

# Sommaire

---

## Sommaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des symboles

Liste des Abréviations

Introduction générale

### Chapitre I : Généralité sur l'énergie solaire photovoltaïque

I. 1	Introduction .....	3
I. 2	Les ressources des énergies renouvelables.....	3
I.2.1	Définition d'énergie renouvelable.....	4
I. 3	L'énergie solaire.....	4
I.3.1	Rayonnement solaire .....	5
I.3.2	Estimation de l'énergie disponible .....	6
I. 4	Historique du Photovoltaïque.....	7
I. 5	Cellule photovoltaïque .....	8
I.5.1	Constitution d'une cellule photovoltaïque .....	9
I.5.2	Caractéristiques d'une cellule photovoltaïque .....	10
I.5.3	Les zones de caractéristique I(V) d'un générateur photovoltaïque.....	11
I. 6	Générateur photovoltaïque .....	12
I. 7	La conversion photovoltaïque .....	15
I. 8	Technologies des cellules solaires.....	17
I.8.1	Cellules au silicium cristallin .....	17
a)	Silicium monocristallin .....	17
b)	Silicium Multi-cristallin .....	18
c)	Silicium en ruban .....	18
I.8.2	Cellules en couches minces.....	19
a)	Simple jonction ou silicium amorphe.....	19
b)	Multi-jonctions .....	20
c)	Silicium microcristallin, micro-morphe et polymorphe.....	20

# Sommaire

---

I.8.3 Autres technologies .....	21
a) Cellules au CdTe .....	21
b) Cellules au CIS et CIGS .....	22
I. 9 Types d'installations photovoltaïques.....	23
I.9.1 Installations autonomes .....	23
I.9.2 Installations raccordées au réseau .....	23
I. 10 Avantages et inconvénients d'une installation PV .....	24
I.10.1 Avantages.....	24
I.10.2 Inconvénients .....	24
I. 11 Conclusion.....	25

## **Chapitre II: Modélisation des éléments d'un système de pompage photovoltaïque**

II.1. Introduction .....	26
II.2. Modélisation du générateur PV .....	26
II.2.1 Cas d'une cellule idéale.....	26
II.2.2 Cas d'une cellule réelle .....	28
II.3. Fonctionnement optimal du PV.....	29
II.4. La commande MPPT.....	30
II.4.1 Suivi de la puissance maximale du générateur photovoltaïque.....	30
II.4.2 Principe du MPPT .....	30
II.4.3 Classification des algorithmes suiveurs de la puissance maximale .....	32
II.4.4 La méthode de perturbation et observation (P & O) .....	33
II.4.5 Evolution du point d'opération du générateur PV.....	34
II.5. Les Hacheurs .....	35
II.5.1 Type des hacheurs .....	36
II.5.2 Modélisation d'un hacheur Boost .....	36
II.5.2.1 Fonctionnement .....	37
II.5.2.2 Modèle mathématique équivalent.....	38
II.6. Les onduleurs .....	39
II.6.1 Principe de fonctionnement d'un onduleur .....	39
II.6.2 Modélisation d'un onduleur triphasé.....	39

## Sommaire

---

II.6.3 Stratégies de commande de l'onduleur .....	41
II.6.4 Modulation de largeur d'impulsion sinus-triangle .....	42
II.7. La machine synchrone á aimants permanents .....	42
II.7.1 Principe de La transformation de Park .....	43
II.7.2 Equation du couple électromagnétique .....	45
II.7.3 Equation Mécanique .....	46
II.7.4 Equations électriques d'un enroulement triphasé dans le repère de Park. (dq)..	46
II.7.5 Commande vectorielle de la MSAP .....	48
II.7.5.1 Principe de la commande vectorielle de la MSAP .....	48
II.7.5.2 Commande avec régulation des courants dans le repère (dq) .....	49
II.7.5.3 Commande des courants statorique par un régulateur PI .....	50
II.7.5.4 Commande en vitesse du MSAP par IP .....	51
II.8. La machine asynchrone .....	53
II.8.1 Représentation vectorielle de la machine .....	53
II.8.2 Hypothèse simplificatrices .....	53
II.8.3 Equations électriques .....	54
II.8.4 Equations magnétiques .....	54
II.8.5 Equation mécanique .....	55
II.8.6 Modélisation de la MAS dans le repère de Park .....	55
II.8.6.1 Expressions finales des équations de la MAS dans le repère de Park .....	57
II.8.6.2 Equations du couple électromagnétique .....	57
II.8.7 Commande vectorielle de la machine asynchrone .....	57
II.8.7.1 Régulation de la vitesse .....	58
II.9. La pompe centrifuge .....	59
II.9.1 Principe de fonctionnement .....	60
II.9.2 Constitution de la pompe centrifuge .....	60
II.9.3 Modélisation de la pompe centrifuge .....	61
II.10. Conclusion .....	62

### Chapitre III : Résultats des simulations

III. 1 Introduction .....	63
III. 2 Les étapes de dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque..	63

# Sommaire

---

III.2.1	Evaluation des besoins en eau .....	63
III.2.2	Calcul de l'énergie hydraulique nécessaire .....	64
III.2.3	Détermination de l'énergie solaire disponible .....	64
III.2.4	Choix des composants .....	64
III. 3	Simulation d'un générateur PV avec Hacheur boost et la commande MPPT ...	65
III.3.	Simulation du panneau solaire .....	66
III.3.1.1	Influence d'éclairement sur le fonctionnement de panneau PV .....	67
III.3.1.2	Influence de la température sur le fonctionnement de panneau PV .....	68
III.3.2	Simulation commande MPPT (P&O) .....	69
III.3.3	Simulation du convertisseur DC-DC (Hacheur Boost) .....	70
III. 4	Simulation du convertisseur DC-AC (Onduleur) et la commande MLI .....	72
III. 5	Simulation de la MSAP à aimant permanent et la commande vectorielle .....	74
III.5.1	Vitesse de la machine .....	74
III.5.2	Couple électromagnétique, courant $I_{sd}$ et $I_{sq}$ du moteur synchrone .....	75
III.5.3	Simulation de la pompe .....	75
III.5.4	Résultat de simulation de la pompe centrifuge avec un moteur synchrone	76
III.5.5	Etude de la variation de la vitesse .....	77
III. 6	Simulation de la machine asynchrone et sa commande vectorielle .....	79
III.6.1	Vitesse de la machine .....	79
III.6.2	Couple électromagnétique, courant $I_{sd}$ et $I_{sq}$ du moteur asynchrone .....	80
III.6.3	Résultat de simulation de la pompe centrifuge avec un moteur asynchrone ...	80
III.6.4	Etude de la variation de la vitesse .....	81
III. 7	Conclusion .....	83

## **Conclusion générale**

## **Bibliographie**

## **Annexes**

## **Résumé**