Un apport de magnésium

Bac 2021 Amérique du Nord Sujet 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 55 min**

1 Indiquer la verrerie à utiliser pour préparer la solution d'hydroxyde de sodium par dilution, avec un seul prélèvement de S_0. Expliquer.

Données utiles $C_0 = 1{,}00 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $C_B = 4{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; fioles jaugées de 50,0 ; 100,0 ; 200,0 mL ; pipettes jaugées de 10,0 ; 20,0 ; 25,0 mL

Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté prélevée se retrouve intégralement dans la solution fille : $C_0\,V_0 = C_B\,V_B$, avec V_0 le volume de S_0 prélevé et V_B le volume de la fiole.

$$\frac{V_0}{V_B} = \frac{C_B}{C_0} = \frac{4{,}00 \times 10^{-2}}{1{,}00 \times 10^{-1}} = 0{,}400$$

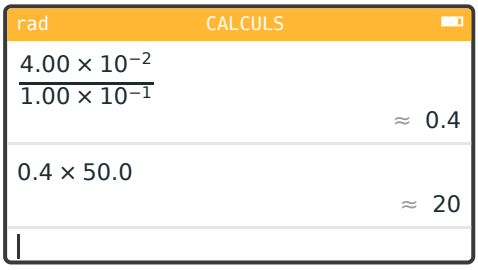
Essai des trois fioles : $0{,}400 \times 50{,}0 = 20{,}0$ mL ; $0{,}400 \times 100{,}0 = 40{,}0$ mL ; $0{,}400 \times 200{,}0 = 80{,}0$ mL. Seul 20,0 mL correspond à une pipette disponible.

Pipette jaugée de **20,0 mL** pour prélever S_0 et fiole jaugée de **50,0 mL**, complétée à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

PIÈGE
Prélever 40,0 mL en deux fois avec la pipette de 20,0 mL pour la fiole de 100,0 mL : l'énoncé impose un seul prélèvement.

MÉTHODE
Calculer d'abord le rapport V_0/V_B (ici 0,400, soit une dilution d'un facteur 2,5), puis tester chaque fiole : une seule donne un volume de pipette existant.

À LA CALCULATRICE



2 Écrire l'équation de la réaction support du titrage, puis définir l'équivalence.

Les ions oxonium de l'éluat réagissent avec les ions hydroxyde de la solution titrante :

$$\text{H}_3\text{O}^+\,(\text{aq}) + \text{HO}^-\,(\text{aq}) \longrightarrow 2\,\text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$$

L'équivalence est l'état du système pour lequel le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : ils sont alors tous deux entièrement consommés.

À l'équivalence : $n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{éluat}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé à l'équivalence}}$

COMPRENDRE
Les ions Na^+ sont spectateurs : ils n'apparaissent pas dans l'équation. Avant l'équivalence, HO^- est le réactif limitant ; après, c'est H_3O^+.

3 Justifier, par un raisonnement détaillé, le choix possible de l'indicateur coloré pour un titrage colorimétrique.

Données utiles zones de virage : hélianthine 3,1 – 4,4 ; bleu de bromothymol 6,0 – 7,6 ; jaune d'alizarine 10,1 – 12,0

Un indicateur coloré convient si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence : il change alors de teinte à la goutte près, dans le saut de pH.

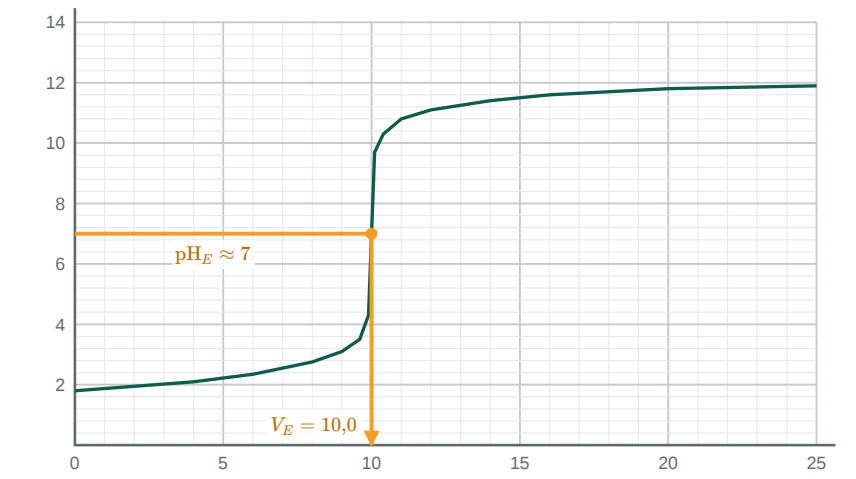
Le volume à l'équivalence est l'abscisse du maximum de la courbe dérivée : $V_E = 10{,}0$ mL. Pour ce volume, la courbe $\mathrm{pH} = f(V)$ est quasi verticale entre $\mathrm{pH} \approx 4$ et $\mathrm{pH} \approx 10$; le milieu du saut donne $\mathrm{pH}_E \approx 7$.

- Hélianthine (3,1 – 4,4) : elle vire avant le saut.
- Jaune d'alizarine (10,1 – 12,0) : il vire après le saut, progressivement.
- Bleu de bromothymol (6,0 – 7,6) : sa zone de virage contient pH_E.

On choisit le **bleu de bromothymol** : la solution passe du jaune au bleu à l'équivalence.

PIÈGE
Citer le bon indicateur sans lire pH_E sur la courbe, ou sans écarter les deux autres : la question exige un raisonnement détaillé.

COMPRENDRE
Titrage d'un acide fort par une base forte : à l'équivalence, la solution ne contient que de l'eau et des ions spectateurs, d'où un pH voisin de 7.



3 · Courbe de titrage du sujet : lecture de l'équivalence

4 Montrer que la quantité de matière d'ions oxonium dans l'éluat est égale à $4{,}0 \times 10^{-4}$ mol.

Données utiles $C_B = 4{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V_E = 10{,}0$ mL (Q3)

À l'équivalence (Q2), la quantité d'ions hydroxyde versée est égale à la quantité d'ions oxonium présente dans l'éluat :

$$n(\mathrm{H_3O^+}) = C_B\, V_E$$

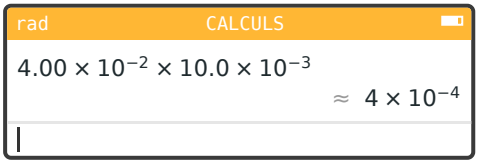
$$n(\mathrm{H_3O^+}) = 4{,}00 \times 10^{-2} \times 10{,}0 \times 10^{-3} = 4{,}00 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}$$

$n(\mathrm{H_3O^+}) = 4{,}00 \times 10^{-4}$ mol, en accord avec la valeur attendue $4{,}0 \times 10^{-4}$ mol.

PIÈGE
Laisser V_E en mL donne 0,400 mol, mille fois trop. Le volume $V_1 = 25{,}0$ mL de l'échantillon n'intervient pas ici.

COMPRENDRE
C_B et V_E ont trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois. L'énoncé l'annonce avec deux, les valeurs sont compatibles.

À LA CALCULATRICE



5 Déterminer le nombre de comprimés qui apporteraient à un adulte la masse de magnésium préconisée par jour. Porter un regard critique sur le résultat et proposer un moyen de réduire cette consommation.

Données utiles $n(\mathrm{H_3O^+}) = 4{,}00 \times 10^{-4}$ mol (Q4) ; $M(\mathrm{Mg}) = 24{,}3$ g · mol^{-1} ; $V = 250{,}0$ mL ; $V_1 = 25{,}0$ mL ; besoin : 6,0 mg par kg de masse corporelle

Magnésium dans l'échantillon. Chaque ion $\mathrm{Mg^{2+}}$ fixé libère deux ions $\mathrm{H_3O^+}$ et tous les ions magnésium sont échangés :

$$n_1(\mathrm{Mg^{2+}}) = \frac{n(\mathrm{H_3O^+})}{2} = \frac{4{,}00 \times 10^{-4}}{2} = 2{,}00 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}$$

Magnésium dans un comprimé. Le comprimé est dissous dans $V = 250{,}0$ mL et l'échantillon vaut $V_1 = 25{,}0$ mL, soit le dixième :

$$n(\mathrm{Mg^{2+}}) = n_1 \times \frac{V}{V_1} = 2{,}00 \times 10^{-4} \times \frac{250{,}0}{25{,}0} = 2{,}00 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol}$$

$$m = n(\mathrm{Mg^{2+}}) \times M(\mathrm{Mg}) = 2{,}00 \times 10^{-3} \times 24{,}3 = 4{,}86 \times 10^{-2}\ \mathrm{g} = 48{,}6\ \mathrm{mg}$$

Besoin quotidien. Hypothèse : adulte de masse 70 kg. $m_{\text{jour}} = 6{,}0 \times 70 = 4{,}2 \times 10^2$ mg.

Nombre de comprimés. $N = \dfrac{m_{\text{jour}}}{m} = \dfrac{420}{48{,}6} \approx 8{,}6$, arrondi à l'entier supérieur.

Il faudrait **9 comprimés par jour** pour un adulte de 70 kg (48,6 mg de magnésium par comprimé).

Regard critique. Ce nombre est élevé et contraignant. Le calcul suppose que le médicament couvre seul tout le besoin, alors que l'alimentation en apporte une partie. Pour réduire la prise : privilégier des aliments et des eaux minérales riches en magnésium, ou utiliser des comprimés plus fortement dosés.

PIÈGE
Multiplier par 2 au lieu de diviser, ou oublier le facteur 10 entre l'échantillon et la fiole. Arrondir 8,6 à 8 ne couvre pas le besoin.

COMPRENDRE
La masse corporelle n'est pas donnée : toute valeur réaliste, annoncée clairement, est acceptée (60 kg donne 8 comprimés, 80 kg en donne 10).

MÉTHODE
Remonter la chaîne à l'envers : $\mathrm{H_3O^+}$ dosés, puis $\mathrm{Mg^{2+}}$ de l'échantillon (÷ 2), puis comprimé entier (× 10), puis masse (× M), enfin comparaison au besoin.

À LA CALCULATRICE

