



Exercice 1:

Afin d'éliminer les verrues simples, lésions cutanées d'origine virale très contagieuses et souvent douloureuses, il est coutume de les « brûler ». Un traitement par le froid ou une brûlure chimique ont l'effet identique de déshydrater les cellules contaminées et de provoquer la destruction du virus. Les lésions peuvent ainsi guérir et la peau cicatriser. Il est possible de se procurer en pharmacie des crayons qui permettent, à la maison, de traiter sélectivement la verrue. Certains, qui provoquent une brûlure chimique, contiennent une solution gélifiée d'acide trichloroacétique à 40,0% en masse.

L'objectif de cet exercice est de vérifier la concentration en quantité de matière d'acide trichloroacétique du crayon utilisé pour traiter les verrues.

Données :

- couple acide trichloroacétique/ion trichloroacétate : $C_2HO_2Cl_3(aq)/C_2O_2Cl_3^-(aq)$;
- masse volumique ρ_{at} de la solution à 40,0% en masse d'acide trichloroacétique :
 $\rho_{at} = 1,50 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$;
- masse molaire moléculaire de l'acide trichloroacétique : $M_{at} = 163,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

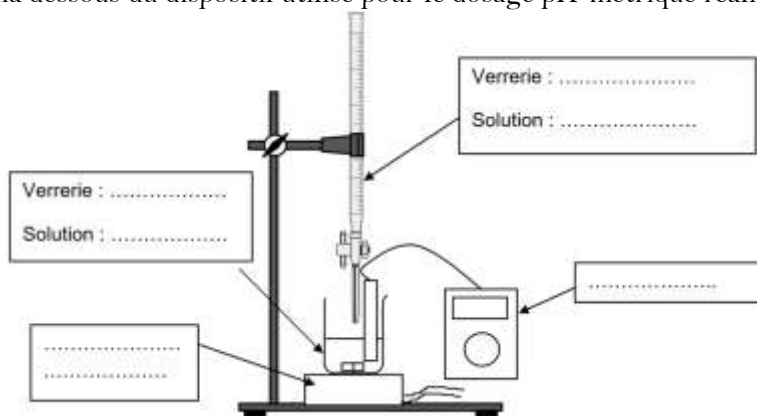
On souhaite préparer un volume V de valeur égale à 100,0 mL d'une solution S_0 d'acide trichloroacétique à 40,0% en masse.

1. Calculer la valeur de la masse m_{at} d'acide trichloroacétique à peser pour préparer cette solution S_0 .
2. Vérifier que la valeur de la concentration en quantité de matière C_0 de la solution S_0 d'acide trichloroacétique ainsi préparée, est égale à $3,67 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On réalise une dilution au centième de la solution S_0 . Cette solution diluée est notée S_1 .

Un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de la solution S_1 est dosé par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) de concentration $C_2 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

3. Annoter le schéma dessous du dispositif utilisé pour le dosage pH-métrique réalisé.



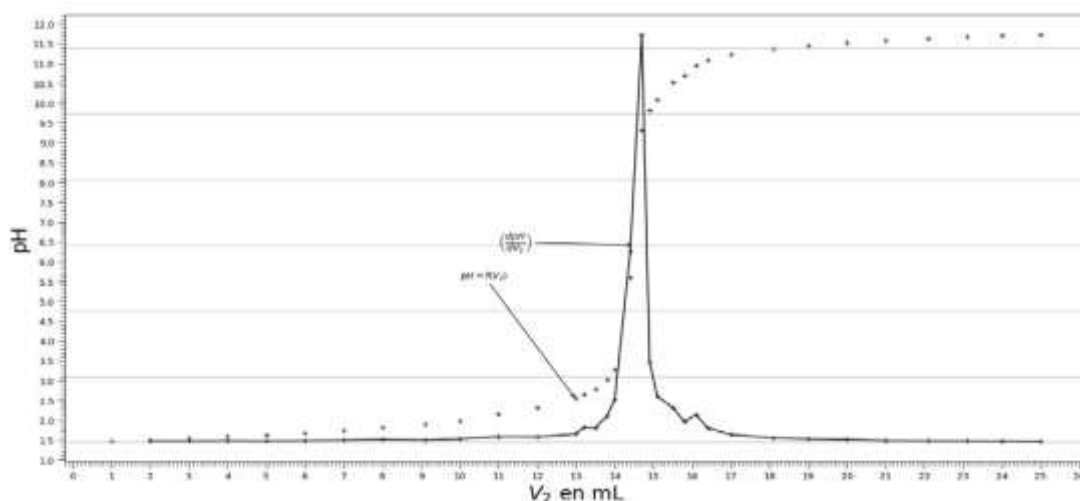


Figure 1 :
Courbe du dosage de la solution S_1 par la solution d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de matière C_2

4. À l'aide de la courbe de la figure 1, déterminer le volume V_{2E} de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. Nommer la méthode utilisée.
5. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation observée durant le dosage.
6. Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière C_1 de la solution diluée d'acide trichloroacétique S_1 .
7. En déduire la valeur de la concentration en quantité de matière C_{0exp} de la solution aqueuse d'acide trichloroacétique S_0 .

★★
★★
★★
★★
★★
★★

On note $u(C_{0exp})$ l'incertitude-type sur la valeur de la concentration C_{0exp} de la solution S_0 . Une simulation via l'exécution d'un programme Python donne la valeur de $u(C_{0exp})$ égale à $4 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Donnée :

Le résultat d'une mesure est en accord avec une valeur de référence si la valeur du quotient $\frac{|X - X_{réf}|}{u(X)}$ est inférieure ou égale à 2, avec :

X , la valeur expérimentale,
 $X_{réf}$, la valeur de référence,
 $u(X)$, l'incertitude-type.

8. Vérifier la compatibilité de la valeur de C_{0exp} trouvée à l'issue du dosage à celle de la valeur de référence C_0 de la question 2.

★★
★★

Pour mettre en place un contrôle-qualité rapide et plus systématique, on souhaite remplacer l'usage du pH-mètre dans le dosage par l'emploi d'un simple indicateur coloré acido-basique.

Indicateur coloré	zone de virage	forme acide	forme basique
Bleu de thymol	1,2 à 2,8	rouge	jaune
Rouge de phénol	6,0 à 8,0	jaune	rouge
Thymolphaléine	9,3 à 10,5	incolore	bleu

Figure 2. Tableau présentant les caractéristiques de quelques indicateurs colorés acido-basiques disponibles

9. À partir de la figure 2, choisir l'indicateur coloré le plus pertinent pour le dosage de l'acide trichloroacétique parmi le choix proposé. Justifier la réponse.
10. Après avoir réalisé le dosage et versé 25 mL d'hydroxyde de sodium, quelle est la couleur du mélange dans le bécher ? Justifier la réponse.

★★
★★

TOTAL Exercice / 17

Exercice 2:

Dans les élevages ovins, les agneaux consomment des céréales et des protéagineux riches en phosphore qui favorisent la formation de minuscules cristaux dans l'urine de ces animaux. Ces cristaux sont à l'origine d'une maladie appelée lithiase urinaire ou gravelle.

D'après le site *des partenaires de la production ovine en France (inn-ovin.fr)*, l'ajout quotidien de chlorure d'ammonium à l'alimentation des agneaux, à raison de 300 mg (à 10 % près) par kilogramme de masse corporelle, est une solution efficace pour prévenir cette maladie. Le chlorure d'ammonium est en effet un acide qui permet d'abaisser le pH des urines pour le bien-être des animaux.

Un éleveur administre chaque jour, à un agneau de 24 kg, un litre de solution de chlorure d'ammonium ($\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) qu'il a préparé lui-même.

On souhaite vérifier que la préparation de l'éleveur est conforme à la préconisation du site des *partenaires de la production ovine en France*.

Donnée : masse molaire du chlorure d'ammonium solide NH_4Cl (s) : $M = 53,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Partie A : Réalisation de la solution

L'éleveur dissout une masse m_A de d'ammonium solide NH_4Cl (s) dans un volume d'eau $V_{\text{sol}} = 1,00 \text{ L}$ d'eau. La concentration en quantité de matière apportée de chlorure d'ammonium est notée C_A

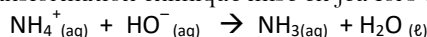
1. Écrire l'équation de dissolution du chlorure d'ammonium solide NH_4Cl (s)
2. Écrire les relations entre C_A et les concentrations effectives des ions ammonium $[\text{NH}_4^+]$ et des ions chlorure $[\text{Cl}^-]$ en justifiant rapidement.

★★
★★
★★

Partie B : Réalisation du titrage

On réalise le titrage conductimétrique d'un volume $V_A = 10,00$ mL de la solution préparée par l'élèveur par une solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration apportée en quantité de matière $C_B = (0,100 \pm 0,002)$ mol.L⁻¹.

L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique mise en jeu lors du titrage est la suivante :



3. Indiquer en justifiant, si la transformation chimique mise en jeu lors du titrage est une réaction acido-basique ou d'oxydo-réduction.

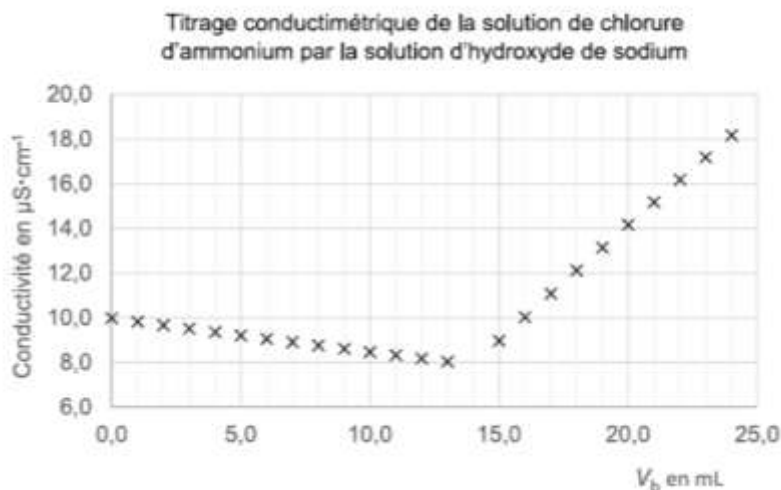
**

4. Réaliser un schéma légendé du dispositif de titrage conductimétrique, en nommant la verrerie et les solutions.

**

**

On obtient la courbe suivante :



5. Exprimer, en fonction des données et de la courbe ci-dessus, la concentration C_A en quantité de matière apportée de chlorure d'ammonium de la solution préparée par l'élèveur, puis calculer sa valeur.

**

**

**

L'incertitude type sur la valeur de la concentration obtenue satisfait à la relation :

$$U(C_A) = C_A \times \sqrt{\left(\frac{U(C_B)}{C_B}\right)^2 + \left(\frac{U(V_{eq})}{V_{eq}}\right)^2 + \left(\frac{U(V_A)}{V_A}\right)^2}$$

L'incertitude type sur le volume à l'équivalence est estimée à $U(V_{eq}) = 0,1$ mL.

Les incertitudes type notées sur la verrerie sont :

- burette de 25 mL : $\pm 0,05$ mL
- pipette jaugée de 10 mL : $\pm 0,02$ mL
- éprouvette graduée de 250 mL : ± 1 mL

6. Après avoir calculé l'incertitude type $U(C_A)$, proposer un encadrement de la concentration C_A de la solution préparée par l'élèveur.

**

**

7. Déterminer la masse m_A de chlorure d'ammonium apportée par l'élèveur quotidiennement à l'agneau et comparer ce résultat à la valeur préconisée par le site des partenaires de la production ovine en France.

**

**

**

**

Sous Total / 14

Partie C : Simulation du titrage (Bonus)

Pour simuler l'évolution des quantités de matières de cinq espèces chimiques présentes en solution lors du titrage précédent : NH_4^+ ; HO^- ; Cl^- ; Na^+ et NH_3 on utilise un programme en langage Python. Dans ce programme, les quantités de matière sont notées nA, nB, nC, nS_A et nS_B.

```

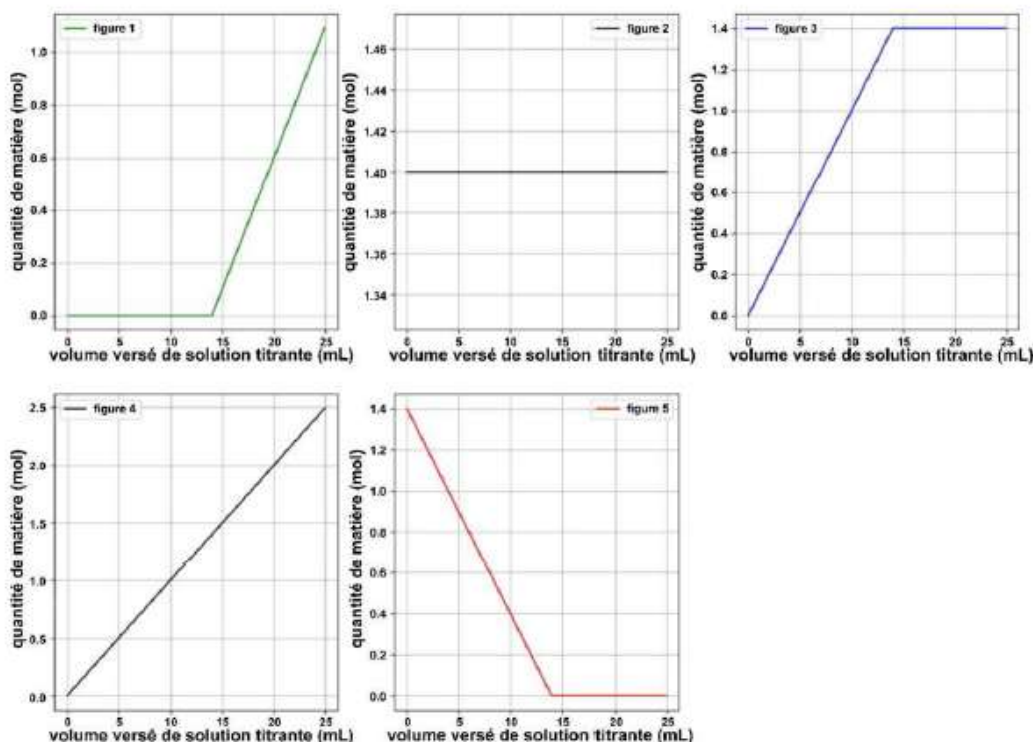
1 # Simulation du titrage dont la réaction support est de la forme
2 # a A + b B -> c C + H2O
3 # a, b, c et d sont les coefficients stoechiométriques
4 from matplotlib import pyplot as plt
5
6 a=      # nombre stoechiométrique de l'espèce à titrer A COMPLETER
7 b=      # nombre stoechiométrique de l'espèce titrante A COMPLETER
8 c=      # nombre stoechiométrique du produit de la réaction A COMPLETER
9 Ca=0.14 # concentration de la solution à titrer (mol/L)
10 Va=10.0 # volume de la solution à titrer (mL)
11 Cb=0.10 # concentration de la solution titrante (mol/L)
12 Veq=    # Calcul du volume à l'équivalence (mL) A COMPLETER
13 pasVb=0.1
14 nA,nB,nC,nS_A,nS_B=[],[],[],[],[]
15 v=[i/10 for i in range(250)]
16 for Vb in v:
17     if Vb<Veq:
18         nA.append((Ca*Va-Cb*Vb*a/b)
19                 # A COMPLETER AVEC LE CALCUL DE nB
20         nC.append(c/b*Cb*Vb)
21         nS_A.append(Ca*Va)
22         nS_B.append(Cb*Vb)
23     else:
24         nA.append(0)
25         nB.append(Cb*Vb-Cb*Veq)
26         nC.append(c/b*Cb*Veq)
27         nS_A.append(Ca*Va)
28         nS_B.append(Cb*Vb)

```

8. Compléter le code à écrire aux lignes 6, 7 et 8. Ecrire les lignes sur votre feuille

9. Identifier les espèces qui correspondent aux variables nS_A et nS_B.

Chacun des cinq graphiques suivants, obtenus à l'aide du programme en langage Python représente l'évolution de la quantité de matière d'une des espèces chimiques en fonction du volume versé de solution titrante.



10. En justifiant explicitement le raisonnement, indiquer pour chaque graphe l'espèce chimique correspondante.

11. Compléter le code des lignes 12 et 19. Ecrire les lignes sur votre feuille

TOTAL Bonus / 8