

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3



Faculté de GÉNIE DES PROCÉDÉS

Département de GÉNIE CHIMIQUE

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

Mémoire de Master

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie Chimique

**Etude cinétique de l'influence des agents d'expansion de la
réaction de polymérisation des polyuréthanes**

Dirigé par :

Dr. Zahir BAKIRI

MCA

Présenté par :

MESTOUR Selma

MESSAOUDENE Nihad Yasmine

Année universitaire 2019/2020

Session septembre

Remerciements	I
Dédicaces	II
Sommaire	III
Liste des figures	IV
Liste des tableaux	V
Notations et Acronymes	VI
Introduction générale	01

Chapitre I : Partie bibliographique

Partie I : L'isolation thermique

I.I.1. Introduction	02
I.I.2. Transfert thermique	02
I.I.2.1. Transfert conductif	02
a. Le flux conductif	02
b. La résistance thermique	03
I.I.2.2. Transfert convectif	03
I.I.2.3. Transfert par rayonnement	03
I.I.3. Exemples des matériaux d'isolation	03
I.I.4. Exemples d'isolation thermique par polyuréthane	04
I.I.4.1. Panneaux et blocs isolants	04
I.I.4.2. Mousse projetée	04
I.I.4.3. Isolation de la tuyauterie	04

Partie II : Généralités sur les polymères

I.II.1. Introduction	05
I.II.2. Définition	05
I.II.3. Les différents types des polymères	05
I.II.3.1. Les homopolymères	05
I.II.3.2. Les copolymères	06
I.II.4. La polymérisation	06
I.II.5. La morphologie des polymères	06
I.II.5.1. Le polymère amorphe	06
I.II.5.2. La cristallinité dans les polymères	06
I.II.6. Plastiques	06
I.II.6.1. Thermoplastiques	07
I.II.6.2. Thermodurcissables	07
I.II.6.3. Elastomères	07

Partie III : Mousses rigides de polyuréthanes

I.III.1. Introduction	08
I.III.2. Historique des polyuréthanes	08
I.III.3. Mousses de polyuréthanes	09
I.III.4. Différents types de polyuréthanes	09

I.III.4.1. Mousses polyuréthanes rigides	09
I.III.4.2. Mousses polyuréthanes souples	09
I.III.4.3. Polyuréthanes thermoplastiques	09
I.III.5. Processus de moussage et l'expansion	10
I.III.5.1. Initiation des bulles	10
I.III.5.2. Croissance des bulles	10
I.III.5.3. Stabilisation des bulles	10
I.III.5.4. Ouverture de cellule	10
I.III.6. Formation des mousses polyuréthanes	10
I.III.6.1. Matières premières	10
I.III.6.1.1. Isocyanates	11
I.III.6.1.2. Polyols	12
I.III.6.1.3. Additives	13
a. Agents gonflants	13
b. Catalyseurs	13
c. Tensioactifs	14
I.III.6.2. Chimie de base de polyuréthane	14
I.III.6.2.1. Réaction de gélification	14
I.III.6.2.2. Réaction de soufflage	15
I.III.7. Morphologie des polyuréthanes et structure des polyuréthanes	16
I.III.8. Applications des polyuréthanes	17
I.III.9. Recyclage des polyuréthanes	18
Références bibliographiques	20

Chapitre II : Moyens expérimentaux

II.1. Introduction	22
II.2. Réactifs	22
II.2.1. Les isocyanates	22
II.2.2. Les polyols	24
II.2.3. Les agents gonflants	25
II.2.3.1. Le n-pentane	25
II.2.3.2. Le cyclopentane	25
II.2.3.3. Le dichlorométhane	26
II.2.3.4. Le dioxyde de carbone	27
II.2.4. Les additifs utilisés	28
II.2.4.1. L'amidon de pomme de terre	28
II.2.4.2. La pyridine	28
II.2.4.3. L'eau	29
II.3. Matériels utilisés	30
II.4. Procédé de production de mousse polyuréthane rigide	30
Références bibliographiques	33

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Introduction	34
III.2. Plan expérimental pour la production de la mousse PU rigide	34
III.3. Formulation de la mousse polyuréthane rigide	35
III.4. Influence de l'isocyanate sur le ratio et la réactivité de la réaction	35
III.4.1 Effet de l'ajout de cyclopentane	35
III.4.2 Effet de l'ajout de dichlorométhane	36
III.4.3 Effet de l'ajout de n-pentane	37
III.4.4 Effet de l'ajout de CO ₂	39
III.5. Mélanges et combinaisons de divers agents gonflants	41
III.6. Influence des proportions d'agents gonflants sur la réactivité de la réaction	42
III.7. Influence de la pyridine sur la réactivité de la réaction	45
III.8. Influence de l'eau sur la réactivité de la réaction	46
III.9. Étude de l'influence des régimes du processus de moussage	47
III.10. Résultats de test de rétrécissement (Shrinkage)	49

Chapitre IV : Modélisation de la mousse PU

IV.1. Introduction	51
IV.2. Etude cinétique de PU rigide	51
IV.2.1. Cinétique de la réaction des polyuréthanes	52
IV.2.3. Modèle de température pour la mousse PU	57
IV.3. Conclusion	60
Références bibliographiques	60
Conclusion générale	61
Résumé	

Summary

Our study focuses on the synthesis and modeling of rigid polyurethane. It has been developed by an addition reaction between isocyanate and polyol using the three physical blowing agents (C₅, n-P₅ and DCM) and a chemical blowing agent (CO₂) whose purpose is to replace environmentally harmful blowing agents such as HCFCs and HFCs) and at the same time to obtain a material with good thermal insulation.

Equipment and a specific experimental method have been developed. This made it possible to carry out various experiments on the development of polyurethane foams in terms of temperature profiles and foam rise height. These parameters are strongly dependent on the ratio, types of blowing agent and additives.

Several mathematical models were detailed. These models have allowed to study the kinetics of polymerization by investigating the evolution of the conversion rate and the determination of the kinetic parameters of the reaction.

Keywords: Thermal insulation, polymer, polyurethane, blowing agent, modeling.
