EXERCICES DU CHAPITRE 2

Les transformations chimiques

Corrigés des exercices

Transformations chimiques

Un mode de préparation industrielle du dihydrogène met en jeu la réaction en phase gazeuse, d'équation suivante :

$$CH_{4(g)} + H_2O_{(g)} = CO_{(g)} + 3\ H_{2(g)}$$

La réaction se déroule sous une pression totale constante, P_{tot} = 10 bar.

La température du système demeure constante et telle que la constante d'équilibre $K°$ est égale à 15.

Initialement, le système contient 10 moles de méthane, 30 moles d'eau, 5 moles de monoxyde de carbone et 15 moles de dihydrogène.

1) En utilisant la relation de Guldberg et Waage, exprimer la constante d'équilibre en fonction des pressions partielles des constituants et de $P°$ = 1 bar.

Exprimons la relation de Guldberg et Waage :

$$K° = \frac{\left(\frac{P(H_2)}{P°}\right)_{éq}^{3} \left(\frac{P(CO)}{P°}\right)_{éq}}{\left(\frac{P(H_2O)}{P°}\right)_{éq} \left(\frac{P(CH_4)}{P°}\right)_{éq}}$$

2) Exprimer le quotient de réaction Q_r en fonction de la quantité de matière de chacun des constituants, de la pression totale P_{tot} et de $P°$. Calculer la valeur de Q_r à l'instant initial.

Le quotient réactionnel Q_r s'exprime de la même façon que la constante d'équilibre, mais avec les activités « instantanées », et pas celles à l'équilibre :

$$\mathbf{Q_r = \frac{\left(\frac{P(H_2)}{P°}\right)^3 \left(\frac{P(CO)}{P°}\right)}{\left(\frac{P(H_2O)}{P°}\right) \left(\frac{P(CH_4)}{P°}\right)}}$$

	$CH_{4(g)}$	+	$H_2O_{(g)}$	=	$CO_{(g)}$	+	$3\ H_{2(g)}$	$n_{tot}(g)$
A t = 0 :	**10**		**30**		**5**		**15**	**60**
A $t_{éq}$:	**$10-\xi_{éq}$**		**$30-\xi_{éq}$**		**$5+\xi_{éq}$**		**$15+3\xi_{éq}$**	**$60+2\xi_{éq}$**

Chacune des pressions partielles peut s'exprimer en utilisant les pressions partielles exprimées à partir des fractions molaires et de la pression totale, c'est la loi de Dalton :

$P(H_2) = \frac{15}{60}.P_{tot}$; $P(CO) = \frac{5}{60}.P_{tot}$; $P(H_2O) = \frac{30}{60}.P_{tot}$; $P(CH_4) = \frac{10}{60}.P_{tot}$

$$Q_r = \frac{\left(\frac{15.10.P°}{60.P°}\right)^3 \left(\frac{5.10.P°}{60.P°}\right)}{\left(\frac{30.10.P°}{60.P°}\right) \left(\frac{10.10.P°}{60.P°}\right)}$$

$$Q_r = \frac{\left(\frac{15.10}{60}\right)^3 \left(\frac{5.10}{60}\right)}{\left(\frac{30.10}{60}\right) \left(\frac{10.10}{60}\right)}$$

$$Q_r = \frac{\left(\frac{15}{6}\right)^3 \left(\frac{5}{6}\right)}{\left(\frac{30}{6}\right) \left(\frac{10}{6}\right)}$$

$$Q_r = \frac{15^3.5}{30.10.6^2}$$

$$\mathbf{Q_r = 1,5625}$$

3) Le système est-il en équilibre thermodynamique ? Justifier la réponse.

Comme Q_r est différent de K°, alors le système n'est pas à l'équilibre chimique.
$Q_r < K°$: le système va évoluer dans le sens direct.

4) Si le système n'est pas en équilibre, dans quel sens se produira l'évolution ? Justifier brièvement la réponse.

$Q_r < K°$: le système va évoluer dans le sens direct.

Dans un nouvel état initial, le système ne contient que 10 moles de méthane et 10 moles d'eau.

5) Dresser un tableau d'avancement faisant apparaître l'avancement ξ.

	$CH_{4(g)}$	+	$H_2O_{(g)}$	=	$CO_{(g)}$	+	$3\ H_{2(g)}$	$n_{tot}(g)$
A t = 0 :	**10**		**10**		**0**		**0**	**20**
A $t_{éq}$:	**$10-\xi_{éq}$**		**$10-\xi_{éq}$**		**$\xi_{éq}$**		**$3\xi_{éq}$**	**$20+2\xi_{éq}$**

Attention à la composition initiale qui n'était plus celle des questions précédentes !

6) Déterminer la composition du système à l'équilibre, en partant de ce nouvel état initial. La pression totale reste égale à 10 bar.

$$K° = \frac{\left(\frac{P(H_2)}{P°}\right)_{éq}^{3}\left(\frac{P(CO)}{P°}\right)_{éq}}{\left(\frac{P(H_2O)}{P°}\right)_{éq}\left(\frac{P(CH_4)}{P°}\right)_{éq}}$$

$$K° = \frac{\left(\frac{3\xi_{éq}}{20+2\xi_{éq}}10\right)_{éq}^{3}\left(\frac{\xi_{éq}}{20+2\xi_{éq}}10\right)_{éq}}{\left(\frac{10-\xi_{éq}}{20+2\xi_{éq}}10\right)_{éq}\left(\frac{10-\xi_{éq}}{20+2\xi_{éq}}10\right)_{éq}}$$

$$K° = \frac{27\xi_{éq}^{4}\ .100}{(20+2\xi_{éq})^2(10-\xi_{éq})^2}$$

$$15 = \frac{27\xi_{éq}{}^{4} \ .100}{4(10+\xi_{éq})^{2}(10-\xi_{éq})^{2}}$$

$$\frac{15.4}{27.100} = \frac{\xi_{éq}{}^{4}}{(10+\xi_{éq})^{2}(10-\xi_{éq})^{2}}$$

$$\frac{15.4}{27.100} = \frac{\xi_{éq}{}^{4}}{(100-\xi_{éq}{}^{2})^{2}}$$

$$\frac{1}{9.5} = \frac{\xi_{éq}{}^{4}}{(100-\xi_{éq}{}^{2})^{2}}$$

$$\sqrt{\frac{1}{45}} = \frac{\xi_{éq}{}^{2}}{100-\xi_{éq}{}^{2}}$$

$$\xi_{éq} = \sqrt{\frac{100\sqrt{\frac{1}{45}}}{1+\sqrt{\frac{1}{45}}}}$$

$$\boldsymbol{\xi_{éq} = 3{,}60 \text{ mol}}$$

D'où la composition à l'équilibre :

	$CH_{4(g)}$	+	$H_2O_{(g)}$	=	$CO_{(g)}$	+	$3\ H_{2(g)}$
A t = 0 :	**10**		**10**		**0**		**0**
A $t_{éq}$:	**10-3,60**		**10-3,60**		**3,60**		**3x3,60**
:	**6,40**		**6,40**		**3,60**		**10,8**

A l'équilibre, il n'y avait pas consommation de tous les réactifs : ceux-ci coexistent en quantité toujours importante en présence des produits formés. Rappelez-vous les tests en tube à essais de l'activité expérimentale 1 destinée précisément à illustrer ceci.