

# LC — Optimisation d'un procédé chimique (CPGE, MP)

Thibault Hiron-Bédiée

6 mai 2022

Élément imposé : Mettre en œuvre un protocole pour étudier l'influence de la température ou de la pression sur un déplacement d'équilibre chimique.

Niveau : CPGE deuxième année — MP

Prérequis : Programme de première année (MPSI)  
Dosages acide-base  
Thermodynamique de deuxième année jusqu'à ce chapitre (premier et second principe)

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>8. Thermodynamique de la transformation chimique</b>	
<b>8.2 Application du second principe à la transformation chimique</b>	
Constante d'équilibre; relation de Van't Hoff. Relation entre $\Delta_r G$ , $K^\circ$ et $Q_r$ .	Définir la constante thermodynamique d'équilibre à partir de l'enthalpie libre standard de réaction. Prévoir le sens d'évolution à $p$ et $T$ fixées d'un système physico-chimique dans un état donné à l'aide de $Q_r$ et $K^\circ$ . Énoncer et exploiter la relation de Van't Hoff. Déterminer la valeur de la constante d'équilibre thermodynamique à une température quelconque.
État final d'un système : équilibre chimique ou transformation totale.	Déterminer la valeur d'une constante d'équilibre thermodynamique d'une réaction par combinaison de constantes d'équilibres thermodynamiques d'autres réactions. Déterminer la composition chimique d'un système dans l'état final, en distinguant les cas d'équilibre chimique et de transformation totale, pour une transformation modélisée par une réaction chimique unique. <b>Mettre une œuvre une démarche expérimentale pour déterminer la valeur d'une constante d'équilibre en solution aqueuse.</b>
Caractérisation de l'état intensif d'un système en équilibre : nombre de degrés de liberté (variance) d'un système à l'équilibre.	Reconnaître si une variable intensive est ou non un paramètre d'influence d'un équilibre chimique.
Optimisation d'un procédé chimique : <ul style="list-style-type: none"><li>– par modification de la valeur de <math>K^\circ</math> ;</li><li>– par modification de la valeur du quotient réactionnel.</li></ul>	Recenser les variables intensives pertinentes de description du système à l'équilibre pour en déduire le nombre de degrés de liberté de celui-ci. Identifier les paramètres d'influence et leur sens d'évolution pour optimiser une synthèse ou minimiser la formation d'un produit secondaire indésirable  <b>Approche documentaire</b> : à partir de documents décrivant une unité de synthèse industrielle, analyser les choix industriels, aspects environnementaux inclus.

## I. Facteurs d'équilibre et variance d'un système

1. Variance d'un système chimique
2. Influence des conditions expérimentales : variance réduite
3. Déplacement et rupture d'équilibre
4. Paramètres d'influence

## II. Optimisation d'hermodynamique d'un processus

1. Principe de modération de Le Chatelier
2. Modification de la valeur de la constante d'équilibre  $K^o$
3. Modification de la valeur du quotient réactionnel  $Q_r$ 
  - Modification de la pression à température constante
  - Ajout d'un gaz à pression et volume constant
  - Ajout d'un gaz à température et volume constant
  - Modification de la pression à température constante

## III. Enjeux industriels : exemple de la synthèse de l'ammoniac, procédé Haber-Bosch

## I. Facteurs d'équilibre et variance d'un système

1. Variance d'un système chimique
2. Influence des conditions expérimentales : variance réduite
3. Déplacement et rupture d'équilibre
4. Paramètres d'influence

## II. Optimisation d'hermodynamique d'un processus

1. Principe de modération de Le Chatelier
2. Modification de la valeur de la constante d'équilibre  $K^o$
3. Modification de la valeur du quotient réactionnel  $Q_r$ 
  - Modification de la pression à température constante
  - Ajout d'un gaz à pression et volume constant
  - Ajout d'un gaz à température et volume constant
  - Modification de la pression à température constante

## III. Enjeux industriels : exemple de la synthèse de l'ammoniac, procédé Haber-Bosch

# Modification de la valeur de la constante d'équilibre $K^\circ$

Optimisation  
d'un procédé  
chimique

Thibault  
Hiron-Bédiée

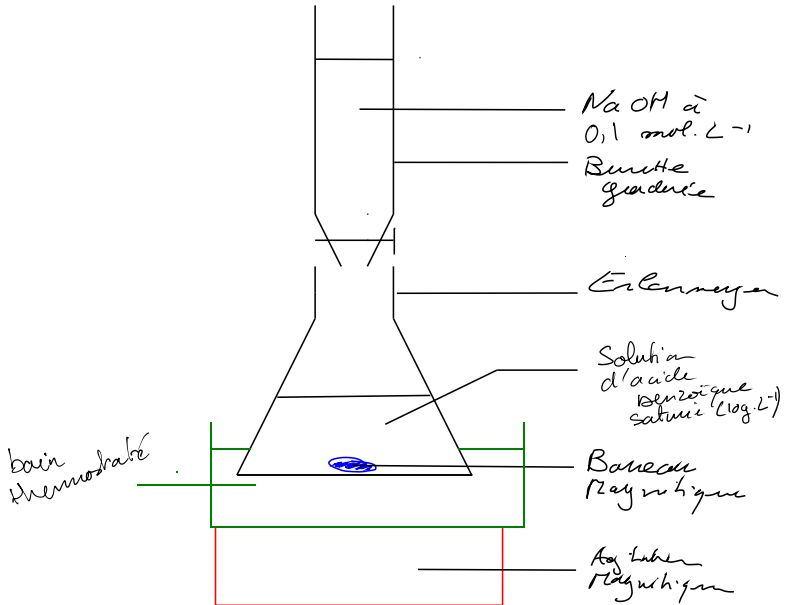
Variance et  
équilibre

Variance  
Variance réduite  
Rupture d'équilibre  
Paramètres  
d'influence

Optimisation  
thermodyna-  
mique

Le Chatelier  
Modification de  $K^\circ$   
Modification de  $Q$ ,  
à  $T$  constante  
à  $p$  et  $V$  constants  
à  $T$  et  $V$  constants  
à  $T$  constante

Enjeux  
industriels



## I. Facteurs d'équilibre et variance d'un système

1. Variance d'un système chimique
2. Influence des conditions expérimentales : variance réduite
3. Déplacement et rupture d'équilibre
4. Paramètres d'influence

## II. Optimisation d'hermodynamique d'un processus

1. Principe de modération de Le Chatelier
2. Modification de la valeur de la constante d'équilibre  $K^o$
3. Modification de la valeur du quotient réactionnel  $Q_r$ 
  - Modification de la pression à température constante
  - Ajout d'un gaz à pression et volume constant
  - Ajout d'un gaz à température et volume constant
  - Modification de la pression à température constante

## III. Enjeux industriels : exemple de la synthèse de l'ammoniac, procédé Haber-Bosch

Modification de la valeur du quotient réactionnel  $Q_r$ 

- Modification de la pression à température constante
- Ajout d'un gaz à pression et volume constant
- Ajout d'un gaz à température et volume constant
- Modification de la pression à température constante

Rappel :

$$Q_r = \prod_{i \text{ gaz}} \left( \frac{p_i}{p^\circ} \right)^{\nu_i} \prod_{j \text{ soluté}} (a_j)^{\nu_j}$$

$$Q_r = \left[ \prod_{i \text{ gaz}} (x_i)^{\nu_i} \prod_{j \text{ soluté}} (a_j)^{\nu_j} \right] \left( \frac{p}{p^\circ} \right)^{\Delta_r \nu_{\text{gaz}}}$$

$$\text{où } \Delta_r \nu_{\text{gaz}} = \sum_{i \text{ gaz}} \nu_i$$

## I. Facteurs d'équilibre et variance d'un système

1. Variance d'un système chimique
2. Influence des conditions expérimentales : variance réduite
3. Déplacement et rupture d'équilibre
4. Paramètres d'influence

## II. Optimisation d'hermodynamique d'un processus

1. Principe de modération de Le Chatelier
2. Modification de la valeur de la constante d'équilibre  $K^\circ$
3. Modification de la valeur du quotient réactionnel  $Q_r$ 
  - Modification de la pression à température constante
  - Ajout d'un gaz à pression et volume constant
  - Ajout d'un gaz à température et volume constant
  - Modification de la pression à température constante

## III. Enjeux industriels : exemple de la synthèse de l'ammoniac, procédé Haber-Bosch



# Synthèse de l'ammoniac, procédé Haber-Bosch

