

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

UNIVERSITE MOHAMED SEDDIK  
BEN YAHIA - JIJEL



FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE



Série : .....

**Mémoire présenté pour obtenir le diplôme de  
Master en physique**

**Spécialité : Physique Des Matériaux**

**Par**

***Ghedbane Roumissa***

**Intitulé**

***Stockage de l'énergie thermique par des matériaux à changement  
de phase (MCP) liquide-solide***

Soutenue le : **17/07 /2019** devant le jury :

Président : w. *Boudrioua*

MCB. Univ. de Jijel

Rapporteur : A. Laouer

MCB. Univ. de Jijel

Examineurs : F. Labréche

MCB. Univ. de Jijel

H. Afer

MAA. Univ. de Jijel

# **Sommaire**

**SOMMAIRE**

**I.INTRODUCTION GENERAL ..... 1**

***CHAPITRE I : TYPES DE STOCKAGE DE L'ENERGIE***

**I.1- INTRODUCTION ..... 3**

**I.2-TYPES DE STOCKAGE DE L'ENERGIE ..... 3**

I .2.1 -Stockage de l'énergie électrique ..... 3

    a. Condensateur ..... 4

    b. Super condensateur ..... 4

    c. Le supraconducteur ..... 5

I.2.2-Stockage de l'énergie chimique ..... 6

    a. L'hydrogène ..... 6

    b. la biomasse ..... 7

    C. L'azote liquide ..... 8

    d. L'Oxy-hydrogène ..... 8

I.2.3- Le stockage de l'énergie électrochimique. .... 8

    a. La batterie. .... 8

    b. La pile à combustible ..... 10

I.2.4- Stockage sous forme d'énergie mécanique ..... 11

    a. Énergie mécanique potentielle ..... 11

    b. Énergie mécanique cinétique ..... 13

## **SOMMAIRE**

---

I.2.5- Stockage de l'énergie thermique . . . . .	15
a. Le stockage d'énergie thermique par chaleur sensible. . . . .	16
b. Le stockage d'énergie thermique par chaleur latente. . . . .	19
c. Stockage d'énergie thermique par voie thermochimique . . . . .	22
<b>REFERENCES.</b> . . . . .	<b>26</b>

### **CHAPITRE II : LES MATERIAUX A CHANGEMENT DE PHASE**

<b>II.1- DEFINITION D'UN MATERIAU A CHANGEMENT DE PHASE . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>II.2-LES DIFFERENTS CHANGEMENTS D'ETAT. . . . .</b>	<b>27</b>
<b>II.3- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES MCPS. . . . .</b>	<b>28</b>
<b>II.4-CLASSIFICATION DES MATERIAUX A CHANGEMENT DE PHASE . . . . .</b>	<b>29</b>
II.4.1-Composés organique . . . . .	31
a. Paraffine. . . . .	31
b. Acides gras . . . . .	31
c. Alcools de sucre . . . . .	32
II.4.2- Les composés inorganiques. . . . .	32
a. Hydrates de sels . . . . .	32
b. Sels . . . . .	33
c. Métaux. . . . .	33
II.4.3- Les MCP Eutectiques . . . . .	34
<b>II.5-CARACTERISTIQUES DE QUELQUES MCP . . . . .</b>	<b>35</b>
<b>II.6-COMPARAISON ENTRE LES DIFFERENTS TYPES DE MCP . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>II.7- LE CHOIX D'UN MCP . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>II .8- DIFFERENTES FORMES DES MATERIAUX A CHANGEMENT DE PHASE . . . . .</b>	<b>38</b>
II.8.1- Micro encapsulation . . . . .	39
II.8.2- Macro encapsulation . . . . .	40
<b>II.9-APPLICATIONS DES MCP . . . . .</b>	<b>40</b>
II.9 .1- Le transport des produits alimentaires . . . . .	40
II.9. 2-L'industrie textile . . . . .	41

## **SOMMAIRE**

---

II.9 .3- Applications médicales .....	41
II.9.4-Utilisation passive des MCP .....	42
<b>REFERENCES .....</b>	<b>45</b>
 <b>CHAPITRE III : ETUDE DES TRANSFERTS DE CHALEUR DANS DES CAPSULES CONTENANT UN MCP LIQUIDE - SOLIDE</b>	
<b>III.1 – INTRODUCTION.....</b>	<b>47</b>
<b>III .2- MODELE PHYSIQUE .....</b>	<b>47</b>
<b>III.3 -HYPOTHESES SIMPLIFICATRICES .....</b>	<b>48</b>
<b>III.4 - MODELE MATHEMATIQUE .....</b>	<b>48</b>
III.4.1 - L'équation de la chaleur.....	48
III.4.2 - Formulation enthalpique.....	49
<b>III.5 - CONDITIONS AUX LIMITES .....</b>	<b>50</b>
<b>III.6 - FORME ADIMENSIONNELLE DU MODELE.....</b>	<b>50</b>
III .6 .1 - Grandeurs adimensionnelle .....	50
a. Nombre de Stefan.....	50
b. Nombre de Biot.....	50
c. Température adimensionnelle .....	51
d. Enthalpie adimensionnelle .....	51
e. Rayon adimensionnel .....	51
f. La conductivité thermique du milieu .....	51
g. Conductivité et chaleur spécifique .....	51
h. Nombre de Fourier .....	51
III.6.2- Equations adimensionnelles .....	52
III.6.3- Conditions aux limites adimensionnelles .....	52
<b>III.7 - METHODE DE RESOLUTION .....</b>	<b>52</b>

## **SOMMAIRE**

---

<b>III .8 - ETUDE DE LA SOLIDIFICATION D'UN MCP INITIALEMENT A SA TEMPERATURE DE SOLIDIFICATION .....</b>	<b>54</b>
III.8 .1- Evolution du champ de température .....	54
III.8. 2- Champ d'enthalpie. ....	. 56
III.8.3-Evolution du front de solidification .....	58
<b>REFERENCES. ....</b>	<b>.61</b>
<b>CONCLUSION GENERALE ..</b>	<b>62</b>