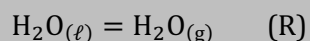


Corrigé exercice 9

DE L'EAU DANS LA BUANDERIE

1) La réaction d'évaporation de l'eau peut se symboliser par l'équation :



2) Pour trouver la valeur de la constante d'équilibre de la réaction (R), on se place dans une situation d'équilibre, c'est-à-dire précisément une situation où de l'eau liquide et de la vapeur d'eau sont toutes d'eau présentes ; la pression est alors, d'après l'énoncé : $p_{\text{H}_2\text{O},eq} = p_v$. On applique alors la loi de Guldberg et Waage, en remplaçant l'activité de l'eau liquide par 1 (corps pur condensé) et celle de l'eau gazeuse, considérée comme un gaz parfait, par $\frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p^\circ}$:

$$K^\circ = Q_{eq} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O},eq}}{p^\circ} = \frac{p_v}{p^\circ} = 0,0234$$

$$K^\circ = 0,0234$$

3) Dans l'état initial décrit, « l'air n'est pas saturé en vapeur d'eau », ce qui signifie que la pression partielle de l'eau $p_{\text{H}_2\text{O}}$ est inférieure à la pression de vapeur saturante p_v . En termes de quotient de réaction, cela s'écrit :

$$Q = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p^\circ} < \frac{p_v}{p^\circ} = K^\circ$$

D'après le critère d'évolution thermodynamique, comme $Q < K^\circ$, on en déduit que la réaction (R) va évoluer dans le sens direct, c'est-à-dire que de l'eau doit nécessairement s'évaporer.

En interprétation microscopique, on peut également dire que lorsque l'air n'est pas saturé en vapeur d'eau, cela signifie que, par unité de temps, le nombre de molécules d'eau qui « plongent » dans l'eau en provenance de la phase gazeuse est inférieur au nombre de molécules d'eau qui s'échappent de la surface du liquide pour passer dans la phase vapeur. Le résultat observé macroscopiquement est l'évaporation. Notons qu'une molécule d'eau à la surface de l'eau peut en effet être « expulsée » dans la phase gazeuse lorsqu'elle reçoit un choc suffisamment violent de la part d'une paire d'autres molécules liées par liaison hydrogène, comme des modèles statistiques l'ont montré (document « Aspects microscopique de la vaporisation de l'eau »).

4) L'évaporation va se poursuivre jusqu'à l'une des situations suivantes :

- s'il y a suffisamment d'eau liquide, la pression de l'eau dans la phase gazeuse augmente jusqu'à ce la pression partielle de l'eau atteigne la pression p_v ; on atteint alors l'**équilibre** de $\text{H}_2\text{O}_{(\ell)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$ et l'évaporation s'arrête (on dit que l'air est *saturé* de vapeur d'eau) ;
- s'il n'y a pas assez d'eau liquide, tout s'évapore et le phénomène s'arrête alors que la pression partielle de l'eau est encore inférieure à p_v : la transformation $\text{H}_2\text{O}_{(\ell)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$ aura été rigoureusement totale.

Il va falloir faire un bilan de matière de la vaporisation. On calcule donc déjà la **quantité de matière d'eau dans la flaque** :

$$n_0 = \frac{\rho V}{M} \approx \mathbf{22 \text{ mol}}$$

$$(\text{volume } V = 0,40 \text{ L ; masse volumique } \rho = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1} ; \text{ masse molaire } M = 18 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1})$$

On détermine ensuite la quantité de matière d'eau nécessaire pour saturer l'air de la buanderie (autrement dit, on fait l'hypothèse que l'état final sera la situation d'équilibre). **Lorsque l'air est saturé, la pression partielle de l'eau est égale à la pression de vapeur saturante** :

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = p_v$$

Or, d'après la **loi des gaz parfaits**, la pression partielle de l'eau est liée à la quantité de matière $n_{\text{H}_2\text{O},v}$ par :

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O},v}RT}{abc}$$

(dimensions de la pièce a , b et c ; température $T = (273 + 20) \text{ K} = 293 \text{ K}$; constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

Donc :

$$\frac{n_{\text{H}_2\text{O},v}RT}{abc} = p_v$$

La **quantité de matière d'eau dans l'air de la buanderie lorsqu'il est saturé en vapeur d'eau** est :

$$n_{\text{H}_2\text{O},v} = \frac{p_v abc}{RT} \approx \mathbf{29 \text{ mol}}$$

a) Si l'air est initialement sec (ne contient pas du tout de vapeur d'eau), alors on voit que l'évaporation de la totalité de la flaque ne peut pas suffire à atteindre la pression de vapeur saturante, puisqu'il faudrait pour cela 29 moles d'eau et il n'y en a que 22 moles.

On en déduit que **la vaporisation de l'eau sera rigoureusement totale**.

Lorsqu'elle sera achevée, l'intégralité des 22 moles d'eau sera passée en phase vapeur, ce qui permet de calculer la pression partielle de l'eau :

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_0 RT}{abc} = 1,8 \text{ kPa}$$

Dans l'état final, il n'y a plus du tout d'eau liquide.
L'atmosphère de la buanderie n'est pas saturée en vapeur d'eau ;
la pression partielle de l'eau y est $p_{\text{eau}} = 1,8 \text{ kPa} < p_v$.

b) Dans le cas où l'air contient déjà une pression partielle $0,60p_v$ d'eau au départ, cela correspond à une quantité de matière de vapeur d'eau :

$$n_{0,v} = \frac{0,60p_v \times abc}{RT} = 17 \text{ mol}$$

Il manque donc $29 - 17 = 12 \text{ mol}$ de vapeur d'eau dans l'air pour atteindre la saturation.
Or il y a 22 moles d'eau dans la flaque au départ. Lorsque 12 moles se seront évaporées, la saturation de l'air sera atteinte et l'évaporation s'arrêtera. Il restera alors $22 - 12 = 10 \text{ moles}$ d'eau dans la flaque.

L'état final est donc constitué d'une flaque contenant environ 10 moles d'eau liquide, en équilibre avec une atmosphère saturée en vapeur d'eau, où la pression partielle de l'eau est égale à la pression de vapeur saturante $p_v = 2,34 \text{ kPa}$.