

Planche 2

Questions de cours

Question C1 : Décrire les forces intermoléculaires (interactions de van der Waals et liaison hydrogène) et donner leur ordre de grandeur énergétique.

Question C2 : Donner l'expression de l'activité chimique d'un gaz parfait, d'un constituant de phase condensée, d'un soluté.

Exercice : Ammoniac - structure et équilibre de synthèse

L'ammoniac NH_3 est un gaz incolore à l'odeur piquante, synthétisé industriellement par le procédé Haber-Bosch. La réaction est exothermique donc K^o diminue avec T qui augmente.

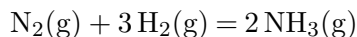
Partie 1 : Structure et propriétés de l'ammoniac

On donne les électronégativités : $\chi_{\text{N}} = 3,04$; $\chi_{\text{H}} = 2,20$.

1. Donner la représentation de Lewis de la molécule NH_3 .
2. Prévoir la géométrie de la molécule à l'aide de la théorie VSEPR en précisant l'angle de liaison approximatif.
3. La molécule NH_3 est-elle polaire ? Justifier en indiquant la direction et le sens du moment dipolaire.
4. L'ammoniac est très soluble dans l'eau (environ $700 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ à 20°C). Expliquer cette solubilité exceptionnelle en identifiant les interactions intermoléculaires mises en jeu entre NH_3 et H_2O .
5. Comparer qualitativement les températures d'ébullition de NH_3 ($T_{\text{eb}} = -33^\circ\text{C}$) et de PH_3 ($T_{\text{eb}} = -88^\circ\text{C}$). Justifier cette différence.

Partie 2 : Équilibre de synthèse de l'ammoniac

La synthèse de l'ammoniac se fait selon la réaction :



Dans un réacteur de volume $V = 10,0 \text{ L}$ maintenu à $T = 500 \text{ K}$, on introduit initialement :

— $n_{\text{N}_2}^0 = 0,50 \text{ mol}$

— $n_{\text{H}_2}^0 = 1,50 \text{ mol}$

À cette température, la constante d'équilibre vaut $K^o = 6,0 \times 10^{-3}$.

6. Dresser le tableau d'avancement de la réaction.
7. Les réactifs sont-ils introduits dans les proportions stœchiométriques ?
8. Écrire l'expression de la constante d'équilibre K^o en fonction des pressions partielles.
9. En supposant que la réaction est peu avancée ($\xi_{\text{eq}} \ll n_{\text{N}_2}^0$), montrer que :

$$K^o \approx \frac{4\xi_{\text{eq}}^2}{n_{\text{N}_2}^0 \times (n_{\text{H}_2}^0)^3} \times \left(\frac{RT}{V}\right)^{-2}$$

10. Calculer une valeur approchée de ξ_{eq} puis les quantités de matière à l'équilibre.
11. Calculer le taux d'avancement de la réaction. L'approximation était-elle justifiée ?
12. Proposer deux méthodes pour améliorer le rendement en ammoniac dans le procédé industriel. Justifier.

Données : $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$; $P^o = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$