

EXERCICES – SÉRIE G

Propriétés des solutions – Equilibres acide-base

- G.1.** A 20°C la pression de vapeur du méthanol pur est de $P^*(\text{CH}_3\text{OH}) = 94$ Torr alors que celle de l'éthanol pur est de $P^*(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 44$ Torr. Le mélange de ces deux alcools en n'importe quelle proportion aboutit pratiquement à la formation d'une solution idéale. On mélange à l'état liquide 20 g de méthanol et 100 g d'éthanol.
- a) Quelle est la pression partielle de chacun des alcools dans la vapeur à l'équilibre au-dessus du mélange à 20 °C ?
- b) On condense les vapeurs d'alcools obtenues au point précédent dans un nouveau récipient. Quelle est la fraction molaire du méthanol dans ce liquide et dans la phase gazeuse au-dessus de sa surface ?
- En basant votre réflexion sur ce résultat, comment imagineriez-vous séparer le méthanol du mélange jusqu'à l'état pur ?
- G.2.** Un plongeur respire l'air comprimé de ses bouteilles à une profondeur de 30 m au-dessous de la surface de la mer.
- a) Quelle doit être la pression d'air dans ses poumons pour qu'il puisse respirer normalement à cette profondeur ? Donnée : la masse volumique de l'eau de mer est de $\rho = 1'033 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
- b) Dans les poumons, l'air humide contient 75 % d'azote. En plongée depuis une période prolongée, les 5 litres de sang du plongeur sont saturés en N_2 . Sachant qu'à 37 °C, la constante de Henry pour la solubilité de N_2 dans le sang est de $K_{\text{H}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ atm}$, calculer le volume total des bulles de gaz qui risqueraient de se former dans le sang du plongeur si celui-ci remontait à la surface sans observer de palier de décompression. Pour simplifier le calcul, on assimilera le sang à de l'eau pure.
- G.3.** 10,6 g d'un composé non volatil inconnu sont dissous dans 740 g d'éther. On observe alors que la température d'ébullition du liquide s'élève de 0,284 °C. Quelle est la masse molaire du composé ?
- Donnée : $K_{\text{b}}(\text{éther}) = 2,11 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- G.4.** a) Quelle masse d'antigel (glycol, $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$) doit-on ajouter à 6 kg d'eau pure pour préparer une solution restant liquide jusqu'à une température maximale de -12 °C ?
- Donnée : $K_{\text{f}}(\text{eau}) = 1,86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- b) Pourquoi n'utilise-t-on pas du méthanol (CH_3OH) comme antigel à la place du glycol ?
- G.5.** Une solution d'hémocyanine, une protéine pigmentée extraite de la carapace de crabe, est préparée en dissolvant 0,750 g de protéine dans 125 mL d'eau. A $T = 4$ °C, une pression osmotique de 2,6 mm d'eau est mesurée pour cette solution. La masse volumique de la solution est égale à celle de l'eau pure ($\rho = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$). Déterminez la masse molaire approximative de la protéine.
- G.6.** a) On considère un acide faible générique HA de concentration analytique c_0 en solution aqueuse. Déterminer le nombre N d'espèces chimiques en solution (à part l'eau elle-même) et écrire un système comportant N équations et autant d'inconnues.

b) Simplifier le problème par une approximation en postulant que tous les protons proviennent en pratique de la dissociation de l'acide HA (contribution négligeable de l'autoprotolyse de l'eau) et calculer littéralement la concentration $[A^-]$ de la base conjuguée.

c) CH_3COOH est caractérisé par une constante d'équilibre d'acidité donnée par $pK_a = 4,75$. On prépare une solution de 1 L en dissolvant 0,200 mol de l'acide dans de l'eau pure. Déterminez la fraction α d'acide dissocié en solution à l'équilibre ($\alpha = [A^-] / c_a$) Par simplification, on négligera la concentration des ions H^+ provenant de l'autoprotolyse de H_2O .

d) On prépare cette fois une solution diluée d'acide acétique de concentration analytique $c_a = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. En utilisant la même simplification, déterminez la valeur de la fraction α dans ces conditions. Qu'en concluez-vous quant à la force de l'acide ?

Les concentrations des électrolytes sont ici suffisamment faibles pour que l'on puisse considérer des coefficients d'activité unité ($\gamma = 1$).

Questions d'examen

G.7. Examen 2018

Un automobiliste est soumis à un test d'alcoolémie. En le faisant souffler dans un éthylomètre, on mesure une concentration de 25 mg d'éthanol (g) par litre d'air expiré. En admettant que le contenu en éthanol de l'air dans ses alvéoles pulmonaires est en équilibre avec l'éthanol dissout dans son sang, calculer le taux d'alcoolémie de l'automobiliste exprimé en grammes d'alcool pur par kilogramme de sang (‰).

Par simplification, on assimilera le sang à de l'eau pure et on traitera tous les gaz comme des gaz parfaits.

Données : Température de l'air dans les poumons et les voies respiratoires supérieures : $T = 34^\circ\text{C}$.

Pression de vapeur de l'éthanol pur ($T = 34^\circ\text{C}$) : $P^* = 14,8 \text{ kPa}$

Solution diluée idéale d'éthanol dans l'eau ($T = 34^\circ\text{C}$) : $\kappa_H = 7,0 \times 10^6 \text{ Pa}$.

G.8. Test facultatif 2023

7.1 g d'un composé de formule brute $C_2H_3O_2$ sont dissous dans 100 mL d'eau pure. On mesure alors une température d'ébullition de la solution $T_{\text{vap}} = 373.47 \text{ K}$. Sachant que le composé en solution aqueuse est un non-électrolyte, déterminer sa masse molaire et sa formule moléculaire.

Donné

Masse volumique de l'eau pure à $T = 100^\circ \text{C}$ (373.15 K) : $\rho = 958.05 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$K_b (C_2H_3O_2) = 0.51 \text{ kg/mol}$

Réponses

- G.1. a) $P(\text{CH}_3\text{OH}) = 21 \text{ Torr}$; $P(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 34 \text{ Torr}$. b) $y(\text{CH}_3\text{OH}, \text{l}) = 0,38$;
 $x(\text{CH}_3\text{OH}, \text{g}) = 0,57$.
- G.2. a) $P(\text{air}) = 4 \text{ atm}$. b) $V(\text{N}_2) = 158 \text{ cm}^3$.
- G.3. $M = 106,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- G.4. $m > 2,4 \text{ kg}$.
- G.5. $M = 544 \text{ kDa}$.
- G.6. c) $\alpha = 0,009 (1\%)$. d) $\alpha = 0,905 (91\%)$.
- G.7. $0.5 \text{ l EtOH/ kg de sang}$
- G.8. $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$