TD : Introduction aux transformations

☆ I Transformations

Identifier la nature des transformations suivantes :

1. $CH_4(g) + 2\,O_2(g) = CO_2(g) + 2\,H_2O(g)$
2. $C(s) + O_2(g) = CO_2(g)$
3. ${}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p$
4. ${}^{14}C(s) + O_2(g) \rightarrow {}^{14}CO_2(g)$
5. $I_2(s) \rightarrow I_2(g)$
6. $Fe(s) = Fe(l)$
7. $CH_3COOH(l) + CH_3CH_2OH(l) = CH_3COOCH_2CH_3(l) + H_2O(l)$
8. $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) = Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$
9. $CH_3COOH(aq) + HO^-(aq) = H_2O(l) + CH_3COO^-(aq)$
10. ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n$

☆ II Écrire et équilibrer une équation

Équilibrer les équations suivantes, en vérifiant à chaque fois la conservation des éléments **et** de la charge.

1. $\ldots C_3H_8(g) + \ldots O_2(g) = \ldots CO_2(g) + \ldots H_2O(g)$
2. $\ldots MnO_4{}^-(aq) + \ldots Fe^{2+}(aq) + \ldots H^+(aq) = \ldots Mn^{2+}(aq) + \ldots Fe^{3+}(aq) + \ldots H_2O(l)$
3. $\ldots Cr_2O_7{}^{2-}(aq) + \ldots I^-(aq) + \ldots H^+(aq) = \ldots Cr^{3+}(aq) + \ldots I_2(aq) + \ldots H_2O(l)$
4. Le cuivre métallique réagit avec les ions nitrate $NO_3{}^-$ en milieu acide (H^+) : il se forme des ions Cu^{2+}, du monoxyde d'azote gazeux NO et de l'eau. Écrire l'équation de la réaction.
5. La combustion complète du glucose solide $C_6H_{12}O_6$ dans le dioxygène produit du dioxyde de carbone et de l'eau gazeux. Écrire l'équation de la réaction.

☆ III Calculs de quantités de matière

Données : $M(\text{Fe}) = 55{,}8\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $M(\text{Cu}) = 63{,}5\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1. On verse dans un bécher une masse $m = 350\,\text{mg}$ de poudre de fer métallique. Quelle est la quantité de matière n_{Fe} correspondante ?
2. On dispose d'un flacon contenant $V_0 = 800\,\text{mL}$ de solution de sulfate de cuivre, dans laquelle la concentration effective en ions Cu^{2+} vaut $[Cu^{2+}] = 0{,}50\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Quelle est la quantité de matière d'ions Cu^{2+} correspondante ?
3. On prélève $V = 50\,\text{mL}$ de cette solution. Quelle est la concentration du prélèvement ? Quelle est la quantité de matière $n_{Cu^{2+}}$ prélevée ?
4. Le prélèvement est versé dans le bécher précédent ; une transformation chimique a lieu. À l'issue de cette transformation, on obtient du cuivre métallique Cu et des ions Fe^{2+}. Quelle est l'équation de la transformation ?
5. Tout le fer est consommé et on obtient $n_{\text{Cu}} = n_{Fe^{2+}} = 6{,}3\,\text{mmol}$. Quelle est la masse de cuivre correspondante ? Quelle est la concentration effective en ions Fe^{2+} dans la solution, dont on suppose le volume égal à V ?

☆ IV Dilution et mélange

On dispose d'une solution de sulfate de cuivre $CuSO_4$ de concentration en soluté apporté $c_0 = 1\times10^{-2}\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$: les ions Cu^{2+} et sulfate $SO_4{}^{2-}$ y ont la même concentration effective c_0. On en prélève à la pipette jaugée un volume $V_0 = 10\,\text{mL}$ que l'on verse dans une fiole jaugée de volume $V_1 = 50\,\text{mL}$. On remplit la fiole d'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

1. Quelle est la concentration en soluté apporté c_1 dans la fiole ? En déduire les concentrations effectives des ions Cu^{2+} et $SO_4{}^{2-}$.

On verse le contenu de cette fiole dans un bécher. On y ajoute un volume $V_2 = 20\,\text{mL}$ d'une solution de sulfate de magnésium, contenant les ions Mg^{2+} et les ions $SO_4{}^{2-}$ à la même concentration effective $c_2 = 2\times10^{-2}\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

2. Calculer les concentrations effectives des trois ions après le mélange.

☆ V Concentration en soluté apporté

Données : $M(\mathrm{Mg}) = 24{,}3\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$ et $M(\mathrm{Cl}) = 35{,}5\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$

1. Écrire l'équation de dissolution de l'acide sulfurique pur H_2SO_4 dans l'eau, en considérant qu'elle libère des ions H^+ et des ions sulfate. Quels sont les ions présents dans la solution ?
2. On ajoute une quantité de matière $n_{\mathrm{app}} = 2\times10^{-2}$ mol en acide sulfurique dans de l'eau distillée. Déterminer les quantités de matière de chaque ion dans la solution formée.
3. La solution des questions précédentes a un volume $V_{\mathrm{sol}} = 200\,\mathrm{mL}$. Calculer la concentration c en soluté apporté, puis les concentrations effectives des ions dans la solution après dissolution.
4. On considère une solution de chlorure de chrome $CrCl_3$ de concentration en soluté apporté $c = 5\times10^{-3}\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$. Déterminer les concentrations effectives des ions dans la solution.
5. On dissout $m = 6{,}0\,\mathrm{g}$ de chlorure de magnésium $MgCl_2$ dans 200 mL d'eau distillée (on néglige la variation de volume : $V_{\mathrm{sol}} = 200\,\mathrm{mL}$). Calculer la concentration c en soluté apporté, puis les concentrations effectives des ions dans la solution.

☆☆ VI Bouteille de plongée

Une bouteille de plongée de volume intérieur $V = 12\,\mathrm{L}$ est remplie d'air comprimé sous une pression $P = 200\,\mathrm{bar}$, à la température $\theta = 20\,^\circ\mathrm{C}$. L'air est assimilé à un mélange de diazote et de dioxygène de fractions molaires $x_{N_2} = 0{,}79$ et $x_{O_2} = 0{,}21$.

Données : $R = 8{,}314\,\mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}$ et $M(N_2) = 28{,}0\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$ et $M(O_2) = 32{,}0\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$

1. Rappeler les hypothèses du modèle du gaz parfait. Est-il rigoureusement justifié dans la bouteille ? On l'utilisera néanmoins dans la suite.
2. Calculer la quantité de matière totale de gaz n_{tot} contenue dans la bouteille.
3. En déduire les quantités de matière, puis les pressions partielles du diazote et du dioxygène.
4. Calculer la masse d'air contenue dans la bouteille, puis la fraction massique du dioxygène. Pourquoi est-elle différente de sa fraction molaire ?
5. Exprimer puis calculer l'activité du dioxygène et celle du diazote dans la bouteille.
6. Le détendeur délivre au plongeur de l'air à la pression de l'eau qui l'entoure. On admet que cette pression vaut 1 bar en surface et augmente de 1 bar tous les 10 m, et que le dioxygène devient toxique lorsque sa pression partielle dépasse 1,6 bar. Quelle est la profondeur maximale de plongée à l'air ?

☆☆ VII Décrire un système physico-chimique

Un flacon fermé, maintenu à $T = 298\,\mathrm{K}$, contient :

- $V_{\mathrm{sol}} = 250\,\mathrm{mL}$ de solution aqueuse de sulfate de cuivre (Cu^{2+}, $SO_4{}^{2-}$) de concentration en soluté apporté $c = 0{,}10\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$;
- une lame de cuivre métallique de masse $m = 2{,}0\,\mathrm{g}$, plongée dans la solution ;
- $V_{\mathrm{gaz}} = 250\,\mathrm{mL}$ d'air sec ($x_{N_2} = 0{,}79$, $x_{O_2} = 0{,}21$) sous $P = 1{,}0\,\mathrm{bar}$.

On néglige la vapeur d'eau et les gaz dissous dans la solution.

Données : $M(\mathrm{Cu}) = 63{,}5\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$ et $R = 8{,}314\,\mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}$

1. Recenser les espèces physico-chimiques présentes dans le système, en précisant leur état physique.
2. Calculer la quantité de matière de chacune de ces espèces (sauf l'eau).
3. Exprimer puis calculer l'activité de chaque espèce recensée.
4. On réunit deux flacons identiques à celui-ci en un seul système. Parmi les grandeurs suivantes, lesquelles sont modifiées ? En déduire leur caractère intensif ou extensif : V_{sol}, $[Cu^{2+}]$, $n_{Cu^{2+}}$, m, P, P_{O_2}, x_{O_2}, T, $a(Cu^{2+}(\mathrm{aq}))$, n_{gaz}.
5. On dilue la solution d'un facteur 2 avec de l'eau distillée. Que deviennent les activités de $Cu^{2+}(\mathrm{aq})$, du solvant et du cuivre solide ?