

# Exercice chapitre 3 dosage par titrage

## Niveau \*

**27** Une solution d'acide chlorhydrique vendue dans le commerce a un pourcentage massique de 37 % et une densité  $d = 1,2$ . Le soluté apporté est  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ .

- Calculer la concentration de cette solution.

**28** Sur l'étiquette d'une solution d'acide sulfurique, on lit :  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 36 % en masse, densité  $d = 1,27$ .

- a. Calculer la concentration de cette solution.
- b. Quel volume  $V_0$  de cette solution faut-il prélever pour préparer par dilution  $V_1 = 1,0 \text{ L}$  d'une solution de concentration  $c_1 = 0,010 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  ?

### 34 Contrôle d'un comprimé

Effectuer un calcul • Utiliser un modèle

Un comprimé de vitamine C, de masse  $m_0 = 1,00 \text{ g}$ , est dissous dans l'eau distillée pour obtenir une solution de volume  $V_A = 100,0 \text{ mL}$ .

On réalise le titrage pH-métrique de l'acide ascorbique  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ , noté AH, contenu dans la totalité de cette solution, par une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})}, \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ ) à  $c_B = 2,50 \times 10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .



- a. Réaliser un schéma légendé du montage.
- b. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.
- c. Sachant que le volume équivalent est  $V_E = 11,3 \text{ mL}$ , calculer la quantité de matière  $n_A$ , puis la masse  $m_A$  d'acide ascorbique dans le comprimé.
- d. En déduire le pourcentage massique d'acide ascorbique du comprimé.

## 38 Titrage de l'ammoniac



Schématiser une situation - Tracer et exploiter un graphique



Lors d'un TP de chimie, Salima et Quentin réalisent un titrage pH-métrique d'un volume  $V_B = 20,0 \text{ mL}$  d'une solution d'ammoniac  $\text{NH}_3\text{(aq)}$  par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^{\text{(aq)}}, \text{Cl}^{-\text{(aq)}}$ ) de concentration  $c_A = 0,100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

1. Schématiser et légender le dispositif de titrage.
2. Écrire la réaction support du titrage sachant que l'ammoniac est une base.
3. Pour chaque volume  $V_A$  de solution titrante versé, ils mesurent le pH du mélange réactionnel.

$V_A$ (en mL)	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
pH	10,9	10,2	9,8	9,6	9,5	9,3	9,1	8,9

$V_A$ (en mL)	16,0	18,0	19,0	19,3	19,5	20,0	21,0	23,0
pH	8,6	8,1	7,2	4,0	3,1	2,6	2,3	2,0

- a. Tracer la courbe de titrage.
- b. Déterminer le point d'équivalence.
- c. En déduire la concentration  $c_B$  de la solution titrée.

## Niveau \*\*

### 1) Titrage des ions ammonium d'un engrais

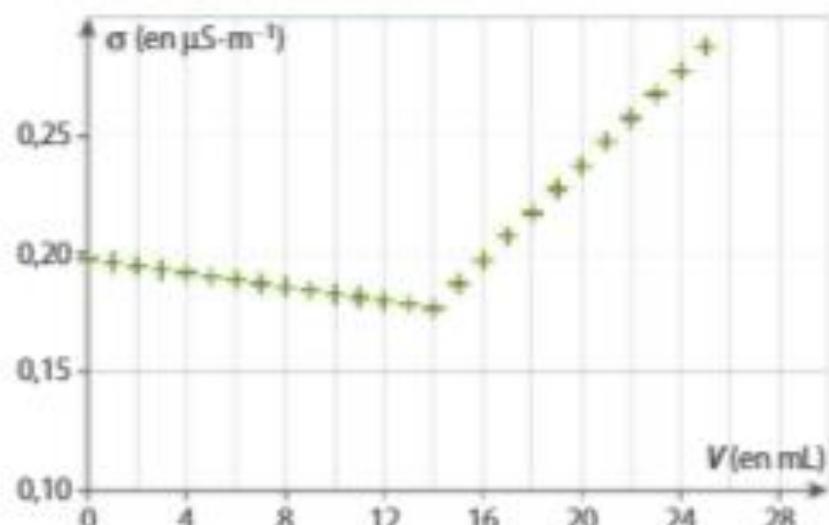
Exploiter un graphique • Effectuer un calcul

Lors d'un contrôle qualité, un technicien souhaite vérifier le pourcentage massique de nitrate d'ammonium  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  indiqué sur l'étiquette d'un engrais.

Il dissout une masse  $m_A = 1,50 \text{ g}$  d'engrais dans de l'eau distillée afin d'obtenir  $100,0 \text{ mL}$  de solution dont il prélève un volume  $V_A = 10,0 \text{ mL}$ .

Il réalise ensuite le titrage de ce volume, après ajout de  $200 \text{ mL}$  d'eau distillée, par une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})}, \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ ) de concentration  $c_B = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Il obtient la courbe de titrage ci-dessous (fournie à l'adresse suivante : [hatier-clic.fr/pct106a](http://hatier-clic.fr/pct106a))



#### Données

\* Couples acide-base mis en jeu :

$\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}/\text{NH}_3_{(\text{aq})}$  et  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}/\text{HO}^-_{(\text{aq})}$

\* Masse molaire du nitrate d'ammonium :

$M = 80,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

- 1.a. Que représente la courbe de titrage obtenue ? Préciser la signification de la légende des axes.
- 1.b. Justifier la nécessité de l'ajout d'eau distillée.
- 2.a. La réaction support de titrage, supposée totale, est une réaction acide-base. Écrire son équation.
- 2.b. Déterminer graphiquement le volume équivalent  $V_E$ .
- 2.c. En déduire la concentration en ion ammonium  $c_A$ .
- 2.d. Calculer le pourcentage massique en nitrate d'ammonium de l'engrais étudié.

## 4 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'apprecier son état de conservation. On préleve  $V_L = 20,0 \text{ mL}$  de lait auquel on ajoute de l'eau distillée pour obtenir  $V'_L = 200,0 \text{ mL}$  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  $d = 1,20$ .

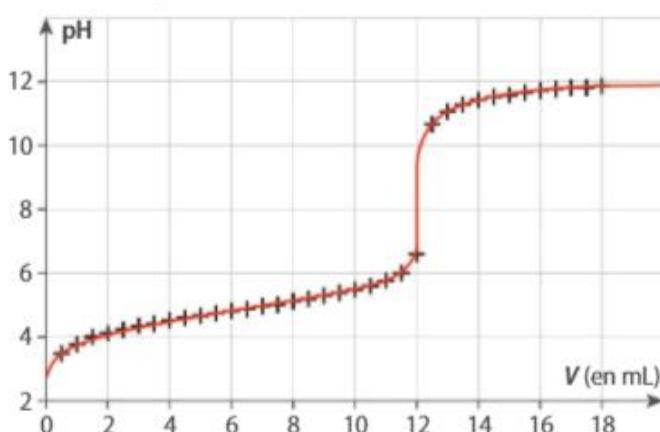
**2.** Schématiser et légendrer le dispositif.

**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](http://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  $c_B$ .

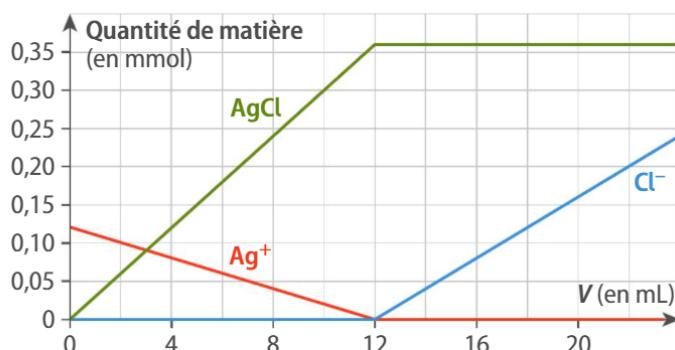
**b.** En déduire la concentration en acide lactique du lait étudié.

**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 ?

## 42 Quantités de matière et titrage

Exploiter un graphique



- À partir du graphique ci-dessus, déterminer la nature des réactifs titré et titrant, puis la réaction support de ce titrage et son volume équivalent.

## 43 Courbes de titrage conductimétrique

Simulateur

Titrage

[hatier-clie.fr/pct107a](http://hatier-clie.fr/pct107a)

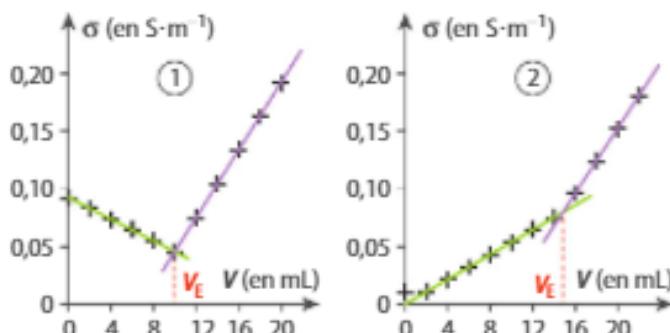
Exploiter un graphique • Utiliser un simulateur

Rafik et Julia ont réalisé deux titrages conductimétriques différents :

- Le titrage d'un volume  $V_B = 20,0 \text{ mL}$  d'une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})}, \text{OH}^-_{(\text{aq})}$ ) de concentration inconnue  $c_B$  par une solution d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}, \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ ) de concentration  $c_A = 0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .
- Le titrage d'un volume  $V'_B = 20,0 \text{ mL}$  d'une solution d'ammoniac  $\text{NH}_3_{(\text{aq})}$  de concentration inconnue  $c'_B$  par la même solution d'acide chlorhydrique.

250 mL d'eau distillée sont ajoutés à chaque titrage.

Ils obtiennent les courbes de titrage ci-dessous.



- 1.a. **À l'oral** Dans chaque cas, quels sont les réactifs titrant et titré ? Indiquer leur place dans le dispositif du titrage.

- b. En déduire les réactions support des titrages.  
2. Les deux courbes ont été mélangées.  
a. Rappeler ce que signifient  $\sigma$  et  $V$ .  
b. Attribuer un titrage à chaque courbe en utilisant les conductivités molaires ioniques (Rabat IV).  
3. a. Déterminer le volume équivalent de chaque titrage.  
b. En déduire les valeurs de  $c_B$  et  $c'_B$ .  
4. En utilisant ces valeurs, vérifier à l'aide du simulateur l'allure des courbes ① et ②.  
5. En utilisant le simulateur, donner l'allure qu'auraient ces courbes sans ajout initial d'eau distillée. Commenter le résultat obtenu.

## 47 Basicité d'un béton

Exploiter un énoncé • Estimer une incertitude

L'hydroxyde de calcium  $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$ , un des constituants du béton, confère à l'eau qui se trouve dans les pores du béton un caractère basique.

Nadia, étudiante en génie civil, étudie un volume  $V_B = 100,0 \text{ mL}$  d'eau recueillie à la surface d'un béton. On considérera que cette eau ne contient que les ions  $\text{HO}^{-}_{(\text{aq})}$  et  $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$ .

La concentration attendue en ion  $\text{HO}^{-}_{(\text{aq})}$  de cette eau vaut  $c_{\text{réf}} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .



Elle réalise le titrage de cet échantillon par une solution d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})}$ ,  $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$ ) de concentration  $c_A = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  avec un suivi conductimétrique.

Elle mesure un volume équivalent  $V_E = 10,8 \text{ mL}$ .

- 1.a.** Écrire la réaction support du titrage.
  - b.** Peut-on suivre ce titrage par pH-métrie ? Pourquoi ?
  - 2.a.** Définir l'équivalence et le volume équivalent.
  - b.** Déterminer la concentration  $c$  de la solution titrée.
  - 3.a.** Recenser les sources d'incertitudes de ce titrage.
  - b.** L'incertitude-type sur la concentration de la solution titrante est  $u(c_A) = 2 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .
- Les incertitudes-types sur les volumes sont considérées comme égales à  $0,2 \text{ mL}$ .

L'incertitude-type  $u(c)$  sur la concentration  $c$  vérifie :

$$\frac{u(c)}{c} = \sqrt{\left( \frac{u(V_E)}{V_E} \right)^2 + \left( \frac{u(c_A)}{c_A} \right)^2 + \left( \frac{u(V_B)}{V_B} \right)^2}$$

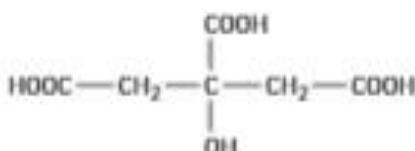
Calculer  $u(c)$ , puis  $\frac{|c - c_{\text{réf}}|}{u(c)}$ . Commenter le résultat.

— — — — —

## Titrage de l'acide citrique d'une limonade

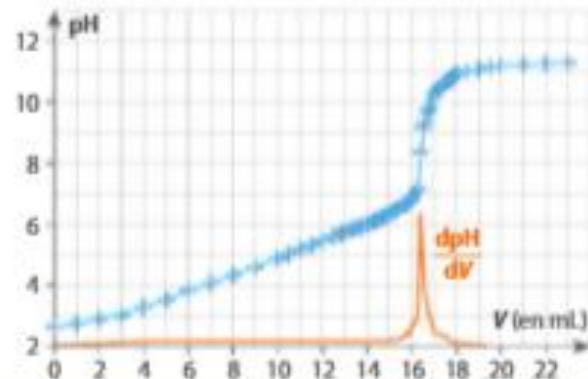
Justifier un protocole - Exploiter un graphique

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  $c_B = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ .
- Prélever  $V = 10,0 \text{ mL}$  de limonade dégazée, les verser dans un bêcher 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 :  $M = 192 \text{ g mol}^{-1}$

**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  $\text{AH}_3$ , écrire la réaction support du titrage sachant qu'il se forme l'ion  $\text{A}^{3-}$  correspondant.

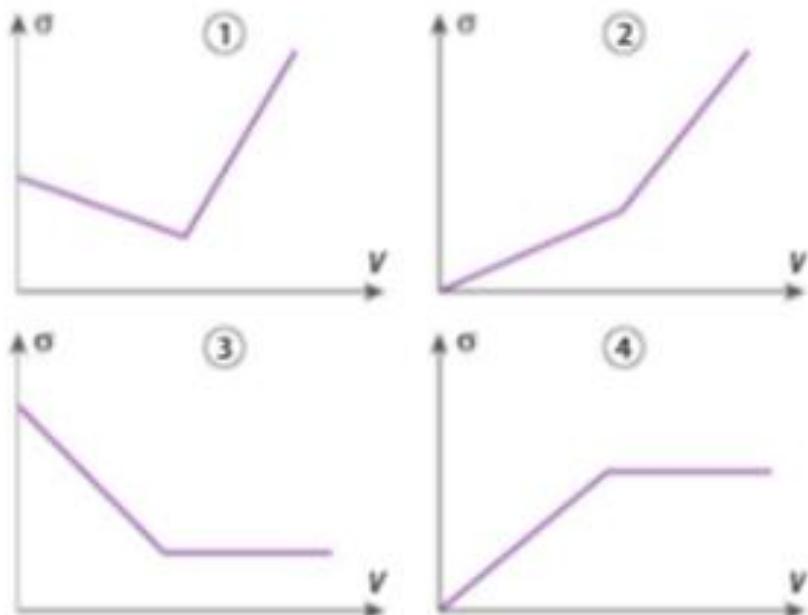
**c.** Déterminer le volume équivalent  $V_E$  du titrage en expliquant la méthode employée.

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

## 50 À chaque courbe ses solutions

Exploiter un graphique - Utiliser un modèle

On considère le titrage conductimétrique d'une solution à laquelle on ajoute initialement un très grand volume d'eau distillée. Les courbes ci-dessous représentent l'évolution de la conductivité  $\sigma$  du mélange réactionnel en fonction du volume de solution titrante  $V$  versé.



Solutions titrantes et titrées disponibles :

- solution d'acide éthanoïque ( $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ ) :
- solution d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})}, \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$ ) :
- solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^{+}_{(\text{aq})}, \text{HO}^{-}_{(\text{aq})}$ ) :
- solution d'ammoniac ( $\text{NH}_3_{(\text{aq})}$ ).

Données Couples acide-base mis en jeu :

\* Couples de l'eau   \*  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^{-}$    \*  $\text{NH}_4^{+}/\text{NH}_3$

- Attribuer à chacune des courbes sa solution titrante et sa solution titrée. Dans chaque cas, justifier en écrivant l'équation de la réaction support du titrage et interpréter l'allure de la courbe.

# Niveau \*\*\*

## Résolution de problème Le beurre est-il rance ?

L'acide butanoïque  $C_4H_8O_2$  est l'un des composés responsables de l'odeur très forte et du goût piquant de certains fromages et beurres rances.

Un beurre est rance si le pourcentage en masse d'acide butanoïque qu'il contient est supérieur ou égal à 4 %.



### Protocole Titrage de l'acide butanoïque dans le beurre

- Dans un bêcher, on introduit 8,0 g de beurre fondu auquel on ajoute un grand volume d'eau distillée.
- On agite afin de dissoudre dans l'eau la totalité de l'acide butanoïque présent dans le beurre.
- Dans le bêcher, on plonge la sonde d'un conductimètre, puis on verse millilitre par millilitre, une solution d'hydroxyde de sodium ( $Na^{+}_{(aq)}$ ,  $HO^{-}_{(aq)}$ ) de concentration  $c = 4,0 \times 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ .

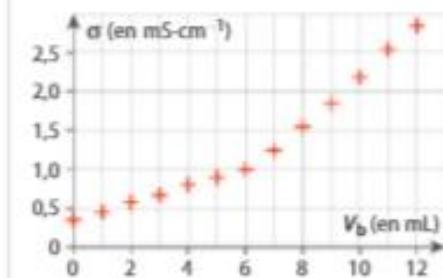
Pour chaque volume  $V_b$  ajouté de solution titrante, on mesure la conductivité  $\sigma$  de la solution (doc. 1).

#### Données

- Masse molaire de l'acide butanoïque :  $M = 88,0 \text{ g mol}^{-1}$
- Couple acide butanoïque/ion butanoate :  $C_4H_8O_2/C_4H_7O_2^-$
- On considère que seul l'acide butanoïque réagit avec le réactif titrant.

Adapté du sujet de Bac Métropole, septembre 2017.

### Doc. 1 Courbe de titrage



### QUESTION PRÉLIMINAIRE

Déterminer l'équation de la réaction de titrage.

### PROBLÈME

Le beurre analysé est-il rance ?

## 52 Titrage 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  $M_A = 138 \text{ g mol}^{-1}$
- Masse volumique du Synthol® :  $\rho = 0,950 \text{ g mL}^{-1}$

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®.

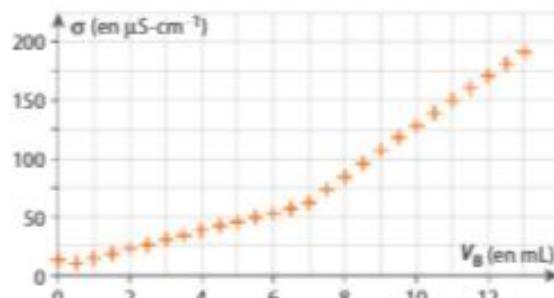
**1.2.** En déduire la concentration  $c_A$  de l'acide salicylique dans la solution pharmaceutique.

**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 ( $Na^{+}_{(aq)}$ ,  $HO^{-}_{(aq)}$ ) 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 ( $Na^{+}_{(aq)}$ ,  $HO^{-}_{(aq)}$ ) de concentration  $c_B = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ . 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 bêcher 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.