Spécialité : Les pluies acides

Bac S 2018 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 À partir des couples $MnO_4^-(aq)/Mn^{2+}(aq)$ et $SO_4^{2-}(aq)/SO_2(aq)$, retrouver l'équation de la réaction entre le dioxyde de soufre et les ions permanganate.

Réduction de l'oxydant MnO_4^- (à multiplier par 2) :

$$MnO_4^- + 8\,H^+ + 5\,e^- = Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

Oxydation du réducteur SO_2 (à multiplier par 5) :

$$SO_2 + 2\,H_2O = SO_4^{2-} + 4\,H^+ + 2\,e^-$$

Ainsi 10 électrons sont échangés. En additionnant, on a du côté des réactifs :

$$2\,MnO_4^- + 16\,H^+ + 5\,SO_2 + 10\,H_2O$$

et du côté des produits :

$$2\,Mn^{2+} + 8\,H_2O + 5\,SO_4^{2-} + 20\,H^+$$

On simplifie $8\,H_2O$ et $16\,H^+$; les espèces sont en solution aqueuse, l'eau est liquide :

$$2\,MnO_4^- + 5\,SO_2 + 2\,H_2O \longrightarrow 2\,Mn^{2+} + 5\,SO_4^{2-} + 4\,H^+$$

PIÈGE
Oublier de simplifier l'eau et les ions H^+ présents des deux côtés. Vérifier à la fin les charges : $2 \times (-1) = -2$ à gauche, $4 - 10 + 4 = -2$ à droite.

MÉTHODE
Pour une demi-équation : équilibrer l'élément principal, puis O avec H_2O, puis H avec H^+, enfin les charges avec des électrons. Les électrons ne doivent plus apparaître dans le bilan.

1.2 Expliquer l'évolution de la couleur de la solution dans l'erlenmeyer au fur et à mesure de l'ajout de la solution de permanganate de potassium.

Données utiles seule la solution de permanganate de potassium est colorée (violet) ; les solutions de SO_2, Mn^{2+}, SO_4^{2-} et H^+ sont incolores.

Au départ, l'erlenmeyer contient la solution de SO_2 : elle est incolore.

Tant qu'il reste du SO_2, chaque goutte violette versée est décolorée : les ions MnO_4^- sont le réactif limitant, ils sont transformés en ions Mn^{2+} incolores. Les autres produits sont incolores aussi : le mélange reste incolore.

À l'équivalence, tout le SO_2 a été consommé. La première goutte versée ensuite apporte des ions MnO_4^- qui ne réagissent plus.

Le mélange reste incolore jusqu'à l'équivalence, puis prend une teinte violette qui persiste : ce changement de couleur repère l'équivalence.

COMPRENDRE
Aucun indicateur coloré n'est nécessaire : le réactif titrant est la seule espèce colorée. Il change de rôle à l'équivalence, limitant avant, en excès après.

2 En supposant que tout le dioxyde de soufre des effluents gazeux se dissout dans l'eau recueillie, déterminer si les gaz émis par la centrale sont conformes aux normes de qualité de l'air. Porter un regard critique sur le résultat et sur l'hypothèse.

Données utiles $V_{\text{gaz}} = 10{,}0\ \text{m}^3$ barbotés dans $V_0 = 1{,}0$ L d'eau ; prise d'essai $V_1 = 25{,}0$ mL ; $c_2 = 1{,}00 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_E = 5{,}4$ mL ; $M(\text{S}) = 32{,}1$ et $M(\text{O}) = 16{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; seuils : $300\ \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (information), $500\ \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (alerte)

Démarche. Le titrage donne la concentration en SO_2 de S_0, donc la masse de SO_2 contenue dans $10{,}0\ \text{m}^3$ de gaz, que l'on ramène à $1\ \text{m}^3$ pour la comparer aux seuils.

1. Concentration en quantité de matière de S_0. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation :

$$\frac{n(\text{MnO}_4^-)_{\text{versé}}}{2} = \frac{n(\text{SO}_2)_{\text{initial}}}{5}$$

soit $\dfrac{c_2\,V_E}{2} = \dfrac{c_1\,V_1}{5}$, d'où $c_1 = \dfrac{5\,c_2\,V_E}{2\,V_1}$.

$$c_1 = \frac{5 \times 1{,}00 \times 10^{-4} \times 5{,}4}{2 \times 25{,}0} = 5{,}4 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2. Masse de SO_2 dissoute. $M(\text{SO}_2) = 32{,}1 + 2 \times 16{,}0 = 64{,}1\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$m = c_1\,V_0\,M(\text{SO}_2) = 5{,}4 \times 10^{-5} \times 1{,}0 \times 64{,}1 = 3{,}5 \times 10^{-3}\ \text{g}$$

soit $m = 3{,}5 \times 10^{3}\ \mu\text{g}$.

3. Concentration en masse dans le gaz. Cette masse provient de $10{,}0\ \text{m}^3$ de gaz :

$$C = \frac{m}{V_{\text{gaz}}} = \frac{3{,}5 \times 10^{3}}{10{,}0} = 3{,}5 \times 10^{2}\ \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$$

4. Comparaison. $300 < 350 < 500$: le seuil d'information et de recommandation est dépassé, le seuil d'alerte ne l'est pas.

5. Regard critique. Si une partie du SO_2 ne s'est pas dissoute, la teneur réelle du gaz est encore plus élevée : l'hypothèse ne peut que sous-estimer C, la conclusion tient. En revanche, V_E est faible (deux chiffres significatifs) et repéré à la goutte près ; un dosage avec une solution titrante plus diluée serait plus précis. Enfin, la mesure est une moyenne sur soixante heures de prélèvement, alors que le seuil porte sur une heure, et les normes visent l'air ambiant, où les rejets sont dilués.

$C \approx 3{,}5 \times 10^{2}\ \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3} > 300\ \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$: les gaz émis ne sont pas conformes (seuil d'information dépassé, seuil d'alerte non atteint).

PIÈGE
Écrire $c_1V_1 = c_2V_E$ sans les nombres stœchiométriques 2 et 5. Les soixante heures ne servent à aucun calcul : c'est la durée du barbotage, pas une donnée de débit.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $V_E = 5{,}4$ mL et $V_0 = 1{,}0$ L, les données les moins précises. Les volumes V_E et V_1 peuvent rester en mL : leur rapport est sans unité.

COMPRENDRE
Sujet de l'ancien programme : la « résolution de problème » de spécialité n'existe plus sous cette forme, mais le titrage avec repérage colorimétrique de l'équivalence reste au programme actuel de Terminale.

À LA CALCULATRICE

