

## 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  $\text{NH}_3$  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.

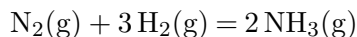
#### Partie 1 : Structure et propriétés de l'ammoniac

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

1. Donner la représentation de Lewis de la molécule  $\text{NH}_3$ .
2. Prévoir la géométrie de la molécule à l'aide de la théorie VSEPR en précisant l'angle de liaison approximatif.
3. La molécule  $\text{NH}_3$  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  $20^\circ\text{C}$ ). Expliquer cette solubilité exceptionnelle en identifiant les interactions intermoléculaires mises en jeu entre  $\text{NH}_3$  et  $\text{H}_2\text{O}$ .
5. Comparer qualitativement les températures d'ébullition de  $\text{NH}_3$  ( $T_{eb} = -33^\circ\text{C}$ ) et de  $\text{PH}_3$  ( $T_{eb} = -88^\circ\text{C}$ ). 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 ( $\xi_{eq} \ll n_{\text{N}_2}^0$ ), montrer que :

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

10. Calculer une valeur approchée de  $\xi_{eq}$  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 :**  $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $P^o = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$