Évaluation de physique-chimie

1re spécialité · durée : 1 h 30

Chapitre 3 : Dosage par titrage colorimétrique

Nom : ..... **Prénom :** ..... **Classe :** ..... **Note :** / 20

CONSIGNES **Calculatrice autorisée.** Toutes les réponses doivent être justifiées. Chaque calcul est rédigé : phrase, expression littérale, application numérique, résultat avec son unité et un nombre adapté de chiffres significatifs. **L'annexe (page 3) est à compléter et à rendre avec la copie.**

Exercice 1 · 7 points La vitamine C d'un jus de fruit
Exercice 2 · 7 points Un produit contre la chlorose
Exercice 3 · 6 points De l'éthylotest au titrage de l'éthanol

EXERCICE 1 La vitamine C d'un jus de fruit — 7 points

La vitamine C, ou acide ascorbique $C_6H_8O_6$, est une espèce antioxydante présente dans les fruits. Un jus de fruit est vendu en ampoules de 10,0 mL ; l'étiquette indique que chaque ampoule contient 5,0 mg d'acide ascorbique. Pour le vérifier, on titre l'acide ascorbique contenu dans une ampoule par une solution de diiode I_2.

Doc. 1 — Protocole du titrage

À l'aide d'une pipette jaugée, introduire dans un erlenmeyer $V = 10{,}0$ mL de jus de fruit (le contenu d'une ampoule) et quelques gouttes d'empois d'amidon. Titrer par une solution aqueuse de diiode de concentration $C' = 2{,}00 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}, placée dans une burette graduée. Le mélange prend une teinte bleu foncé qui persiste lorsque le volume de solution de diiode versé atteint $V_{éq} = 14{,}0$ mL.

Données. Couples oxydant/réducteur : $I_2(aq)/I^-(aq)$ et $C_6H_6O_6(aq)/C_6H_8O_6(aq)$. Masse molaire de l'acide ascorbique : $M = 176$ g·mol^{-1}. Le diiode est la seule espèce colorée (jaune-brun) ; le jus étudié est très peu coloré. L'empois d'amidon, incolore, devient bleu foncé en présence de diiode, même en très faible quantité.

1. Identifier le réactif titré et le réactif titrant. (0,5 pt)
2. Écrire les demi-équations électroniques des deux couples, puis montrer que l'équation de la réaction support du titrage s'écrit : $I_2 + C_6H_8O_6 \longrightarrow 2\,I^- + C_6H_6O_6 + 2\,H^+$ (1 pt)
3. Quelles caractéristiques doit présenter la réaction support d'un titrage ? (0,5 pt)
4. Légender le schéma du montage de titrage de l'annexe, en précisant le nom de chaque solution, ainsi que sa concentration ou son volume. (1 pt)
5. Définir l'équivalence d'un titrage. (0,5 pt)
6. Expliquer pourquoi le mélange devient bleu à l'équivalence, et pas avant. Quel est le rôle de l'empois d'amidon ? (1 pt)
7. Établir la relation entre la quantité de matière n d'acide ascorbique titré et la quantité de matière de diiode versée à l'équivalence. Calculer n. (1 pt)
8. Calculer la masse m d'acide ascorbique contenue dans une ampoule. L'indication de l'étiquette est-elle vérifiée (écart relatif inférieur à 5 %) ? (1,5 pt)

EXERCICE 2 Un produit contre la chlorose — 7 points

La chlorose est une maladie des plantes : les feuilles jaunissent par manque d'ions fer(II) Fe^{2+}. Les produits phytosanitaires qui traitent cette carence contiennent du sulfate de fer(II) ($Fe^{2+} + SO_4^{2-}$). L'étiquette d'un flacon de 1,0 L de produit indique « 60 g/L de fer », sous forme d'ions fer(II). Ce flacon a été ouvert il y a plusieurs mois : on vérifie sa teneur en ions fer(II) par un titrage colorimétrique, à l'aide d'une solution de permanganate de potassium ($K^+ + MnO_4^-$) de concentration $c = 5{,}00 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1}.

Doc. 1 — Protocole du titrage

1. Prélever un volume V de produit à la pipette jaugée ; le verser dans un erlenmeyer avec un peu d'acide sulfurique.
2. Remplir une burette graduée de 25 mL avec la solution titrante de permanganate de potassium.
3. Verser progressivement la solution titrante dans l'erlenmeyer, sous agitation.
4. Lorsqu'une coloration rose-violette fugace apparaît, verser la solution titrante goutte à goutte.
5. Cesser l'ajout dès que la coloration rose-violette persiste et relever le volume versé $V_{éq}$.

Données. Équation de la réaction support du titrage, les ions H^+ étant en excès : $5\,Fe^{2+} + MnO_4^- + 8\,H^+ \longrightarrow 5\,Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4\,H_2O$. Masse molaire du fer : $M(Fe) = 55{,}8\ g{\cdot}mol^{-1}$. L'ion permanganate est violet ; les autres espèces sont incolores ou très peu colorées. Pipettes jaugées disponibles : 5,00 mL, 10,0 mL et 20,0 mL. En solution, les ions fer(II) sont lentement oxydés en ions fer(III) par le dioxygène de l'air.

1. Montrer que, si l'indication de l'étiquette est exacte, la concentration en ions fer(II) du produit est $c_0 \approx 1{,}1\ mol{\cdot}L^{-1}$. (0,5 pt)
2. Établir la relation à l'équivalence entre la quantité de matière $n(Fe^{2+})$ d'ions fer(II) titrés et la quantité de matière d'ions permanganate versée à l'équivalence. (0,5 pt)
3. On envisage de titrer $V = 10{,}0$ mL de produit. Calculer le volume équivalent attendu. Ce titrage est-il réalisable avec la burette utilisée ? Justifier. (1,5 pt)
4. Quelle pipette jaugée faut-il choisir pour prélever le produit ? Justifier. (0,5 pt)
5. Justifier les étapes 4 et 5 du protocole : pourquoi la coloration rose-violette disparaît-elle d'abord ? Comment l'équivalence est-elle repérée ? (1 pt)
6. On titre finalement $V = 5{,}00$ mL de produit : on obtient $V_{éq} = 19{,}2$ mL. Déterminer la quantité de matière d'ions fer(II) titrés, puis la concentration c_{exp} en ions fer(II) du produit. (1,5 pt)
7. En déduire la concentration en masse en fer(II) du produit. Le produit est-il conforme à l'indication de l'étiquette (écart relatif inférieur à 5 %) ? Proposer une explication. (1,5 pt)

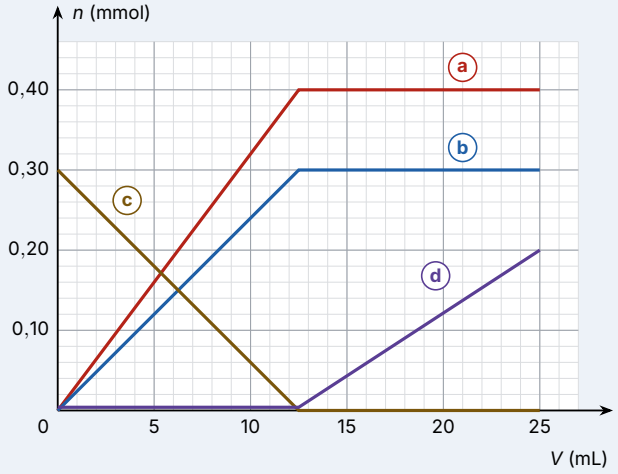
EXERCICE 3 De l'éthylotest au titrage de l'éthanol — 6 points

Le tube d'un éthylotest contient des ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$, de couleur orange, qui réagissent avec l'éthanol C_2H_6O de l'air expiré : il se forme des ions chrome(III) Cr^{3+}, de couleur verte.

Au laboratoire, cette réaction permet de titrer l'éthanol d'une solution S : on titre un volume $V_1 = 10{,}0$ mL de solution S, incolore, par une solution de dichromate de potassium ($2\,K^+ + Cr_2O_7^{2-}$) de concentration c, en présence d'ions H^+ en excès. On note n_0 la quantité de matière d'éthanol titré. Le doc. 1 représente les quantités de matière des espèces $Cr_2O_7^{2-}$, C_2H_6O, Cr^{3+} et $C_2H_4O_2$ présentes dans l'erlenmeyer au cours du titrage.

Données. Équation de la réaction support du titrage : $2\,Cr_2O_7^{2-} + 3\,C_2H_6O + 16\,H^+ \longrightarrow 4\,Cr^{3+} + 3\,C_2H_4O_2 + 11\,H_2O$. Les ions dichromate sont orange et les ions chrome(III) verts ; les autres espèces sont incolores.

Doc. 1 — Quantités de matière dans l'erlenmeyer en fonction du volume V de solution titrante versé

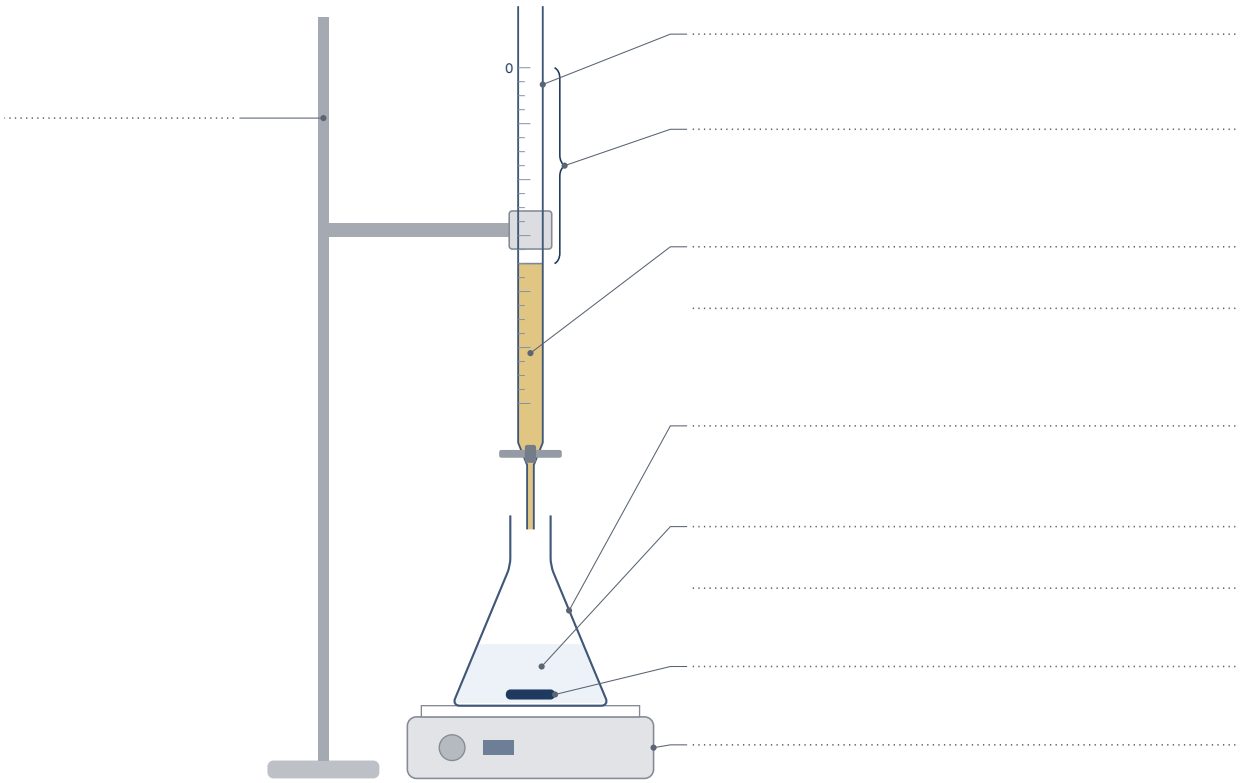


1. Identifier le réactif titré et le réactif titrant. (0,5 pt)
2. Compléter la ligne « Équivalence » du tableau d'avancement de l'annexe. En déduire la relation entre n_0, c et $V_{éq}$. (1,5 pt)
3. Attribuer chacune des courbes a, b, c et d du doc. 1 à une espèce chimique. Justifier. (1,5 pt)
4. Déterminer graphiquement le volume équivalent $V_{éq}$ et la quantité n_0. En déduire la concentration c de la solution de dichromate de potassium, puis la concentration c_S en éthanol de la solution S. (1,5 pt)
5. Indiquer la couleur du mélange réactionnel au début du titrage, avant l'équivalence, puis après l'équivalence. Comment l'équivalence est-elle repérée ? (1 pt)

ANNEXE — À RENDRE AVEC LA COPIE

Nom : ..... **Prénom :** ..... **Classe :** .....

Exercice 1 — question 4 : schéma du montage de titrage à légender



Exercice 3 — question 2 : tableau d'avancement du titrage à l'équivalence

Équation de la réaction		$2\,Cr_2O_7^{2-} + 3\,C_2H_6O + 16\,H^+ \longrightarrow 4\,Cr^{3+} + 3\,C_2H_4O_2 + 11\,H_2O$					
État du système	**Avancement (mol)**	**Quantités de matière (mol)**					
État initial ($V_{éq}$ versé)	$x = 0$	$c \times V_{éq}$	n_0	excès	0	0	solvant
Équivalence	$x_{éq}$			excès			solvant