

**EXERCICE B. ADDITIF ALIMENTAIRE POUR LES AGNEAUX (5 POINTS)**

*Mots-clés : titrage avec suivi conductimétrique ; incertitudes-types composées ; programme en langage Python.*

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 d'environ 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 d'une solution de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ ) qu'il a préparée lui-même.

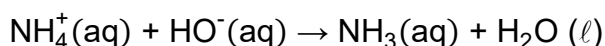
On souhaite vérifier que la préparation de l'éleveur est conforme à la préconisation du site des *partenaires de la production ovine en France*.

**Donnée :** masse molaire du chlorure d'ammonium solide  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$  :  $M = 53,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

**A. Réalisation du titrage**

On réalise le titrage conductimétrique d'un volume  $V_A = 10,00 \text{ mL}$  de la solution préparée par l'éleveur, diluée avec  $V_{\text{eau}} = 200 \text{ mL}$  d'eau distillée, par une solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration apportée en quantité de matière  $C_B = (0,100 \pm 0,002) \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

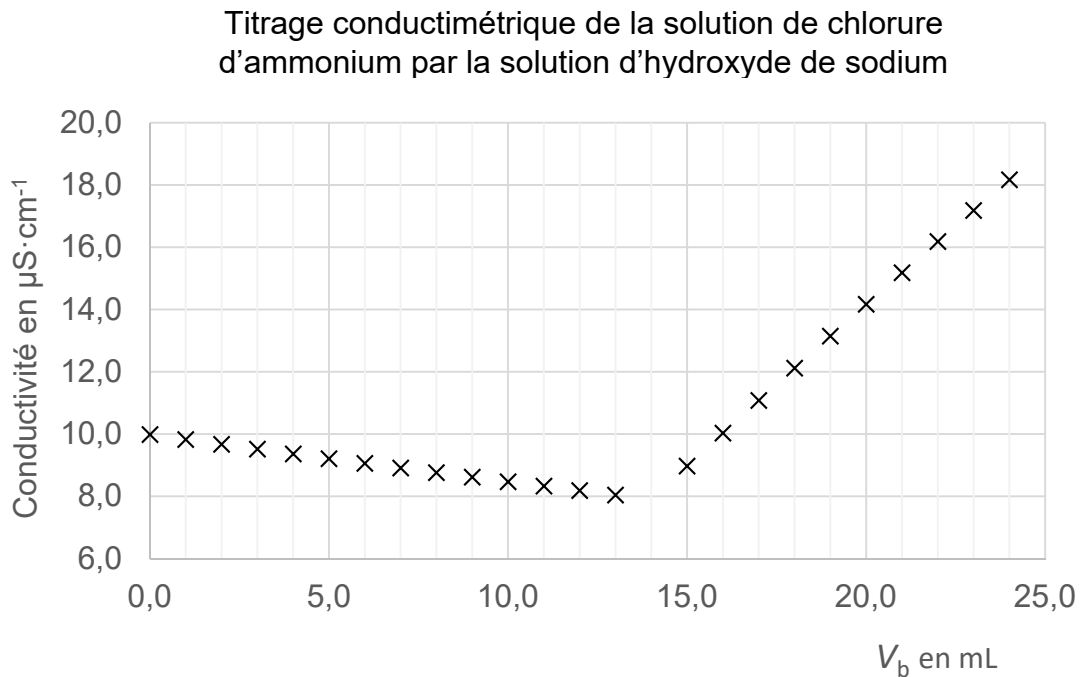
L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique mise en jeu lors du titrage est la suivante :



- A.1.** Indiquer, en justifiant, si la transformation chimique mise en jeu lors du titrage est une réaction acido-basique ou d'oxydoréduction.
- A.2.** Réaliser un schéma légendé du dispositif de titrage conductimétrique, en nommant la verrerie et les solutions.

## Exercice B (au choix)

On obtient la courbe suivante :



**A.3.** Exprimer, en fonction des données, 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 :

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

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

Les incertitudes 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 :  $\pm 1$  mL

**A.4.** Proposer un encadrement de la concentration de la solution préparée par l'élèveur.

**A.5.** Déterminer la masse 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*.

## Exercice B (au choix)

### **B. Simulation du titrage**

Pour simuler l'évolution des quantités de matière de cinq espèces chimiques présentes en solution lors du titrage précédent :  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{HO}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{NH}_3$  on utilise un programme en langage python.

Dans ce programme, les quantités de matière sont notées nA, nB, nC, nS\_A et nS\_B.

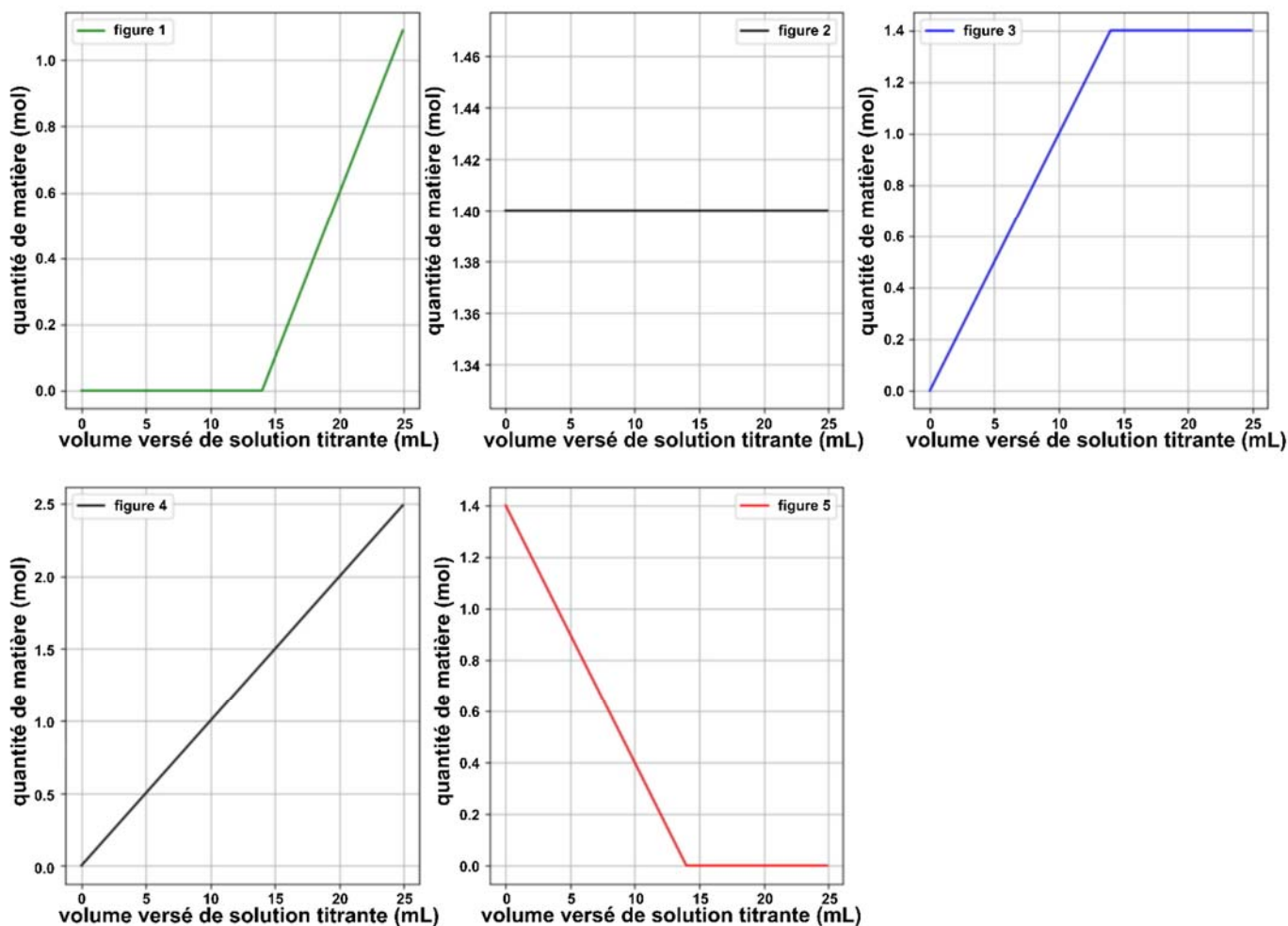
```
1 # Simulation du titrage dont la réaction support est de la forme
2 # a A + b B -> c C + H2O
3 # a, b, c et d sont les coefficients stoechiométriques
4 from matplotlib import pyplot as plt
5
6 a=      # nombre stoechiométrique de l'espèce à titrer A COMPLETER
7 b=      # nombre stoechiométrique 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)
```

**B.1.** Compléter le code à écrire aux lignes 6, 7 et 8.

**B.2.** Identifier les deux espèces chimiques qui correspondent aux variables nS\_A et nS\_B.

## Exercice B (au choix)

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.



**B.3.** En justifiant explicitement le raisonnement, indiquer pour chaque graphe l'espèce chimique correspondante.

**B.4.** Compléter le code des lignes 12 et 19.