

Table des matières

Table des

matières.....

2

Abreviations et

sigles.....

7

Liste des

figures.....

9

Liste des tableaux

.....

12

Remerciements

.....

13

Résumé de la

thèse.....

15

Abstrat

.....

.....	16
Resumen (Castellano).....	17
Resum (Valencià).....	18
INTRODUCTION GENERALE .....	19
CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE .....	23
I.1. Introduction.....	24
I.2. Soleil, un réservoir d'énergie .....	24
I.2.1. Transfert radiatif et bilan énergétique .....	

.24

I.2.2. Répartition moyenne annuelle de l'énergie solaire

.....25

I.3. Cellules solaires

photovoltaïques.....

..... 29

I.3.1. Fonctionnement d'une cellule solaire photovoltaïque.....

...29

I.3.2. Circuit

équivalent.....

.....30

I.3.3. Paramètres des cellules

photovoltaïques.....

.....31

I.3.3.1. Courant de court-circuit.....

.....32

I.3.3.2. Tension à circuit

ouvert.....

.....32

I.3.3.3. Facteur de forme

.....

.....32

I.3.3.4. Rendement de conversion ( $\eta$ )

.....

.....32

I.4. Technologies des cellules solaires photovoltaïques.....

..... 33

I.4.1. Cellules solaires de première génération

.....

33

I.4.2. Cellules solaires de deuxième génération

.....

34

I.4.3. Cellules solaires de troisième génération.....

.....35

I.5. Stabilité des cellules solaires de type pérovskites : un défi à relever..... 35

I.6. Conclusion

.....  
..... 36

Références chapitre

I.....  
.....37

## CHAPITRE II : COUCHES MINCES A PEROVSKITES ET LEURS TECHNIQUES EXPERIMENTALES STANDARDS DE DEPOTS ET DE CARACTERISATIONS

.....  
42

II.1. Introduction

.....  
..... 43

II.2. Couches minces à pérovskites

.....

.....	43
II.2.1. Pérovskites de types ABX <sub>3</sub> .....	43
.....	43
II.2.2. Structures cristallines.....	43
.....	43
II.2.3. Stabilité de la structure.....	45
.....	45
II.2.4. Propriétés optiques .....	46
.....	46
II.2.5. Propriétés électriques.....	47
.....	47
II.3. Applications .....	48
.....	48
II.4. Techniques expérimentales standards de dépôts.....	

II.4.1. Procédés de dépôt physique.....

.....50

II.4.1.1. Evaporation sous vide

.....

.....50

II.4.1.2. Ablation

laser.....

.....51

II.4.1.3. Pulvérisation

cathodique.....

.....51

II.4.2. Méthodes de dépôt

chimique.....

.....51

II.4.2.1. Méthodes Sol-gel

.....

.....52

II.4.2.1.1. Spin-

Coating.....

.....	52
II.4.2.1.2. Dip-Coating	
.....	
.....	53
II.4.2.2. Spray	
pyrolyse.....	
.....	55
II.5. Techniques de caractérisations des	
couches	
minces.....	55
II.5.1. Diffraction des rayons-	
X.....	
.....	55
II.5.1.1. Appareillage et	
fonctionnement.....	
.....	57
II.5.2. Microscopie Electronique à	
Balayage	
(MEB).....	
...58	
II.5.2.1. Diffusion des	

électrons.....	
.....	58
II.5.2.1.3. Détecteur Everhart-Thornley	
.....	
.59	
II.5.2.2. Principes de fonctionnement	
.....	
.....	59
II.5.3. Spectroscopie de rayons-X à Dispersion d'Énergie (EDS)	
.....	60
II.5.4. Microscopie à Force Atomique (AFM)	
.....	
.62	
II.5.5. Absorption UV-visible	
.....	
.....	62
II.5.6. Photoluminescence (PL).....	
.....	64

II.5.7. Microscopie Electronique à  
Transmission (TEM)

.....64

II.5.8. Spectroscopie Ramann

.....65

II.6.

Conclusion.....

..... 66

Références chapitre II

.....67

CHAPITRE III : TECHNIQUES

EXPERIMENTALES DE DEPOT ET DE

CARACTERISATIONS DES COUCHES

MINCES PEROVSKITES ELABOREES

.....76

III.1.

Introduction.....

..... 77

## III.2. Matériels utilisés pour l'élaboration des couches minces

..... 77

### III.2.1. Présentation des appareils de dépôt.....

.....77

### III.2.2. Principe de fonctionnement des appareils d'élaboration des couches minces à pérovskites.....

.....  
78

#### III.2.2.1. Spin-coater.....

.....78

#### III.2.2.2. Plaque chauffante

.....  
.....78

## III.3. Procédures expérimentales

.....  
..... 78

III.3.1. Choix et traitement des substrats	.....79
III.3.1.1. Choix des substrats	.....79
III.3.1.2. Traitement des substrats	.....79
III.3.2. Préparation des poudres pérovskites	.....81
III.3.2.1. Préparation des poudres MAPbBr <sub>3</sub> , MAPbI <sub>3</sub> et MAPbCl <sub>3</sub>	.....81
III.3.2.2. Rendements des poudres de pérovskites préparées	.....82
III.3.3. Préparation des solutions pour les différents dépôts	.....82

III.3.3.1. Solutions pérovskites à partir des poudres  $\text{MAPbBr}_3$ ,  $\text{MAPbI}_3$  et  $\text{MAPbCl}_3$  préparées

.....  
.....83

III.3.3.2. Solution pérovskites de  $\text{MAPbX}_3$  et des halogénures

mixtes.....84

III.3.3.3. Solution pérovskites de  $\text{MA1-XFAXPbBr}_3$ .....

.....85

III.3.3.4. Solution pérovskites de  $\text{FA1-XMAXPbBr}_3$ .....

.....86

III.3.3.5. Solution de  $\text{CsPbX}_3$

.....  
.....87

III.3.3.6. Solution de  $\text{CsPb1-XSnXI1.5Br1.5}$ .....

.....89

III.3.3.7. Procédure de dépôt des couches

minces.....	
..89	
III.4. Techniques de caractérisation des couches minces élaborées.....	90
III.4.1. Composition structurale.....	
.....90	
III.4.1.1. Diffraction des rayons X (XRD).....	
.....90	
III.4.1.1.4. Principe de fonctionnement.....	
.91	
III.4.1.1.5. Exploitation des spectres XRD.....	
.....92	
III.4.1.1.6. Détermination de la taille des grains.....	
92	
III.4.1.1.7. Détermination des distances	

interréticulaires et paramètres de maille.....92

III.4.2. Caractérisation optique ou propriétés optiques.....

93

III.4.2.1. Détermination du coefficient d'absorption.....

.....94

III.4.2.2. Détermination de l'énergie de la bande interdite

$E_g$ .....94

III.4.3. Topographie de surface et composition stœchiométrique

.....95

III.4.3.1. Morphologies de surface des films.....

.....95

III.4.4. Rugosité des films.....

.....96

### III.5. Conclusion

.....  
..... 97

### Références chapitre

III.....  
.....98

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET

DISCUSSION.....  
.....101

### IV.1.

Introduction.....  
..... 102

### IV.2.

Résultats.....  
..... 102

IV.2.1. Résultats de l'élaboration des  
poudres.....  
.....102

IV.2.2. Couches minces MAPbBr<sub>3</sub>, MAPbI<sub>3</sub>  
et MAPbCl<sub>3</sub> obtenues à partir des poudres  
.....102

IV.2.2.1. Analyse des propriétés  
structurales

.....  
102

IV.2.2.2. Analyse de la morphologie des  
surfaces des  
couches.....104

IV.2.2.3. Analyse des propriétés optiques  
des  
couches.....  
104

IV.2.3. Couches minces MAPbBr<sub>3</sub>, MAPbI<sub>3</sub>  
et MAPbCl<sub>3</sub> et halogénures  
mixes.....105

IV.2.3.1. Analyse des propriétés  
structurales  
.....  
105

IV.2.3.2. Analyse de la morphologie des  
surfaces des  
couches.....107

IV.2.3.3. Analyse des propriétés optiques  
des couches par absorption UV-visible

.....108

IV.2.3.4. Etude de dégradation

.....109

IV.2.4. Couches minces CsPbX<sub>3</sub> et  
halogénures mixes

.....112

IV.2.4.1. Analyse des propriétés  
structurales des

couches.....112

IV.2.4.2. Analyse de la morphologie des  
surfaces des

couches.....114

IV.2.4.3. Analyse des propriétés optiques  
des

couches.....  
115

IV.2.4.4. Analyse de la rugosité des  
couches

.....  
116

IV.2.4.5. Etude de dégradation

.....117

IV.2.5. Couches minces MA1-XFAXPbBr<sub>3</sub>

.....120

IV.2.5.1. Analyse des propriétés  
structurales des

couches.....120

IV.2.5.2. Analyse de la morphologie des  
surfaces des

couches.....121

IV.2.5.3. Analyse des propriétés optiques  
des

couches.....

122

IV.2.5.4. Etude de dégradation

.....124

## IV.2.6. Couches minces FA1-XMAXPbBr3

.....126

IV.2.6.1. Analyse des propriétés  
structurales des  
couches.....126

IV.2.6.2. Analyse de la morphologie des  
surfaces des  
couches.....127

IV.2.6.3. Analyse des propriétés optiques  
des  
couches.....  
128

IV.2.6.4. Etude de dégradation

.....129

IV.2.7. Couches minces CsPb1-  
XSnXI1.5Br1.5.....  
.....131

IV.2.7.1. Analyse des propriétés  
structurales des

couches.....	131
IV.2.7.2. Analyse de la morphologie des surfaces des couches.....	132
IV.2.7.3. Analyse des propriétés optiques des couches.....	133
IV.2.7.4. Etude de dégradation.....	134
IV.3. Conclusion.....	135
Références chapitre IV.....	137
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	146

Publications dans les  
revues.....  
.....149

Présentations  
orales.....  
.....151