Pollution ammoniacale

Bac 2025 Asie Jour 1 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Définir un acide selon Brønsted.

Un acide selon Brønsted est une espèce chimique capable de céder au moins un ion hydrogène H^+ (un proton).

COMPRENDRE
Ici, l'acide est l'ion ammonium : $NH_4^+ \longrightarrow NH_3 + H^+$. L'ammoniac, qui peut capter cet ion H^+, est sa base conjuguée.

Q2 Établir le schéma de Lewis de l'ammoniac.

Données utiles $Z(N) = 7$; $Z(H) = 1$

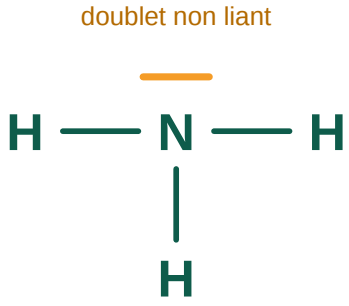
Azote ($Z = 7$) : configuration $1s^2\,2s^2\,2p^3$, soit 5 électrons de valence. Il lui en manque 3 pour atteindre l'octet : il forme 3 liaisons covalentes et garde 1 doublet non liant.

Hydrogène ($Z = 1$) : configuration $1s^1$, soit 1 électron de valence : il forme 1 liaison covalente.

Vérification : $5 + 3 \times 1 = 8$ électrons de valence, soit 4 doublets (3 liants et 1 non liant).

Dans NH_3, l'atome N est lié à trois atomes H par des liaisons simples et porte un doublet non liant.

PIÈGE
Oublier le doublet non liant de l'azote : le schéma est alors faux, car l'azote ne serait entouré que de 6 électrons.



Q2 · Schéma de Lewis de l'ammoniac

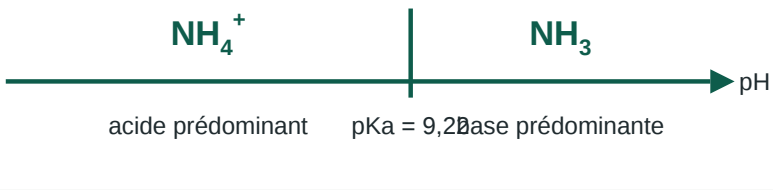
Q3 Représenter le diagramme de prédominance du couple ion ammonium / ammoniaque.

Données utiles $pK_{A1}(NH_4^+/NH_3) = 9{,}22$

Sur un axe gradué en pH, la frontière est placée à $pH = pK_{A1} = 9{,}22$.

NH_4^+ prédomine pour $pH < 9{,}22$; NH_3 prédomine pour $pH > 9{,}22$.

COMPRENDRE
$pH = pK_A + \log \dfrac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$: si $pH < pK_A$, le logarithme est négatif, donc $[NH_4^+] > [NH_3]$.



Q3 · Diagramme de prédominance du couple ion ammonium / ammoniac

Q4 Identifier, en justifiant, l'espèce ammoniacale prédominante dans l'échantillon prélevé.

Données utiles $\mathrm{pH} = 7{,}2$; $\mathrm{p}K_{A1} = 9{,}22$

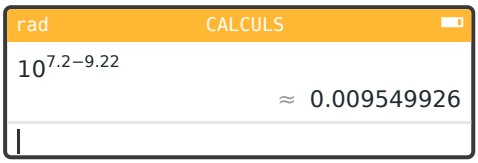
Le pH de l'échantillon vérifie $7{,}2 < 9{,}22$, soit $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_{A1}$: d'après le diagramme de la question Q3, on se trouve dans le domaine de la forme acide du couple.

L'espèce prédominante dans l'échantillon est l'ion ammonium $\mathrm{NH_4^+}$.

COMPRENDRE

L'écart est de 2 unités de pH : $\dfrac{[\mathrm{NH_3}]}{[\mathrm{NH_4^+}]} = 10^{7{,}2-9{,}22} \approx 10^{-2}$. L'ammoniac représente environ 1 % : le négliger ensuite est légitime.

À LA CALCULATRICE



Q5 Choisir, en justifiant, la verrerie utilisée pour réaliser la dilution de la solution S_0.

Données utiles volume de solution S à préparer : $V_S = 50{,}0$ mL ; dilution au dixième

Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté est conservée : $c_0\,V_0 = c_1\,V_S$.

Diluer dix fois signifie $c_0 = 10\,c_1$, donc :

$$V_0 = \frac{c_1\,V_S}{c_0} = \frac{V_S}{10} = \frac{50{,}0}{10} = 5{,}0\ \mathrm{mL}$$

Prélever et ajuster un volume avec précision impose de la verrerie jaugée : les éprouvettes graduées et l'erlenmeyer ne conviennent pas.

On prélève $V_0 = 5{,}0$ mL de S_0 avec la pipette jaugée de 5,0 mL (depuis un bécher), puis on complète à l'eau distillée dans la fiole jaugée de 50,0 mL.

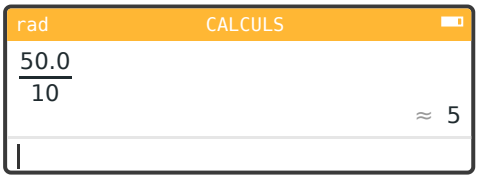
PIÈGE

Plonger la pipette directement dans le flacon de S_0 : on verse d'abord un peu de solution mère dans un bécher, d'où sa présence dans la liste.

MÉTHODE

Facteur de dilution $F = \dfrac{c_0}{c_1} = \dfrac{V_{\text{fille}}}{V_{\text{mère}}}$: le volume de la fiole divisé par F donne le volume de la pipette.

À LA CALCULATRICE



Q6 Justifier sans calcul l'évolution de la courbe de la figure 1 avant et après l'équivalence.

Données utiles λ^0 en $\mathrm{mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}}$: NH_4^+ : 7,35 ; Na^+ : 5,01 ; HO^- : 19,8

La conductivité dépend des ions présents : $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$ (loi de Kohlrausch).

Avant l'équivalence, HO^- est le réactif limitant : chaque ion HO^- versé est consommé et fait disparaître un ion NH_4^+, tandis qu'un ion spectateur Na^+ est apporté. Tout se passe comme si Na^+ remplaçait NH_4^+. Comme $\lambda^0(Na^+) < \lambda^0(NH_4^+)$, la conductivité diminue, faiblement car les deux valeurs sont proches.

Après l'équivalence, il n'y a plus d'ions NH_4^+ : les ions Na^+ et HO^- versés s'accumulent. Leurs concentrations augmentent et HO^- est très conducteur : la conductivité augmente nettement.

Avant l'équivalence, σ diminue légèrement (Na^+ remplace NH_4^+) ; après, σ augmente fortement (ajout de Na^+ et HO^- en excès).

PIÈGE
Oublier l'ion spectateur Na^+. Sans lui, on ne peut pas expliquer pourquoi la pente avant l'équivalence est faible et non fortement négative.

MÉTHODE
Dresser un tableau à trois lignes (NH_4^+, Na^+, HO^-) et deux colonnes (avant, après) : concentration qui diminue, augmente ou reste nulle. Puis comparer les λ^0.

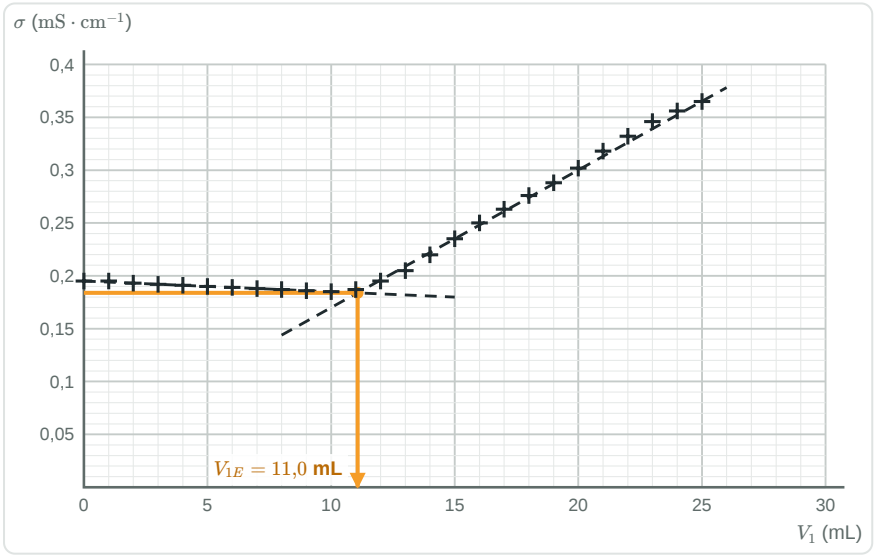
Q7 Déterminer la valeur du volume V_{1E} d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence en explicitant la méthode utilisée.

La courbe présente deux portions rectilignes de pentes différentes. On trace la droite modélisant les points avant la rupture de pente et celle modélisant les points après.

Le point d'intersection de ces deux droites correspond à l'équivalence : son abscisse est le volume équivalent.

Par lecture graphique : $V_{1E} = 11{,}0$ mL.

PIÈGE
Relier les points à main levée ou lire le minimum de la courbe. Les points proches de l'équivalence s'écartent des droites : on trace chaque droite avec les points qui en sont éloignés.



Q7 · Figure 1 du sujet : les deux droites se coupent à l'équivalence

Q8 Indiquer si l'échantillon d'eau de rivière est pollué par l'azote ammoniacal (démarche à présenter).

Données utiles $V = 200{,}0$ mL ; $c_1 = 3{,}50 \times 10^{-4}$ mol · L^{-1} ; $V_{1E} = 11{,}0$ mL (Q7) ; $M(\text{N}) = 14{,}0$ g · mol^{-1} ; $M(\text{H}) = 1{,}0$ g · mol^{-1} ; seuil : $0{,}10$ mg · L^{-1}

Concentration en quantité de matière. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support du titrage, ici une mole pour une mole :

$n(\text{NH}_4^+)_{\text{initial}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}$, soit $c\,V = c_1\,V_{1E}$, d'où :

$$c = \frac{c_1\,V_{1E}}{V} = \frac{3{,}50 \times 10^{-4} \times 11{,}0}{200{,}0} = 1{,}93 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Concentration en masse. $M(\text{NH}_4^+) = 14{,}0 + 4 \times 1{,}0 = 18{,}0$ g · mol^{-1}

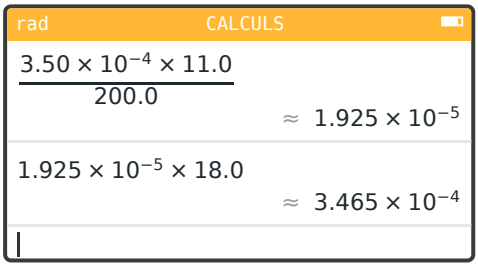
$$c_m = c \times M(\text{NH}_4^+) = 1{,}93 \times 10^{-5} \times 18{,}0 = 3{,}5 \times 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

soit $c_m = 0{,}35$ mg · L^{-1}.

Comparaison. $0{,}35$ mg · L$^{-1} > 0{,}10$ mg · L^{-1} : la valeur mesurée vaut environ 3,5 fois le seuil.

$c_m \approx 0{,}35$ mg · L^{-1}, supérieure à la limite de $0{,}10$ mg · L^{-1} : l'eau de la rivière est polluée par l'azote ammoniacal.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Utiliser le facteur 10 de la dilution : il a servi à préparer la solution titrante S, dont la concentration c_1 est déjà donnée. L'échantillon d'eau, lui, n'est pas dilué.

COMPRENDRE
Volumes au numérateur et au dénominateur dans la même unité : les mL se simplifient. V_{1E} est lu sur un graphique, donc peu précis : deux chiffres significatifs suffisent pour c_m.

COMPRENDRE
Si le seuil est exprimé en masse d'azote seul, $c_m = c \times M(\text{N}) \approx 0{,}27$ mg · L^{-1} : la conclusion est la même.