

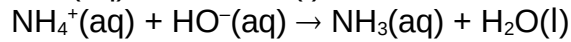
## ADDITIF ALIMENTAIRE POUR LES AGNEAUX (5 points) - CORRECTION

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

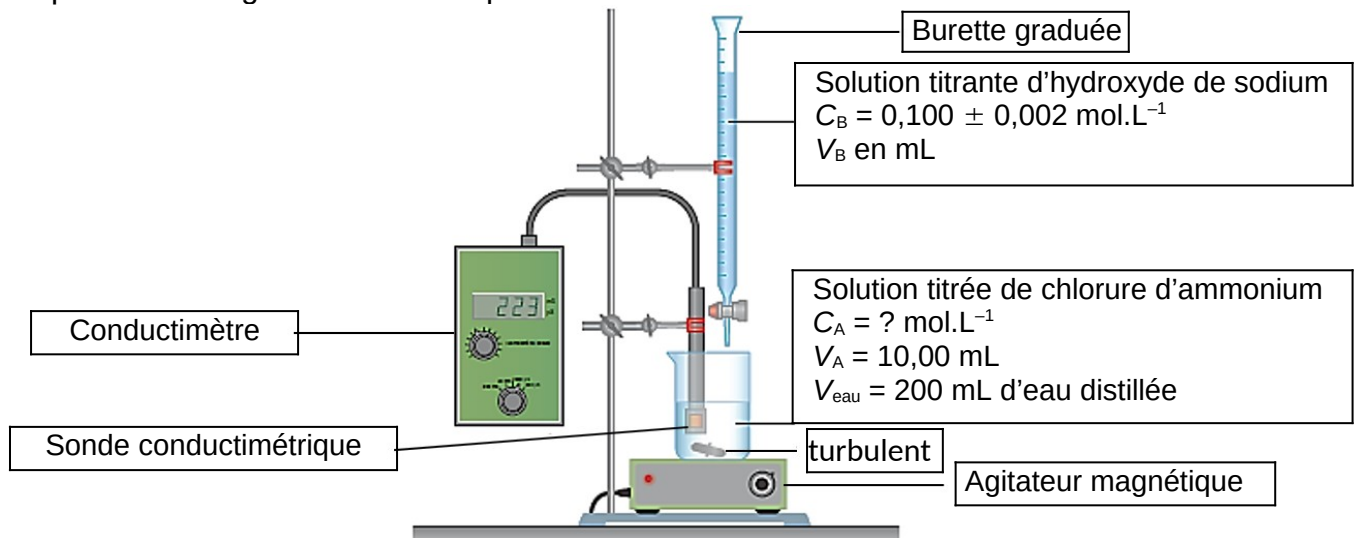
### A. Réalisation du titrage

**A.1.** L'équation  $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  traduit une **réaction acido-basique**.

En effet, on peut identifier les **deux couples acide / base** associés aux demi-équations :



**A.2.** Dispositif du titrage conductimétrique :



**A.3.** À l'équivalence, les réactifs sont mélangés dans les proportions stœchiométriques de l'équation de titrage  $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$$\text{soit : } \frac{n_A(\text{NH}_4^+)}{1} = \frac{n_E(\text{HO}^-)}{1}$$

$$\text{donc : } C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{\text{eq}} \quad \text{d'où :}$$

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_{\text{eq}}}{V_A}$$

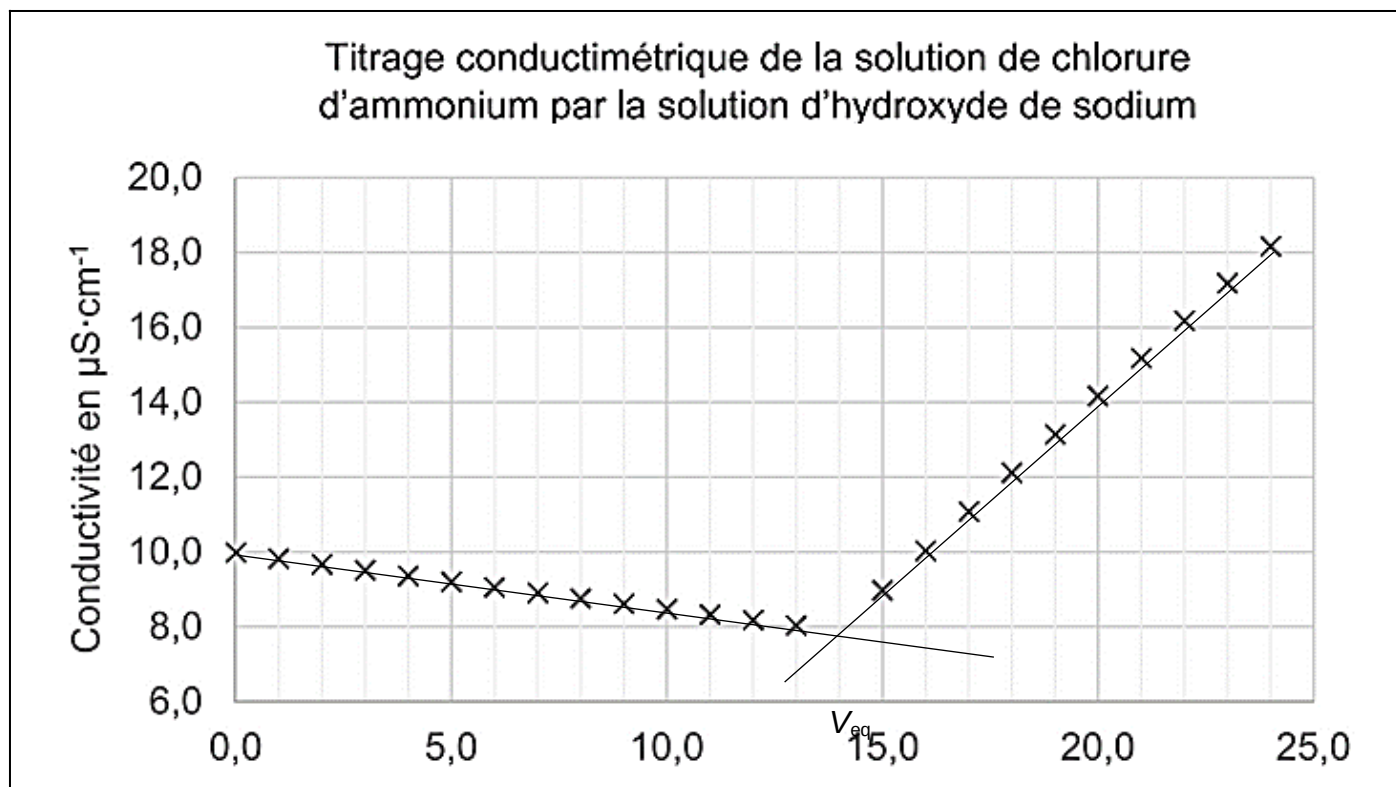
Pour déterminer le volume équivalent, on trace les deux segments de droite modélisant l'évolution de la conductivité. L'abscisse leur point d'intersection donne la valeur du volume à l'équivalence  $V_{\text{eq}}$  (voir ci-après).

Graphiquement, on lit  $V_{\text{eq}} = 14,0 \text{ mL}$ .

$$\text{soit } C_A = \frac{0,100 \times 14,0}{10,00} = 0,140 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$0.10 \cdot 14.0 / 10.0 = 0.14$$

### Titration conductimétrique de la solution de chlorure d'ammonium par la solution d'hydroxyde de sodium



A.4. On a :  $U(C_A) = C_A \times \sqrt{\left(\frac{U(C_B)}{C_B}\right)^2 + \left(\frac{U(V_{eq})}{V_{eq}}\right)^2 + \left(\frac{U(V_A)}{V_A}\right)^2}$

$U(C_A) = 0,140 \times \sqrt{\left(\frac{0,002}{0,100}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{14,0}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{10,00}\right)^2} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

```
1.40E-1*sqrt((0.002/0.100)^2+(0.1/14.0)^2+(0.02/10.00)^2)
.002986369
```

On ne conserve qu'un seul chiffre significatif pour  $U(C_A)$ .

Donc :  $C_A = (0,140 \pm 0,003) \text{ mol.L}^{-1}$  soit  $0,137 \text{ mol.L}^{-1} < C_A < 0,143 \text{ mol.L}^{-1}$

A.5. La masse  $m$  de chlorure d'ammonium  $\text{NH}_4\text{Cl(s)}$  dans  $V = 1,00 \text{ L}$  de solution de l'éleveur est :  $m = n.M = C_A.V.M.$

En tenant compte de l'encadrement de  $C_A$  :

$0,137 \times 1,00 \times 53,5 \text{ g} < m < 0,143 \times 1,00 \times 53,5 \text{ g}$   
soit  $7,33 \text{ g} < m < 7,65 \text{ g}.$

```
1.37E-1*1*53.5
7.3295
1.43E-1*1*53.5
7.6505
```

Le site indique :  $300 \text{ mg} = 0,300 \text{ g}$  par kg d'agneau à 10 % près.

Pour un agneau de  $24 \text{ kg}$  cela correspond à une masse  $m'$  :

$24 \times 0,270 \text{ g} < m' < 24 \times 0,330 \text{ g}$  soit  $6,48 \text{ g} < m' < 7,92 \text{ g}.$

Les valeurs de  $m$  sont bien comprises dans l'encadrement de  $m'$ . L'éleveur apporte bien à l'agneau la masse de chlorure d'ammonium préconisée par le site.

```
24*0.27
6.48
24*0.33
7.92
```

## B. Simulation du titrage

```
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** L'équation de la réaction support du titrage est de la forme :  $a A + b B \rightarrow c C + H_2O$  (ligne 1) avec  $a$ ,  $b$  et  $c$  les coefficients stoechiométriques.

L'équation de la réaction de titrage étant :  $NH_4^+(aq) + HO^-(aq) \rightarrow NH_3(aq) + H_2O(l)$

On en déduit :

Ligne 6 :  $a = 1$  ;

Ligne 7 :  $b = 1$  ;

Ligne 8 :  $c = 1$ .

**B.2.** Ligne 21 (et 27) `nS_A.append(Ca*Va)`. Cette ligne de code correspond à la quantité initiale d'ions chlorure  $Cl^-$  soit  $n_A = C_A \cdot V_A = 0,140 \times 10,00 \times 10^{-3} \text{ mol} = 1,40 \text{ mmol}$ . (S = spectateur ?).

Ligne 22 (et 28) `nS_B.append(Cb*Vb)`. Cette ligne correspond à la quantité d'ions sodium  $Na^+$  versée :  $n_B = C_B \cdot V_B$ .

**B.3. Figure 1** : la quantité de matière est nulle jusqu'à l'équivalence puis elle augmente  $\Rightarrow$  graphe de  $n(HO^-)$  car  $HO^-$  est le réactif limitant avant l'équivalence et le réactif en excès après.

**Figure 2** : la quantité de matière reste constante  $\Rightarrow$  graphe de  $n(Cl^-)$  car  $Cl^-$  est un ion spectateur donc sa quantité de matière reste constante dans le bécher et égale à 1,40 mmol.

**Figure 3** : la quantité de matière augmente jusqu'à l'équivalence puis reste constante  $\Rightarrow$  graphe de  $n(NH_3)$  car  $NH_3$  est formé jusqu'à l'équivalence et n'est plus formé au-delà.

**Figure 4** : la quantité de matière augmente constamment  $\Rightarrow$  graphe de  $n(Na^+)$  car  $Na^+$  est un ion spectateur ; il est apporté dans le bécher tout au long du titrage.

**Figure 5** : la quantité de matière diminue depuis 1,4 mmol jusqu'à l'équivalence et est nulle après  $\Rightarrow$  graphe de  $n(NH_4^+)$  car  $NH_4^+$  est consommé avant l'équivalence et est le réactif limitant après.

**Remarque** : les quantités sur les ordoonnées devraient être en mmol et non en mol.

**B.4.** Ligne 12 :  $V_{eq} = Ca \cdot Va / Cb$

Ligne 19 : `nB.append(0)` car  $HO^-$  est le réactif limitant.