

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE**

**SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03**  
**FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS**  
**DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT**

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

## **Mémoire**

**PRESENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER**  
**EN GÉNIE DES PROCÉDÉS**  
**OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT**

# **MODELISATION D'UN PROCÉDE DE SYNTHESE DU METHANOL DANS UN REACTEUR CATALYTIQUE A LIT FIXE**

**Présenté par :**

CHANDARLI BRAHAM Nada

BENSEBAA Ouidjdane

BENDJAAFER Hadjer

**Dirigé par :**

DEHIMI Leila

**Grade M.C.B**

*Année universitaire*

**2020-2021**

**Session : juillet**

---

**SOMMAIRE****Liste des figures****Liste des tableaux****Nomenclature et acronymes****INTRODUCTION GENERALE** 1**CHAPITRE I : MISE AU POINT****BIBLIOGRAPHIQUE**

I.1. Chimie d'hydrogène	3
I.2. Production d'hydrogène	3
I.2.1. Vaporeformage	4
I.2.2. Oxydation partielle	5
I.2.3. Reformage auto thermique	5
I.2.4. Reformage sec	6
I.2.5. Electrolyse de l'eau	6
I.3. Utilisation actuelle d'hydrogène	7
I.3.1. Utilisation dans le secteur du transport	8
I.3.2. Electricité	8
I.3.3. Pile à combustible	9
I.4. Stockage et le transport	10
I.4.1. Stockage du d'hydrogène	10
I.4.1.1. Stockage sous forme liquide à basse pression	10
I.4.1.2. Stockage gazeux sous basse pression	11
I.4.1.3. Stockage sous forme d'hydrures à basse pression	11
I.4.2. Transport et livraison de l'hydrogène	12
I.4.2.1. Transport par camion	12
I.4.2.2. Transport par pipeline	13
I.5. Dioxyde de carbone	13
I.6. Syngas	14
I.7. Synthèse du méthanol	15
I.7.1. Méthanol	15
I.7.2. Pourquoi le méthanol ?	16
I.7.3. Propriété physico-chimique du méthanol	17

I.7.4.Utilisations du méthanol (CH <sub>3</sub> OH)	17
I.7.4.1.Comme matière première	18
I.7.4.2.Carburant automobile	18
I.7.4.3.D'autre usage	19
I.7.5.Marché du méthanol	20
I.7.6.Production de méthanol	21
I.7.6.1.Formation du gaz de synthèse	22
I.7.6.2.Préparation du gaz en vue de la synthèse	22
I.7.6.3.synthèse du méthanol	22
I.8.Catalyseurs et supports	25
I.8.1.Catalyseurs	25
I.8.2.supports	27
I.8.3.Désactivation des catalyseurs de synthèse du méthanol	28
I. 9.Type des réacteurs synthèse de méthanol	29
I.9.1.Réacteur adiabatique à plusieurs couches avec refroidissement par Trempe (direct)	29
I.9.2.Réacteurs catalytiques	30
I.9.2.1.Réacteurs à lit fluidisé	30
I.9.2.2Réacteurs membranaires	30
I.9.2.3.Réacteurs à lit fixe	31
I.9.3.Réacteur isothermiques	32
I.10. Etat d'art	32

## **CHAPITRE II : MODELISATION DE LA SYNTHESE DU METHANOL**

II. Introduction	34
II.1.Thermodynamique de la synthèse du méthanol	34
II.2. Cinétique de la synthèse du méthanol	37
II.2.1.Les différents modèles cinétiques	37
II.3. Modèle mathématique	42
II.3.1. Réacteur et conditions opératoire de la simulation	42
II.3.2. Hypothèses simplificatrices	43
II.3.3.Bilan de matière et pressions partielles	43
II.4.Méthode de résolution	46

**CHAPITRE III :**  
**RESULTATS ET DISCUSSIONS**

III.1. Effet de la pression sur les performances catalytiques	47
III.2. Effet de la composition de l'alimentation	50

**CONCLUSION GENERAL**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## Résumé

Dans ce travail le procédé de synthèse du méthanol a été étudié dans un réacteur catalytique à lit fixe sur un catalyseur commercial à base de  $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Ce catalyseur est particulièrement adapté pour effectuer le procédé d'hydrogénation de  $\text{CO}_2$  et de  $\text{CO}$  et le procédé de RWGS. Le modèle proposé est un modèle homogène basé sur la cinétique de Skrzypck et *al.*, simule le procédé dans des conditions adéquates. Les conditions opératoires sont choisies de telle façon à obtenir de meilleurs résultats en termes de conversion de dioxyde de carbone et d'hydrogène et par conséquent un bon rendement en méthanol produit. Les principaux résultats obtenus par simulation montrent que, la pression, le rapport molaire et les conditions d'alimentations sont les principaux paramètres qui peuvent affecter les performances catalytiques.

**Mots clés :** Méthanol, Hydrogène, RWGS,  $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ , Réacteur à lit fixe.

## المخلص

في هذا العمل تم دراسة عملية صنع الميثانول باستخدام مفاعل تحفيزي ذو قاعدة ثابتة مزودة بمحفز من نوع  $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  هذا المحفز مناسب بشكل خاص لتنفيذ عملية هدرجة أحادي وثنائي أكسيد الكربون ، يحاكي وعملية الأنزياح العكسي ماء-غاز. النموذج المقترح هو نموذج متجانس مبني على النموذج الحركي ل Skrzypck et *al* العمليات في ظل ظروف مناسبة.

يتم اختيار ظروف التشغيل للحصول على نتائج أفضل من حيث تحويل ثنائي أكسيد الكربون والهيدروجين . وبالتالي إنتاج جيد من الميثانول المنتج. تظهر النتائج الرئيسية التي تم الحصول عليها عن طريق المحاكاة أن الضغط والنسب المولية وظروف التغذية هي العوامل الرئيسية التي يمكن أن تؤثر على الأداء التحفيزي.

**الكلمات الأساسية:** الميثانول ، الهيدروجين، عملية الأنزياح العكسي ماء-غاز،  $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  مفاعل الطبقة الثابت.