.

2. Schéma du dispositif de titrage pH-métrique :



3. a. Réaction support du titrage :



b. À l'équivalence, les réactifs titrant et titré ont été apportés dans les proportions stœchiométriques.

c. À partir de la courbe (méthode des tangentes), on trouve $V_E = 12,0 \text{ mL}$.

d. La dilution ne modifie pas le volume équivalent car la quantité de matière en réactif titré n'est pas modifiée.

4. a. La quantité de matière d'ions hydroxyde apportée à l'équivalence est $n_1 = c_B V_E$ et est égale à celle des molécules d'acide lactique initialement présentes dans le prélèvement de solution titrée ($n = c'_A V'_L$), d'après la stœchiométrie de la réaction support du titrage, d'où $c'_A V'_L = c_B V_E$ et $c'_A = \frac{c_B V_E}{V'_L}$.

b. La concentration en acide lactique du lait étudié c_A est telle que :

$$c_A = 10 \times c'_A = 10 \times \frac{c_B V_E}{V'_L} = \frac{10 \times 0,030 \times 12,0}{200,0}$$

$$c_A = 1,8 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

c. La masse molaire M' de l'acide lactique valant $90 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, la concentration en masse en acide lactique du lait vaut :

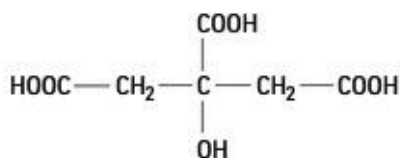
$$C_{mA} = c_A M' = 1,8 \times 10^{-2} \times 90 = 1,6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} < 2,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Ce lait est donc propre à la consommation et a été bien conservé.

48 Titrage de l'acide citrique d'une limonade

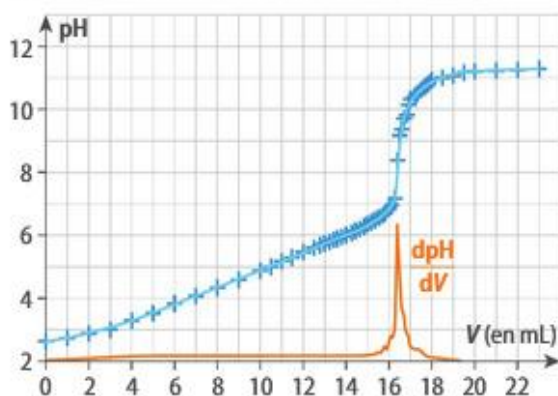
Justifier un protocole • Exploiter un graphique

Une limonade est une boisson gazeuse qui contient, entre autres, de l'acide citrique commercialisé sous le code E303. Sa formule met en évidence trois groupes carboxyle :



Protocole de titrage

- Chauffer la limonade à reflux pendant environ 20 minutes afin de la dégazer.
- Remplir la burette d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c_B = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
- Prélever $V = 10,0 \text{ mL}$ de limonade dégazée, les verser dans un bécher et ajouter 50 mL d'eau distillée.
- Réaliser le titrage avec un suivi pH-métrique de la solution obtenue par la solution de soude. On obtient la courbe de titrage ci-dessous.



Donnée Masse molaire de l'acide citrique : $M = 192 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1. a. Sachant que le gaz dissous est du dioxyde de carbone, pourquoi est-il nécessaire de dégazer la limonade avant le titrage ? ▶ Chapitre 1

b. Identifier le réactif titré et le réactif titrant.

c. Recopier la formule semi-développée de l'acide citrique et entourer les fonctions acides carboxyliques. Pourquoi est-il qualifié de triacide ?

2. a. Faire le schéma légendé du montage de titrage.

b. En notant l'acide citrique AH_3 , écrire la réaction support du titrage sachant qu'il se forme l'ion A^{3-} correspondant.

c. Déterminer le volume équivalent V_E du titrage en expliquant la méthode employée.

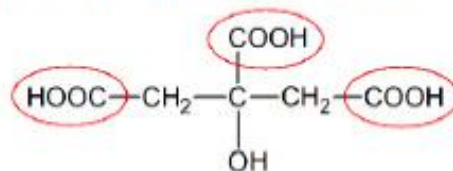
d. En déduire la concentration en quantité de matière et la concentration en masse en acide citrique de la limonade.

48 1. a. Le dioxyde de carbone dissous dans l'eau a des propriétés acides, il peut réagir avec la solution titrante qui est une base. Il est donc nécessaire de dégazer la limonade avant le titrage.

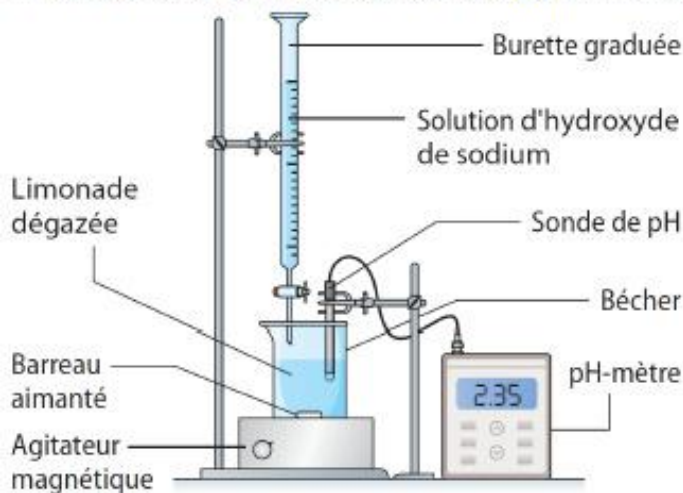
b. Le réactif titré est l'acide citrique de la limonade et le réactif titrant, l'ion HO^- d'hydroxyde de sodium.

c. L'acide citrique

présente trois fonctions acides carboxyliques, il se comporte comme trois acides distincts.



2. a. Schéma du montage du titrage pH-métrique :



b. Réaction support du titrage :



c. On peut trouver le volume équivalent à l'aide de la méthode de la dérivée : $V_E = 16,5 \text{ mL}$.

d. Soit c la concentration de l'acide citrique et c_m sa concentration en masse.

La quantité de matière d'ions hydroxyde apportée à l'équivalence est $c_B V_E$ et est égale à trois fois celle d'acide citrique initialement présent dans le prélèvement de solution titrée (cV), d'après la stœchiométrie de la réaction support du titrage. D'où $c_B V_E = 3cV$

$$\text{soit } c = \frac{c_B V_E}{3V} = \frac{0,030 \times 16,5}{3 \times 10,0} = 1,6 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$\text{et } c_m = cM = 1,6 \times 10^{-2} \times 192 = 3,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}.$$

52 Titration de l'acide salicylique dans le Synthol®

Médicament créé en 1925 par M. Roger, pharmacien à Orléans, le Synthol® est une solution alcoolisée utilisée en application locale pour calmer les douleurs et désinfecter.

100 g de solution contiennent 0,0105 g d'acide salicylique.

Données

- Formule brute de l'acide salicylique : $C_7H_6O_3$
- Masse molaire de l'acide salicylique $M_A = 138 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Masse volumique du Synthol® : $\rho = 0,950 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$

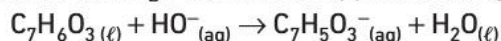
On admet que l'acide salicylique est le seul composé acide dans la solution pharmaceutique.

Les électrodes pH-métriques utilisées au lycée sont adaptées uniquement à des solutions aqueuses.

1.1. Calculer la quantité de matière d'acide salicylique contenu dans $V_A = 100,0 \text{ mL}$ de Synthol®.

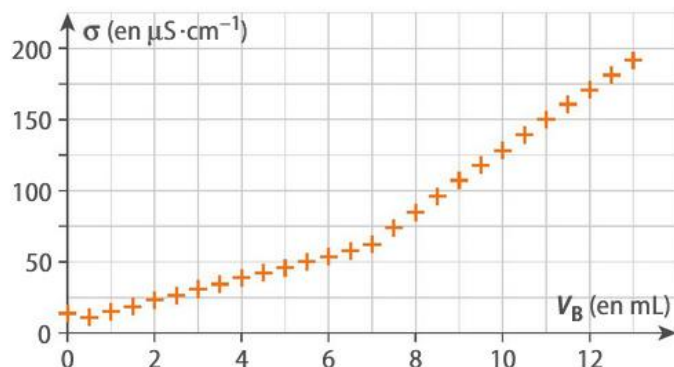
1.2. En déduire la concentration c_A de l'acide salicylique dans la solution pharmaceutique.

2. Pour vérifier cette valeur, on réalise un titrage conductimétrique de $V_A = 100,0 \text{ mL}$ de Synthol par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})}$, $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration c_B . La réaction support du titrage est :



On ajoute progressivement au volume V_A de Synthol®, à l'aide d'une burette graduée, une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})}$, $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration $c_B = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. On mesure la conductivité et on obtient la courbe ci-après.

Le volume de solution dosée étant grand devant l'ajout de solution titrante, on peut considérer le volume de solution dans le bécher constant.



2.1. Faire un schéma légendé du dispositif.

2.2. Définir l'équivalence.

2.3. Expliquer pourquoi la conductivité augmente après l'équivalence.

2.4. Calculer la concentration en acide salicylique de la solution dosée. Comparer cette valeur à celle trouvée dans la question **1.2**.

2.5. Serait-il possible de réaliser au lycée le titrage pH-métrique du Synthol® ? Justifier.

Adapté du sujet de Bac Métropole, 2009.



52 1.1. Un volume $V_A = 100,0 \text{ mL}$ de Synthol a une masse $m_S = \rho V_A = 0,950 \times 100,0 = 95,0 \text{ g}$.

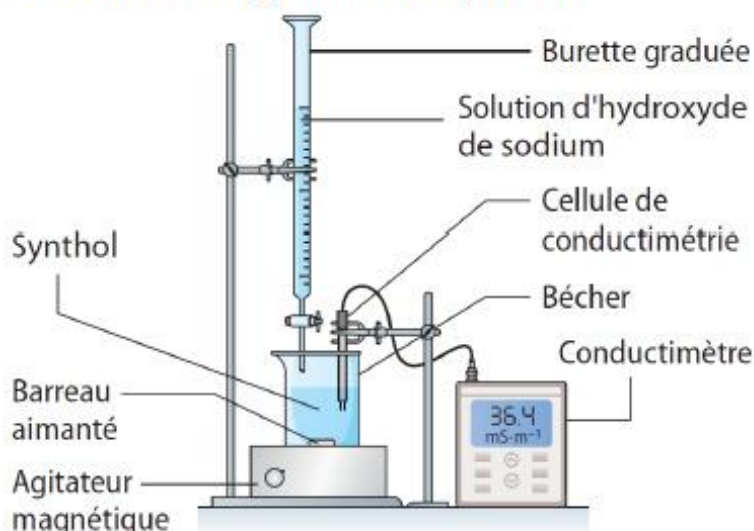
Par proportionnalité, on trouve la masse d'acide salicylique m_A dans ces 95,0 g de solution de Synthol, soit $m_A = \frac{95,0 \times 0,0105}{100} = 9,97 \times 10^{-3} \text{ g}$.

On en déduit la quantité de matière n_A correspondante :

$$n_A = \frac{m_A}{M_A} = \frac{9,97 \times 10^{-3}}{138} = 7,23 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$1.2. c_A = \frac{n_A}{V_A} = \frac{7,23 \times 10^{-5}}{0,1000} = 7,23 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

2.1. Schéma légendé du dispositif :



2.2. À l'équivalence, les réactifs titrant et titré ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support du titrage.

2.3. La conductivité du mélange augmente après l'équivalence car les ions de la solution titrante ajoutée s'accumulent dans le mélange.

2.4. À l'aide de la courbe de titrage, on détermine $V_E = 7,0 \text{ mL}$. On note c la concentration en acide salicylique de la solution titrée de Synthol.

La quantité de matière d'ions hydroxyde apportée à l'équivalence est $n = c_B V_E$ et est égale à celle de l'acide salicylique initialement présent dans le prélèvement de solution titrée ($n = c V_A$), d'après la stœchiométrie de la réaction support du titrage.

$$\text{D'où } c_B V_E = c V_A$$

$$\text{soit } c = \frac{c_B V_E}{V_A} = \frac{0,0100 \times 7,0}{100,0} = 7,0 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1},$$

valeur proche de celle trouvée à la question **1.2**.

2.5. On ne peut pas utiliser un titrage pH métrique car le Synthol est une solution alcoolique et les électrodes pH-métriques ne peuvent être utilisées qu'en solution aqueuse.