

Devoir maison PYTHON – Cahier Belin éducation

Un cachet toujours utile ?

1 Extrait de la notice d'un cachet de vitamine C

**Comprimés à croquer sans sucre
tamponnés 500 mg**

Composition : acide ascorbique ... 200 ... mg, ascorbate
de sodium ... 337,5 ... mg pour un comprimé de ... 1,8 ... g

Données :

- L'acide ascorbique (ou vitamine C) a pour formule brute $C_6H_8O_6$ et l'ascorbate de sodium, contenant sa base conjuguée, a pour formule brute $C_6H_7O_6Na$.
- Masses molaires atomiques : $M(C) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(O) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(H) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(Na) = 23,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Conductivités molaires à 25 °C (en $\text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$) : $\lambda(Na^+) = 5,01$; $\lambda(HO^-) = 19,9$; $\lambda(C_6H_7O_6^-) = 3,42$.

2 Protocole : titrage conductimétrique de la vitamine C dans un cachet

Un titrage conductimétrique peut être réalisé quand la réaction support du titrage fait intervenir des ions. Le protocole expérimental ci-après permet de titrer l'acide ascorbique contenu dans un cachet tamponné par une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) appelée aussi soude.

① **Préparation de la solution aqueuse titrée :** Dissoudre un comprimé dans une fiole jaugée de 500,0 mL.

② **Titrage :**

- Remplir la burette de soude à la concentration $C_B = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Déposer un volume $V_A = 40,0 \text{ mL}$ de la solution précédente dans un bécher, y introduire un barreau aimanté et le placer sur un agitateur magnétique. Mettre en route l'agitation.
- Placer une sonde conductimétrique dans le bécher (rajouter de l'eau distillée si la sonde ne trempe pas).
- Ajouter la solution titrante au goutte à goutte et relever la conductivité σ de la solution tous les millilitres :

$V_B \text{ (mL)}$	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\sigma \text{ (S} \cdot \text{cm}^{-1}\text{)}$	$4,02 \times 10^{-5}$	$4,12 \times 10^{-5}$	$4,22 \times 10^{-5}$	$4,32 \times 10^{-5}$	$4,42 \times 10^{-5}$	$4,52 \times 10^{-5}$	$4,62 \times 10^{-5}$	$4,72 \times 10^{-5}$	$4,82 \times 10^{-5}$
$V_B \text{ (mL)}$	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0
$\sigma \text{ (S} \cdot \text{cm}^{-1}\text{)}$	$5,05 \times 10^{-5}$	$5,31 \times 10^{-5}$	$5,57 \times 10^{-5}$	$5,83 \times 10^{-5}$	$6,09 \times 10^{-5}$	$6,35 \times 10^{-5}$	$6,64 \times 10^{-5}$	$6,87 \times 10^{-5}$	$7,13 \times 10^{-5}$

- À l'aide d'un tableur ou d'un programme Python, tracer la courbe $\sigma = f(V_B)$. Modéliser par parties les deux segments de droite et noter V_E l'abscisse de leur point d'intersection.

3 Tracé de l'évolution des quantités de matière au cours du titrage

PROGRAMME-TYPE



1 et 2 Importation des bibliothèques

5 à 7 Définition des variables

CB VA VE

8 Calcul de la concentration initiale en acide ascorbique notée CA

11 à 20 Création de 20 valeurs de VB avant et après l'équivalence et calcul des quantités de matière correspondantes en Na^+ , HO^- et $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_6^-$

23 à 32 Création des graphiques $n(\text{Na}^+) = f(\text{VB})$, $n(\text{HO}^-) = f(\text{VB})$ et $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_6^-) = f(\text{VB})$

34 et 35 Choix des légendes des axes des ordonnées et des abscisses

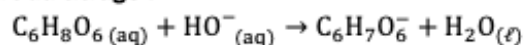
36 et 37 Affichage du graphique et des légendes

Pour tracer l'évolution des quantités de matière des espèces ioniques au cours du titrage de l'acide ascorbique par la soude, exécuter :

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3
4 # Définition des variables
5 CB = 0.010 # concentration de la soude en mol/L
6 VA = 48.0 # volume de solution titrée en mL
7 VE = 8.2 # volume de soude versé à l'équivalence en mL
8 CA = CB * VE / VA # calcule la concentration initiale en acide ascorbique
9
10 # Avant l'équivalence
11 VB1 = np.linspace(0, VE, 20) # crée 20 valeurs de VB de 0 mL à VE
12 nNa_plus_1 = CB * VB1 * 1e-3 # calcule n(Na+) pour les 20 valeurs de VB
13 nOH_moins_1 = 0 * VB1 # calcule n(HO-) pour les 20 valeurs de VE
14 nA_moins_1 = CB * VB1 * 1e-3 # calcule n(ascorbate) pour les 20 valeurs de VB
15
16 # Après l'équivalence
17 VB2 = np.linspace(VE, 25, 10) # crée 10 valeurs de volumes de VE à 25 mL
18 nNa_plus_2 = CB * VB2 * 1e-3 # calcule n(Na+)
19 nOH_moins_2 = CB * (VB2 - VE) * 1e-3 # calcule n(HO-)
20 nA_moins_2 = 0 * VB2 + CB * VE * 1e-3 # calcule n(Ascorbate)
21
22 # Tracé en bleu n(Na+) = f(VB) avant et après l'équivalence
23 plt.plot(VB1, nNa_plus_1, color = "blue", label = "Na+")
24 plt.plot(VB2, nNa_plus_2, color = "blue")
25
26 # Tracé en vert n(OH-) = f(VB) avant et après l'équivalence
27 plt.plot(VB1, nOH_moins_1, color = "green", label = "HO-")
28 plt.plot(VB2, nOH_moins_2, color = "green")
29
30 # Tracé en rouge n(A-) = f(VB) avant et après l'équivalence
31 plt.plot(VB1, nA_moins_1, color = "red", label = "A-")
32 plt.plot(VB2, nA_moins_2, color = "red")
33
34 plt.xlabel("Volume de solution titrante (mL)")
35 plt.ylabel("Quantité de matière (mol)")
36 plt.legend() # affiche la légende de chaque courbe
37 plt.show() # affiche le graphique
```

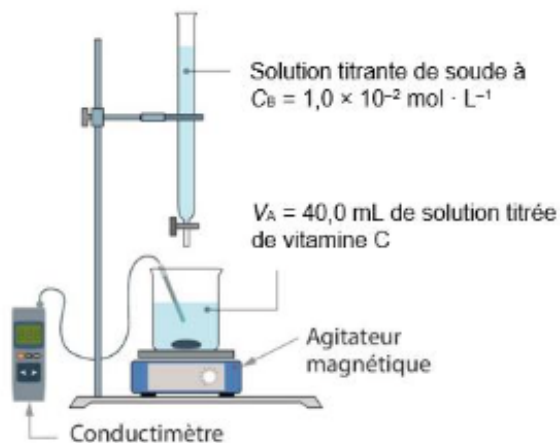
Question 1 :

Équation de la réaction support du titrage :



Une réaction de titrage doit être rapide, unique et totale.

Schéma du montage :



Question 2 :

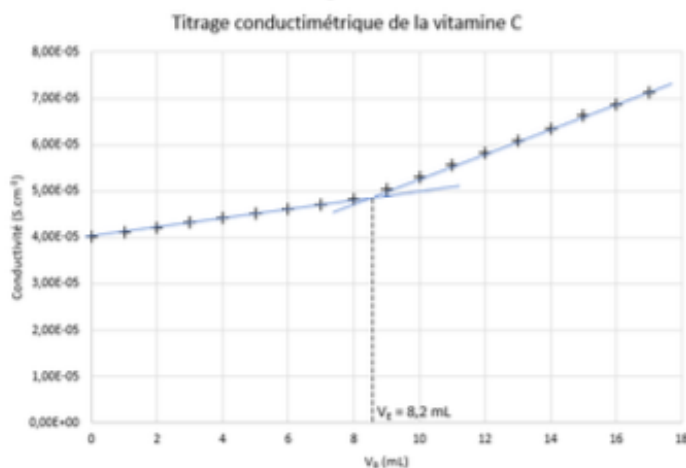
À l'équivalence, les deux réactifs sont introduits en proportion stœchiométrique et sont totalement consommés. D'après l'équation de la réaction, on peut écrire :

$$\frac{n_A}{1} = \frac{n_B}{1}$$

$$\text{Soit : } C_A \times V_A = C_B \times V_E$$

Question 3 :

On obtient la courbe de titrage suivante :



La valeur du volume de soude versé à l'équivalence est : $V_E = 8,2 \text{ mL}$.

Question 4 :

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3
4 # Définition des variables
5 CB = 0.010 # concentration de la soude en mol/L
6 VA = 40.0 # volume de solution titrée en mL
7 VE = 8.2 # volume de soude versé à l'équivalence en mL
8 CA = CB*VE /VA # calcule la concentration initiale en acide ascorbique
9
10 # Avant l'équivalence
11 VB1 = np.linspace(0, VE, 20) # crée 20 valeurs de VB de 0 mL à VE
12 nNa_plus_1 = CB*VB1*1e-3 # calcule n(Na+) pour les 20 valeurs de VB
13 nOH_moins_1 = 0*VB1 # calcule n(OH-) pour les 20 valeurs de VB
14 nA_moins_1 = CB*VB1*1e-3 # calcule n(ascorbate) pour les 20 valeurs de VB
15
16 # Après l'équivalence
17 VB2 = np.linspace(VE, 25, 20) # crée 20 valeurs de volumes de VE à 25 mL
18 nNa_plus_2 = CB*VB2*1e-3 # calcule n(Na+)
19 nOH_moins_2 = CB*(VB2 - VE)*1e-3 # calcule n(OH-)
20 nA_moins_2 = 0*VB2 + CB*VE*1e-3 # calcule n(Ascorbate)
21
22 # Trace en bleu n(Na+) = f(VB) avant et après l'équivalence
23 plt.plot(VB1, nNa_plus_1, color = "blue", label = "Na+")
24 plt.plot(VB2, nNa_plus_2, color = "blue")
25
26 # Trace en vert n(OH-) = f(VB) avant et après l'équivalence
27 plt.plot(VB1, nOH_moins_1, color = "green", label = "HO-")
28 plt.plot(VB2, nOH_moins_2, color = "green")
29
30 # Trace en rouge n(A-) = f(VB) avant et après l'équivalence
31 plt.plot(VB1, nA_moins_1, color = "red", label = "A-")
32 plt.plot(VB2, nA_moins_2, color = "red")
33
34 plt.xlabel("Volume de solution titrante (mL)")
35 plt.ylabel("Quantité de matière (mol)")
36 plt.legend() # affiche la légende de chaque courbe
37 plt.show() # affiche le graphique
```

Remarque : la quantité de matière d'ions ascorbate déjà présents dans le cachet n'a pas été prise en compte dans ce programme. On ne tient compte que des ions ascorbate produits lors du titrage.

Question 5 :

Fenêtre graphique obtenue après exécution du programme Python :

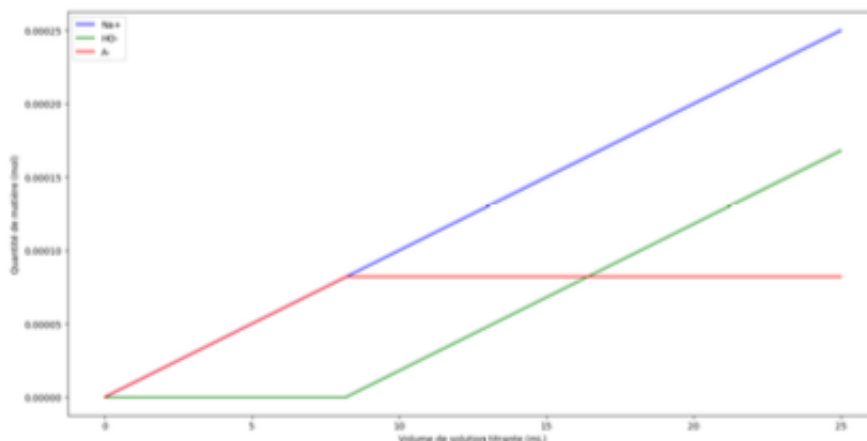


Tableau d'évolution de la composition du système pour le titrage de la vitamine C :

	Évolution des quantités de matière			Estimation de la pente de la droite $\sigma = f(V_B)$
	Na ⁺	HO ⁻	C ₆ H ₇ O ₆ ⁻	
Avant l'équivalence	Augmente	Est nulle	Augmente	Pente positive
Après l'équivalence	Augmente	Augmente	Reste constante	Pente positive et supérieure à celle d'avant l'équivalence car $\lambda(\text{HO}^-) \gg \lambda(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-)$

Avant l'équivalence : À chaque fois qu'une molécule d'acide ascorbique réagit avec un ion HO⁻ (réactif limitant totalement consommé) un ion spectateur Na⁺ est ajouté au milieu réactionnel et un ion ascorbate C₆H₇O₆⁻ se forme. Comme la solution devient de plus en plus concentrée en ions, sa conductivité augmente. La droite $\sigma = f(V_B)$ a une pente positive.

Après l'équivalence : il n'y a plus d'acide ascorbique (réactif limitant). La concentration en ion HO⁻ et Na⁺ augmente après chaque ajout (et celle de l'ion ascorbate C₆H₇O₆⁻ ne varie pas) donc la conductivité augmente. La pente de la droite $\sigma = f(V_B)$ est positive.

Avant l'équivalence, l'augmentation de conductivité est due aux ions Na⁺ et C₆H₇O₆⁻ alors qu'après l'équivalence, l'augmentation de conductivité est due à Na⁺ et HO⁻.

Comme $\lambda(\text{HO}^-) > \lambda(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-)$, alors la pente de la droite est plus élevée après l'équivalence.

On retrouve bien l'allure de la courbe de titrage obtenue expérimentalement.

Question 6 :

À l'équivalence : $C_A \times V_A = C_B \times V_E$

$$\text{Donc : } C_A = \frac{C_B \times V_E}{V_A} = \frac{1,0 \times 10^{-2} \times 8,2}{40,0} = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Le cachet a été dissout dans un volume de 500,0 mL, donc la quantité de matière d'acide ascorbique présente dans le cachet marron est égale à :

$$n_A = C_A \times V_{\text{total}} = 2,1 \times 10^{-3} \times 500,0 \times 10^{-3} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

On en déduit la masse d'acide ascorbique contenue dans le cachet :

$$m_A = n_A \times M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = 1,0 \times 10^{-3} \times (6 \times 12,0 + 8 \times 1,0 + 6 \times 16,0) = 0,18 \text{ g}$$

L'apport journalier recommandé en vitamine C vaut 100 mg, soit 0,100 g. Le cachet marron contenant 0,18 g de vitamine C permet donc de couvrir les besoins journaliers.

Il est donc inutile de jeter les cachets de vitamine C lorsqu'ils prennent une teinte marron.