Spécialité : Le lagunage

Bac S 2015 Nouvelle-Calédonie rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Justifier que l'ion permanganate MnO_4^- et le dioxygène O_2 sont les oxydants dans les deux couples présentés.

Données utiles $MnO_4^-(aq) + 5\,e^- + 8\,H^+(aq) = Mn^{2+}(aq) + 4\,H_2O(l)$; $O_2(aq) + 4\,e^- + 4\,H^+(aq) = 2\,H_2O(l)$

Un oxydant est une espèce capable de capter un ou plusieurs électrons.

Dans les deux demi-équations, les électrons sont écrits du côté de MnO_4^- et du côté de O_2 : un ion MnO_4^- capte 5 électrons pour former Mn^{2+}, une molécule O_2 en capte 4 pour former H_2O.

MnO_4^- et O_2 captent des électrons : ce sont les oxydants des couples MnO_4^- / Mn^{2+} et O_2 / H_2O.

MÉTHODE

Dans l'écriture d'un couple, l'oxydant est toujours cité en premier (Ox/Red). Dans la demi-équation, il se trouve du même côté que les électrons.

2 Justifier que la quantité de dioxygène qui oxyderait la même matière organique que n_0 mol d'ions permanganate est $n(O_2) = \dfrac{5n_0}{4}$. Problème : la mini-station respecte-t-elle la législation sur l'eau destinée à la consommation humaine ? Sinon, calculer la surface minimale des bassins et dire si elle est cohérente avec la station de Mèze.

Données utiles eau analysée : $V = 50{,}0$ mL ; S_1 : $C_1 = 2{,}00 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1}, $V_1 = 20{,}0$ mL ; S_2 : $C_2 = 5{,}00 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1}, $V_2 = 20{,}0$ mL ; $V_E = 3{,}9$ mL ; $n_0 = n_1 - \dfrac{2}{5}n_2 + n_E$; $M(O) = 16{,}0$ g · mol^{-1} ; norme : $IP < 5{,}0$ mg · L^{-1} ; $S = k\,(IP_0 - IP_s)$; mini-station : $S = 15$ m², $IP_0 = 11$ mg · L^{-1}, 2 personnes ; Mèze : 15 ha, 15 000 personnes ; 1 ha = 10 000 m²

Question 2. Pour oxyder la même matière organique, les deux oxydants doivent lui arracher la même quantité d'électrons $n(e^-)$.

Un ion MnO_4^- capte 5 électrons : $n(e^-) = 5\,n_0$. Une molécule O_2 en capte 4 : $n(e^-) = 4\,n(O_2)$.

Donc $4\,n(O_2) = 5\,n_0$, soit $n(O_2) = \dfrac{5n_0}{4}$.

Problème — démarche. On calcule n_0 grâce au titrage, puis la masse de dioxygène équivalente par litre d'eau : c'est IP_s, à comparer à $5{,}0$ mg · L^{-1}. On utilise ensuite $S = k\,(IP_0 - IP_s)$.

1. Quantités de matière mises en jeu.

$n_1 = C_1V_1 = 2{,}00 \times 10^{-3} \times 20{,}0 \times 10^{-3} = 4{,}00 \times 10^{-5}$ mol

$n_2 = C_2V_2 = 5{,}00 \times 10^{-3} \times 20{,}0 \times 10^{-3} = 1{,}00 \times 10^{-4}$ mol

$n_E = C_1V_E = 2{,}00 \times 10^{-3} \times 3{,}9 \times 10^{-3} = 7{,}8 \times 10^{-6}$ mol

$$n_0 = 4{,}00 \times 10^{-5} - \frac{2}{5} \times 1{,}00 \times 10^{-4} + 7{,}8 \times 10^{-6} = 7{,}8 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

2. Indice permanganate en sortie. Masse de dioxygène équivalente pour les 50,0 mL analysés, avec $M(O_2) = 2 \times 16{,}0 = 32{,}0$ g · mol^{-1} :

$$m(O_2) = \frac{5n_0}{4}\,M(O_2) = \frac{5 \times 7{,}8 \times 10^{-6}}{4} \times 32{,}0 = 3{,}1 \times 10^{-4} \text{ g}$$

Rapportée à un litre d'eau :

$$IP_s = \frac{m(O_2)}{V} = \frac{3{,}12 \times 10^{-4}}{50{,}0 \times 10^{-3}} = 6{,}2 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 6{,}2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$IP_s > 5{,}0$ mg · L^{-1} : l'eau rejetée ne respecte pas la norme.

3. Surface minimale. Le coefficient k est le même pour la station actuelle et pour la station agrandie, les eaux usées gardant $IP_0 = 11$ mg · L^{-1}. Pour atteindre $IP_s' = 5{,}0$ mg · L^{-1} :

PIÈGE

La masse $3{,}1 \times 10^{-4}$ g correspond aux 50,0 mL analysés, pas à un litre : sans la division par le volume (facteur 20), on trouve 0,31 mg et on conclut à tort que l'eau est conforme.

COMPRENDRE

Ici $n_1 = \dfrac{2}{5}n_2$: l'oxalate ajouté compense exactement le permanganate initial, d'où $n_0 = n_E$. Le résultat a deux chiffres significatifs, comme V_E, IP_0 et S ; on garde 6,24 dans les calculs intermédiaires.

MÉTHODE

Résolution de problème : annoncer la grandeur à comparer à la norme, enchaîner les étapes littérales puis numériques, conclure par une phrase chiffrée. Pour comparer deux stations de tailles différentes, ramener chaque surface à une personne.

$$k = \frac{S}{IP_0 - IP_s} = \frac{S'}{IP_0 - IP'_s}$$

$$S' = S \times \frac{IP_0 - IP'_s}{IP_0 - IP_s} = 15 \times \frac{11 - 5{,}0}{11 - 6{,}24} = 19\ \text{m}^2$$

4. Comparaison avec Mèze. Mèze : $\frac{15 \times 10\,000}{15\,000} = 10\ \text{m}^2$ par personne. Mini-station agrandie : $\frac{19}{2} = 9{,}5\ \text{m}^2$ par personne.

Les deux surfaces par habitant sont très proches : le résultat est cohérent avec le dimensionnement de Mèze.

$IP_s = 6{,}2\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1} > 5{,}0\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: norme non respectée ; il faut au moins $S' \approx 19\ \text{m}^2$, soit $9{,}5\ \text{m}^2$ par personne, cohérent avec Mèze ($10\ \text{m}^2$ par personne).

À LA CALCULATRICE

