

CLASSE : Terminale

VOIE : Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h35

EXERCICE 1 : 9 points

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE-CHIMIE

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui « type collège »

EXERCICE 1 - L'acide citrique comme produit ménager

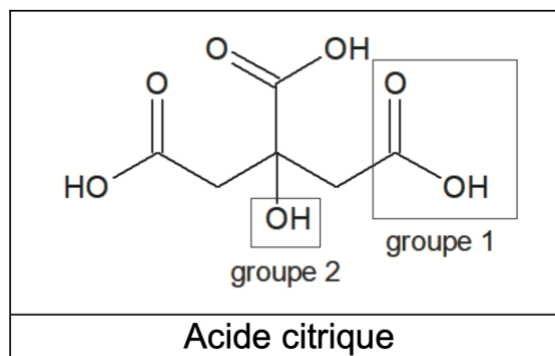
1. Étude de quelques propriétés de l'acide citrique

Q1.

Groupe 1 : Carboxyle

Groupe 2 : hydroxyle

Le groupe carboxyle est responsable des propriétés acides de la molécule dans l'eau.



Q2.

Liaison	O-H d'un alcool	O-H d'un acide carboxylique	C=O	C-O	C=C
Nombre d'onde (en cm^{-1})	3100 – 3500	2800 – 3400	1700 – 1800	1200 – 1300	1620 – 1680
Allure de la bande caractéristique	Forte et large	Forte et large	Forte et fine	Forte et fine	Faible et fine

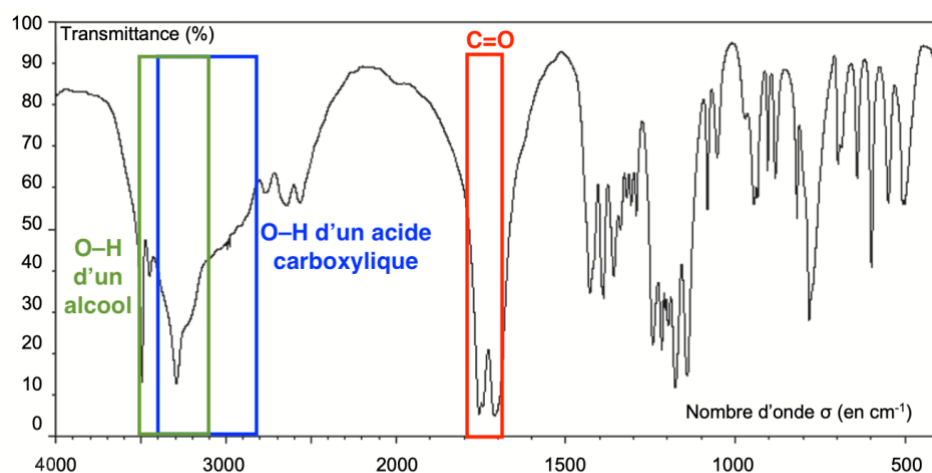


Figure 1. Spectre infrarouge de l'acide citrique

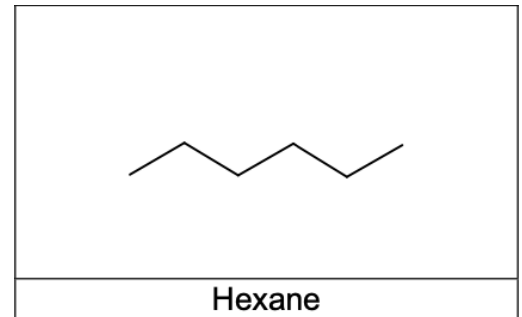
Le spectre présente :

- une bande d'absorption entre $1700 - 1800 \text{ cm}^{-1}$ Forte et fine caractéristique d'une liaison C=O
- une bande d'absorption autour de $2800 - 3400 \text{ cm}^{-1}$ Forte et large caractéristique d'une liaison O-H d'un acide carboxylique.
- une bande d'absorption autour de $3100 - 3500 \text{ cm}^{-1}$ Forte et large caractéristique d'une liaison O-H d'un alcool.

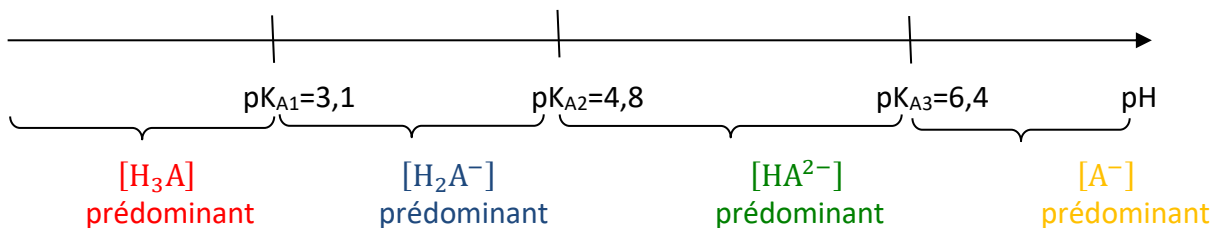
L'acide citrique possède, des liaisons C=O et O-H (acide carboxylique) ainsi qu'une liaison O-H d'un alcool. Ainsi, le spectre infrarouge de la figure 1 est compatible avec la structure chimique de l'acide citrique.

Q3.
L'eau est un solvant polaire. L'acide citrique est polaire (présence d'atomes d'oxygènes très électronégatifs) et peut faire des liaisons hydrogènes avec les molécules d'eau. Ainsi, l'acide citrique est très soluble dans l'eau.

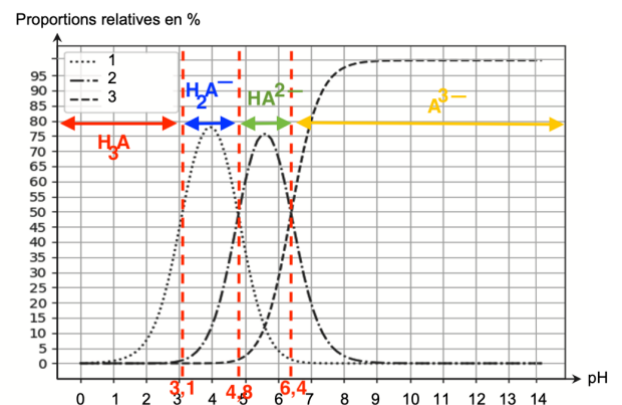
L'eau est un solvant polaire. L'hexane apolaire (présence d'atomes de carbone et d'hydrogènes uniquement) et ne peut donc pas faire des liaisons hydrogènes avec les molécules d'eau. Ainsi, l'hexane n'est pas soluble dans l'eau.



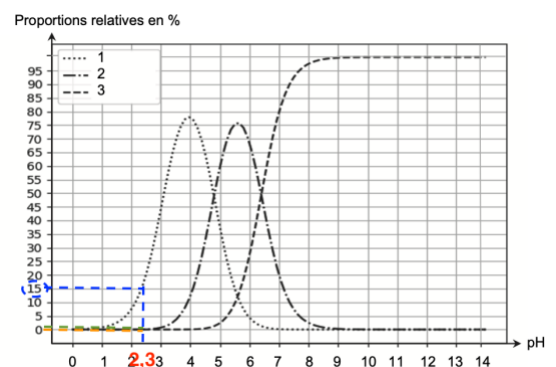
Q4.
Diagramme de prédominance :



Lorsque $\text{pH} < 3,1$: H_3A est prédominant. L'espèce chimique H_3A n'est pas représentée sur le diagramme de distribution.
Lorsque $3,1 < \text{pH} < 4,8$: H_2A^- est prédominant. Ainsi la courbe 1 correspond à l'espèce chimique H_2A^- .
Lorsque $4,8 < \text{pH} < 6,4$: HA^{2-} est prédominant. Ainsi la courbe 2 correspond à l'espèce chimique HA^{2-} .
Lorsque $\text{pH} > 6,4$: A^{3-} est prédominant. Ainsi la courbe 3 correspond à l'espèce chimique A^{3-} .



Q5.
D'après le sujet, le pH de cette solution vaut environ 2,3.
Graphiquement, il y'a 15% de H_2A^- (courbe 1), 0% de HA^{2-} (courbe 2) et 0% A^{3-} (courbe 3).
Ainsi, il y a $100 - 15 = 85$ % de H_3A .



Q6.
D'après le sujet, la solution aqueuse d'acide citrique est de concentration $c = 2,6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
D'après la question précédente, il y'a 15% de H_2A^- et 85 % de H_3A dans cette solution.

$$[\text{H}_2\text{A}^-] = \frac{15}{100} \times c$$

$$[\text{H}_2\text{A}^-] = \frac{15}{100} \times 2,6 \times 10^{-2}$$

$$[\text{H}_2\text{A}^-] = 3,9 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{H}_3\text{A}] = \frac{85}{100} \times c$$

$$[\text{H}_3\text{A}] = \frac{85}{100} \times 2,6 \times 10^{-2}$$

$$[\text{H}_3\text{A}] = 2,2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Q7.

K_{A1} du couple $\text{H}_3\text{A}(\text{aq})/\text{H}_2\text{A}^-(\text{aq})$:

$$K_{A1} = \frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}} \times c^0}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}} \times c^0} = K_{A1}$$

Or

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = c^0 \times 10^{-\text{pH}}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}} \times c^0 \times 10^{-\text{pH}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}} \times c^0} = K_{A1}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}} \times 10^{-\text{pH}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}}} = K_{A1}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}}} = \frac{K_{A1}}{10^{-\text{pH}}}$$

Or

$$K_{A1} = 10^{-\text{p}K_{A1}}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}}} = \frac{10^{-\text{p}K_{A1}}}{10^{-\text{pH}}}$$

Ainsi :

$$\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}}} = 10^{\text{pH} - \text{p}K_{A1}}$$

Q8.

$$\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}}} = 10^{\text{pH} - \text{p}K_{A1}}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}}} = 10^{2,3 - 3,1}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}}} = 0,16$$

D'après les résultats de la question Q6 :

$$[\text{H}_2\text{A}^-] = 3,9 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ et } [\text{H}_3\text{A}] = 2,2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}}} = \frac{3,9 \times 10^{-3}}{2,2 \times 10^{-2}}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}}} = 0,18$$

Les proportions du diagramme de distribution à $\text{pH} = 2,3$ sont cohérentes avec la valeur du

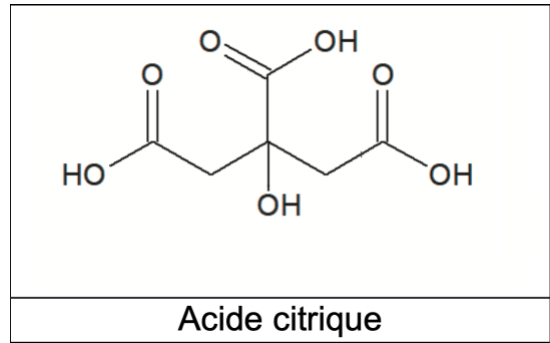
quotient $\frac{[\text{H}_2\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{H}_3\text{A}]_{\text{eq}}}$ calculée à l'aide de la relation démontrée la question Q7. L'écart trouvé est due aux

incertitudes liées à la lecture graphique peu précise.

2. Titrage de l'acide citrique

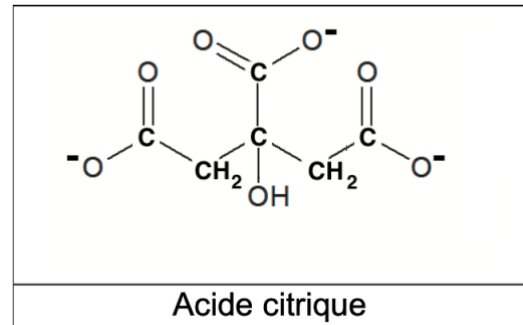
Q9.

Formule topologique de l'acide citrique H_3A :



L'acide citrique possède 3 groupes caractéristique carboxyle (COOH). Chaque groupe carboxyle peut donner un ion H^+ .

Formule semi-développée de l'ion A^{3-} :



Q10.

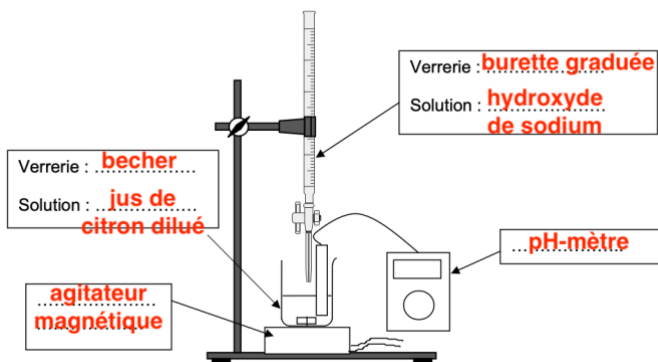
Protocole expérimental permettant de diluer 10 fois le jus de citron filtré.

On souhaite diluer 10 fois, ainsi le facteur de dilution est 10 : le volume de la solution fille est 10 fois plus grand que le volume de la solution mère.

Protocole expérimental :

- On prélève le volume $V_m=10,0$ mL à l'aide d'une pipete jaugée de 10,0 mL
- On introduit $V_m=10,0$ mL dans une fiole jaugée de volume $V_f=100,0$ mL
- On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on homogénéise.

Q11.



Q12.

Un indicateur coloré est adapté au titrage si le pH_{eq} est compris dans sa zone de virage.

En utilisant la méthode des tangentes parallèles, déterminons pH_{eq} à l'aide de la Figure 2.

$pH_{eq}=8,9$.

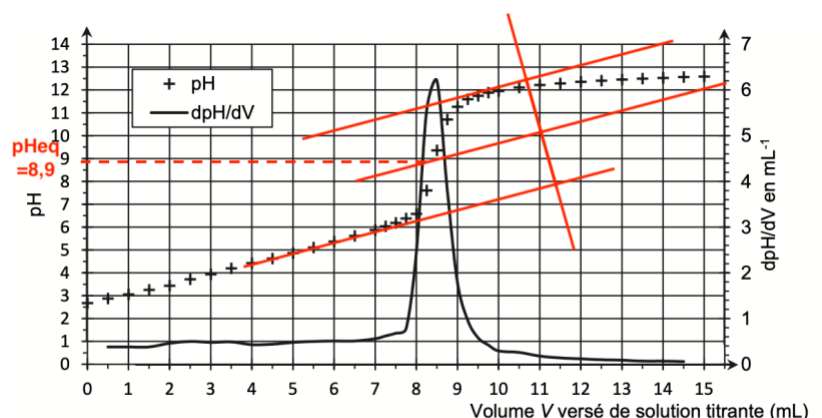


Figure 2. Courbe du titrage suivi par pH-métrie

Nom de l'indicateur coloré	Zone de virage	Teinte en milieu acide	Teinte en milieu basique
hélianthine	3,1 – 4,4	rouge	jaune
rouge de méthyle	4,2 – 6,2	rouge	jaune
bleu de bromothymol	6,0 – 7,6	jaune	bleu
phénolphtaléine	8,2 – 10,0	incolore	rose

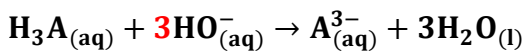
$pH_{eq}=8,9$ est compris dans sa zone de virage de la phénolphtaléine. Ainsi, la phénolphtaléine est un indicateur coloré adapté à ce titrage.

La solution dosée est acide (acide citrique dilué de $pH=2,7$). Avant l'équivalence, la phénolphtaléine prend sa teinte acide qui est incolore.

Après l'équivalence, le pH est supérieur à 10, la phénolphtaléine prend sa teinte basique qui est rose.

Le changement de couleur de l'indicateur coloré à l'équivalence est d'incolore à rose.

Q13.



A l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométrique :

$$\frac{n_{H_3A}^i}{1} = \frac{n_{HO^-}^{eq}}{3}$$

$$C_{A,diluee} \times V_{diluee} = \frac{C_B \times V_{eq}}{3}$$

$$C_{A,diluee} = \frac{C_B \times V_{eq}}{3 \times V_{diluee}}$$

On trouve graphiquement V_{eq} :

$$V_{eq} = 8,4 \text{ mL}$$

$$C_{A,diluee} = \frac{2,5 \times 10^{-1} \times 8,4}{3 \times 25,0}$$

$$C_{A,diluee} = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

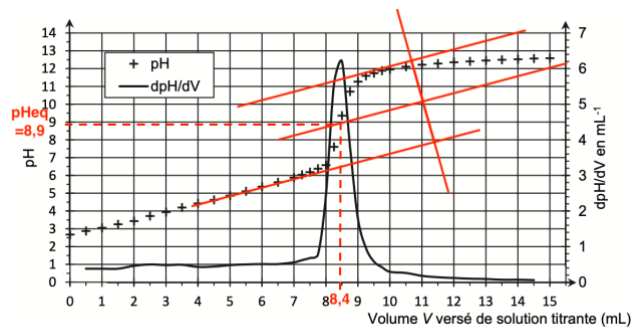


Figure 2. Courbe du titrage suivi par pH-métrie

Or la solution est diluée 10 fois :

$$C_A = 10 \times C_{A,diluee}$$

$$C_A = 10 \times 2,8 \cdot 10^{-2}$$

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

Déterminons la masse d'acide citrique présente dans le citron.

$$n_{H_3A} = \frac{m_{H_3A}}{M_{H_3A}}$$

$$\frac{m_{H_3A}}{M_{H_3A}} = n_{H_3A}$$

Or

$$C_A = \frac{n_{H_3A}}{V_{jus \text{ de citron}}}$$

$$\frac{n_{H_3A}}{V_{jus \text{ de citron}}} = C_A$$

$$n_{\text{H}_3\text{A}} = C_A \times V_{\text{jus de citron}}$$

D'où

$$m_{\text{H}_3\text{A}} = C_A \times V_{\text{jus de citron}} \times M_{\text{H}_3\text{A}}$$

$$m_{\text{H}_3\text{A}} = 2,8 \cdot 10^{-1} \times 46 \times 10^{-3} \times 192,1$$

$$m_{\text{H}_3\text{A}} = 2,5 \text{ g}$$

Q14.

1 citron	2,5 g
N citrons	23 g

$$N = \frac{23 \times 1}{2,5}$$

$$N = 9,2$$

9,2 de citrons apportent la même masse d'acide citrique contenue dans une pelle-doseuse.

Sur l'emballage est noté : « 1 pelle doseuse = la puissance de 10 citrons ».

L'indication de l'emballage est vérifiée.