

## Synthèse de l'ammoniac

Dans un réacteur fermé de volume constant  $V=10$  L, on introduit à  $450$  °C les quantités suivantes :

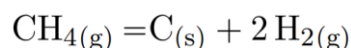
- $n_0 = 1,00$  mol de diazote gazeux
- $2n_0$  moles de dihydrogène gazeux
- Aucun ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) n'est présent initialement

La réaction considérée est la suivante entre le dihydrogène et le diazote forme de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), avec une constante d'équilibre à  $450$  °C est  $K = 0,040$ . On suppose que tous les gaz sont parfaits, et que la température est maintenue constante.

1. Établir le tableau d'avancement de la réaction.
2. Donner l'expression de la pression partielle de chaque gaz dans l'état d'équilibre, en fonction de l'avancement à l'équilibre  $\xi_f$ ,  $T$ ,  $V$  et  $R$  (la constante des gaz parfaits).
3. En déduire l'expression littérale de  $K$  en fonction de  $\xi_f$ ,  $T$ ,  $V$  et  $R$ .
4. Déterminer l'avancement  $\xi_1$  à l'équilibre sous l'hypothèse d'une réaction quasi-nulle. Cette hypothèse est-elle validée ?
5. Sous l'hypothèse d'une réaction quasi-totale, déterminer l'avancement maximal  $\xi_{\max}$  et la quantité de matière  $\varepsilon$  à l'équilibre du réactif limitant. Cette hypothèse est-elle validée ?
6. En supposant que  $\xi_f = 0,37$ , calculer les pressions partielles de chaque gaz à l'équilibre.
7. En déduire la pression totale dans le réacteur à l'équilibre.

## Transport du méthane

Le méthane  $\text{CH}_4(\text{g})$  est acheminé sur plusieurs milliers de kilomètres via des gazoducs sous pression constante et à température ambiante. Lors de cet acheminement, une partie du méthane peut éventuellement se dissocier en carbone et en dihydrogène selon la réaction :



La constante thermodynamique de cette réaction est  $K^\circ = 4 \times 10^{-9}$  à température ambiante.

On introduit une quantité  $n$  de méthane pur dans un gazoduc, le long duquel la pression totale reste constante égale à  $P = 67,0$  bar. On considère que le gazoduc est suffisamment long pour qu'à sa sortie, le système a cessé d'évoluer chimiquement et a pu atteindre un état d'équilibre. On note  $\xi$  l'avancement de la réaction.

1. Calculer, dans l'état final, la quantité totale  $n_g$  de matière de gaz présent dans le mélange, en fonction de  $n$  et  $\xi_f$ , l'avancement final.
2. On note  $\alpha = \xi/n$  le taux de dissociation du méthane. Exprimer, dans l'état final, les pressions partielles  $p_{\text{CH}_4}$  et  $p_{\text{H}_2}$  en méthane et en dihydrogène, en fonction de  $P$  et  $\alpha$  uniquement.
3. Donner l'expression de  $\alpha$  en fonction de  $\varepsilon = K^\circ p_{\text{ref}} / (4P)$  où  $p_{\text{ref}} = 1$  bar et calculer sa valeur numérique.
4. Que vaut la fraction molaire  $x_{\text{H}_2}$  en dihydrogène dans l'état final ? Calculer numériquement sa valeur.