Problème IV : Etude thermodynamique de la synthèse de l'ammoniac

Données :

Les différents constituants dont il sera question dans ce problème sont des gaz parfaits.

- L'enthalpie standard de formation de l'ammoniac : $\Delta H^{\circ}_{f(NH_3)} = -46\ kJ \cdot mol^{-1}$ est supposée constante dans le domaine de température considéré.
- Pour l'équilibre : $N_2 + 3\,H_2 \rightleftarrows 2NH_3$

  $K_p = 5{,}2.10^{-5}$ à 450°C, les pressions étant exprimées en atmosphère.
- La constante des gaz parfaits : $R = 8{,}32\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} = 0{,}082\ L \cdot atm \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$.
- Le volume molaire d'un gaz parfait aux conditions standards de températures et de pression est de 22,4 litres.
- 1 atmosphère = $1{,}013.10^5$ Pa.

I Généralités :

I-1 Calculer la variance de cet équilibre. Conclure.

I-2 On part d'ammoniac pur ; déterminer les paramètres dont dépend la composition du mélange à l'équilibre.

II Etude de la synthèse de l'ammoniac :

II-1 Influence des proportions.

Soit un mélange contenant un nombre de moles total *a* d'azote et d'hydrogène avec une fraction molaire *x* en azote.

Soit 2*ay* le nombre de moles d'ammoniac à l'équilibre ; donner la relation existant entre *x* et *y*.

Déterminer les proportions d'azote et d'hydrogène au départ pour que le nombre de moles d'ammoniac soit maximal à l'équilibre. En déduire que, dans ces conditions, la fraction molaire de l'ammoniac est également maximale.

II-2 On se place dans les ***proportions stœchiométriques*** d'azote et d'hydrogène.

II-2*a* On mélange 0,1 mole d'azote et 0,3 mole d'hydrogène dans un récipient de volume égal à 0,1 L à une température de 450°C maintenue constante.

Déterminer le nombre de moles et la pression de chacune des espèces chimiques présentes à l'équilibre.

Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 7 pages.

II-2*b* On mélange 0,1 mole d'azote et 0,3 mole d'hydrogène à une température de 450°C et à une pression 300 atm maintenues constantes. Déterminer le nombre de moles et la pression partielle de chacune des espèces chimiques présentes à l'équilibre.

II-3 Influence de la pression totale.

La réaction de synthèse est effectuée à 450°C et dans les proportions stœchiométriques ; la pression est maintenue constante.

On définit le rendement de la réaction par le degré d'avancement α de la réaction de synthèse.

Ecrire la relation liant α, K_p et la pression totale P.

Etudier les variations du rendement avec la pression. Commenter.

Application numérique : Calculer α pour P = 1 atm et pour P = 300 atm.

II-4 Influence de la température.

II-4*a* Déterminer le sens de variation de K_p avec la température.

II-4*b* La pression est maintenue constante, le mélange d'azote et d'hydrogène est dans les proportions stœchiométriques.

Déterminer comment varie le rendement avec K_p. Conclure.

III- Déplacement d'équilibre.

III-1 On se place dans le cas décrit en **II-2*a*** ; l'équilibre étant réalisé, on ajoute de l'argon en maintenant le volume constant. Montrer comment évolue la réaction.

III-2 On se place dans le cas décrit en **II-2*b*** ; l'équilibre étant réalisé, on ajoute de l'argon en maintenant la pression constante. Déterminer dans quel sens se déplace l'équilibre.

III-3 La température est maintenue constante. L'équilibre est réalisé dans un récipient de volume constant. Dans ces conditions, à l'équilibre, la pression totale du mélange est P_0 et la pression partielle de l'azote P_{0N_2}.

A ce récipient on accole un autre de même volume contenant de l'azote pur à la pression P_0 ; on escamote la cloison existant entre les deux récipients.

III-3*a* Peut-on dire, a priori, dans quel sens se déplace l'équilibre ?

III-3*b* Ecrire la relation entre P_0 et P_{0N_2} qui permet d'en décider.

Application numérique : on se place dans le cas de l'équilibre défini en **II-2*a*** ; que se passe-t-il ?

Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 7 pages.