Exercice 3 : Dosage de l'ammoniac dans un produit ménager (5 points)

Un liquide d'entretien de canalisation est constitué d'une solution aqueuse concentrée d'hydroxyde de sodium (Na^+ (aq) + HO^-(aq)), dans laquelle on dissout un colorant et un gaz. Ce gaz est l'ammoniac NH_3 dont le pourcentage massique dans la solution est compris entre 0,1 % et 0,5 % pour une bouteille neuve de ce produit ménager.
L'ammoniac est assez volatil et s'échappe, sous forme de gaz, de la solution dès que la bouteille est ouverte ; l'odeur désagréable qui en résulte permet d'alerter les usagers lors de l'utilisation de ce produit ménager. Ainsi la concentration en ammoniac dans la solution évolue lorsque la bouteille est ouverte.

L'objectif de cet exercice est de déterminer le pourcentage massique d'ammoniac du liquide d'entretien de canalisation contenu dans une bouteille qui a déjà été ouverte.

Données :

- Dans les conditions usuelles de température et de pression, l'ammoniac est un gaz ;
- La solubilité de l'ammoniac dans l'eau diminue lorsque la température augmente ;
- L'ammoniac en solution dans l'eau est une base (couple NH_4^+(aq) / NH_3(aq)) ;
- Le pourcentage massique d'une espèce chimique dans un échantillon est égal au quotient de la masse de cette espèce dans l'échantillon par la masse totale de l'échantillon ;
- Une solution aqueuse neutre ou acide contenant du bleu de thymol est de couleur jaune ; une solution aqueuse basique contenant du bleu de thymol est de couleur bleue ;
- L'expression littérale de la conductivité σ d'une solution en fonction des concentrations molaires $[X_i]$ des ions présents et des conductivités molaires ioniques λ_i de chaque ion X_i est : $\sigma = \sum_i \lambda_i . [X_i]$
- Conductivités molaires ioniques λ_i de quelques ions à 25°C :

Ion	H_3O^+	Cl^-	NH_4^+
λ_i (en mS·m²·mol^{-1})	35,5	7,6	7,3

- Masses molaires atomiques : M(H) = 1,0 g·mol^{-1} ; M(N) = 14,0 g·mol^{-1} ;

1. Extraction de l'ammoniac du liquide d'entretien de canalisation

Pour extraire l'ammoniac contenu dans le liquide d'entretien de canalisation, le protocole suivant est mis en œuvre :

- Prélever 10,0 mL du liquide d'entretien de canalisation à l'aide d'une pipette jaugée ;
- Introduire le volume prélevé dans un ballon ;
- Réaliser sous la hotte le montage schématisé ci-après (figure 1) ;
- Recueillir le gaz extrait, qui contient de l'ammoniac, dans un erlenmeyer contenant 100 mL d'eau distillée ; la solution obtenue, contenant l'ammoniac extrait, est notée S ;
- Au bout d'une heure, remplacer l'erlenmeyer par un tube à essais rempli d'eau distillée contenant du bleu de thymol et s'assurer que la solution dans le tube à essais reste de couleur jaune.

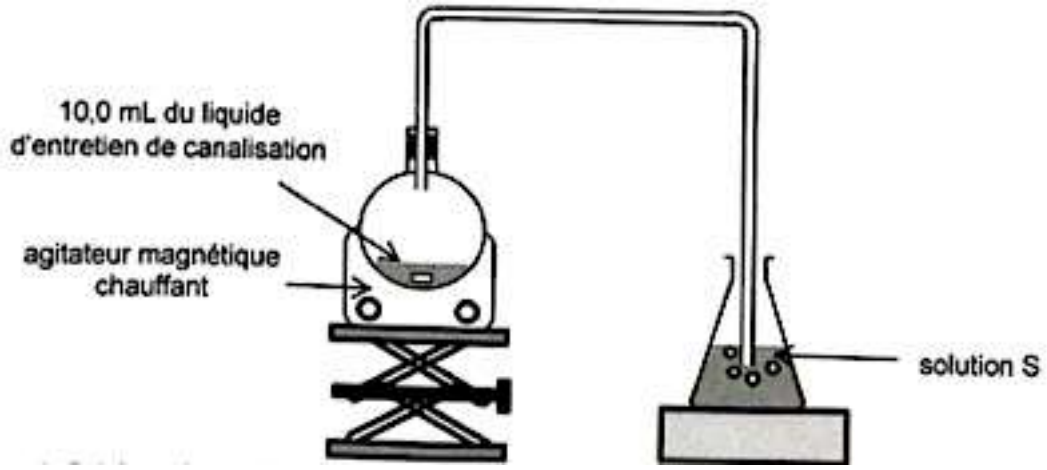


Figure 1 : Schéma du montage expérimental d'extraction de l'ammoniac contenu dans le liquide d'entretien de canalisation

1.1. Indiquer le rôle du chauffage dans ce protocole d'extraction de l'ammoniac.
1.2. Expliquer pourquoi le test au bleu de thymol permet de faire l'hypothèse que tout l'ammoniac contenu dans les 10,0 mL de liquide d'entretien de canalisation a bien été recueilli dans l'erlenmeyer.

2. Détermination de la masse volumique du liquide d'entretien

On réalise l'expérience suivante :

- Placer une fiole jaugée de volume 200,0 mL vide sur une balance et réaliser la tare ;
- Remplir cette fiole de liquide d'entretien jusqu'au trait de jauge ;
- Peser la fiole remplie.

On relève une masse de 220,4 g.

En déduire la masse volumique de l'échantillon de liquide d'entretien de canalisation prélevé.

3. Titrage de l'ammoniac

On réalise le titrage suivi par conductimétrie de la totalité de la solution S (100 mL) recueillie dans l'erlenmeyer par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ($H_3O^+(aq)$ + $Cl^-(aq)$) de concentration molaire $1{,}0\times10^{-1}$ mol·L^{-1}.

L'équation de la réaction support du titrage est la suivante :

$$NH_3(aq) + H_3O^+(aq) \rightarrow NH_4^+(aq) + H_2O(l)$$

On donne ci-dessous l'évolution de la conductivité σ, à 25°C, de la solution contenue dans le becher en fonction du volume de solution titrante versée.

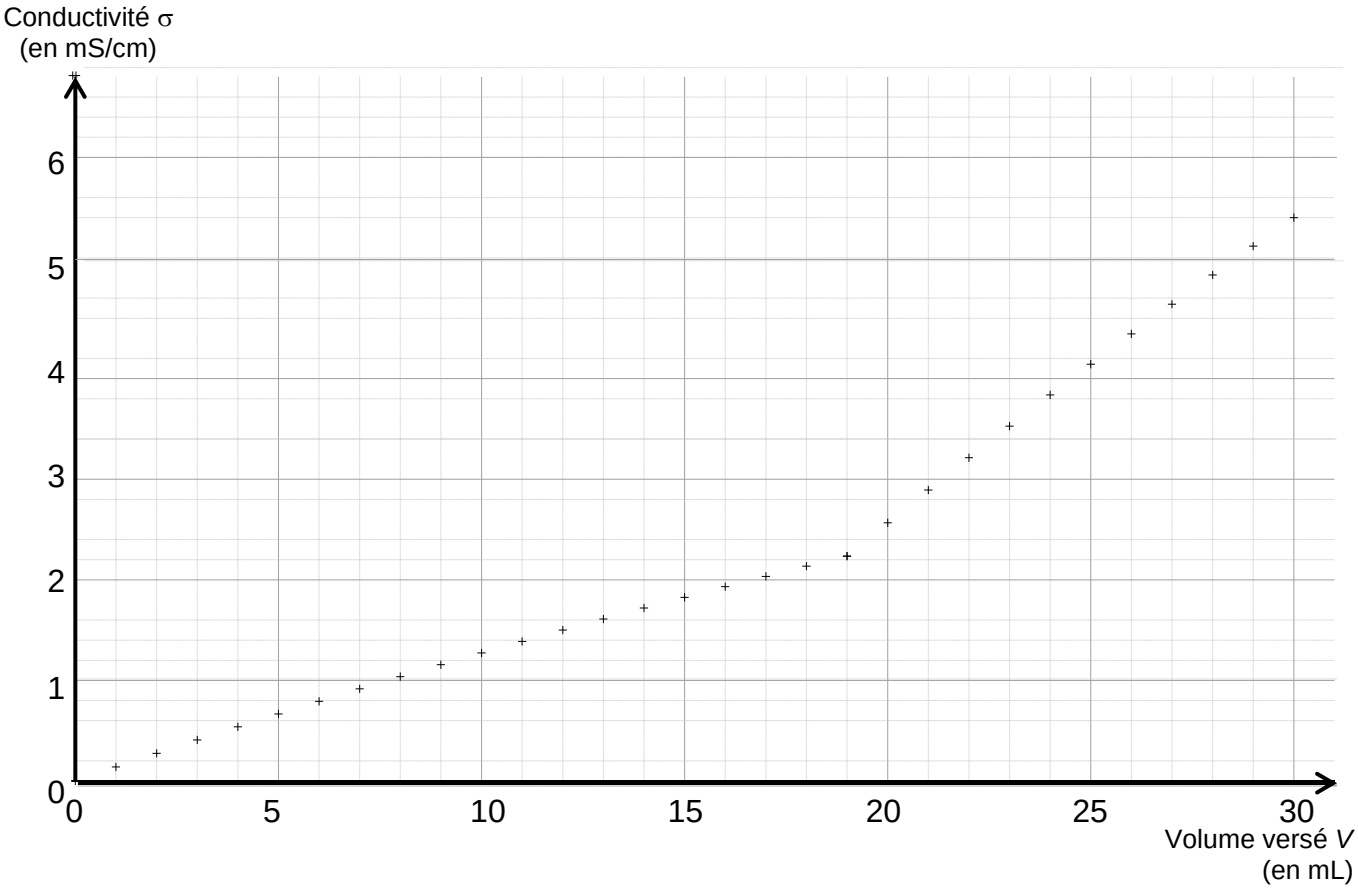


Figure 2 : Évolution de la conductivité σ en fonction du volume V de la solution titrante versée

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

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

3.3. Au cours du titrage, la conductivité de la solution évolue. Justifier l'allure de son évolution avant et après l'équivalence.

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

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.