

## TABLE DES MATIERES

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I Généralités sur la conversion photovoltaïque .....</b>	<b>6</b>
I.1- Introduction .....	7
I.2- L'énergie solaire .....	7
I.2.1- Spectre solaire .....	7
I.2.2- Masse d'air .....	8
I.3- Principe de la conversion photovoltaïque : l'effet photovoltaïque.....	11
I.3.1- Absorption de la lumière .....	12
I.3.2- Transfert d'énergie des photons aux charges électriques .....	15
I.3.3- Collecte des charges photogénérées .....	18
I.3.4- Transport des charges photogénérées .....	19
I.3.4- Pertes associées à la photogénération et à la diffusion des porteurs de Charges. .....	20
I.3.4.1- Pertes intrinsèques .....	21
I.3.4.2- Pertes technologiques .....	22
I.4-Paramètres caractéristiques de la photopile.....	24
I.4.1 Le courant de court-circuit JCC ou photocourant $J_{ph}$ .....	26
I.4.2 La tension de circuit ouvert VCO .....	26
I.4.3 Le facteur de forme FF .....	26
I.4.4 Le rendement de conversion $\eta$ % .....	26
I.5 Les différentes technologies photovoltaïques .....	27
I.5.1 Cellules de première génération .....	27
I.5.2 Cellules de deuxième génération .....	27
I.5.3 Cellules de troisième génération .....	28
I.6- Conclusion .....	30
Référence du chapitre I.....	31
<b>Chapitre II Techniques d'élaborations et de caractérisation des couches minces Cu(In,Ga)(Se,S)<sub>2</sub> .....</b>	<b>34</b>

II.1- Introduction .....	35
II.2- Structure d'une cellule solaire CIGS .....	35
II.3- Propriétés du matériau CIGSe .....	36
II.3.1- Structure cristalline.....	36
II.3.2- Défauts dans le semi-conducteur CIGSe .....	38
II.3.3- Influences du taux de gallium sur les propriétés du matériau .....	39
II.3.3.1- Largeur de la bande interdite .....	39
II.3.3.2- Taille des grains du matériau .....	40
<b>II.3.4- Concentration des centres recombinant .....</b>	<b>40</b>
II.4- Technique d'élaboration .....	41
II.4.1- Techniques de croissance à partir d'un bain fondu (techniques de croissance rapide) .....	41
II.4.1.1- Méthode de Bridgman verticale .....	41
II.4.1.2- Méthode Czochralski (CZ) .....	42
II.4.1.3- Méthode fusion de zone .....	43
II.4.2- Techniques de croissance en solution (croissance lente) .....	43
II.4.2.1- Croissance en flux .....	43
II.4.2.2- Croissance hydrothermale .....	44
II.4.2.3- Epitaxie en phase liquide .....	44
II.4.2.4- Electrodeposition .....	44
II.4.3- Technique de croissance en phase vapeur .....	45
II.4.3.1- Le dépôt physique en phase vapeur ou Physical Vapor Deposition (PVD) .....	45
II.4.3.2- Dépôt chimique en phase vapeur ou Chemical vapor deposition (CVD) .....	48
II.5- Technique de caractérisation .....	51
II.5.1 Diffraction des rayons X (DRX) .....	51
II.5.2 Microscopie électronique à balayage (MEB) .....	53
II.5.3 Spectroscopie à dispersion d'énergie (EDX) .....	54
II.5.4 Microscope à force atomique (AFM) .....	55
II.5.5 Spectroscopie UV-Visible .....	56

II.6- conclusion .....	56
Références du chapitre II .....	57
<b>Chapitre III Techniques Expérimentales de dépôt et de caractérisation des couches</b>	
<b>minces CIGS élaborées .....</b>	<b>61</b>
III.1- Introduction .....	62
III.2- Traitement des substrats .....	62
III.3- Elaboration de couche mince de sulfure de cuivre, d'indium et de gallium (CIGS <sub>2</sub> ) par pulvérisation .....	63
III.3.1- Paramètres affectant le dépôt .....	63
III.3.2- Solution de précurseurs .....	63
III.3.3- Conditions et Méthode opératoire .....	64
III.3.4- Pyrolyse d'aérosol et recuit sous atmosphère ambiant .....	65
III.4- Elaboration de couche mince de séléniure de cuivre et d'indium (CuInSe <sub>2</sub> ) par electrodeposition .....	66
III.4.1- Solution de précurseurs .....	66
III.4.2- Electrochimie des électrolytes .....	67
III.4.3- Conditions et Méthode opératoire .....	68
III.4.4- Traitement thermique des couches électrodéposées .....	70
<b>III.5- Dépôt de couche tampon CdS, ZnS et SnS<sub>2</sub> par pulvérisation pour une application de cellules solaires à base de GIGS .....</b>	<b>70</b>
<b>III.5.1- Solution de précurseurs .....</b>	<b>71</b>
III.5.2- Conditions et Méthode opératoire .....	72
III.5.3- Pyrolyse d'aérosol et recuit sous atmosphère ambiant .....	72
III.7- Technique de caractérisation des couches mince élaborées .....	73
III.7.1-Diffraction des rayons X .....	73
III.7.2-Morphologies de surface des films .....	75
III.7.3-Caractérisation optique .....	75
III.7.4 Microscope à force atomique (AFM) .....	76
III.7.5 Spectroscopie à dispersion d'énergie (EDX) .....	76
III.8- Conclusion .....	77

<b>Références du chapitre III</b> .....	78
<b>Chapitre IV Résultats et discussions</b> .....	<b>79</b>
IV.1- Introduction .....	80
IV.2- Analyse des résultats des couches CIGS2 déposés par pulvérisation .....	80
IV.2.1- Influence du substrat sur les propriétés du matériau.....	80
IV.2.1.1- Analyse structurale .....	80
<i>IV.2.1.2- Analyse morphologique</i> .....	83
<i>IV.2.1.3- Analyse des propriétés optiques</i> .....	84
IV.2.2- Influence du substrat sur les caractéristiques de cellule solaire.....	85
IV.3- Analyse des résultats des couches CuInSe2 déposés par électrodéposition .....	86
IV.3.1- Voltampérométrie cyclique .....	86
IV.3.2- Influence du pH et du potentiel de dépôt sur les propriétés du matériau .....	87
IV.3.2.1. Analyse structurale .....	87
IV.3.2.2- Analyse morphologie et distribution des éléments .....	90
<i>IV.3.2.3- Analyse des propriétés optiques</i> .....	92
IV.3.2- Influence du pH sur les caractéristiques de la cellule solaire .....	93
IV.4- Analyse des résultats des dépôt des couches tampons .....	94
IV.4.1- Analyse structurale .....	94
IV.4.2- Morphologie et distribution des éléments .....	96
IV.4.2.1- Morphologie de surface .....	96
IV.4.3.2- Distribution des éléments .....	98
IV.4.4- Propriétés optiques des films pulvérisés au CdS, au SnS2 et au ZnS .....	98
IV.4.4.1- Absorbance et transmittance .....	98
IV.4.4.2- Bande interdite .....	98
IV.5- Etude Analytique de l'hétéro-jonction ZnO <sub>1-x</sub> S <sub>x</sub> /CIGS pour l'optimisation des performances de la cellule à base de CIGS .....	100
IV.5.1- Bande interdite de l'oxysulfure de zinc (ZnO <sub>1-x</sub> S <sub>x</sub> ) comme couche tampon .....	100
IV.5.2- Influence de l'oxysulfure de zinc (ZnO <sub>1-x</sub> S <sub>x</sub> ) sur la bande de conduction (CB) à l'interface ZnO <sub>1-x</sub> S <sub>x</sub> /CIGS .....	100

IV.5.2- Effet de la teneur en soufre des films de Zn(O,S) sur la performance des cellules .....	102
IV.5- Conclusion .....	103
Références du chapitre IV .....	104
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>108</b>
<b>ANNEXE .....</b>	<b>111</b>