

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · CONSTITUTION ET TRANSFORMATIONS DE LA MATIÈRE · CHAPITRE 3



R. RINGUET · 2026 – 2027

Sujet type bac Titrages

Deux exercices indépendants : contrôler un nettoyant pour vitres à l'ammoniac, doser le sel d'un sérum physiologique

Durée : 1 h 30 · calculatrice autorisée · 2 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : /20

★ CONSIGNES

Les deux exercices sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre choisi par le candidat. La qualité de la rédaction, la rigueur scientifique et le respect des unités et des chiffres significatifs entrent pour une part importante dans l'appréciation des copies ; toute expression littérale est établie avant l'application numérique et toute démarche, même partielle, est valorisée. Formulaire : incertitudes composées : si $y = \frac{a \cdot b}{d}$,

alors $\frac{u(y)}{y} = \sqrt{\left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{u(d)}{d}\right)^2}$ • écart normalisé $z = \frac{|x_{\text{mes}} - x_{\text{réf}}|}{u(x)}$, compatibilité admise si $z < 2$.

Exercice 1 Contrôler un nettoyant pour vitres à l'ammoniac

12 pts ●●●

Les nettoyants pour vitres doivent leur efficacité à l'ammoniac NH_3 qu'ils contiennent. Cet exercice contrôle l'indication portée sur l'étiquette d'un flacon entamé, à partir d'un titrage pH-métrique, puis analyse de façon critique l'écart obtenu.

■ DOCUMENT 1 — L'étiquette et le protocole

L'étiquette du flacon indique : « contient de l'ammoniac, 5,0 % en masse » et une densité $d = 0,99$. L'ammoniac est une base : en solution aqueuse, il capte un ion H^+ pour donner l'ion ammonium NH_4^+ .

Le flacon, ouvert pour la première fois il y a trois mois, a déjà été utilisé plusieurs fois ; l'ammoniac est un gaz très soluble dans l'eau mais volatil.

On prélève 10,0 mL de nettoyant que l'on complète à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge d'une fiole jaugée de 250,0 mL : on obtient la solution S . On introduit ensuite $V_A = 20,0$ mL de S dans un bécher, on ajoute environ 40 mL d'eau distillée pour immerger la sonde, et on titre par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $c_B = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en suivant le pH.

■ DOCUMENT 2 — Les courbes obtenues

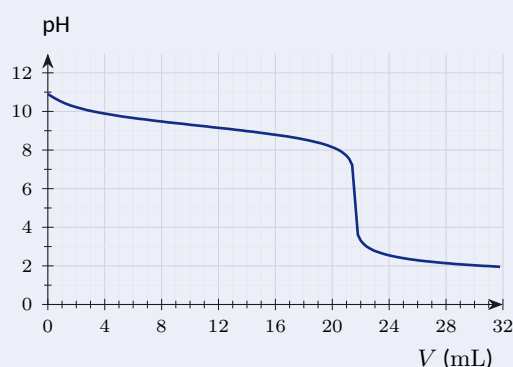


Figure 1 — $\text{pH} = f(V)$

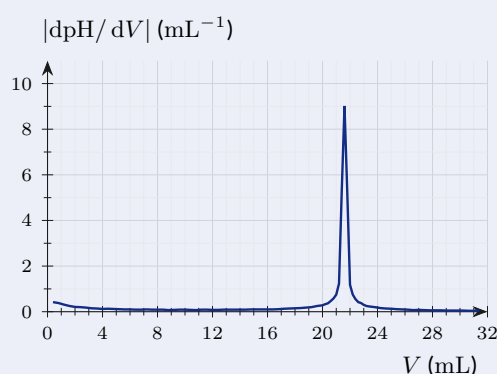


Figure 2 — Courbe dérivée

■ DOCUMENT 3 — Dépouillement informatique et indicateurs colorés

```

1 V = [20.8, 21.0, 21.2, 21.4, 21.6, 21.8, 22.0]
2 pH = [7.83, 7.71, 7.53, 7.22, 5.41, 3.61, 3.31]
3 Veq, dmax = V[1], 0.0
4 for i in range(1, len(V) - 1):
5     d = abs(pH[i+1] - pH[i-1]) / (V[i+1] - V[i-1])
6     if d > dmax:
7         dmax, Veq = d, V[i]
8 print(Veq, round(dmax, 1))

```

indicateur	zone	teintes
hélianthine	3,1 - 4,4	rouge / jaune
rouge de méthyle	4,2 - 6,2	rouge / jaune
bleu de bromothymol	6,0 - 7,6	jaune / bleu
phénolphthaléine	8,2 - 10,0	incoloré / rose

■ DONNÉES $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ • $M(\text{NH}_3) = 17,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Partie A — La solution commerciale et le protocole

- 1.1 Calculer le titre massique en ammoniac annoncé par l'étiquette, puis la concentration $c_{\text{ét}}$ correspondante.
- 1.2 Écrire l'équation de la réaction support du titrage et identifier les deux couples acide-base mis en jeu. Justifier que cette réaction convient à un titrage.
- 1.3 Calculer le volume de solution titrante qu'il aurait fallu verser pour titrer directement 20,0 mL de nettoyant non dilué. Conclure quant à la nécessité de la dilution.
- 1.4 Décrire précisément la préparation de la solution S en nommant la verrerie utilisée. Justifier que l'ajout de 40 mL d'eau distillée dans le bécher ne modifie pas le volume équivalent.

Partie B — L'exploitation du titrage

- 1.5 Décrire l'allure de la courbe de la figure 1 et expliquer pourquoi le pH diminue au cours du titrage. Déterminer le volume équivalent par la méthode des tangentes.
- 1.6 Expliquer comment la figure 2 permet de retrouver V_E et comparer les deux déterminations. Relever le pH à l'équivalence.
- 1.7 Le programme du document 3 affiche 21.6 9.0. Interpréter ces deux nombres et vérifier le second par un calcul à la main.
- 1.8 Calculer la concentration en ammoniac de la solution S , puis celle c_{mes} du nettoyant.
- 1.9 En déduire le titre massique, puis le pourcentage massique en ammoniac du nettoyant. Calculer l'écart relatif avec l'indication de l'étiquette.
- 1.10 Le titrage aurait pu être suivi sans pH-mètre. Choisir, dans le tableau du document 3, l'indicateur coloré le mieux adapté et justifier. Préciser le changement de couleur observé au voisinage de l'équivalence.

Partie C — Précision de la mesure et analyse critique

- 1.11 Les incertitudes-types valent $u(c_B) = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $u(V_E) = 0,1 \text{ mL}$ et $u(V_A) = 0,03 \text{ mL}$. Calculer l'incertitude-type relative sur c_{mes} , puis $u(c_{\text{mes}})$.
- 1.12 En tenant compte des incertitudes liées à la dilution, l'incertitude-type sur le pourcentage massique vaut $u(p) = 0,08 \%$. Écrire le résultat de la mesure, calculer l'écart normalisé avec l'étiquette et conclure.
- 1.13 Le fabricant conteste ce résultat et affirme que son produit est conforme à la sortie de l'usine. En vous appuyant sur le document 1, proposer une explication de l'écart observé, puis indiquer deux précautions permettant de rendre ce contrôle plus fiable.

Exercice 2 Le sel d'un sérum physiologique

8 pts ●●●

Le sérum physiologique est une solution aqueuse stérile de chlorure de sodium utilisée pour le lavage des yeux et du nez. Sa teneur en sel doit être proche de celle du plasma sanguin : une dosette non conforme peut être irritante.

■ DOCUMENT 4 — L'étiquette, le protocole et la méthode de Mohr

L'étiquette d'une dosette indique : « chlorure de sodium 0,9 % », c'est-à-dire 0,9 g pour 100 mL de solution, soit $t_{\text{ét}} = 9,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$; la densité de la solution vaut $d = 1,005$.

Le contenu de plusieurs dosettes est rassemblé, puis dilué 10 fois. On prélève $V_A = 10,0 \text{ mL}$ de la solution diluée, on ajoute quelques gouttes d'une solution de chromate de potassium et on titre par une solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$) de concentration $c_B = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le volume équivalent vaut $V_E = 7,80 \text{ mL}$.

Les ions argent précipitent d'abord avec les ions chlorure, selon une réaction rapide et totale : $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{AgCl(s)}$, le chlorure d'argent formé étant un solide *blanc*.

Lorsque tous les ions chlorure ont été consommés, les ions argent ajoutés précipitent avec les ions chromate : $2 \text{Ag}^+ + \text{CrO}_4^{2-} \longrightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$, le chromate d'argent étant un solide *rouge brique*. Cette seconde précipitation n'est possible que si la solution n'est ni trop acide ni trop basique ; le titrage est donc réalisé en milieu neutre.

■ DONNÉES $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ • $M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

- 2.1 Identifier le réactif titrant et le réactif titré. Justifier que la réaction entre les ions argent et les ions chlorure possède les trois propriétés exigées d'une réaction support.
- 2.2 Expliquer le rôle des ions chromate et décrire ce que l'expérimentateur observe dans le bécher juste avant, puis juste après l'équivalence.
- 2.3 Écrire la relation à l'équivalence, puis calculer la concentration en ions chlorure de la solution diluée et celle du sérum physiologique.
- 2.4 En déduire le titre massique en chlorure de sodium du sérum, en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, puis l'écart relatif avec l'indication de l'étiquette.
- 2.5 Calculer le pourcentage massique en chlorure de sodium du sérum, puis celui d'une solution exactement conforme à l'étiquette, et les comparer. Pourquoi rassemble-t-on le contenu de plusieurs dosettes avant l'analyse ?
- 2.6 L'incertitude-type sur le titre massique vaut $u(t) = 0,10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Écrire le résultat sous la forme $t = (\dots \pm \dots) \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, calculer l'écart normalisé et conclure sur la conformité de la dosette.
- 2.7 Ce titrage pourrait également être suivi par conductimétrie. Prévoir, en justifiant à l'aide des conductivités molaires ioniques $\lambda(\text{Cl}^-) = 7,63$, $\lambda(\text{NO}_3^-) = 7,14$ et $\lambda(\text{Ag}^+) = 6,19$ (en $\text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$), l'allure de la courbe $\sigma' = f(V)$ avant et après l'équivalence.
- 2.8 Un élève oublie de diluer et titre directement 10,0 mL de sérum. Calculer le volume équivalent qu'il obtiendrait et expliquer pourquoi son titrage serait impraticable avec une burette de 25,0 mL.

■ DOCUMENT 5 — Répétabilité : les résultats des six binômes de la classe

Les six binômes ont réalisé le même titrage sur la même solution diluée, avec la même verrerie. Les volumes équivalents obtenus sont les suivants :

binôme	1	2	3	4	5	6
$V_E \text{ (mL)}$	7,80	7,70	7,90	7,80	8,00	7,60

L'incertitude-type de type A sur la moyenne d'une série de N mesures vaut $u = \frac{s}{\sqrt{N}}$, où s est l'écart-type expérimental de la série. Ici, $s = 0,14 \text{ mL}$.

La lecture d'un volume sur la burette utilisée est entachée d'une incertitude-type de 0,05 mL.

- 2.9 Calculer la moyenne des six volumes équivalents, puis l'incertitude-type de type A associée. Écrire le volume équivalent sous la forme $V_E = (\dots \pm \dots) \text{ mL}$.
- 2.10 Comparer l'écart-type s de la série à l'incertitude-type de lecture de la burette. Que peut-on en déduire sur les autres sources d'erreur, et comment réduire l'incertitude de type A ?
- 2.11 Un laboratoire de contrôle déclare une dosette non conforme lorsque son titre massique s'écarte de plus de 5 % de la valeur annoncée. Ce critère et celui de l'écart normalisé conduisent-ils ici à la même conclusion ? Lequel des deux vous paraît le plus pertinent pour un contrôle qualité, et pourquoi ?