# Dosage de l'ammoniac dans un produit ménager

Bac S 2020 Métropole remplacement (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 55 min**

**1.1** Indiquer le rôle du chauffage dans ce protocole d'extraction de l'ammoniac.

D'après les données, l'ammoniac est d'autant moins soluble dans l'eau que la température est élevée. En chauffant le ballon, on abaisse donc sa solubilité : l'ammoniac dissous quitte le liquide sous forme de gaz et part dans le tube vers l'erlenmeyer.

Le chauffage sert à chasser l'ammoniac dissous hors du liquide d'entretien, sous forme gazeuse.

**COMPRENDRE**
Dans l'erlenmeyer, l'eau distillée est froide : la solubilité de l'ammoniac y est grande, le gaz qui barbote s'y dissout de nouveau. C'est ce qui permet de le récupérer dans la solution S.

**1.2** Expliquer pourquoi le test au bleu de thymol permet de supposer que tout l'ammoniac des 10,0 mL de liquide a été recueilli dans l'erlenmeyer.

L'ammoniac est une base : s'il arrivait encore du gaz ammoniac dans le tube à essais, l'eau deviendrait basique et le bleu de thymol passerait au bleu.

Or la solution du tube reste jaune : elle n'est pas basique, donc le ballon ne dégage plus d'ammoniac.

Au bout d'une heure, plus aucun ammoniac ne sort du ballon : tout l'ammoniac du prélèvement est passé dans l'erlenmeyer.

**PIÈGE**
Dire seulement « la solution est jaune donc neutre » ne suffit pas. Il faut relier la couleur au caractère basique de l'ammoniac, puis à l'absence de gaz encore dégagé.

**2** Déduire de la pesée la masse volumique de l'échantillon de liquide d'entretien de canalisation.

**Données utiles** $V = 200{,}0$ mL ; $m = 220{,}4$ g (fiole tarée)

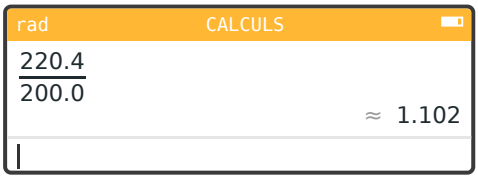
La balance a été tarée avec la fiole vide : la masse lue est celle du liquide seul.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{220{,}4}{200{,}0} = 1{,}102 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$$

$\rho = 1{,}102 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

**COMPRENDRE**
Les deux mesures ont quatre chiffres significatifs, le résultat en garde quatre. Le liquide est plus dense que l'eau ($1{,}000 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$), ce qui est cohérent pour une solution concentrée d'hydroxyde de sodium.

**À LA CALCULATRICE**



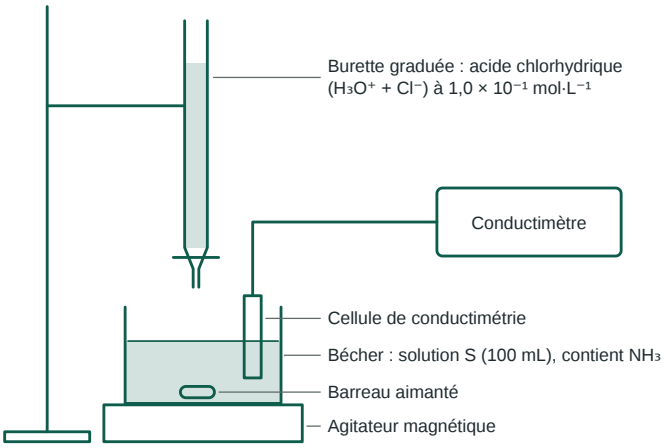
**3.1** Réaliser un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé pour ce titrage conductimétrique.

Le schéma doit montrer et nommer :

- la burette graduée contenant la solution titrante, l'acide chlorhydrique à $1{,}0 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;
- le bécher contenant la solution titrée, les 100 mL de solution S ;
- la cellule de conductimétrie plongée dans la solution et reliée au conductimètre ;
- l'agitateur magnétique et son barreau aimanté.

Schéma légendé ci-dessous.

**PIÈGE**
Les points se perdent sur les légendes : nom et concentration de la solution titrante, nom de la solution titrée, conductimètre relié à la cellule. Un pH-mètre à la place du conductimètre est faux ici.




**3.1** · Montage du titrage conductimétrique de la solution S

**3.2** Justifier que la réaction support du titrage est une réaction acido-basique.

$$\text{NH}_3\,(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{NH}_4{}^+\,(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$$

L'ion oxonium $\text{H}_3\text{O}^+$ perd un ion $\text{H}^+$ et devient $\text{H}_2\text{O}$ : c'est l'acide du couple $\text{H}_3\text{O}^+$ / $\text{H}_2\text{O}$.

L'ammoniac $\text{NH}_3$ gagne cet ion $\text{H}^+$ et devient $\text{NH}_4{}^+$ : c'est la base du couple $\text{NH}_4{}^+$ / $\text{NH}_3$.

Il y a transfert d'un ion $\text{H}^+$ de l'acide $\text{H}_3\text{O}^+$ vers la base $\text{NH}_3$ : la réaction est acido-basique.

**MÉTHODE**
Pour reconnaître une réaction acido-basique : repérer les deux couples acide/base, puis vérifier que l'acide de l'un donne un $\text{H}^+$ à la base de l'autre.

**3.3** Justifier l'allure de l'évolution de la conductivité avant et après l'équivalence.

**Données utiles** en $\mathrm{mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}}$ : $\lambda(H_3O^+) = 35{,}5$ ; $\lambda(Cl^-) = 7{,}6$ ; $\lambda(NH_4^+) = 7{,}3$

Seuls les ions participent à la conductivité : $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$. La molécule $NH_3$ n'y contribue pas.

**Avant l'équivalence** : les ions $H_3O^+$ versés sont tous consommés. Chaque ajout forme des ions $NH_4^+$ et apporte des ions $Cl^-$, spectateurs. Les concentrations de ces deux ions augmentent, donc $\sigma$ augmente.

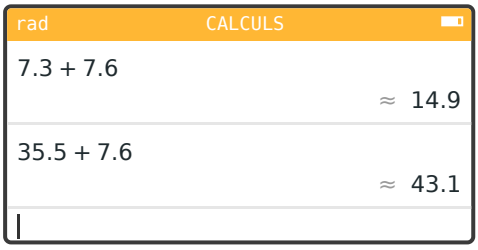
**Après l'équivalence** : il n'y a plus d'ammoniac, il ne se forme plus d'ions $NH_4^+$. Les ions $H_3O^+$ et $Cl^-$ versés s'accumulent, donc $\sigma$ augmente encore. Comme $\lambda(H_3O^+)$ est bien plus grande que $\lambda(NH_4^+)$, la hausse est plus rapide.

$\sigma$ croît avant l'équivalence (apparition de $NH_4^+$ et $Cl^-$), puis croît plus vite après (excès de $H_3O^+$, très conducteur) : deux portions de droite, la seconde plus pentue.

**PIÈGE**
Oublier les ions chlorure, ou écrire que $H_3O^+$ fait monter $\sigma$ avant l'équivalence : il y est consommé, sa concentration reste négligeable.

**COMPRENDRE**
Pour un même volume versé, la solution gagne $\lambda(NH_4^+) + \lambda(Cl^-) = 14{,}9$ avant l'équivalence et $\lambda(H_3O^+) + \lambda(Cl^-) = 43{,}1$ après : la pente est presque triplée, comme sur la figure 2.

**À LA CALCULATRICE**



**3.4** Déterminer le pourcentage massique d'ammoniac dans la bouteille de liquide d'entretien de canalisation. Commenter.

**Données utiles** $c_A = 1{,}0 \times 10^{-1}$ mol · L$^{-1}$ ; prélèvement $V_0 = 10{,}0$ mL ; $\rho = 1{,}102$ g · mL$^{-1}$ (Q2) ; $M(\mathrm{H}) = 1{,}0$ et $M(\mathrm{N}) = 14{,}0$ g · mol$^{-1}$ ; bouteille neuve : entre 0,1 % et 0,5 %

**Volume à l'équivalence.** On trace les deux droites qui modélisent les points avant et après la rupture de pente. Elles se coupent en $V_E = 19{,}0$ mL.

**Quantité d'ammoniac.** À l'équivalence, les réactifs ont été mélangés dans les proportions de l'équation (1 pour 1) :

$$n(\mathrm{NH_3}) = n(\mathrm{H_3O^+})_{\text{versé}} = c_A\, V_E$$

$$n(\mathrm{NH_3}) = 1{,}0 \times 10^{-1} \times 19{,}0 \times 10^{-3} = 1{,}9 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol}$$

Toute la solution S a été titrée et elle contient tout l'ammoniac extrait (Q1.2) : c'est la quantité présente dans les 10,0 mL prélevés.

**Masse d'ammoniac.** $M(\mathrm{NH_3}) = 14{,}0 + 3 \times 1{,}0 = 17{,}0$ g · mol$^{-1}$, donc

$$m(\mathrm{NH_3}) = n(\mathrm{NH_3})\, M(\mathrm{NH_3}) = 1{,}9 \times 10^{-3} \times 17{,}0 = 3{,}2 \times 10^{-2}\ \mathrm{g}$$

**Masse du prélèvement.** $m_0 = \rho\, V_0 = 1{,}102 \times 10{,}0 = 11{,}0$ g.

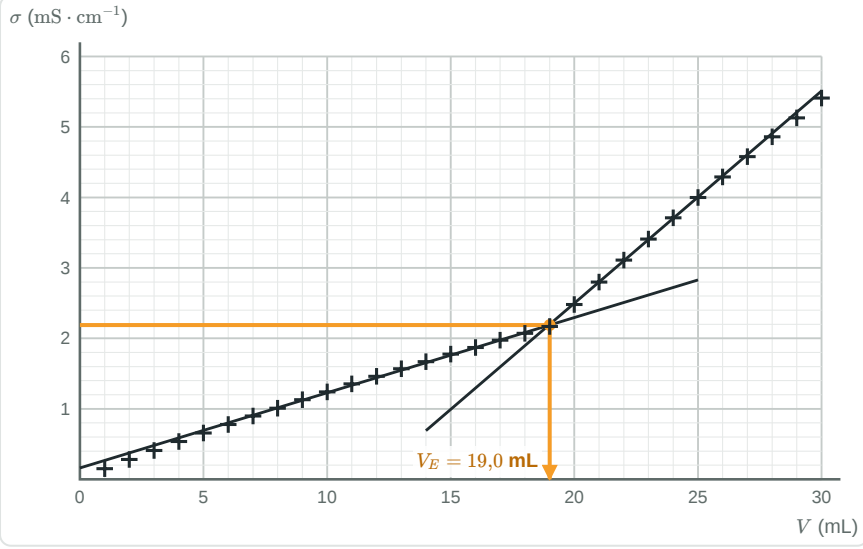
**Pourcentage massique.**

$$w = \frac{m(\mathrm{NH_3})}{m_0} = \frac{c_A\, V_E\, M(\mathrm{NH_3})}{\rho\, V_0}$$

$$w = \frac{1{,}0 \times 10^{-1} \times 19{,}0 \times 10^{-3} \times 17{,}0}{1{,}102 \times 10{,}0} = 2{,}9 \times 10^{-3}$$

**Commentaire.** La valeur trouvée reste dans l'intervalle annoncé pour une bouteille neuve, de 0,1 % à 0,5 %. La bouteille a été ouverte et a donc perdu de l'ammoniac, mais pas assez pour sortir de cet intervalle : le liquide contient encore de quoi alerter l'usager par son odeur.

$w = 2{,}9 \times 10^{-3}$, soit 0,29 % d'ammoniac en masse : valeur comprise entre 0,1 % et 0,5 %.




**3.4** · Figure 2 du sujet : les deux droites se coupent à l'équivalence

**PIÈGE**
Diviser par la masse de la solution S ou par 10,0 g. La masse de l'échantillon est celle des 10,0 mL de liquide d'entretien, à calculer avec la masse volumique de la question 2.

**COMPRENDRE**
Deux chiffres significatifs, comme la concentration $c_A$, la donnée la moins précise. Les 100 mL d'eau de l'erlenmeyer n'interviennent pas : diluer ne change pas la quantité d'ammoniac titrée.

**MÉTHODE**
Question ouverte : annoncer le plan (volume équivalent, quantité, masse, masse de l'échantillon, quotient), puis donner une formule littérale finale avant le calcul. Terminer en comparant à la valeur de l'énoncé.

**À LA CALCULATRICE**

rad CALCULS

$1.0 \times 10^{-1} \times 19.0 \times 10^{-3}$
$\approx 0.0019$

$1.9 \times 10^{-3} \times 17.0$
$\approx 0.0323$

$1.102 \times 10.0$
$\approx 11.02$

$$\frac{1.0 \times 10^{-1} \times 19.0 \times 10^{-3} \times 17.0}{1.102 \times 10.0}$$
$\approx 0.002931034$