

**CAPEXOS****Chapitre C3****Écrire l'équation de la réaction support d'un titrage à partir d'un protocole expérimental ou d'une description du mélange réalisé.**

**CAPEXO 1.** On réalise le titrage d'une solution d'acide éthanóique  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$  par une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ). Quel est le réactif titrant et quelle est la solution titrante ? Ecrire l'équation de la réaction support du titrage.

**CAPEXO 2.** On réalise le titrage d'une solution d'acide éthanóique  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$  par une solution d'hydroxyde de potassium ( $\text{K}^+ + \text{HO}^-$ ). Quelle est le réactif titré ? Ecrire l'équation de la réaction support du titrage.

**CAPEXO 3.** On réalise le titrage d'une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ) par de l'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ). Quelle est la solution titrée ? Quel est le réactif titrant ? Ecrire l'équation de la réaction support du titrage.

**CAPEXO 4.** On réalise le titrage d'une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ) par une solution d'acide sulfurique ( $2\text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ). Quelle est la solution titrante ? Quel est le réactif titrant ? Ecrire l'équation de la réaction support du titrage.

**CAPEXO 5.** On réalise le titrage d'une solution d'ammoniac  $\text{NH}_3$  par de l'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ). Ecrire l'équation de la réaction support du titrage.

**CAPEXO 6.** On réalise le titrage d'une solution de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$ ) par une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ). Ecrire l'équation de la réaction support du titrage.

**CAPEXO 7.** On réalise le titrage d'un volume  $V$  d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) par une solution d'hydroxyde de potassium ( $\text{K}^+ + \text{HO}^-$ ). Ecrire l'équation de la réaction support du titrage.

**Interpréter et exploiter une représentation du pH ou de la conductivité en fonction du volume de solution titrante versé afin de déterminer une quantité de matière, une concentration ou une masse inconnue**

**CAPEXO 8.** Comment détermine-t-on le volume à l'équivalence dans le cas d'un titrage colorimétrique ?

**CAPEXO 9.** Comment détermine-t-on le volume à l'équivalence dans le cas d'un titrage conductimétrique ?

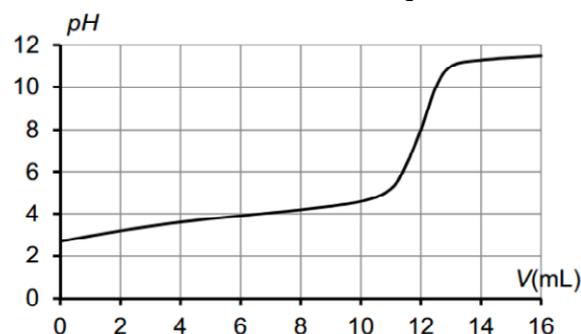
**CAPEXO 10.** Comment détermine-t-on le volume à l'équivalence dans le cas d'un titrage pH-métrique ?

Indiquer 2 méthodes possibles.

**CAPEXO 11.** On trouve ci-dessous les couleurs et zones de virage d'indicateurs colorés acido-basiques

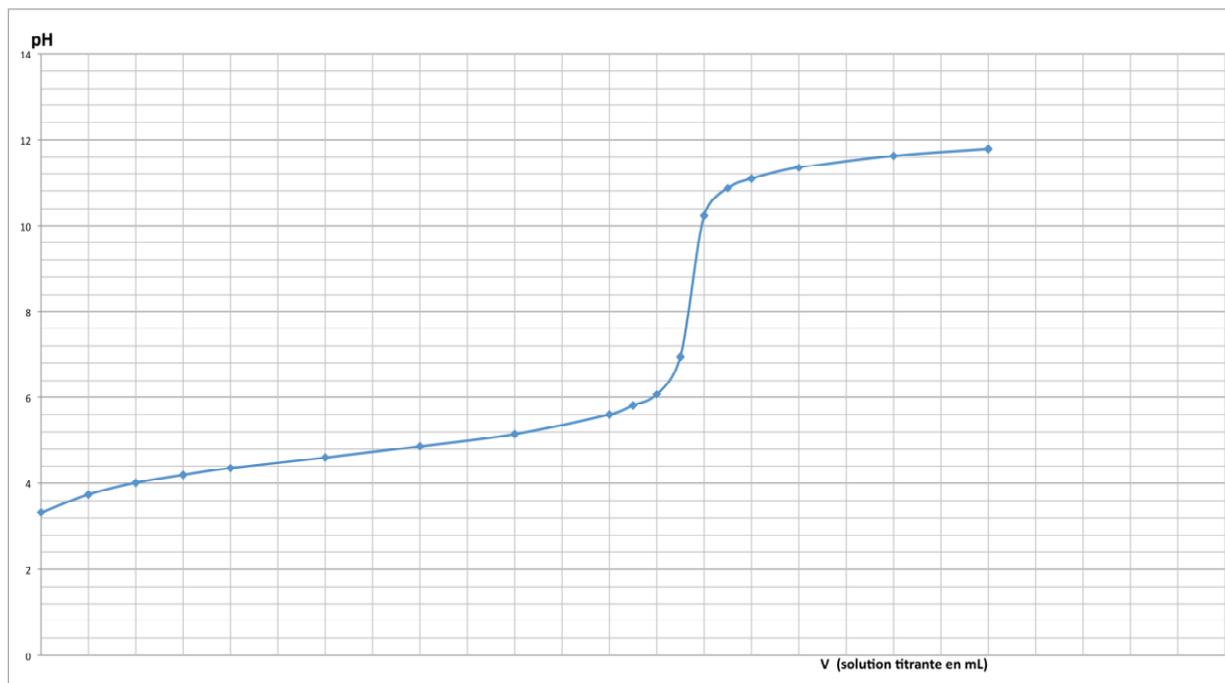
usuels et la courbe de titrage suivi par pH-métrie d'une solution d'acide lactique par une solution d'hydroxyde de sodium. Quel indicateur coloré serait adapté pour réaliser le même titrage colorimétrique de la solution d'acide lactique ?

Indicateur coloré	Teinte de la forme acide	Zone de virage	Teinte de la forme basique
Hélianthine	rouge	$3,1 < \text{pH} < 4,4$	jaune
Bleu de bromothymol	jaune	$6,0 < \text{pH} < 7,6$	bleu
Phénolphaléine	incolore	$8,0 < \text{pH} < 10$	rosé

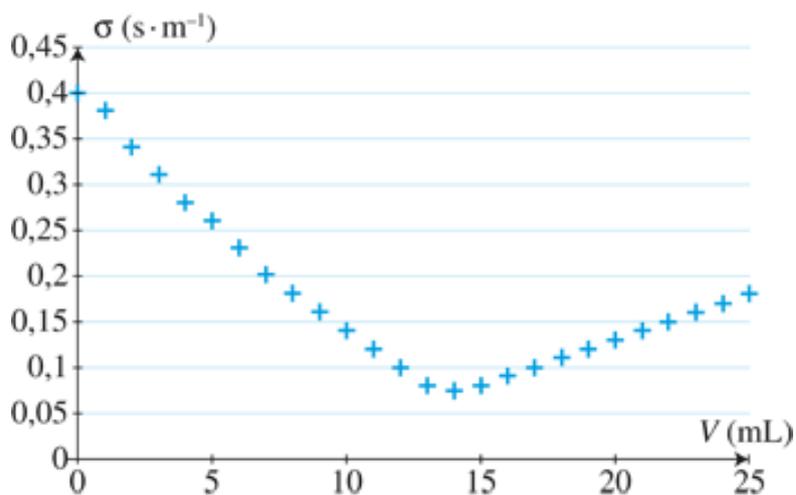




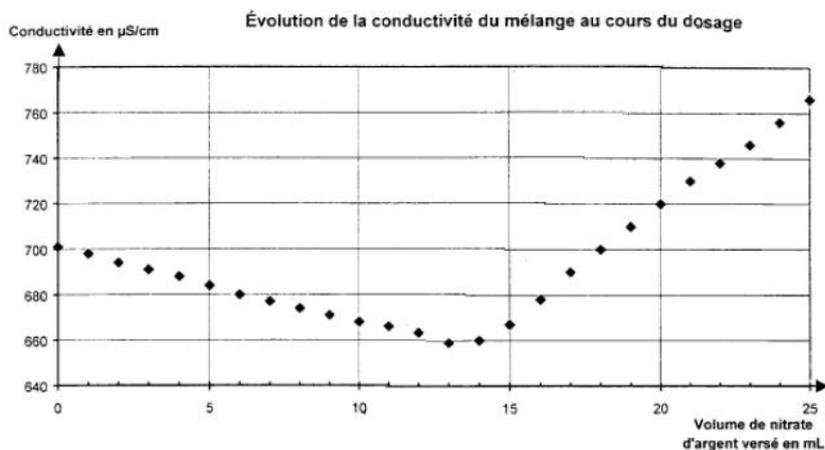
**CAPEXO 12.** Le graphe ci-dessous représente l'évolution du pH de la solution titrée en fonction du volume de solution titrante versé lors d'un titrage. A l'aide d'une construction graphique, déterminer le volume à l'équivalence.



**CAPEXO 13.** Le graphe ci-dessous représente l'évolution de la conductivité de la solution titrée en fonction du volume de solution titrante versé lors d'un titrage. A l'aide d'une construction graphique, déterminer le volume à l'équivalence.

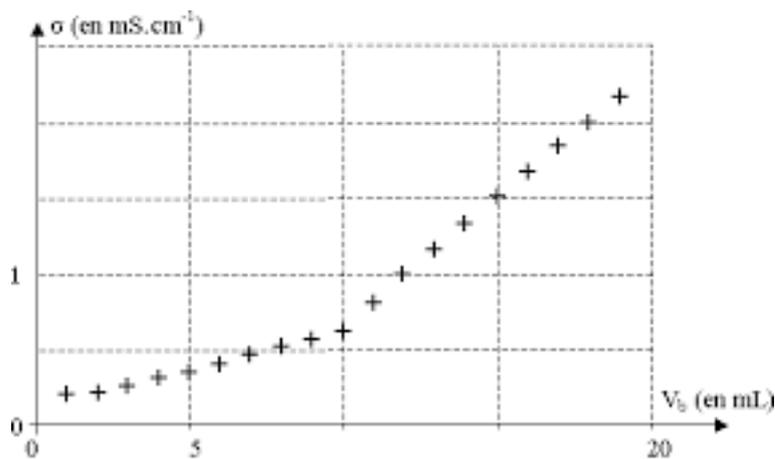


**CAPEXO 14.** Le graphe ci-dessous représente l'évolution de la conductivité de la solution titrée en fonction du volume de solution titrante versé lors d'un titrage. A l'aide d'une construction graphique, déterminer le volume à l'équivalence.

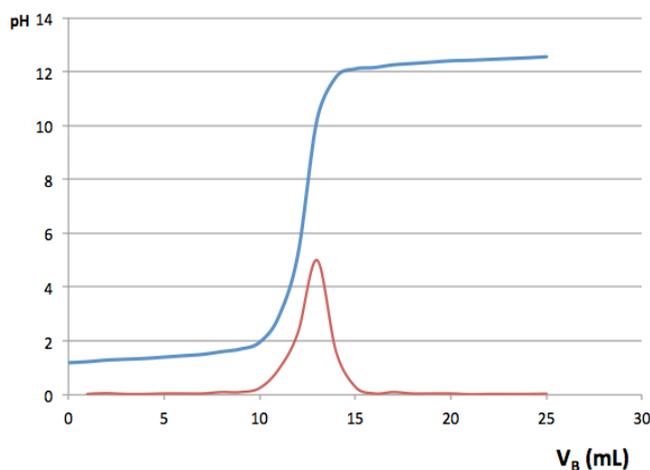




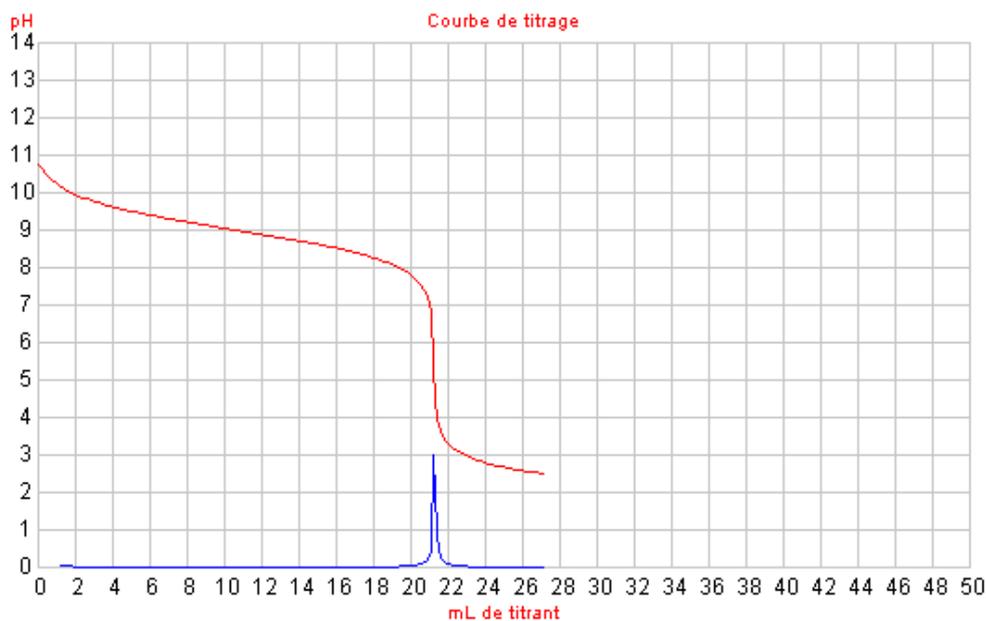
**CAPEXO 15.** Le graphe ci-dessous représente l'évolution de la conductivité de la solution titrée en fonction du volume de solution titrante versé lors d'un titrage. A l'aide d'une construction graphique, déterminer le volume à l'équivalence.



**CAPEXO 16.** Le graphe ci-dessous représente l'évolution du pH de la solution titrée en fonction du volume de solution titrante versé lors d'un titrage. Déterminer le volume à l'équivalence par 2 méthodes différentes.



**CAPEXO 17.** Le graphe ci-dessous représente l'évolution du pH de la solution titrée en fonction du volume de solution titrante versé lors d'un titrage. Déterminer le volume à l'équivalence par 2 méthodes différentes.





**CAPEXO 18.** Pour chacun des titrages par suivi pH-métrique précédent, déterminer les indicateurs colorés qui permettraient de réaliser le même titrage colorimétrique.

Indicateur coloré	Teinte de la forme acide	Zone de virage	Teinte de la forme basique
Hélianthine	rouge	$3,1 < \text{pH} < 4,4$	jaune
Vert de bromocrésol	jaune	$3,8 < \text{pH} < 5,4$	bleu
Bleu de bromothymol	jaune	$6,0 < \text{pH} < 7,6$	bleu
Rouge de phénol	jaune	$6,6 < \text{pH} < 8$	rouge
Phénolphtaléine	incolore	$8,0 < \text{pH} < 10$	rosé
Alizarine	rouge	$11 < \text{pH} < 12,4$	violet

**CAPEXO 19.** On réalise le titrage conductimétrique d'une solution de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ ) par une solution de nitrate d'argent  $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ . L'équation de la réaction du titrage est :  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$ . Le volume à l'équivalence est  $V_{\text{éq}} = 11,6 \text{ mL}$ .

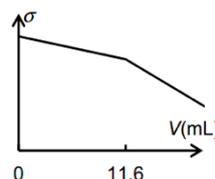
Parmi les représentations graphiques ci-dessous, quelle est celle qui représente l'allure de l'évolution de la conductivité  $\sigma$  du mélange en fonction du volume  $V$  de solution de nitrate d'argent versé ? Justifier.

On considèrera que le volume global de la solution titrée reste constant pendant le titrage (volume titré très supérieur au volume  $V$  de solution titrante ajouté au cours du titrage).

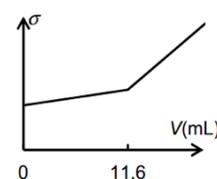
Données - Conductivités molaires ioniques à 25 °C

Ion	$\text{Ag}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$
$\lambda^\circ (\text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1})$	6,2	5,0	7,6	7,1

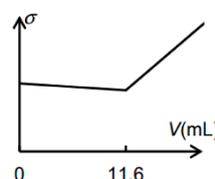
Proposition 1



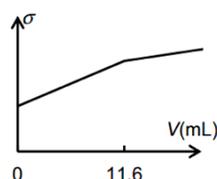
Proposition 2



Proposition 3



Proposition 4



**CAPEXO 20.** On réalise le titrage conductimétrique d'une solution de chlorure d'hydrogène ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) par une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ). Le volume à l'équivalence est  $V_{\text{éq}}$ .

L'équation de la réaction du titrage est :  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ .

Prévoir l'allure de l'évolution de la conductivité  $\sigma$  du mélange en fonction du volume  $V_B$  de solution titrante versé ? Justifier.

On considèrera que le volume global de la solution titrée reste constant pendant le titrage (volume titré très supérieur au volume  $V_B$  de solution titrante ajouté au cours du titrage).

Données - Conductivités molaires ioniques à 25 °C

Ion	$\text{H}_3\text{O}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{HO}^-$
$\lambda^\circ (\text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1})$	35	5,0	7,6	20

**CAPEXO 21.** On réalise le titrage conductimétrique d'une solution d'acide éthanóïque  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$  par une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ). Le volume à l'équivalence est  $V_{\text{éq}}$ .

L'équation de la réaction du titrage est :  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} + \text{HO}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ .

Prévoir l'allure de l'évolution de la conductivité  $\sigma$  du mélange en fonction du volume  $V_B$  de solution titrante versé ? Justifier.

On considèrera que le volume global de la solution titrée reste constant pendant le titrage (volume titré très supérieur au volume  $V_B$  de solution titrante ajouté au cours du titrage).

Données - Conductivités molaires ioniques à 25 °C

Ion	$\text{Na}^+$	$\text{CH}_3\text{CO}_2^-$	$\text{HO}^-$
$\lambda^\circ (\text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1})$	5,0	4,1	20

## Établir et exploiter la relation entre la quantité de réactif titrant initiale et la quantité de réactif titré versé pour atteindre l'équivalence

**CAPEXO 22.** On réalise le titrage d'un volume  $V$  de solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ) de concentration  $c$  par de l'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) de concentration  $c_A$ . Le volume à l'équivalence est  $V_{\text{éq}}$ .

L'équation du titrage est  $\text{HO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ .



- A partir de la définition de l'équivalence et de l'équation chimique du titrage, déterminer l'expression de  $c$  en fonction de  $V$ ,  $c_A$  et  $V_{\text{éq}}$ .
- On a  $V = 20,0 \text{ mL}$  ;  $c_A = 0,025 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $V_{\text{éq}} = 16,0 \text{ mL}$ . Calculer la valeur de  $c$ .

**CAPEXO 23.** On réalise le titrage d'un volume  $V_A$  de solution de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$ ) de concentration  $c_A$  par une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ) de concentration  $c_B$ . Le volume à l'équivalence est  $V_{\text{éq}}$ .

L'équation du titrage est  $\text{NH}_4^+ + \text{HO}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

- A partir de la définition de l'équivalence et de l'équation chimique du titrage, déterminer l'expression de  $c_A$  en fonction de  $V_A$ ,  $c_B$  et  $V_{\text{éq}}$ .
- On a  $V_A = 10,0 \text{ mL}$  ;  $c_B = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $V_{\text{éq}} = 14,6 \text{ mL}$ . Calculer la valeur de  $c_A$ .

**CAPEXO 24.** On réalise le titrage d'un volume  $V_B$  de solution d'ammoniac  $\text{NH}_3$  de concentration  $c_B$  par de l'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) de concentration  $c_A$ . Le volume à l'équivalence est  $V_{\text{éq}}$ .

L'équation du titrage est  $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$ .

- A partir de la définition de l'équivalence et de l'équation chimique du titrage, déterminer l'expression de  $c_B$  en fonction de  $V_B$ ,  $c_A$  et  $V_{\text{éq}}$ .
- On a  $V_B = 15,0 \text{ mL}$  ;  $c_A = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  et  $V_{\text{éq}} = 9,8 \text{ mL}$ . Calculer la valeur de  $c_B$ .

**CAPEXO 25.** On réalise le titrage d'un volume  $V$  d'une solution de carbonate de sodium ( $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ ) de concentration  $c$  en ions carbonate par de l'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) de concentration  $c_A$ . Le volume à l'équivalence est  $V_{\text{éq}}$ .

L'équation du titrage est  $\text{CO}_3^{2-} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$ .

- A partir de la définition de l'équivalence et de l'équation chimique du titrage, déterminer l'expression de  $c$  en fonction de  $V$ ,  $c_A$  et  $V_{\text{éq}}$ .
- On a  $V = 10,0 \text{ mL}$  ;  $c_A = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $V_{\text{éq}} = 10,0 \text{ mL}$ . Calculer la valeur de  $c$ .

**CAPEXO 26.** On réalise le titrage colorimétrique d'un volume  $V_1$  d'une solution de diiode  $\text{I}_2$  de concentration  $c_1$  par une solution de thiosulfate de sodium ( $2\text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ) de concentration  $c_2$  en ions thiosulfate. Le volume à l'équivalence est  $V_{\text{éq}}$ . L'équation chimique du titrage est :  $\text{I}_2 + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2 \text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ .

- A partir de la définition de l'équivalence et de l'équation chimique du titrage, déterminer l'expression de  $c_1$  en fonction de  $V_1$ ,  $c_2$  et  $V_{\text{éq}}$ .
- On a  $V_1 = 20,0 \text{ mL}$  ;  $c_2 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $V_{\text{éq}} = 12,7 \text{ mL}$ . Calculer la valeur de  $c$ .

**CAPEXO 27.** On réalise le titrage colorimétrique d'un volume  $V$  de solution de thiosulfate de sodium ( $2\text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ) de concentration  $c$  en ions thiosulfate par une solution de diiode  $\text{I}_2$  de concentration  $c_2$ . Le volume à l'équivalence est  $V_{\text{éq}}$ . L'équation chimique du titrage est :  $\text{I}_2 + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2 \text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ .

- A partir de la définition de l'équivalence et de l'équation chimique du titrage, déterminer l'expression de  $c$  en fonction de  $V$ ,  $c_2$  et  $V_{\text{éq}}$ .
- On a  $V = 20,0 \text{ mL}$  ;  $c_2 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $V_{\text{éq}} = 12,7 \text{ mL}$ . Calculer la valeur de  $c$ .

**CAPEXO 28.** On réalise le titrage d'un volume  $V$  d'une solution d'éthanoate de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{CH}_3\text{CO}_2^-$ ) de concentration  $c$  par de l'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) de concentration  $c_A$ . Le volume à l'équivalence est  $V_{\text{éq}}$ . L'équation chimique du titrage est :  $\text{CH}_3\text{CO}_2^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} + \text{H}_2\text{O}$ .

- A partir de la définition de l'équivalence et de l'équation chimique du titrage, déterminer l'expression du volume à l'équivalence  $V_{\text{éq}}$  en fonction de  $V$ ,  $c$  et  $c_A$ .
- On a  $V = 10,0 \text{ mL}$  ;  $c_A = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$ . La concentration  $c$  de la solution titrée est comprise entre  $0,01$  et  $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ . Dans quel intervalle se situe la valeur du volume à l'équivalence ?

### Identifier les espèces chimiques présentes dans le système chimique avant, après et à l'équivalence.

**CAPEXO 29.** On réalise le titrage d'une solution d'acide éthanoïque  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$  par une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ). L'équation du titrage s'écrit  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} + \text{HO}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ .

- Quelles sont les entités (molécules et ions) présentes dans la solution titrée à l'état initial, c'est à dire avant d'avoir commencé à verser de la solution titrante ?

On commence à verser de la solution titrante dans la solution titrée.



- b. Quelles sont les entités (molécules et ions) présentes dans la solution titrée avant l'équivalence ?
- c. Quelles sont les entités (molécules et ions) présentes dans la solution titrée à l'équivalence ?
- d. Quelles sont les entités (molécules et ions) présentes dans la solution titrée après l'équivalence ?

- CAPEXO 30.** On réalise le titrage d'une solution d'éthanoate de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{CH}_3\text{CO}_2^-$ ) par de l'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ). L'équation du titrage s'écrit :  $\text{CH}_3\text{CO}_2^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} + \text{H}_2\text{O}$ .
- a. Quelles sont les entités (molécules et ions) présentes dans la solution titrée à l'état initial, c'est à dire avant d'avoir commencé à verser de la solution titrante ?  
On commence à verser de la solution titrante dans la solution titrée.
  - b. Quelles sont les entités (molécules et ions) présentes dans la solution titrée avant l'équivalence ?
  - c. Quelles sont les entités (molécules et ions) présentes dans la solution titrée à l'équivalence ?
  - d. Quelles sont les entités (molécules et ions) présentes dans la solution titrée après l'équivalence ?

---

### Mettre en œuvre le suivi pHmétrique d'un titrage

### Mettre en œuvre le suivi conductimétrique d'un titrage

**CAPEXO 31.** Faire un schéma annoté du montage utilisé dans le cas d'un titrage pH-métrique.

**CAPEXO 32.** Faire un schéma annoté du montage utilisé dans le cas d'un titrage conductimétrique.

**CAPEXO 33.** Faire un schéma annoté du montage utilisé dans le cas d'un titrage colorimétrique.