

2 Corrections

2.1 Correction Planche 1

Exercice : Équilibre gazeux et analyse d'un mélange

Partie 1 : État initial

1. Tableau d'avancement

	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	=	$2 \text{NO}_2(\text{g})$
État initial	$n_0 = 15,0 \text{ mmol}$		0
En cours	$n_0 - \xi$		2ξ
État final	$n_0 - \xi_{eq}$		$2\xi_{eq}$

2. Pression initiale

En supposant qu'aucune dissociation n'a eu lieu, on applique la loi des gaz parfaits :

$$P_i V = n_0 R T$$

$$P_i = \frac{n_0 R T}{V} = \frac{15,0 \times 10^{-3} \times 8,314 \times 298}{1,50}$$

$$P_i = \frac{37,16}{1,50} = 24,8 \text{ kPa} = 0,248 \text{ bar}$$

$$P_i = 0,25 \text{ bar}$$

3. Quantité totale de gaz

D'après le tableau d'avancement :

$$n_{tot} = (n_0 - \xi) + 2\xi = n_0 + \xi$$

$$n_{tot} = n_0 + \xi$$

Partie 2 : État d'équilibre

4. Avancement à l'équilibre

À l'équilibre : $P_f V = n_{tot} R T = (n_0 + \xi_{eq}) R T$

Donc :

$$\xi_{eq} = \frac{P_f V}{R T} - n_0$$

$$\xi_{eq} = \frac{0,28 \times 10^5 \times 1,50}{8,314 \times 298} - 15,0 \times 10^{-3}$$

$$\xi_{eq} = \frac{4,2 \times 10^4}{2,478 \times 10^3} - 0,0150 = 0,01695 - 0,0150$$

$$\xi_{eq} = 1,95 \text{ mmol} \approx 2,0 \text{ mmol}$$

5. Quantités de matière à l'équilibre

$$— n_{\text{N}_2\text{O}_4} = n_0 - \xi_{eq} = 15,0 - 2,0 = 13,0 \text{ mmol}$$

$$— n_{\text{NO}_2} = 2\xi_{eq} = 2 \times 2,0 = 4,0 \text{ mmol}$$

$$n_{\text{N}_2\text{O}_4} = 13,0 \text{ mmol} \quad ; \quad n_{\text{NO}_2} = 4,0 \text{ mmol}$$

6. Fractions molaires

Quantité totale : $n_{tot} = 13,0 + 4,0 = 17,0 \text{ mmol}$

$$x_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{13,0}{17,0} = 0,765$$

$$x_{\text{NO}_2} = \frac{4,0}{17,0} = 0,235$$

$$x_{\text{N}_2\text{O}_4} = 0,76 \quad ; \quad x_{\text{NO}_2} = 0,24$$

7. Pressions partielles

$$— P_{\text{N}_2\text{O}_4} = x_{\text{N}_2\text{O}_4} \times P_f = 0,765 \times 0,28 = 0,214 \text{ bar}$$

$$— P_{\text{NO}_2} = x_{\text{NO}_2} \times P_f = 0,235 \times 0,28 = 0,066 \text{ bar}$$

$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = 0,21 \text{ bar} \quad ; \quad P_{\text{NO}_2} = 0,066 \text{ bar}$$

8. Constante d'équilibre

Pour la réaction $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) = 2 \text{NO}_2(\text{g})$:

$$K^o = \frac{a_{\text{NO}_2}^2}{a_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{(P_{\text{NO}_2}/P^o)^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}/P^o} = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4} \times P^o}$$

avec $P^o = 1 \text{ bar}$.

$$K^o = \frac{(0,066)^2}{0,214 \times 1} = \frac{4,36 \times 10^{-3}}{0,214} = 0,020$$

$$K^o(298 \text{ K}) = 0,020$$

9. Taux d'avancement et type de réaction

Le taux d'avancement est :

$$\tau = \frac{\xi_{eq}}{\xi_{max}} = \frac{\xi_{eq}}{n_0} = \frac{2,0}{15,0} = 0,13 = 13\%$$

$$\tau = 13\%$$

Avec $10^{-4} < K^o = 0,020 < 10^4$, la réaction est **équilibrée** (mais plutôt peu avancée).

Partie 3 : Perturbation de l'équilibre

10. Ajout de NO_2

Après ajout de 6,0 mmol de NO_2 :

$$— n_{\text{N}_2\text{O}_4} = 13,0 \text{ mmol (inchangé)}$$

$$— n_{\text{NO}_2} = 4,0 + 6,0 = 10,0 \text{ mmol}$$

$$— n_{tot} = 13,0 + 10,0 = 23,0 \text{ mmol}$$

$$\text{La pression totale augmente : } P = \frac{n_{tot}RT}{V} = \frac{23,0 \times 10^{-3} \times 8,314 \times 298}{1,50} = 0,378 \text{ bar}$$

Nouvelles pressions partielles :

$$— P_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{13,0}{23,0} \times 0,378 = 0,214 \text{ bar}$$

$$— P_{\text{NO}_2} = \frac{10,0}{23,0} \times 0,378 = 0,164 \text{ bar}$$

Nouveau quotient réactionnel :

$$Q_r = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{(0,164)^2}{0,214} = \frac{0,0269}{0,214} = 0,126$$

On a $Q_r = 0,126 > K^o = 0,020$

Le système évolue dans le sens inverse (\leftarrow) pour reformer du N_2O_4

11. Compression du système

Si on réduit le volume de moitié, la pression double initialement. Le quotient réactionnel devient :

$$Q_r = \frac{(2P_{\text{NO}_2})^2}{2P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{4P_{\text{NO}_2}^2}{2P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = 2 \times \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = 2K^o$$

Donc $Q_r > K^o$, le système évolue dans le sens inverse pour reformer N_2O_4 .

Interprétation : La réaction produit 2 molécules gazeuses à partir d'une seule. Une augmentation de pression favorise donc le sens qui diminue le nombre de molécules gazeuses, c'est-à-dire le sens inverse.

L'équilibre se déplace dans le sens inverse (\leftarrow)