

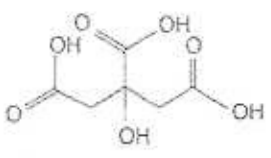
Interrogation n°3 de SPC

Calculatrices autorisées

Exercice 1 : Titrage de l'acide citrique contenu dans un jus de citron

« Acide de fruit » pour les publicitaires afin de ne pas faire peur aux adeptes des produits de beauté, abondant dans de nombreux fruits comme le citron, l'orange, l'ananas, la groseille et la fraise, l'acide citrique est tellement demandé qu'il en est produit annuellement 1,8 Mt, pas seulement pour des usages alimentaires et cosmétiques mais aussi comme produit détartrant ou agent de lavage dans les shampoings. L'acide citrique est naturellement présent dans le citron en grande quantité : il intervient pour plus de 95 % dans l'acidité de ce fruit soit environ $47 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ dans le jus.

Source : www.societechimiquedefrance.fr

1 Quelques données sur l'acide citrique	
Nom officiel	Acide 2-hydroxypropane-1,2,3-tricarboxylique
Formule topologique	
Masse molaire	$192,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

- 1 – a) Justifier le fait que l'acide citrique soit qualifié de triacide et représenter son schéma de Lewis.
 1 – b) La forme la plus acide de l'acide citrique est notée H_3Cit . Ecrire la demi-équation illustrant son caractère « triacide ».

2 – Titrage de l'acide citrique contenu dans un jus de citron

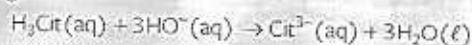
Données :

Indicateur colorée	Couleur		Domaine de virage
	Forme acide	Forme basique	
Jaune d'alizarine	Jaune	Violet	10,1 à 12,1
Thymolphtaléine	Incolore	Bleue	9,3 à 10,5
Rouge de crésol	Jaune	Rouge	7,2 à 8,8
Bleu de bromothymol	Jaune	Bleue	6,0 à 7,6
Rouge de méthyle	Rouge	Jaune	4,2 à 6,2
Vert de bromocrésol	Jaune	Bleue	3,8 à 5,4

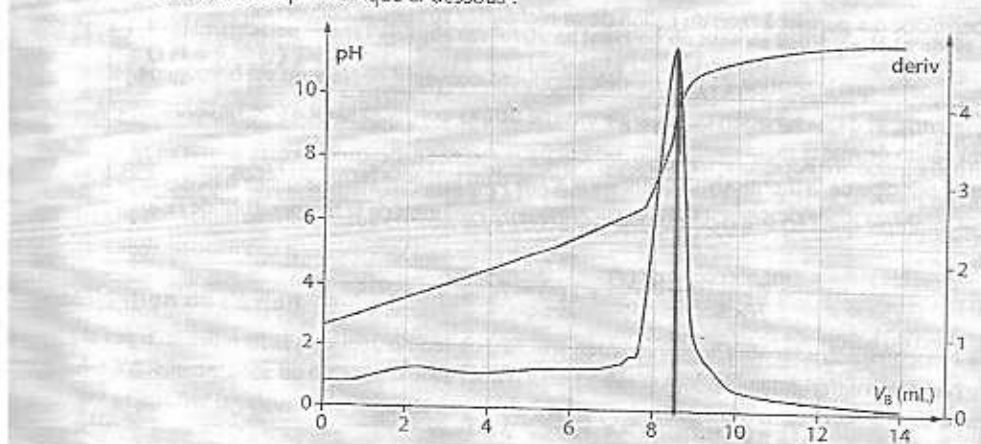
Protocole

- Presser un citron puis filtrer le jus obtenu.
- Prélever 10,0 mL de jus de citron puis introduire ce prélèvement dans une fiole jaugée de 100 mL, compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée puis homogénéiser.
- Prélever 10,0 mL de jus de citron dilué à l'aide d'une pipette jaugée, les verser dans un bêcher de 150 mL.
- Conditionner une burette graduée avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Placer une électrode de pH-métrie dans le bêcher et la relier au pH-mètre.
- Ajouter environ 50 mL d'eau distillée de façon à immerger l'électrode.
- Sous agitation magnétique, ajouter progressivement la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium en relevant régulièrement la valeur du pH de la solution en fonction du volume V_B d'hydroxyde de sodium versé.

L'équation de la réaction support de titrage est :



On obtient la courbe de suivi pHmétrique ci-dessous :



- 2 – a) Quel indicateur coloré pourrait-être choisi pour repérer l'équivalence de ce titrage ? Justifier.
- 2 – b) Préciser le changement de couleur observé à l'équivalence.
- 3 – Déterminer avec précision le volume V_E de solution titrante versée à l'équivalence.
- 4 – a) Calculer la concentration molaire en acide citrique dans le prélèvement titré de 10,0 mL de jus de citron dilué.
- 4 – b) En déduire la concentration en masse d'acide citrique dans le jus de citron analysé.
- 5 – L'incertitude type associée à la concentration en masse d'acide citrique vaut $u(C_m) = 2 \text{ g.L}^{-1}$. Comparer la valeur obtenue expérimentalement à celle indiquée dans l'article de la société chimique de France.

Exercice 2 : Qualité des eaux souterraines sur le littoral

L'eau de mer peut s'infiltrer dans les eaux souterraines du littoral engendrant ainsi des pollutions irréversibles.

L'objectif de cet exercice est de déterminer la concentration en masse en ion chlorure d'un prélèvement d'eau souterrain afin de détecter une éventuelle intrusion d'eau marine dans une nappe phréatique.

Document :

Des classes de concentrations peuvent être définies en fonction des teneurs en ions chlorure :

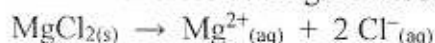
Concentration en masse d'ions chlorure (mg.L^{-1})	Inférieure à 50	Entre 50 et 200	Entre 200 et 500	Supérieure à 500
Observations	Absence de contamination	Concentration dite « naturelle », l'eau est potable	L'eau ne peut pas être utilisée pour la production d'eau potable. Sauf cas exceptionnel, de telles concentrations ne sont pas naturelles	Importante contamination de l'ouvrage par les ions chlorure

Données :

Masses molaires atomiques (en g.mol^{-1})

$\text{Cl}^-(\text{aq})$	$\text{Na}^+(\text{aq})$	$\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$
35,5	23,0	24,3

1 - La présence des ions chlorure Cl^- est principalement due à la dissolution du chlorure de sodium $\text{NaCl}_{(s)}$ dans l'eau mais le chlorure de magnésium participe aussi à la salinité de l'eau de mer. L'équation de la réaction modélisant la dissolution du chlorure de magnésium $\text{MgCl}_{2(s)}$ dans l'eau est :



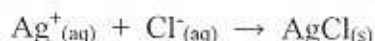
- 1.1. Sachant que la concentration en quantité de matière de chlorure de magnésium $\text{MgCl}_{2(s)}$ dans l'eau de mer vaut $c = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, déterminer la concentration en quantité de matière en ions chlorure $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$ apportés par $\text{MgCl}_{2(s)}$, notée $[\text{Cl}^-]$.
- 1.2. La concentration en masse en ions chlorure Cl^- apportés par le chlorure de sodium $\text{NaCl}_{(s)}$ dans l'eau a pour valeur $c_m = 16,5 \text{ g.L}^{-1}$. Déterminer alors la concentration totale en masse en ions chlorure dans la mer Méditerranée.

2. Titrage des ions chlorure de l'eau douce des eaux souterraines

La concentration en masse en ions chlorure de l'eau douce qui se trouve proche de la zone de pompage doit être surveillée. Pour cela, un prélèvement d'eau de 50,0 mL est effectué au niveau du pompage.

On titre ensuite les ions chlorure de cette solution d'eau par une solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^{+}_{(aq)} + \text{NO}_3^{-}_{(aq)}$) de concentration en quantité de matière $C' = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Le titrage est suivi par conductimétrie. L'équation de la réaction support du titrage est :

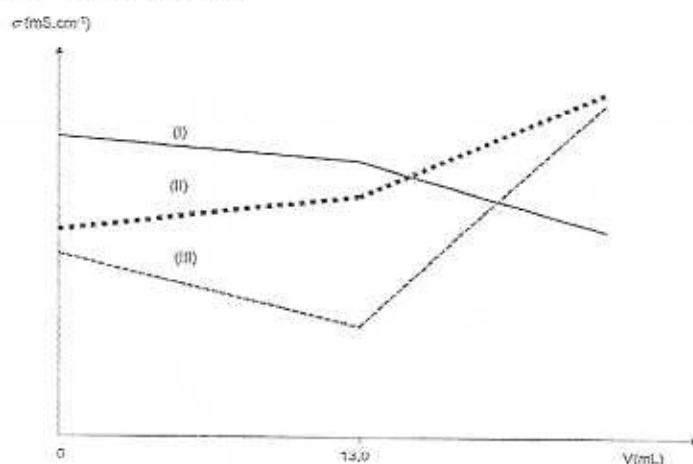


Données :

Conductivités molaires ioniques à 25°C ($\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$)

$\lambda_{\text{Cl}^{-}_{(aq)}}$	$\lambda_{\text{Ag}^{+}_{(aq)}}$	$\lambda_{\text{NO}_3^{-}_{(aq)}}$
$76,3 \times 10^{-4}$	$71,4 \times 10^{-4}$	$61,9 \times 10^{-4}$

- 2.1. Identifier, parmi les trois courbes I, II et III proposées sur le graphique ci-dessous, celle qui représente l'évolution simulée de la conductivité σ du mélange en fonction du volume V de solution de nitrate d'argent versé. Justifier votre réponse.



Evolution simulée de la conductivité σ du mélange en fonction du volume V de solution de nitrate d'argent versé

- 2.2. Le volume versé à l'équivalence est $V_E = 13,0 \text{ mL}$. En déduire si l'eau du prélèvement peut être utilisée pour l'alimentation en eau potable.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

3. Modélisation d'un titrage

Ce titrage peut être modélisé en utilisant le langage de programmation Python (extrait ci-dessous). L'objectif est de visualiser l'évolution des quantités de matière des ions $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$, des ions $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$, et du produit $\text{AgCl}_{(\text{s})}$ au cours du titrage (**figure 2**).

- 3.1. Les quantités de matière n_A , n_B et n_C , mentionnées et calculées aux lignes 21, 22, 23, 28, 29 et 30 du programme Python sont représentées sur la **figure 2**. Grâce à cette dernière et avec justification, identifier les espèces chimiques A, B et C.
- 3.2. Reproduire sur votre copie et compléter la ligne 15 du programme Python afin qu'il calcule la concentration en quantité de matière en ions chlorure dans le prélèvement initial.

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 # Définition des quantités de matière de A, B et C
5 nA=[]
6 nB=[]
7 nC=[]
8
9 # Conditions expérimentales
10 cB = 0.01 # Saisie de la concentration de la solution titrante (mol/L)
11 vA = 50 # Saisie du volume initial de solution titrée (mL)
12 VE = 13 # Saisie du volume équivalent (mL)
13
14 # Calcul de la concentration en quantité de matière en ions chlorure
15 cA = ?
16 print("Concentration en quantité de matière en ions chlorure = ",cA, "mol/L")
17
18 # Calcul des quantités de matière en mmol avant et à l'équivalence
19 # en fonction du volume V de solution titrante versé
20 def avant_Eqv(V) :
21     nA.append(cA*vA - cB*V)
22     nB.append(0)
23     nC.append(cB*V)
24
25 # Calcul des quantités de matière en mmol après l'équivalence
26 # en fonction du volume V de solution titrante versé
27 def apres_Eqv(V) :
28     nA.append(0)
29     nB.append(cB*V - cA*vA)
30     nC.append(cA*vA)
```

Extrait du programme écrit en langage Python

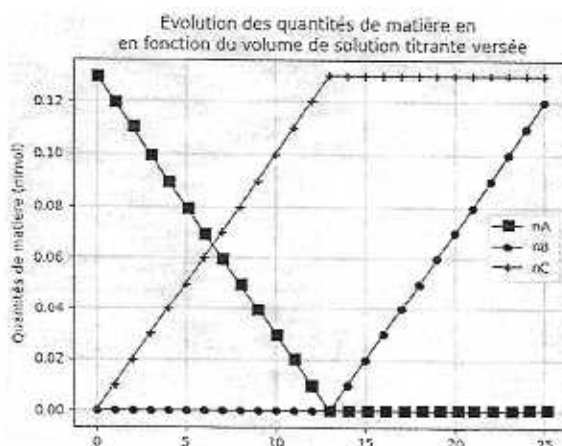


Figure 2 : Evolutions des quantités de matière des ions $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$, des ions $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$, et du produit $\text{AgCl}_{(\text{s})}$ au cours du titrage obtenues à l'aide du programme écrit en langage Python