

Traitement anti-acarien

Le varroa est un acarien qui parasite les abeilles et entraîne la destruction de très nombreuses colonies d'abeilles dans le monde.

L'utilisation d'un diffuseur contenant une solution d'acide méthanoïque permet de l'éradiquer.

Cet exercice porte sur l'étude de quelques propriétés de l'acide méthanoïque, puis sur la détermination de la concentration en acide méthanoïque d'une solution commerciale pour la comparer à l'indication donnée par le fabricant : solution aqueuse contenant 65,0 g d'acide méthanoïque pour 100 mL de solution.

Données

formule développée de l'acide méthanoïque : $\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{ \ O-H} \end{array}$

masse molaire moléculaire de l'acide méthanoïque : $M = 46,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

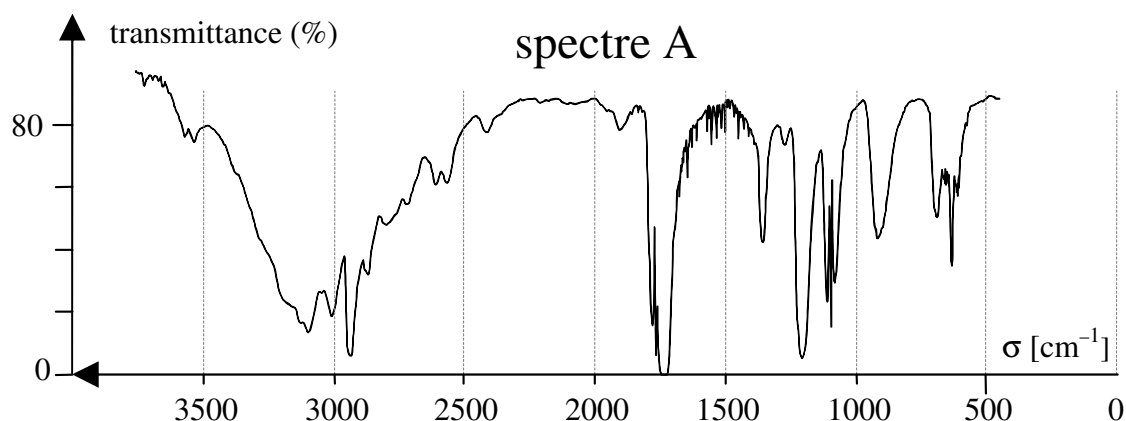
pKa, à 25 °C, du couple acide méthanoïque / ion méthanoate : 3,8

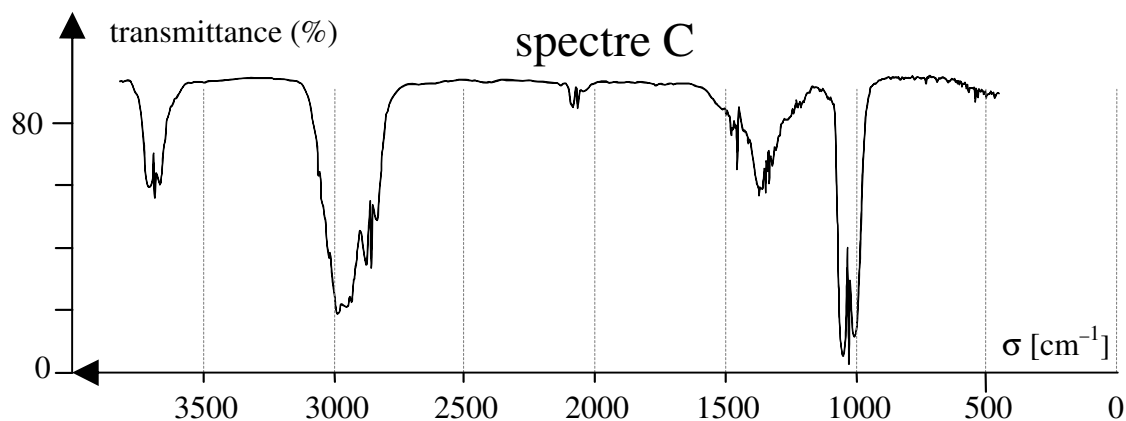
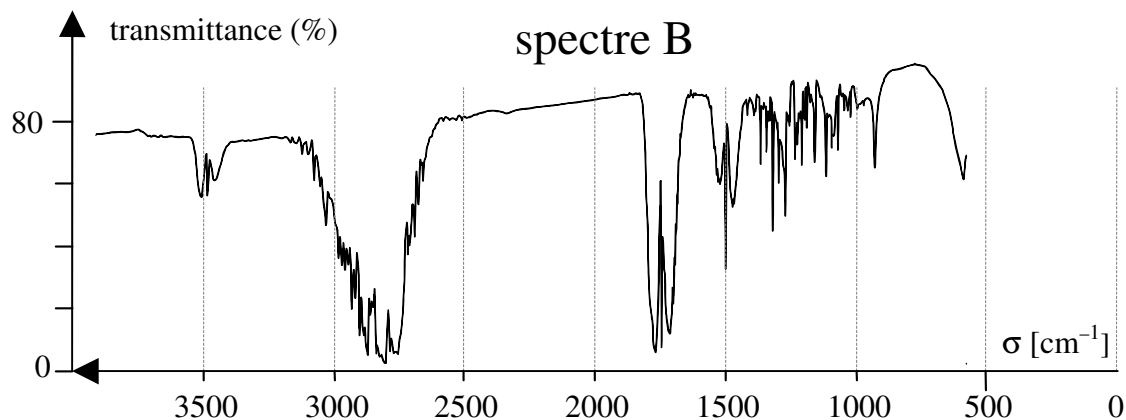
extrait de table de spectroscopie infrarouge :

liaison	nombre d'onde (cm^{-1})	caractéristiques de la bande d'absorption
O – H alcool	3200 – 3700	forte, large
O – H acide carboxylique	2600 – 3200	forte à moyenne, large
C – H	2800 – 3100	forte ou moyenne
C = O	1650 – 1740	forte, fine

Propriétés de l'acide méthanoïque

- 1 Citer la définition d'un acide selon la théorie de Brönsted et donner les noms de deux acides usuels.
- 2 Donner les formules brute et semi-développée de l'ion méthanoate, base conjuguée de l'acide méthanoïque.
- 3 Représenter le diagramme de prédominance de l'acide méthanoïque et de sa base conjuguée. Justifier.
- 4 Parmi les trois spectres infrarouge A, B et C ci-après, identifier celui pouvant être attribué à l'acide méthanoïque. Justifier la réponse.





Titration de l'acide méthanoïque contenu dans la solution commerciale de traitement anti-acarien

Un titrage de l'acide méthanoïque contenu dans une solution commerciale de traitement anti-acarien par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium est réalisé en mettant en œuvre le protocole suivant.

Protocole du titrage :

- diluer 1 000 fois la solution commerciale.
- prélever un volume $V_a = 20,0$ mL de la solution diluée S_a de concentration C_0 .
- titrer le prélèvement par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration $C_b = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Le suivi du titrage est effectué par pH-métrie.
- utiliser un tableur-grapheur dans lequel sont entrées les différentes valeurs du pH mesurées en fonction du volume V_b de solution d'hydroxyde de sodium ajoutée.

La courbe de titrage $\text{pH} = f(V_b)$, ainsi que la courbe $\frac{d\text{pH}}{dV_b} = g(V_b)$ obtenues à l'aide des données du tableur grapheur sont présentées sur la figure 1.

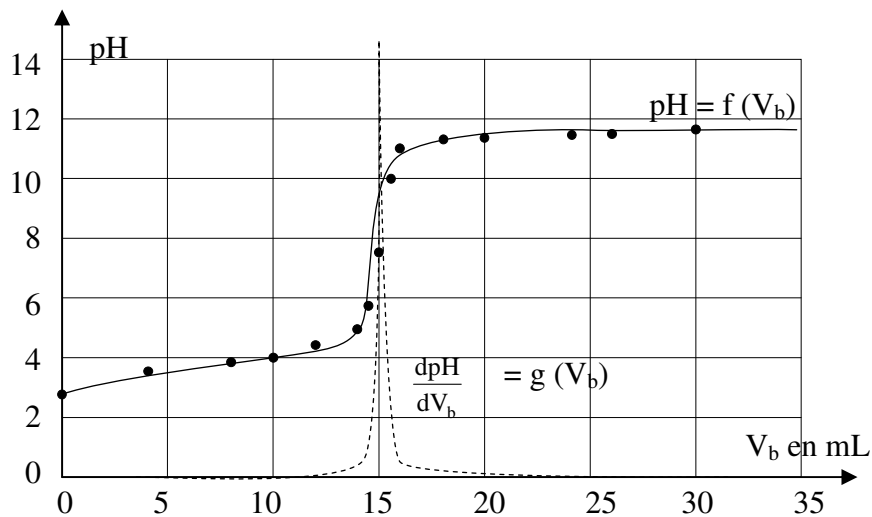


figure 1
courbes de suivi du titrage de l'acide méthanoïque par l'hydroxyde de sodium

- 5 Faire un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé pour réaliser le titrage.
- 6 Ecrire, en la justifiant, l'équation de la réaction support du titrage.
- 7 Montrer que la concentration d'acide méthanoïque de la solution diluée déterminée expérimentalement est égale à $C_0 = 15,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

Dans les conditions de l'expérience, les incertitudes-type sur la concentration C_b et sur les volumes V_a , $V_{\text{éq}}$ (volume à l'équivalence) sont les suivantes :

$$u(C_b) = 0,02 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \quad u(V_a) = 0,2 \text{ mL} \quad u(V_{\text{éq}}) = 0,5 \text{ mL}$$

L'incertitude-type sur la concentration C_0 d'acide méthanoïque dans la solution diluée est déterminée à partir des valeurs et incertitudes-type sur C_b , V_a et $V_{\text{éq}}$ à partir de l'expression suivante :

$$u(C_0) = C_0 * \sqrt{\left(\frac{u(C_b)}{C_b}\right)^2 + \left(\frac{u(V_a)}{V_a}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2}$$

- 8 Ecrire le résultat de la mesure de la concentration expérimentale C de la solution commerciale assortie de son incertitude, sachant que dans les conditions expérimentales :

$$\frac{u(C)}{C} = \frac{u(C_0)}{C_0}$$

- 9 Confronter la concentration C obtenue expérimentalement à la concentration indiquée par le fabricant C_{fab} en calculant le quotient ci-dessous. Conclure.

$$\frac{|C - C_{\text{fab}}|}{u(C)}$$

Corrigé

Traitement anti-acarien

Le varroa (destructor) est un acarien qui parasite les abeilles et entraîne la destruction de très nombreuses colonies d'abeilles dans le monde.

L'utilisation d'un diffuseur contenant une solution d'acide méthanoïque permet de l'éradiquer.

Cet exercice porte sur l'étude de quelques propriétés de l'acide méthanoïque, puis sur la détermination de la concentration en acide méthanoïque d'une solution commerciale pour la comparer à l'indication donnée par le fabricant : solution aqueuse contenant 65,0 g d'acide méthanoïque pour 100 mL de solution.

Données

formule développée de l'acide méthanoïque : $\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{\ / O-H} \end{array}$

masse molaire moléculaire de l'acide méthanoïque : $M = 46,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

pK_a , à 25 °C, du couple acide méthanoïque / ion méthanoate : 3,8

extrait de table de spectroscopie infrarouge :

liaison	nombre d'onde (cm^{-1})	caractéristiques de la bande d'absorption
O – H alcool	3200 – 3700	forte, large
O – H acide carboxylique	2600 – 3200	forte à moyenne, large
C – H	2800 – 3100	forte ou moyenne
C = O	1650 – 1740	forte, fine

Propriétés de l'acide méthanoïque

- 1 Citer la définition d'un acide selon la théorie de Brönsted et donner les noms de deux acides usuels.

définition d'un acide selon la théorie de Brönsted

un acide, qui est une espèce chimique capable de céder un ion hydrogène H^+

noms de deux acides usuels

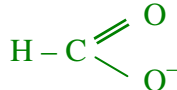
acide chlorhydrique et acide nitrique

- 2 Donner les formules brute et semi-développée de l'ion méthanoate, base conjuguée de l'acide méthanoïque.

formule brute

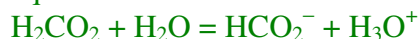


formule semi-développée



- 3 Représenter le diagramme de prédominance de l'acide méthanoïque et de sa base conjuguée. Justifier.

équation de réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau



la transformation est non totale

$$\text{K}_a = \frac{[\text{HCO}_2^-]_f * [\text{H}_3\text{O}^+]_f}{[\text{H}_2\text{CO}_2]_f * c^\circ} \rightarrow \text{pH} = \text{pK}_a + \log \left(\frac{[\text{HCO}_2^-]_f}{[\text{H}_2\text{CO}_2]_f} \right)$$

1er domaine : $\text{pH} < \text{pKa}$

$$\log \left(\frac{[\text{HCO}_2^-]_f}{[\text{H}_2\text{CO}_2]_f} \right) < 0 \rightarrow \left(\frac{[\text{HCO}_2^-]_f}{[\text{H}_2\text{CO}_2]_f} \right) < 1 \rightarrow [\text{H}_2\text{CO}_2]_f > [\text{HCO}_2^-]_f$$

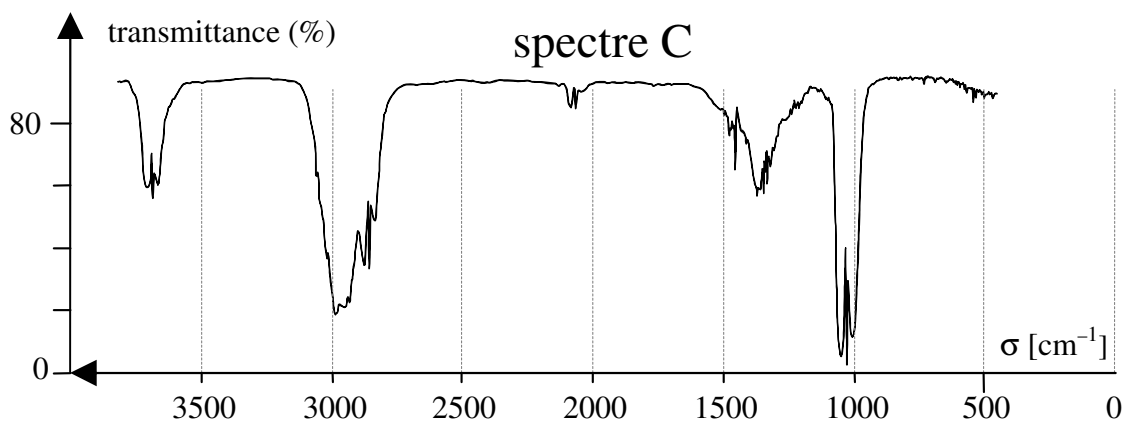
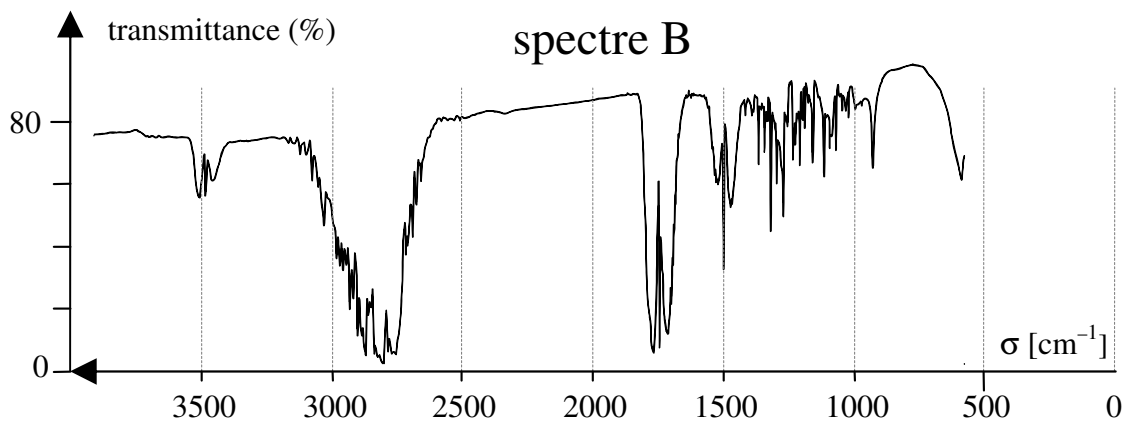
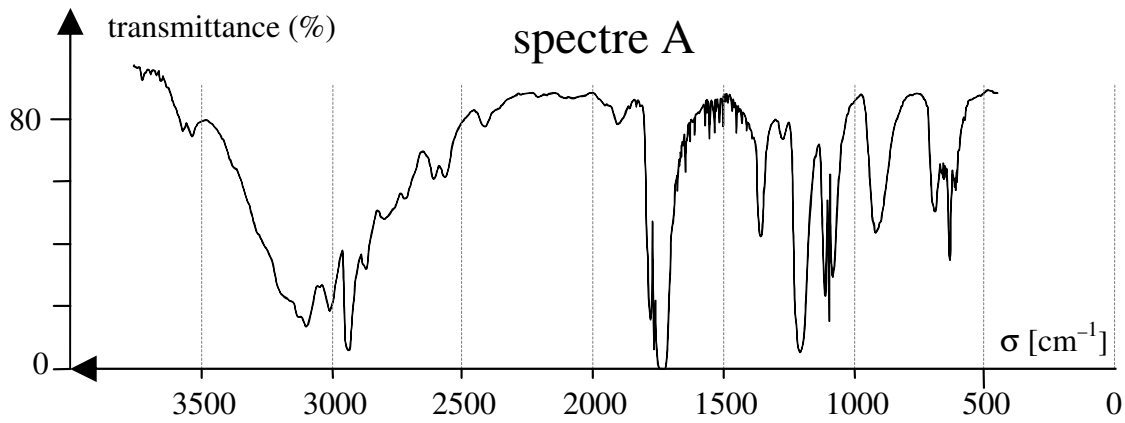
2ème domaine : $\text{pH} > \text{pKa}$

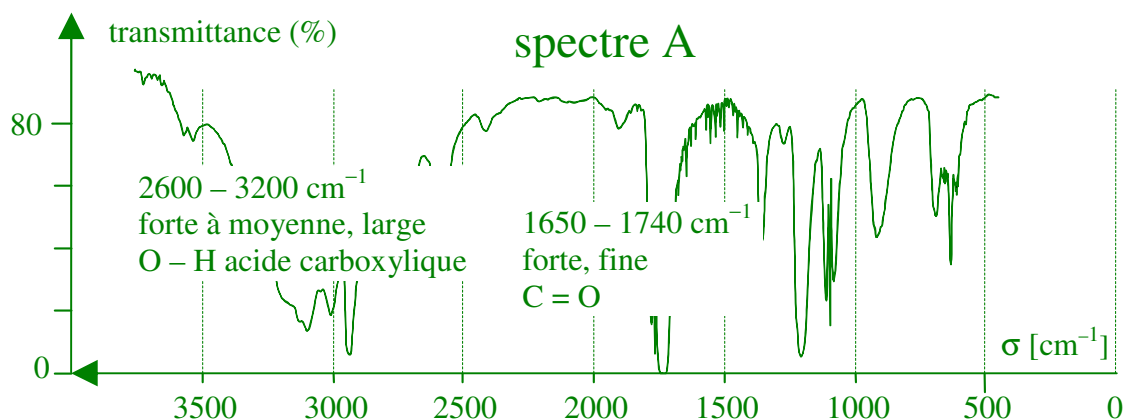
$$\log \left(\frac{[\text{HCO}_2^-]_f}{[\text{H}_2\text{CO}_2]_f} \right) > 0 \rightarrow \left(\frac{[\text{HCO}_2^-]_f}{[\text{H}_2\text{CO}_2]_f} \right) > 1 \rightarrow [\text{H}_2\text{CO}_2]_f < [\text{HCO}_2^-]_f$$

diagramme de prédominance



- 4 Parmi les trois spectres infrarouge A, B et C ci-après, identifier celui pouvant être attribué à l'acide méthanoïque. Justifier la réponse.





Titration de l'acide méthanoïque contenu dans la solution commerciale de traitement anti-acarien

Un titrage de l'acide méthanoïque contenu dans une solution commerciale de traitement anti-acarien par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium est réalisé en mettant en œuvre le protocole suivant.

Protocole du titrage :

- diluer 1 000 fois la solution commerciale.
- prélever un volume $V_a = 20,0$ mL de la solution diluée S_a de concentration C_0 .
- titrer le prélèvement par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{HO}^- (\text{aq})$) de concentration $C_b = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le suivi du titrage est effectué par pH-métrie.
- utiliser un tableur-grapheur dans lequel sont entrées les différentes valeurs du pH mesurées en fonction du volume V_b de solution d'hydroxyde de sodium ajoutée.

La courbe de titrage $\text{pH} = f(V_b)$, ainsi que la courbe $\frac{d\text{pH}}{dV_b} = g(V_b)$ obtenues à l'aide des données du tableur grapheur sont présentées sur la figure 1.

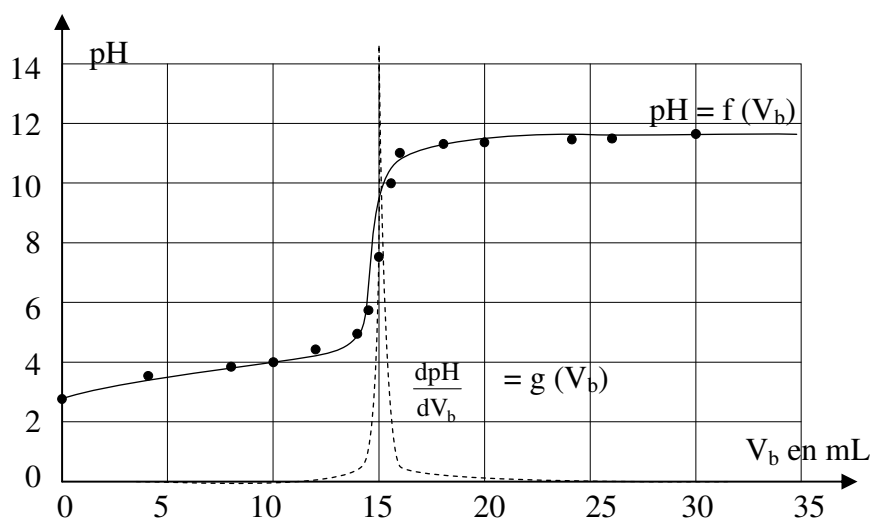
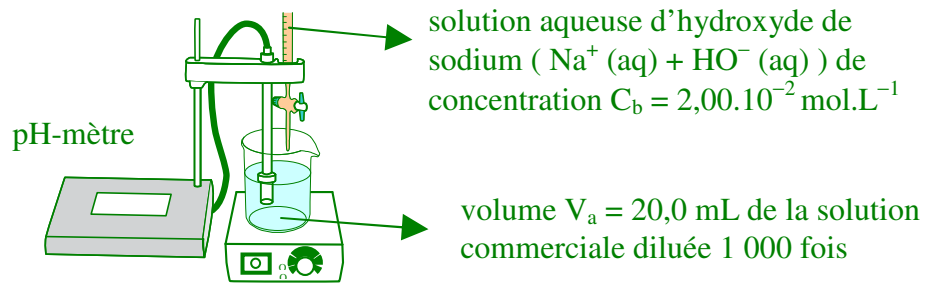


figure 1

courbes de suivi du titrage de l'acide méthanoïque par l'hydroxyde de sodium

5 Faire un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé pour réaliser le titrage.



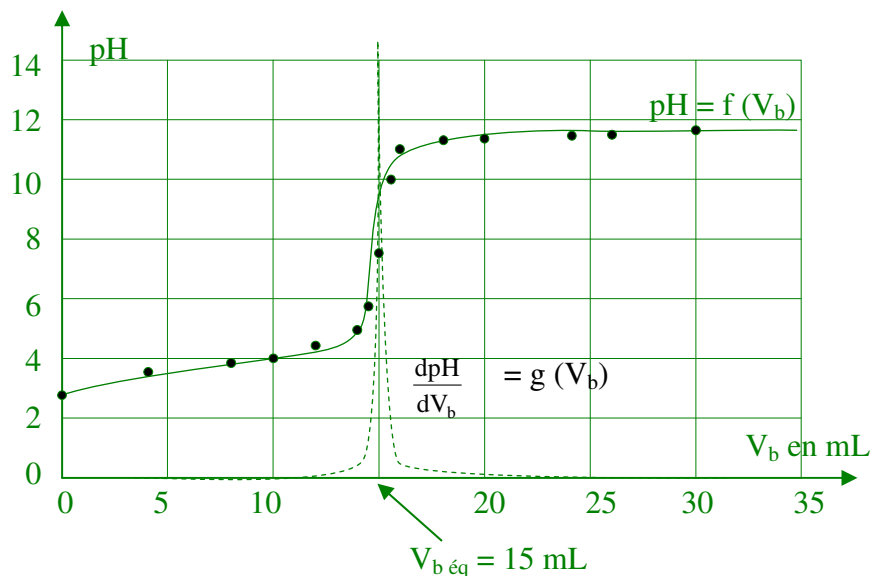
6 Ecrire, en la justifiant, l'équation de la réaction support du titrage.

les ions $\text{Na}^+(\text{aq})$ contenus dans la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium n'ont pas de propriétés acido-basique (ils sont donc spectateurs)

les ions hydroxyde sont la base du couple acide-base n°1 : $\text{H}_2\text{O} / \text{OH}^-$
 l'acide méthanoïque est l'acide du couple acide-base n°2 : $\text{H}_2\text{CO}_2 / \text{HCO}_2^-$

l'acide du couple n°2 réagit avec la base du couple n°1
 $\text{H}_2\text{CO}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{HCO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$

7 Montrer que la concentration d'acide méthanoïque de la solution diluée déterminée expérimentalement est égale à $C_0 = 15,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.



équation de réaction (question 6)
 $\text{H}_2\text{CO}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{HCO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$

à l'équivalence
$$\frac{n_i(\text{H}_2\text{CO}_2)}{1} = \frac{C_b * V_{b \text{ éq}}}{1}$$

$n_i(\text{H}_2\text{CO}_2) = C_b * V_{b \text{ éq}} = 2,00 \cdot 10^{-2} * 15 \cdot 10^{-3} = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol.}$

$$[\text{H}_2\text{CO}_2] = \frac{n_i(\text{H}_2\text{CO}_2)}{V_a} = \frac{3,0 \cdot 10^{-4}}{20,0 \cdot 10^{-3}} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

Dans les conditions de l'expérience, les incertitudes-type sur la concentration C_b et sur les volumes V_a , $V_{\text{éq}}$ (volume à l'équivalence) sont les suivantes :

$$u(C_b) = 0,02 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$u(V_a) = 0,2 \text{ mL}$$

$$u(V_{\text{éq}}) = 0,5 \text{ mL}$$

L'incertitude-type sur la concentration C_0 d'acide méthanoïque dans la solution diluée est déterminée à partir des valeurs et incertitudes-type sur C_b , V_a et $V_{\text{éq}}$ à partir de l'expression suivante :

$$u(C_0) = C_0 * \sqrt{\left(\frac{u(C_b)}{C_b}\right)^2 + \left(\frac{u(V_a)}{V_a}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2}$$

- 8 Ecrire le résultat de la mesure de la concentration expérimentale C de la solution commerciale assortie de son incertitude, sachant que dans les conditions expérimentales :

$$\frac{u(C)}{C} = \frac{u(C_0)}{C_0}$$

concentration C de la solution commerciale

énoncé : diluer 1 000 fois la solution commerciale

$$\frac{C}{C_0} = 1\,000$$

$$C = 1\,000 * C_0 = 1\,000 * 15 \cdot 10^{-3} = 15 \text{ mol.L}^{-1}$$

incertitude-type sur la concentration C_0 d'acide méthanoïque dans la solution diluée

$$u(C_0) = C_0 * \sqrt{\left(\frac{u(C_b)}{C_b}\right)^2 + \left(\frac{u(V_a)}{V_a}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2}$$

$$u(C_0) = 15 \cdot 10^{-3} * \sqrt{\left(\frac{0,02 \cdot 10^{-2}}{2,00 \cdot 10^{-2}}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{20,0}\right)^2 + \left(\frac{0,5}{15}\right)^2} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \text{ (valeur arrondie car au$$

lycée, un seul chiffre significatif pour l'incertitude)

incertitude-type sur la concentration C de la solution commerciale

$$\text{énoncé : } \frac{u(C)}{C} = \frac{u(C_0)}{C_0}$$

$$u(C) = \frac{C}{C_0} * u(C_0)$$

$$u(C) = 1\,000 * u(C_0) = 1\,000 * 6 \cdot 10^{-4} = 6 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

résultat de la mesure de la concentration expérimentale C de la solution commerciale assortie de son incertitude

$$C = (15 \pm 0,6) \text{ mol.L}^{-1}$$

- 9 Confronter la concentration C obtenue expérimentalement à la concentration indiquée par le fabricant C_{fab} en calculant le quotient ci-dessous. Conclure.

$$\frac{|C - C_{\text{fab}}|}{u(C)}$$

énoncé : solution aqueuse contenant 65,0 g d'acide méthanoïque pour 100 mL de solution (donnée fabricant) : $c_m(\text{H}_2\text{CO}_2) = 650 \text{ g.L}^{-1}$

$$C_{\text{fab}} = c_m(\text{H}_2\text{CO}_2) / M(\text{H}_2\text{CO}_2) = 650 / 46,0 = 14,1 \text{ g.L}^{-1}$$

calcul du z-score

$$\frac{|C - C_{\text{fab}}|}{u(C)} = \frac{|15 - 14,1|}{0,6} = 1,5$$

$z \leq 2$: le résultat de la mesure est compatible avec la valeur du fabricant (si $z > 2$ ne serait pas compatible)