



**République Algérienne Démocratique et
Populaire**



**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de
la Recherche Scientifique**

Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique

Thème

**ETUDE DES SYSTEMES DES POMPAGES
PHOTOVOLTAIQUES**

Devant le jury :

-Président	Dr. Miloudi Khaled
-Examineur	Dr. Zine Bachir
-Encadreur	Dr.Laouamer Mosbah

Réalisé par :

- Djouadi Ahmed
- Limene Abdelhamide
- Ben Guetrane Zakaria

2019/2020

REMERCEMENT

NOUS RENDONS NOS PROFONDES
GRATITUDES À ALLAH QUI
NOUS A AIDÉ À RÉALISER CE MODESTE
TRAVAIL.

NOUS EXPRIMONS NOS PROFONDES
GRATITUDES À NOS
PARENTS POUR LEURS
ENCOURAGEMENTS, LEURS SOUTIENS ET
POUR LES
SACRIFICES QU'ILS ONT ENDURÉ.

NOUS REMERCIONS NOS ENCADREUR
LAOUAMER MOSBAH
POUR L'EFFORT QU'ILS ONT DÉPLOYÉS,
POUR NOUS AIDER, CONSEILLER,
ENCOURAGER ET CORRIGER.

NOUS REMERCIONS AUSSI LES JURYS
L'ENSEIGNANTS NOUS REMERCIONS
L'ADMINISTRATIF QUI ONT CONTRIBUÉ À
NOTRE FORMATION UNIVERSITAIRE

DÉDICACES

JE REMERCIE ALLAH

JE DÉDIÉ CE TRAVAIL À

MA MÈRE, MA CHÉRIE ET MON FILS

À MES TRÈS CHERS PARENTS.

À MES FRÈRES ET SŒURS,

À TOUT LES MEMBRES DE TRAVAIL,

À MES TRÈS CHERS AMIS,

À TOUT MES AMIS DU GÉNIE MÉCANIQUE

AHMED

2019/2020

DÉDICACES

TOUT D'ABORD, JE REMERCIE DIEU TOUT-
PUISSANT QUI M'A DONNÉ LA FORCE ET LA
VOLONTÉ D'ATTEINDRE CE NIVEAU ET QUI M'A
AIDÉ À FAIRE CE TRAVAIL QUE JE DÉDIE:

À MA CHÈRE MÈRE, QUI N'A JAMAIS CESSÉ DE
PRIER POUR MOI

À MON CHER PÈRE POUR L'ENCOURAGER

À MES CHERS FRÈRES ET SŒURS

À MA GRANDE FAMILLE À MON MEILLEUR AMI,
CHACUN À SON NOM. À TOUS MES AMIS DE GÉNIE,
MÉCANICIEN À TOUS CEUX QUI M'ONT AIDÉ DE
PRÈS OU DE LOIN À FAIRE CE TRAVAIL

ABDELHAMID

2019/2020

DÉDICACES

AVANT D'ATTEINDRE CE NIVEAU, LA LISTE A
ÉTÉ CRÉÉE POUR ATTEINDRE CE NIVEAU CE QUI

:M'A AIDÉ À ATTEINDRE CE NIVEAU

À MA CHÈRE MÈRE, QUI N'A JAMAIS CESSÉ DE
PRIER POUR MOI

À MON CHER PÈRE

À MES CHERS FRÈRES ET SŒURS

À MON MEILLEUR AMI, SIFU, YAZID ET HAMID

A TOUS MES AMIS LE GÉNIE, MÉCANICIEN

À TOUS CEUX QUI M'ONT AIDÉ DE PRÈS OU DE
LOIN À FAIRE LE TRAVAIL..... ZAKARIA

2019/2020



SOMMAIRE

➤ Introduction générale:.....	1.2
Chapitre I : Généralité sur les systèmes photovoltaïques	
➤ I. Introduction.....	3
➤ I.1 Historique de l'énergie photovoltaïque:.....	3
➤ I.2 Energies renouvelables	4
➤ I.2.1 Energie solaire photovoltaïque.....	5
➤ I.2.1.1 L'effet photovoltaïque	6
➤ I.2.1.2 Le principe de conversion photovoltaïque	7
➤ I.3 La cellule photovoltaïque.....	8
➤ I.3.1 Les différents types de cellule photovoltaïque.....	8
➤ a- Les cellules monocristallines	9
➤ □ Avantage	9
➤ □ Inconvénients	9
➤ b- Les cellules poly cristallines	9
➤ □ Avantage	9
➤ □ Inconvénient	10
➤ c- Les Cellules en silicium amorphe	10
➤ □ Avantage	10
➤ □ Inconvénients :	10
➤ d- Les cellules en couches minces.....	10
➤ e- Les cellules en polymère :.....	11
➤ f- Les cellules à multi-jonction :	12
➤ g- Cellule tandem.....	12
➤ h- Arséniure de gallium (GaAs) :.....	13
➤ j- Le Tellure de Cadmium (CdTe).....	14
➤ k- Le Cuivre Indium Sélénium (CIS):.....	14
➤ l- Le dioxyde de titane ou rutil (TiO ₂) :	14
➤ m- Les cellules à concentration	14
➤ I.3.2 Caractéristique électrique d'une cellule solaire photovoltaïque	15
➤ I.3.2.1 Caractéristique courant-tension(I-V) d'une cellule photovoltaïque:.....	16
➤ I.3.2.2 Caractéristique puissance-tension (P-V) d'une cellule photovoltaïque.....	16
➤ I.3.3 Influence de l'éclairement.....	17
➤ I.3.4 Influence de la température.....	18
➤ I.4 Les systèmes photovoltaïques	18

➤ I.4.1 Les systèmes photovoltaïques autonomes.....	18
➤ Systèmes autonomes sans stockage électrochimique	18
➤ b. Systèmes autonomes avec stockage électrochimique	19
➤ I.4.2 Systèmes photovoltaïques connectée au réseau	19
➤ I.5 Les systèmes de pompage photovoltaïque	20
➤ I.5.1 Les différents composants d'un système de pompage photovoltaïque	21
➤ I.5.1.1 Les groupes moto-pompe.....	21
➤ a. Moteurs.....	21
➤ a. 1 Moteur à courant continu.....	21
➤ a. 2 Moteur à courant alternatif	22
➤ b. Pompe.....	22
➤ b.1 Pompes centrifuges	22
➤ b. 2 Pompes volumétriques	22
➤ I.5.1.2. Conditionneur d'énergie photovoltaïque.....	23
➤ I.5.2 Les convertisseurs statiques	23
➤ a. Convertisseur DC/DC (hacheur)	23
➤ a.1 Hacheur dévolteur (ou série)	23
➤ a.2 Hacheur survolteur (ou parallèle)	24
➤ b- Convertisseur DC/AC (onduleur).....	24
➤ c- La régulation (régulateur).....	25
➤ I.6 générateur photovoltaïque GPV.....	25
➤ I.6.1 Protection des plusieurs GPV connecté en parallèle.....	26
➤ I.6.2 Protection des plusieurs GPV connecté en série	26
➤ I.6.3 Association des Cellules Photovoltaïques.....	27
➤ I.6.3.1 Association des Cellules PV en Série.....	27
➤ I.6.3.2 Association des Cellules Photovoltaïques en Parallèle.....	27
➤ I.7 Description du système à étudier.....	28
➤ I.8 Conclusion	29

CHAPITRE II: Technique du système de pompage solaire

➤ II. Introduction :	30
➤ II .1 Définition générale du système de pompage.....	30
➤ II .2 Le générateur photovoltaïque GPV.....	30
➤ II .3 Méthodes techniques de pompage solaire.....	31
➤ II .3.1 Pompage « au fil du soleil » (stockage de l'eau).....	31

➤ II .3.2 Le pompage avec stockage électrochimique (batteries).....	32
➤ II .3.2.1 Les éléments de stockage.....	33
➤ II .3.2.1.1 le stockage électrochimique.....	33
➤ a. Les batteries.....	33
➤ b. Différents types de batteries.....	33
➤ II .3.3 Stockage hydraulique.....	36
➤ II .4 classification des pompes	37
➤ II .5 Position dans le système.....	37
➤ II .5.1 Pompes de surface (aspiration ou refoulement).....	37
➤ II .5.2 Pompes immergées (pour puits).....	38
➤ II .6 Classification selon la conception de la pompe.....	38
➤ II .6.1 pompe centrifuge.....	39
➤ II .6.1.1 Pompe centrifuge simple a étage unique ou monocellulaire.....	39
➤ II .6.1.2 Pompes centrifuges multi-étage ou multicellulaire.....	39
➤ II .6.1.3 Types de roues dans les pompes centrifuges.....	40
➤ II .6.2 La pompe volumétrique.....	41
➤ II .6.2.1 Les pompes alternative.....	41
➤ II .6.2.1.1 Pompes à piston.....	41
➤ II .6.2.1.2 La pompe à membrane (ou diaphragme).....	42
➤ II .6.2.2 Pompes rotatives.....	42
➤ II .6.2.2.1 Les pompes à palettes.....	43
➤ II .6.2.2.2 pompes à engrenage.....	43
➤ II .6.2.2.3 Les pompes à vis.....	43
➤ II .7 Technologie des moteurs.....	44
➤ II .7.1 Moteurs à courants continu DC.....	45
➤ II .7.2 Moteur à courant continu sans balais.....	45
➤ II .7.3 Moteur à courant alternatif AC.....	45
➤ II .8 L'électronique de commande et de contrôle.....	46
➤ II .8.1 Le convertisseur DC/AC (onduleur).....	46
➤ II .8.2Le convertisseur DC/DC (hacheur).....	47
➤ II .9 Conclusion.....	47
Chapitre III: Dimensionnement d'un système de pompage	
➤ III. introduction.....	48
➤ III.1 configuration générale d'un système de pompage solaire:.....	48

➤ III.2. Dimensionnements des modules solaires.....	49
➤ III.3 Les trois étapes pour dimensionnements des modules solaires.....	49
➤ III.3.1 Calcul nombre total de module (N_m).....	50
➤ III.3.2 Calcul Nombre de module en parallèle (N_{mp}).....	50
➤ III.4 Dimensionnement du régulateur MPPT.....	51
➤ III.5 Dimensionnement du l'onduleur.....	51
➤ III.6. Dimensionnements des batteries.....	51
➤ III.7. Dimensionnements des câbles électriques.....	52
➤ III.8 Un groupe électropompe.....	53
➤ III.8.1 Dimensionnement du moteur.....	53
➤ III .8.2 Dimensionnement de la pompe.....	53
➤ III .8.2.1 Données de base.....	53
➤ III.8.2.2 Débit (Q).....	53
➤ III.8.2.3 Hauteur manométrique total (HMT).....	54
➤ III .8.2.4 Niveau statique (N_s).....	54
➤ III .8.2.5 Niveau dynamique (N_d).....	54
➤ III.8.2.6 Pertes de charge $[\Delta H]$:.....	55
➤ III.9 Dimensionnement des tuyauteries.....	56
➤ III.10 Dimensionnement du réservoir.....	57
➤ III.11 Conclusion.....	57

Chapitre IV : Modélisation et simulation des systèmes PV

➤ Introduction :	58
➤ IV.1 Modélisation des éléments du système de pompage photovoltaïque.....	58
➤ IV.2 Modélisation électrique d'un générateur photovoltaïque.....	58
➤ IV.2.1 Cas d'une cellule idéale.....	58
➤ IV.2.2. Cas d'une cellule réelle.....	60
➤ IV.3 Angle d'inclinaison optimale.....	61
➤ IV .3.1. Irradiation solaire pour le site d'El-Oued.....	63
➤ IV.4 Modélisation du convertisseur DC/DC (Hacheur survolteur).....	64
➤ IV.4.1 simulation de l'hacheur survolteur.....	65
➤ IV .4.2 Resultat simulation de l'hacheur survolteur.....	65
➤ IV.4.3 Hacheur dévolteur.....	66
➤ IV.5.Principe de la commande MPPT.....	66
➤ IV .5.1 : Caractéristiques MPPT.....	67

➤ IV.5.2.La commande de poursuite MPPT P&O	67
➤ IV.5.3 Les algorithmes du point de puissance maximale.....	68
➤ IV .5.4 simulation MPPT par méthode P&O pour irradiation constante.....	69
➤ IV .5.5 Resultat simulation MPPT par méthode P&O.....	69
➤ IV .5.6 Les algorithmes du point de puissance maximale :.....	70
➤ IV.6 .Modélisation du convertisseur DC/AC (onduleur MLI).....	70
➤ IV .6.1 simulation d'onduleur de tension MLI.....	72
➤ IV .6.2 Resultat simulation	73
➤ IV.7 Modélisation de la batterie.....	73
➤ IV .7.1 simulation de batterie:.....	74
➤ IV.7.2 Résultat de simulation	74
➤ IV.7.2.1 En cas de décharge.....	74
➤ IV.7.2.2 En cas en charge.....	75
➤ IV.8 Modélisation du groupe motopompe	75
➤ IV .8.1 Modélisation de la machine asynchrone.....	75
➤ IV .8.1.1 Hypothèses.....	75
➤ IV.8.1.2 Les équations des tensions.....	76
➤ □ a - Les tensions.....	78
➤ □ b - Les flux.....	78
➤ □ c- Le couple électromagnétique.....	78
➤ IV.8.1.3 Simulation de la machine asynchrone en charge.....	79
➤ IV.8.1.4 Résultat de simulation.....	79
➤ IV .8.2 Modélisation de la pompe.....	80
➤ IV .8.2.1 La puissance hydraulique de la pompe centrifuge.....	80
➤ IV .8.2.2 Caractéristiques d'une pompe centrifuge.....	81
➤ IV .9 Modélisation et simulation des éléments du système de pompage solaire.....	82
➤ IV .9.1 Modélisation d'un module Solaire.....	82
➤ IV .9.2 simulation des éléments du système de pompage solaire.....	82
➤ IV .9.3 Caractéristique courant- tension, puissance– tension.....	83
➤ IV. 9.4 L'influence la température sur la caractéristique I(V), P(V).....	84
➤ VI.9.5 l'influence de l'éclairement sur la caractéristique I(V), P(V).....	85
➤ IV.9.6 Influence de l'éclairement et la température sur I(V), P(V)	86
➤ IV.9.7 Discussion des résultats.....	87
➤ IV .11 Conclusion.....	88

➤ Conclusion générale.....	89
➤ Références.....	
➤ Annexes.....	

Liste des figures et tableaux

Liste des figures

Chapitre I: Généralités sur les systèmes photovoltaïques

➤ Figure I.1 Structure de la production d'électricité mondiale en 2013	5
➤ Figure I.2 : Analyse spectrale du rayonnement solaire	6
➤ Figure I.3 principe d'effet photovoltaïque.....	7
➤ Figure I.4:Le principe de conversion photovoltaïque.....	8
➤ Figure I.5 : Cellule photovoltaïque mono cristalline	9
➤ Figure I.6: Cellule photovoltaïque poly cristalline	9
➤ Figure I.7 : Cellule photovoltaïque amorphe.....	10
➤ Figure I.8 Les cellules en couches minces.....	11
➤ Figure I.9 Les cellules en polymère.....	12
➤ Figure I.10.Cellule photovoltaïque multi jonction.....	12
➤ Figure I.11.Cellule photovoltaïque Tandem.....	13
➤ Figure I.12 Arséniure de galium.....	13
➤ Figure I.13 les cellules a concentrations.....	15
➤ Figure I.14: Caractéristique courant – tension d’une cellule photovoltaïque.....	16
➤ Figure I.15: Caractéristique puissance-tension.....	17
➤ Figure I.16: Influence de l'éclairement sur $I(V)$	17
➤ Figure I.17 : Effet de la température sur $I(V)$	18
➤ Figure I.18 Configuration générale d’un système de pompage photovoltaïque.....	20
➤ Figure I.19: Schéma électrique équivalent d’un hacheur série.....	24
➤ Figure I.20 : Schéma électrique équivalent d’un hacheur parallèle.....	24
➤ Figure I.21 Un générateur photovoltaïque GPV.....	26
➤ Figure I.22 schéma de 2 modules photovoltaïques associées en série.....	27
➤ Figure I.23 Schéma de 2 modules photovoltaïques associées en parallèle.....	28
➤ Figure I.24 schéma explicatif de l’installation du pompage photovoltaïque.....	29

Chapitre II: Technique système de pompage solaire

➤ Figure II.1 générateur photovoltaïque.....	30
➤ Figure II.2: Schéma d’un système de pompage au fil de soleil.....	31
➤ Figure II .3: La caractéristique du Pompage au fil du soleil.....	32
➤ Figure II.4 principaux composants du système de pompage PV avec batteries.....	32
➤ Figure II.5 Caractéristique du pompage avec batteries.....	33
➤ Figure II.6 Classification des pompes et type du moteur.....	37
➤ Figure II.7 Pompes de surface (aspiration ou refoulement).....	38

➤ Figure II.8 Pompes immergées.....	38
➤ Figure II.9 Pompe centrifuge simple a étage unique.....	39
➤ Figure II.10 Pompes centrifuges multi-étage.....	40
➤ Figure II.11 Roues ouvert et semi-ouverte et fermé.....	41
➤ Figure II.12 Pompes à piston.....	42
➤ Figure II 13 pompe volumétrique à membrane.....	42
➤ Figure II 14 pompe à palette.....	43
➤ Figure II 15 pompe à engrenage.....	43
➤ Figure II 16 pompe à vis.....	44
➤ Figure II 17 moteurs à courant continu.....	45
➤ Figure II 18 Moteur à courant alternatif.....	46
➤ Figure II 19 convertisseur DC/AC (onduleur).....	46
➤ Figure II 20 convertisseur DC/DC (hacheur).....	47
Chapitre III: Dimensionnement d'un système de pompage PV	
➤ Figure III.1 Schéma synoptique de l'ensemble du système de pompage PV.....	50
➤ Figure III.2 : Hauteur manométrique total.....	56
Chapitre IV: Modélisation des éléments du système de pompage PV	
➤ Figure IV.1 schématise le synoptique.....	58
➤ Figure IV.2 Schéma équivalent d'une cellule idéale.....	59
➤ Figure IV.3 Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque réelle.....	60
➤ Figure IV.4 Méthode de calcul de l'angle d'inclinaison du module.....	62
➤ Figure IV.5 Schéma électrique équivalent du hacheur survolteur.....	64
➤ Figure IV.6 Schéma de Simulink de hacheur survolteur (élevateur).....	65
➤ Figure IV.7 Réponse en tension de l'hacheur survolteur.....	65
➤ Figure IV.8 Convertisseur DC/DC (Abaisseur de tension).....	66
➤ Figure IV.9 Schéma synoptique du système PV par une commande MPPT.....	67
➤ Figure IV.10 Caractéristiques MPPT.....	67
➤ Figure IV.11 Algorithme 'MPPT P&O.....	68
➤ Figure IV.12 Schéma de Simulink de la commande MPPT.....	69
➤ Figure IV.13 MPPT courbes par méthode P&O pour irradiation constante.....	69
➤ Figure IV.14 Caractéristique (P_{pv} / V_{pv}) d'un panneau solaire.....	70
➤ Figure IV.15 Onduleur de tension MLI.....	70
➤ Figure VI.16 schéma bloc d'un onduleur à trois niveaux.....	72
➤ Figure IV.17 Les tensions simples V_{an} , V_{bn} et V_{cn}	72

➤ Figure IV.18 Modèle R-C de la batterie.....	73
➤ Figure IV.19 Schéma bloc de batterie.....	74
➤ Figure IV.20 Résistance de batterie en décharge.....	74
➤ Figure IV.21 Résistance de batterie en charge.....	75
➤ Figure IV.22 représentation des enroulements statoriques et rotoriques.....	76
➤ Figure IV.23 Simulation de la machine asynchrone en charge.....	79
➤ Figure IV.24 forme d'onde de courants de MAS en charge.....	79
➤ Figure IV.25 courbe de la vitesse de MAS en charge.....	80
➤ Figure IV.26 courbe du couple $C_e(t)$ de MAS en charge.....	80
➤ Figure IV.27 courbes Caractéristiques d'une pompe centrifuge $HMT(Q)$ $C(N)$ et $Q(N)$	81
➤ Figure IV.28 Schéma de bloc de système pompage solaire.....	82
➤ Figure IV.29 Caractéristique courant-tension.....	83
➤ Figure IV.30 Caractéristique puissance-tension.....	84
➤ Figure IV.31 Influence de la température sur $I(V)$	84
➤ Figure IV.32 Influence de la température sur $P(V)$	85
➤ Figure IV.33 Influence de l'éclairement sur $I(V)$	85
➤ Figure IV.34 Influence de l'éclairement sur $P(V)$	86
➤ Figure IV.35 Influence de l'éclairement et de la température sur $I(V)$	86
➤ Figure IV.36 Influence de l'éclairement et de la température sur $P(V)$	87

Liste des tableaux:

➤ II .3.2.2 Tableau de caractéristiques technique des batteries principales.....	35
➤ II . 3.3.1 Tableau des Stockages hydrauliques.....	36
➤ III .8.2.5.1 Tableau niveau dynamique.....	55
➤ III.8.2.6.1 Tableau pertes de charge.....	56
➤ IV .3.1.1 Tableau valeurs de l'irradiation solaire.....	63

Liste des symboles et abréviations

Liste des symboles et abréviations

- MPPT: Maximum Power Point Tracking.
- MPP: Maximum Power Point.
- PV : Photovoltaïque.
- GPV : Générateur Photovoltaïque
- G : Irradiation (Ensoleillement) (W/m^2).
- DC/DC : Convertisseur continu-continu (hacheur) .
- DC/AC : Convertisseur continu-alternatif (onduleur).
- P_{pv} : Puissance photovoltaïque (W).
- R_s : Résistance série (Ω).
- R_p : Résistance shunt (Ω).
- I_{ph} : photo courant (A).
- K: Constante de Boltzmann ($k= 1.38.10^{-23}\text{J/K}$).
- q : Charge de l'électron ($q=1.602.10^{-19}\text{C}$).
- T : Température de la cellule ($^{\circ}\text{K}$).
- I_d : Le courant de la diode (A).
- V_{co} : Tension en circuit ouvert (V).
- I_{cc} : Courant de court-circuit (A).
- V_{ppm} : Tension au point de puissance maximale (V).
- I_{ppm} : Courant au point de puissance maximale (A).
- P_c : Puissance crête (W_c).
- W_c : Watt crete.
- P_n : Puissance nominale du panneau (W).
- P_{pv} : Puissance photovoltaïque (W).
- I_o : Courant de saturation inverse de la diode
- V_t :Tension thermique
- N : Facteur d'idéalité de cellule .
- I_{pv} :Courant générer par la cellule photovoltaïque ;
- I_{ph} :Photo courant créé par la cellule .
- I_{or} :le courant de court circuit de la cellule à la température T_n et l'éclairement de référence
- T: Température de la jonction des cellules PV [$^{\circ}\text{K}$]
- T_n : Température de référence des cellules PV [$^{\circ}\text{K}$]
- E_g : Énergie de gap [ev]

- B: facteur d'idéalité de la jonction
- N_s : Nombre de module en série.
- N_p : Nombre de module en parallèle.
- G : L'éclairement absorbé par la cellule .
- G_{ref} : L'éclairement de référence (1000 w/m^2)
- T_{ref} : Température de référence ($^{\circ}\text{C}$).
- I_{Rp} : Le courant circulant dans la résistance R_p
- α :l'angle d'élévation
- β :l'angle d'inclinaison du module
- δ : l'angle de déclinaison
- V_L : Tension aux bornes de l'inductance
- L : Inductance de lissage du courant
- V_{a0}, V_{b0}, V_{c0} sont les tensions à l'entrée de l'onduleur
- V_{an}, V_{bn}, V_{cn} : les tensions de phase de la charge
- V_{no} : la tension du neutre de la charge
- V_{bat} : Tension de batterie
- E_o : la force électromotrice fonction de l'état de charge
- R_s : la résistance interne d'un élément
- EDC : l'état de charge de la batterie
- C_{bat} : la capacité nominale de la batterie
- Q_d : la quantité de charge manquante par rapport à C_{bat}
- $[V_s], [V_r]$: vecteurs des tensions statoriques et rotoriques
- $[I_s], [I_r]$: Vecteurs des courants statoriques et rotoriques.
- $[Q_s], [Q_r]$:vecteurs des flux statoriques et rotoriques
- l_s, l_r : inductances propres statorique et rotorique
- m_s, m_r : inductances mutuelles entre phases statorique et rotorique.
- C_{em} : Le couple électromagnétique
- P_{hyd} : Puissance hydraulique (W)
- ρ : Masse volumique d'eau (1000 kg/m^3)
- g : Accélération de la pesanteur (9.81 m/s^2)
- HMT : Hauteur manométrique totale (m)
- Q : Débit volumique
- P_{mec} : Puissance mécanique (w)

- η_{pm} : Rendement global du groupe moteur pompe (%)
- P_n : Puissance nominale du moteur asynchrone(W)
- ω_n : Vitesse nominale du moteur asynchrone
- K_r : constant de couple résistant

Introduction générale

Introduction générale

De nos jours, il existe de nombreuses sources d'énergie, mais la plupart des gens utilisent des sources d'énergie qui sont les combustibles dits fossiles (charbon, pétrole et gaz) ... etc .Comme cette énergie consomme des combustibles fossiles en grande quantité, ce qui laisse les gaz (dioxyde de carbone) qui sont fortement responsables du réchauffement climatique [1] ,Parce qu'elle est de l'énergie polluante et coûte cher et n'atteint pas de nombreuses régions éloignées et isolés où l'homme pensait utiliser l'énergie solaire renouvelable et respectueuse de l'environnement comme énergie. Alternative à l'énergie conventionnelle, il existe deux applications de l'énergie solaire [2].

Première énergie solaire thermique: cette application est faite pour convertir le rayonnement en chaleur pour usage direct ou indirect

Le deuxième solaire PV: la production d'électricité à partir de le rayonnement solaire est appelé effet photoélectrique, en fait de son nom une image de deux mots de photons et de tension peut être dessinée à la tension parmi ces applications, les plus intéressantes sont les cellules solaires photovoltaïques, L'effet final peut être utilisé pour l'énergie des villages éloignées ou la pompe à eau pour la consommation et l'irrigation dans l'agriculture [1].

La pompe photovoltaïque est la solution idéale pour fournir de l'eau là où le réseau électrique n'est pas présent. En ce qui concerne l'identification et l'amélioration de la taille des systèmes PV notamment et les économies d'énergie, ce travail est basé sur la simulation et l'exploitation de chaque composant des systèmes PV. [3] ,Le but de pompage photovoltaïque pour l'approvisionnement en eau potable et pour la petite irrigation.

Notre travail est partagé en quatre chapitres:

Le premier chapitre de cette mémoire présente le système de pompage PV de la source d'énergie brute du soleil aux composants (PV) (unités, cellules photovoltaïques , convertisseurs et récepteurs) ainsi que des informations générales sur la pompe .

Le chapitre deux utilise de nombreuses techniques de pompage PV et est généralement composé de générateur photovoltaïque .

Le troisième chapitre est présenté les dimensionnement des éléments du système pompes et bien choisiront les éléments les bonnes fonctionnements .

Le chapitre quatrième est entièrement consacré à la modélisation et à la simulation du système composé du moteur, du système solaire et du système de contrôle pour connaître l'effet de la température et l'effet du rayonnement et leur effet sur le système solaire.

Chapitre I

Généralités sur les systèmes

I. Introduction :

Face à la demande croissante en énergie électrique, notamment dans les endroits isolés (désertiques et montagneux), où le raccordement au réseau public d'électricité est coûteux, les cellules solaires photovoltaïques sont la solution la plus intéressante. Par ce qu'il est inépuisable, propre et offre une grande sécurité d'utilisation. Les systèmes photovoltaïques ne nécessitent aucune entrée de carburant externe. De plus, le générateur lui-même n'a pas de pièces mobiles et donc quasiment sans entretien. Par conséquent, les coûts d'exploitation et de maintenance sont relativement faibles. Pour ces raisons, cette source d'énergie est particulièrement adaptée à une utilisation en zone rurale. La population est répartie dans de petites sociétés et la demande d'énergie est relativement faible et nous a l'influence de l'éclairement et l'influence de température et nous apprendrons à connaître les composants de système pompage PV suivantes:

- Un générateur photovoltaïque
- Un groupe électro- pompe, qui se décompose en deux parties : un moteur et une Pompe généralement centrifuge multi-étages.
- Un équipement électronique (onduleur, hacheur ,MPPT....etc).
- Un équipement de stockage (réservoirs, batteries,etc.)

I -1 Historique de l'énergie photovoltaïque:[3]

Quelques dates importantes dans l'énergie photovoltaïque

En 1839 le physicien français Edmond Becquerel découvre l'effet photovoltaïque

En 1875 Werner Von Siemens expose devant l'académie des sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteur

En 1954 trois chercheurs américains Chaplin, Peason et Prince fabriquent une cellule photovoltaïque.

En 1958 alimentés les premiers satellites par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace, une cellule avec un rendement de 9 % ;

En 1973 alimentée première maison par des cellules photovoltaïques est construite à l'université de Delaware

En 1983 alimentée première voiture en énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4000 Km en Australie.

I.2 Energie renouvelable:

Ces dernières années, l'exploitation des énergies renouvelables s'est fortement développée, car tout système énergétique durable dépendra de la rationalisation de l'énergie traditionnelle et de l'expansion de l'utilisation des énergies renouvelables. Il est intéressant de le mettre en œuvre dans les lieux de consommation en le convertissant directement, ou en chaleur ou en électricité selon les besoins [4]. La production décentralisée d'électricité à partir d'énergies renouvelables offre aux consommateurs une plus grande sécurité d'approvisionnement tout en respectant l'environnement. Cependant, le caractère aléatoire des sources impose des règles particulières pour déterminer la taille et le fonctionnement des systèmes de récupération d'énergie. La figure I.1 montre la production mondiale d'électricité en 2013.

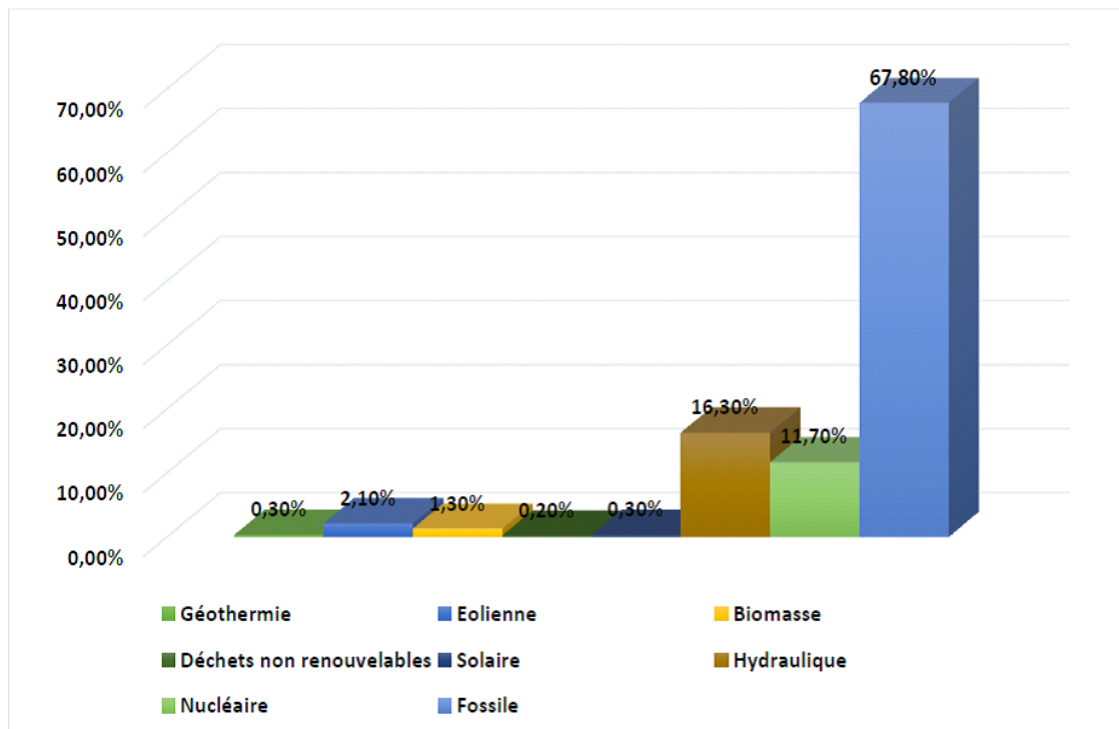


Figure I.1 Structure de la production d'électricité mondiale en 2013 [8]

I.2.1Energie solaire photovoltaïque:

L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire dans une cellule photovoltaïque. Plusieurs cellule sont reliées entre elles et forment un panneau solaire (ou module photovoltaïque). Plusieurs modules regroupés forment un champ photovoltaïque.[5]Le soleil émet un rayonnement électromagnétique compris dans une bande de longueur d'onde variant de 220 à 10000 nano mètre (nm) . l'énergie associée à ce rayonnement solaire se décompose approximativement ainsi:

- 9% dans la bande des ultraviolets (<400 nm) **UV**
- 47% dans la bande visible (400 à 800 nm)**spectre visible**
- 44% dans la bande des infrarouges (>800 nm) **IR**

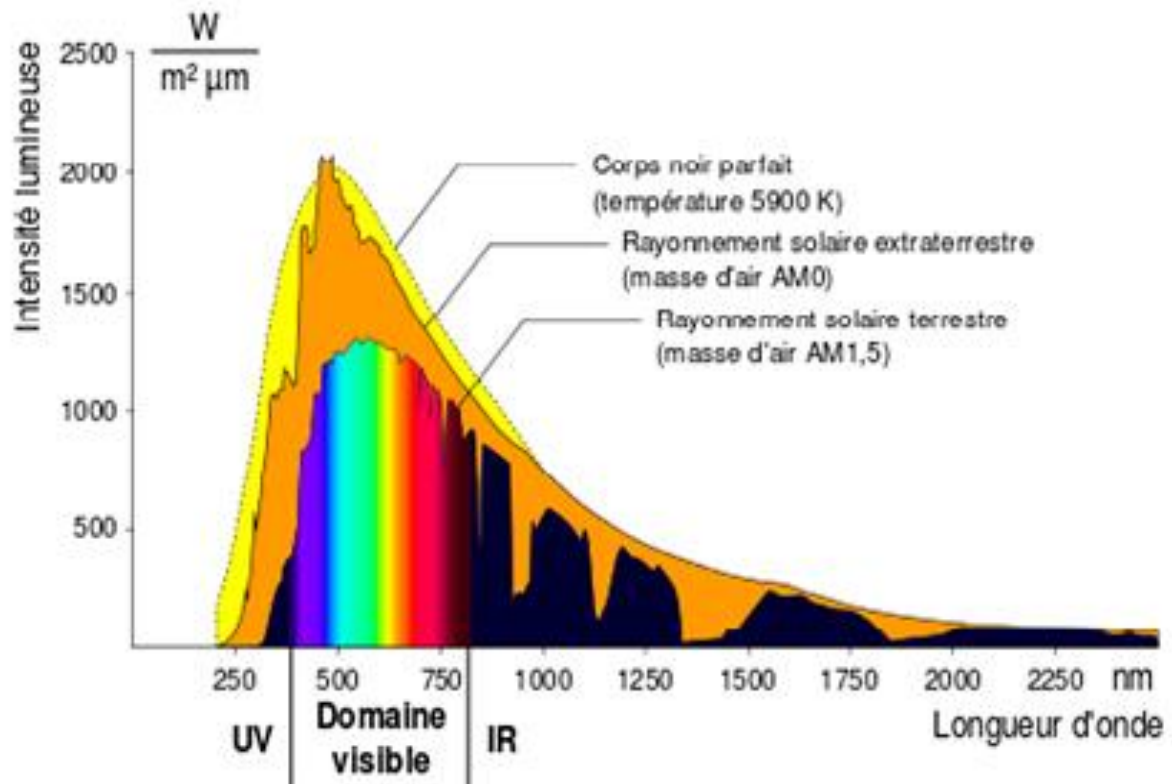


Figure I.2 Analyse spectrale du rayonnement solaire [5a].

I.2.1.1 L'effet photovoltaïque :[

Le photovoltaïque est composé de composants électroniques photoélectriques qui convertissent la lumière du soleil directement en électricité grâce à un processus appelé effet photoélectrique ,Edmond Becquerel 1836 s'explique par le fait qu'un photon le reçoit, et le rayonnement solaire et l'irradiation sur les cellules photovoltaïques, transmettant leur énergie à l'électron dans le matériau semi-conducteur de la cellule. Avec cette énergie supplémentaire, l'électron peut s'échapper de sa position normale dans l'atome (de la bande à la bande de conduction traversant la bande restreinte), et ainsi la largeur du trou deviendra une partie du courant dans le circuit électrique.. C'est ce qu'on appelle une paire de trous électroniques [6], comme le montre la figure ci-dessous.

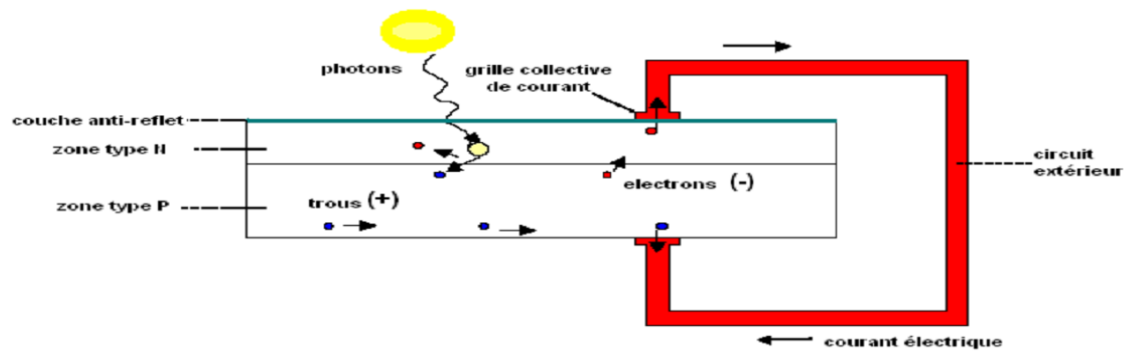


Figure 1.3 principe d'effet photovoltaïque[6]

La structure la plus simple d'une cellule PV, comporte une jonction entre deux Matériaux semi-conducteurs dopés de sorte que l'une conduit les charges négatives et l'autre, Les charges positives. Le but de la structure photovoltaïque, c'est de créer un champ électrique interne permanent, il se crée donc une différence de potentiel entre les deux couches de Cellule. En conséquence, un courant électrique peut être établi en connectant les bornes de la Jonction à un circuit extérieur [6].

I.2.1.2 Le principe de conversion photovoltaïque :

L'effet photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires permet de convertir Directement l'énergie lumineuse des rayons solaires en électricité par le biais de la production et du transport dans un matériau semi-conducteur de charges électriques positives et négatives sous l'effet de la lumière. Ce matériau comporte deux parties, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit en électrons, dites respectivement dopée de type n et p dopée de type p. Lorsque la première est mise en contact avec la seconde, les électrons en excès dans le matériau diffusent dans le matériau .[7]

La zone initialement dopée n devient chargée positivement, et la zone initialement dopée p chargée négativement. Il se crée donc entre elles un champ électrique qui tend à repousser les électrons dans la zone n et les trous vers la zone p. Une jonction (dite p-n) a été formée [2]. En ajoutant des contacts métalliques sur les zones n et p, une diode est obtenue. Lorsque la jonction est éclairée, les photons d'énergie égale ou supérieure à la largeur de bande interdite communiquent leur énergie aux atomes, chacun fait passer un électron de bande de valence dans la bande de conduction et laisse aussi un trou capable de

se mouvoir engendrant ainsi un pair électron - trou. Si une charge est placée aux bornes de la cellule les électrons de la zone n rejoignent les trous de la zone p via la connexion extérieure, donnant naissance à une différence de potentiel[9] le courant électrique circule

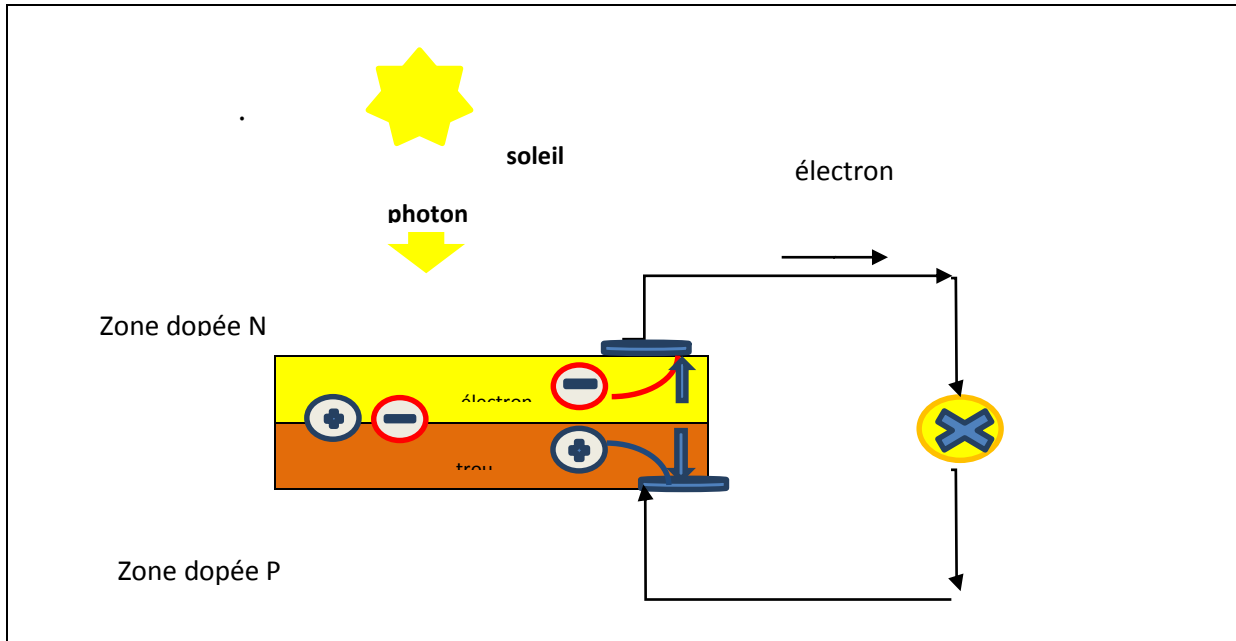


Figure I.4 Le principe de conversion photovoltaïque[9]

I.3 La cellule photovoltaïque [2]

Une cellule photovoltaïque ou cellule solaire est le principal composant d'une transformation photoélectrique comparable à une LED sensible à la lumière. Le procédé est basé sur les propriétés de matériaux semi-conducteurs dont le rôle est de convertir l'énergie lumineuse en énergie électrique.

I.3.1. Les différents types des cellules solaires:

Il existe trois types principaux de cellules et autres:

a- Les Cellules monocristallines[10]:

Le silicone fondu gèle pour former un gros cristal. Le cristal est ensuite découpé en fines bandes qui donnent les cellules. Ces cellules sont généralement d'un bleu uniforme.(voir annexes 4)



Fig. I.5: La Cellule monocristalline[11].

Avantage :

- Très bon rendement (17.2%).

Inconvénients :

- Coût élevé;
- Rendement faible sous un faible éclairement.[10]

b- Les Cellules poly cristalline:[11]

Les cellules poly-cristallines sont constituées d'un bloc de silicone cristallin sous forme de plusieurs cristaux. Son rendement moyen est de 11 à 13% et son coût production est un peu moins élevé que celui des cellules monocristallines.

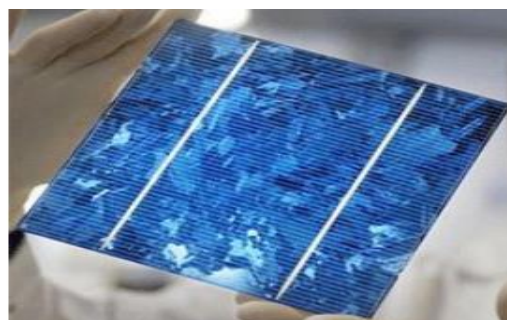


Fig .I.6: Les Cellules poly cristalline[11]

Avantages :

- Bon rendement (13%), mais cependant moins bon que pour le monocristallin;
- Moins cher que le monocristallin.

Inconvénients :

- Les mêmes que le monocristallin.

- Ce sont les cellules les plus utilisées pour la production électrique .[10]

c- Les Cellules en silicium amorphe:[11]

Les cellules amorphes sont constituées de très fines couches de silicium placées sur du verre, du plastique souple ou du métal. A l'origine, son efficacité était plus faible (6 à 10%), mais la technologie évolue rapidement, fonctionnant avec un éclairage faible ou diffus (même par temps nuageux, y compris sous un éclairage artificiel de 2 à 3000 lux)



Fig. I.7 La Cellule en Silicium Amorphe.[11]

Avantages :

- Fonctionnement avec un éclairage faible;
- Moins chères que les autres.

Inconvénients :

- Rendement faible en plein soleil (environ 7%);
- Performances diminuent sensiblement avec le temps.[10] On trouve aussi certaines cellules qui utilisent d'autres matériaux:

d- Les cellules en couches minces: [12]

Dans cette technologie, la technologie des couches minces fait référence à un type cellule obtenu par étalement d'une couche mince de silicium amorphe sur un substrat en verre, le principe étant d'appliquer le semi-conducteur en "spray" sur le support. Le semi-conducteur est ainsi conservé car il n'en est pas ainsi, comme c'est le cas des cellules de silicium cristallin mentionnées dans la masse. Les coûts de production des cellules photovoltaïques peuvent être considérablement réduits en vendant cette méthode de fabrication à l'avenir.

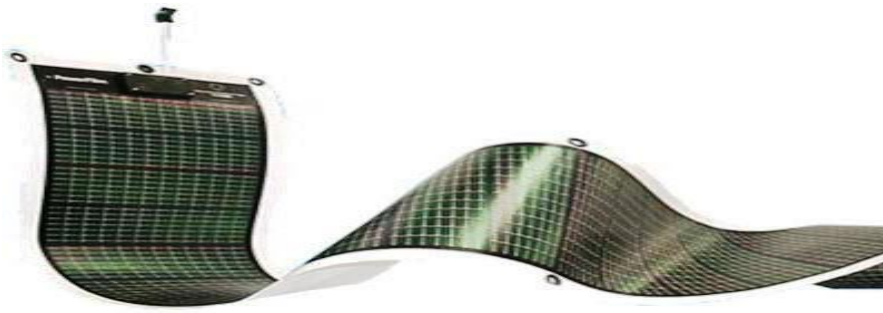


Figure I.8 Les cellules en couches minces[12]

e- Les cellules en polymère:[12]

Les polymères biodégradables garantissent une technologie propre dans un contexte de développement durable facile à maîtriser. Les composés organiques, qui sont encore au stade d'une étude de faisabilité en termes de performances et de fiabilité, devraient s'imposer là où les technologies du silicium sont organiques et où les plastiques apparaissent comme une méthode complémentaire, attractive et crédible pour l'avenir. Leur sélection comme matières premières pour les industriels pour l'ingénierie de la cellule entière ne vise qu'une seule technique Et à très faible coût, il est proche des technologies d'impression éprouvées. Autre avantage: ces plastiques permettront d'élargir l'offre pour inclure des produits flexibles ou différents assortis, notamment en les intégrant dans des systèmes multifonctionnels notamment dans la fabrication de panneaux solaires



Figure I.9 Les cellules en polymère[12]

f- Cellule multi-jonction: [13].

Chaque type de semi-conducteur est caractérisé par la longueur d'onde maximale que dépasse le ballast, incapable de convertir un photon en énergie électrique. En revanche, en dessous de la longueur d'onde, le photon porteur d'énergie supplémentaire est perdu. Des cellules à haut rendement ont été développées pour des applications spatiales. Les cellules multi-liens se composent de plusieurs canapés minces. d'où l'intérêt de choisir des matériaux de longueurs proches les unes des autres.

Possible (en multipliant leur nombre par) pour que la majorité du spectre solaire soit absorbée, ce qui génère le maximum d'électricité à partir du flux solaire

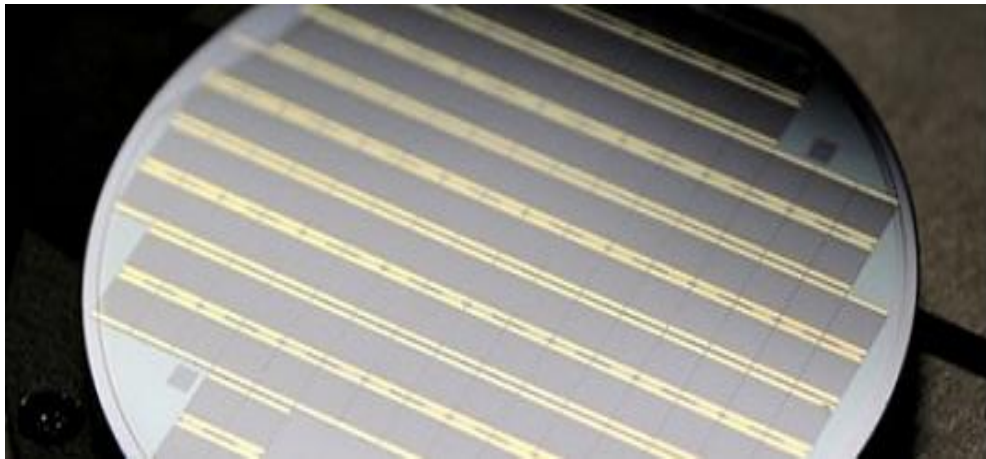


Figure I.10.Cellule photovoltaïque multi jonction[13]

g- Cellule Tandem :[13]

Une pile homogène de deux cellules individuelles. En combinant deux cellules)Une fine couche de silicium amorphe sur du silicium cristallin, par exemple) est absorbante Comme les champs spectraux se chevauchaient, l'efficacité théorique était améliorée par rapport à Cellules uniques distinctes, qu'elles soient amorphes, cristallines ou microscopiques.

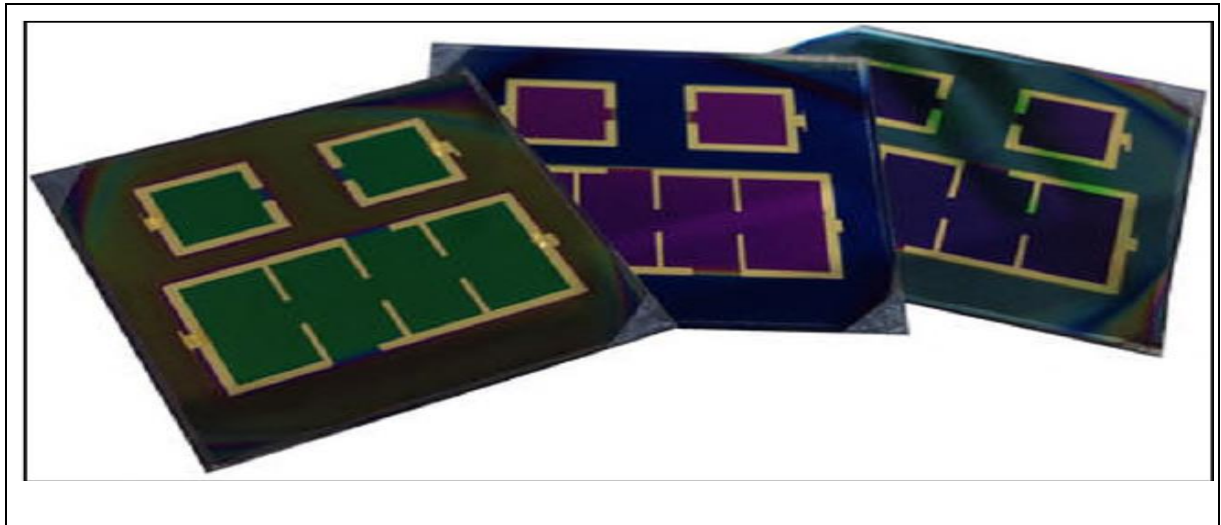


Figure I.11. Cellule photovoltaïque Tandem[13]

h- Arséniure de galium (GaAs)[14] :

Matériau monocristallin, qui fournit des cellules en couches minces ayant un très bon rendement mais dont le prix les destine au domaine spatial.



Figure I.12 Arséniure de galium[14]

j-Le Tellure de Cadmium (CdTe)[14] :

Le rendement de conversion obtenu pour cette filière est nettement plus satisfaisant. Cependant, la limite principale au déploiement de grande ampleur de cette technologie reste la toxicité du cadmium.

k-Le Cuivre Indium Sélénium (CIS)[14] :

Cette filière plus complexe à maîtriser présente un fort potentiel de développement dans le futur (jusqu'à 20% de rendement en laboratoire). Cependant, les matériaux nécessaires à la fabrication de ce type de cellule ne sont pas disponibles en grande quantité.

l-Le dioxyde de titane (TiO₂)[14] :

Cette technique est en version bêta. Ces technologies sont encore très chères mais elles espèrent obtenir de bien meilleurs résultats avec du silicone et une durée de vie plus longue. D'autres technologies prometteuses telles que les matériaux organiques, les nanomatériaux cristallins ou les structures à liaisons multiples indiquent d'excellentes performances futures et sont actuellement au stade de la recherche .

m- les cellules a concentrations[12]

Ces cellules se constituées de deux composants:

- cellule solaire et un concentrateur
- cellule solaire peut être de n'importe quel type.

Son rôle est bien entendu de produire énergie. Un rôle intense est de concentrateur du soleil sur une surface est supérieur à la surface de la cellule. Ainsi, l'énergie reçue est plus importante, et donc la production est plus importante. Des records de rendement ont été battus grâce à ce type de cellule: 40,7% ont été atteints en laboratoire à une concentration de 296. Les fabricants ont commencé à vendre des solutions comprenant des petits condensateurs. Cette solution est un inconvénient majeur: la température. En fait, l'augmentation de la température réduit les performances des panneaux.

Les cellules doivent être refroidies de manière compulsive ou passive.



Figure I.13 les cellules a concentrations[12a]

I.3.2. caractéristique électrique d'une cellule photovoltaïque:[13]

Sous un éclairement donné, toute cellule photovoltaïque est caractérisée par une courbe courant-tension (I_{pv} - V_{pv}) et par une courbe tension-puissance (P_{pv} - V_{pv}). Trois grandeurs physiques définissent ces caractéristiques:

- La tension à vide : V_{co} (tension en circuit ouvert), Cette valeur représente la tension générée par une cellule éclairée non raccordée.
- I_{cc} :le courant de court-circuit ,Cette valeur représente le courant généré par une cellule éclairée raccordée à elle-même.(voir annexe).
- Le Point de Puissance Maximal: PPM obtenu pour une tension et un courant optimaux : V_{opt} , I_{opt} (parfois appelés aussi V_{ppm} , I_{ppm}).

I.3.2.1. Caractéristique courant – tension (I-V) d'une cellule photovoltaïque:

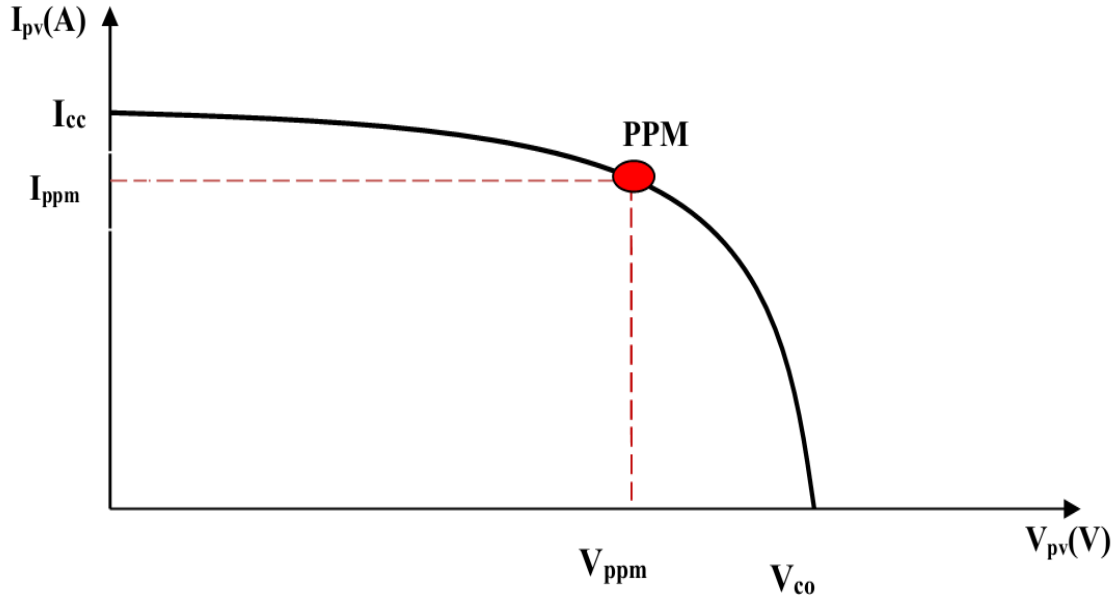


Figure I.14 Caractéristique courant – tension d'une cellule photovoltaïque

Comme nous le voyons sur la figure I.14 la cellule solaire PV est caractérisée par $I(V)$ non linéaire qui dépend particulièrement des conditions d'ensoleillement et de température. Cette courbe nous informe sur trois points importants [15] Le point de fonctionnement optimal PPM (la puissance maximale de la cellule ,Le point du courant maximal (ICC) ,Il se produit lorsque les bornes de la cellule sont court-circuitées. Il est appelé courant de court-circuit ICC ,Le point de la tension maximale de la cellule Voc environ(0.6 V) pour un courant nul. Cette tension est nommée tension de circuit ouvert .

I.3.2.2 Caractéristique puissance-tension (P-V):

La puissance crête d'une cellule PV, notée W_c (Watt crête) ou W_p (Watt peak) représente la puissance électrique maximum délivrée dans les conditions suivantes dite conditions standard [15] ,éclairage solaire de $1000W / m^2$,température de la cellule PV égale à $+ 25 ^\circ C$

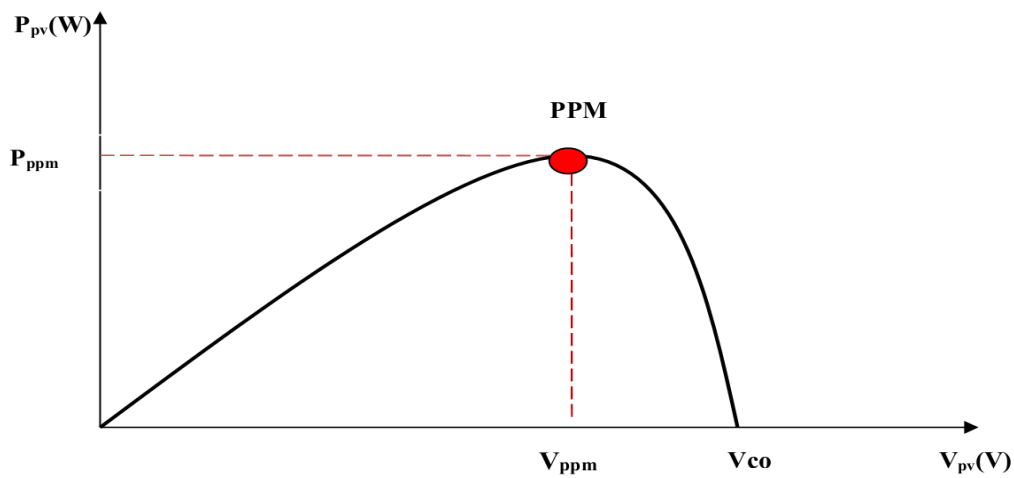
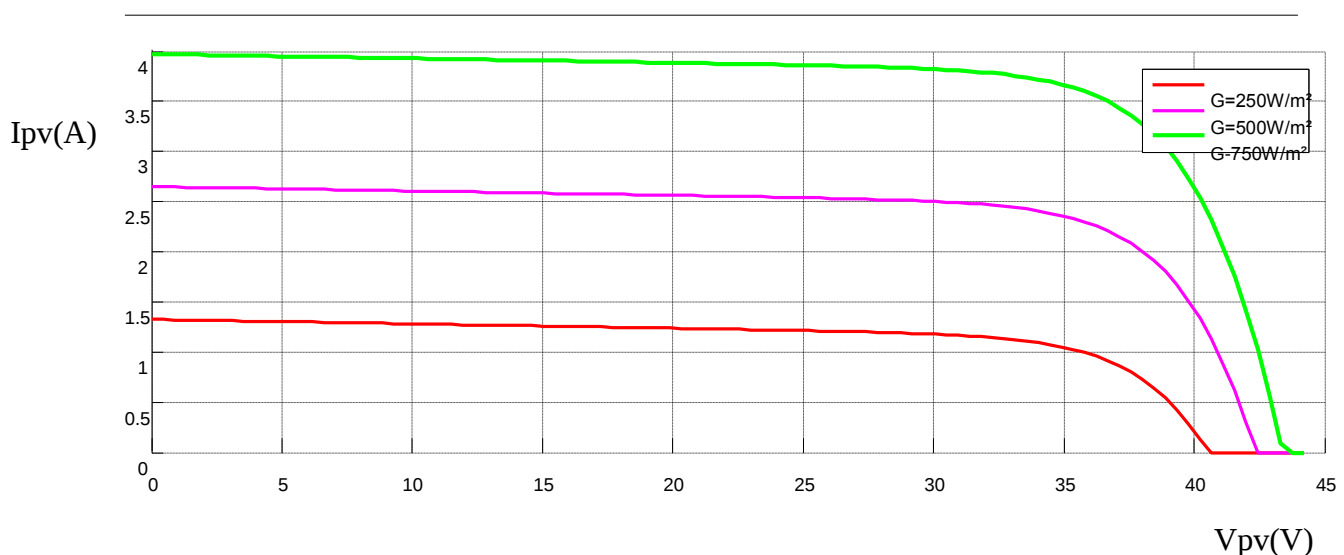


Figure I.15 Caractéristique puissance-tension

I.3.3 Influence de l'éclairement : [16]

La figure I.16 présente la caractéristique $I(V)$ d'un module photovoltaïque pour différents ensoleillements à la température fixe. Comme on peut voir sur la figure, le courant du module est proportionnel à l'ensoleillement, tandis que la tension de circuit-ouvert change légèrement avec l'ensoleillement. les caractéristique du module photovoltaïque(voir annexe).

Figure I.16 Influence de l'éclairement sur $I(V)$.

I.3.4 Influence de la température : [17]

La figure I.17 montre clairement que l'augmentation de la température se traduit aussi par une diminution de la puissance maximale disponible.

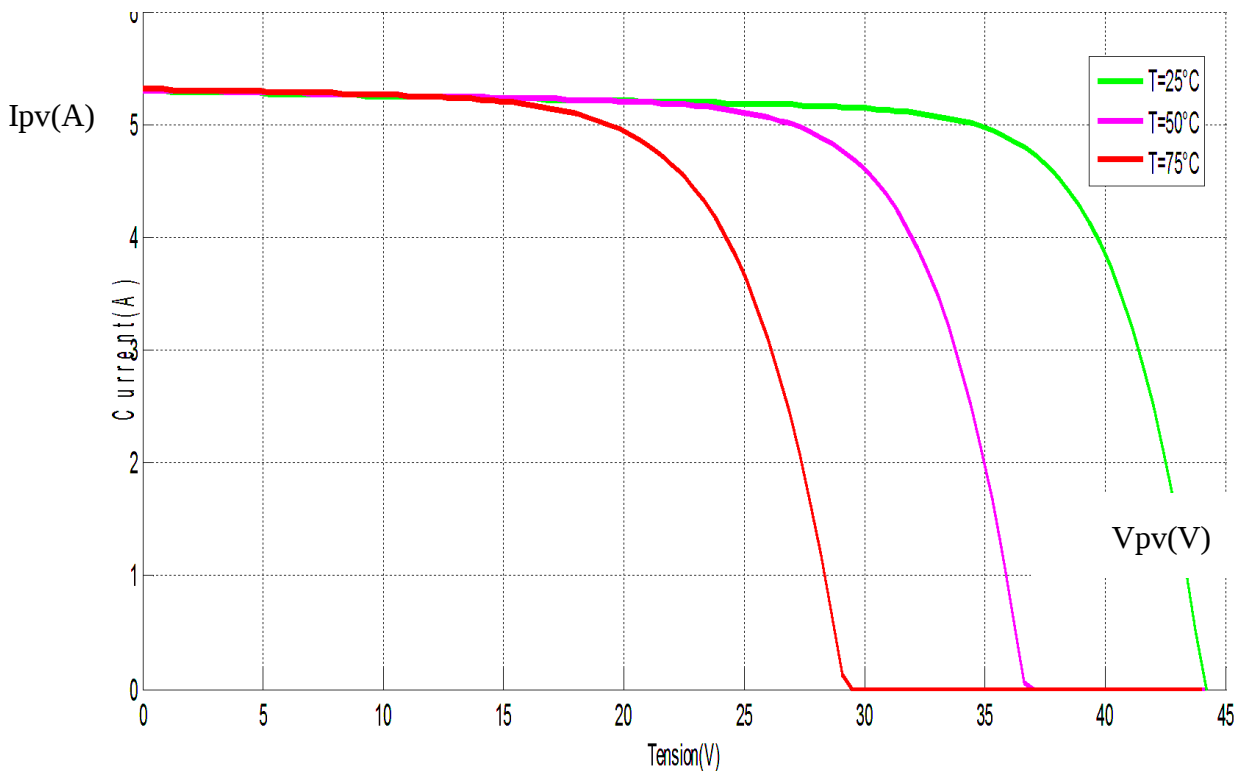


Figure I.17 Influence de la température sur I(V)

I.4 Les systèmes photovoltaïques :

Parmi les différents couplages existant nous représentons deux systèmes classés selon leurs connections : les systèmes autonomes et les systèmes connectés au réseau

I.4.1 Les systèmes photovoltaïques autonomes : [2]

Ces systèmes PV sont installés pour assurer un fonctionnement indépendant sans recourir à d'autres sources d'énergie en général, et ces systèmes sont utilisés dans des zones isolées et éloignées du réseau, selon que le stockage électrochimique est utilisé ou non. Les systèmes PV autonomes sont classés comme suit:

a. Systèmes autonomes sans stockage électrochimique : [2]

Un appareil alimenté ne fonctionnera que s'il y a suffisamment de soleil pour le démarrer. Il est intéressant dans toutes les applications qui n'ont pas besoin de fonctionner dans l'obscurité, et où le besoin d'énergie coïncide avec la présence de rayonnement solaire. Mais vous devez bien dimensionner le générateur photoélectrique pour qu'il ait suffisamment de puissance pour faire fonctionner la machine avec un éclairage minimal.

La pompe solaire est directement connectée au générateur photoélectrique via un convertisseur DC / DC ou DC / AC selon que nous utilisons respectivement un moteur DC ou un moteur AC. Ainsi, le débit d'eau entrant dans le réservoir est variable et dépend du rayonnement solaire

b. systèmes autonomes avec stockage électrochimique : [2]

Il s'agit de la configuration la plus courante pour les systèmes photovoltaïques autonomes, car elle comprend des batteries qui stockent l'énergie électrique produite par le générateur photovoltaïque pendant la journée. Par conséquent, le stockage électrochimique dans la batterie est essentiel pour assurer un fonctionnement de nuit ou par temps nuageux en raison des nuages pendant un nombre de jours prédéterminé de dimensionnement des systèmes PV

I.4.2 Systèmes photovoltaïques connectée au réseau :[9]

Le générateur photovoltaïque connecté au réseau est l'application la plus souhaitable dans les zones urbaines avec des panneaux installés sur les toits et les façades des bâtiments. L'intégration du composant photovoltaïque dans les structures des bâtiments présente plusieurs avantages: grâce à la connectivité réseau, ces systèmes surmontent les problèmes de stockage et de transport d'électricité. Le surplus de production après le passage à un onduleur est injecté dans le réseau et pendant la période de non-production (la nuit), l'électricité est prélevée sur le réseau. Ensuite, le compteur tourne dans les deux sens

I.5 les systèmes de pompage photovoltaïque :[9]

La pompe photoélectrique fonctionne au-dessus du soleil, c'est-à-dire sans stockage par batteries .ainsi, le pompage peut être considéré comme l'une des utilisations les plus pertinentes de l'énergie solaire photovoltaïque. Il offre une grande simplicité de fonctionnement et une fiabilité à moindre coût, ce qui lui confère un avantage par rapport à l'utilisation de batteries collectrices. Le développement progressif des matériaux et des gammes de performances au cours des 20 dernières années permet désormais de considérer le pompage solaire comme une technologie mature..

D'une manière générale, les systèmes de pompage photoélectrique se composent d'un générateur photovoltaïque, d'un sous-système de pompage et d'un réservoir d'eau (figure), et le système de pompage photoélectrique fonctionne au-dessus du soleil. Le stockage de l'eau en cuve est la solution approuvée ainsi que le stockage électrochimique dans les batteries. Le pompage d'eau photovoltaïque est utilisé pour l'approvisionnement en eau potable et pour la petite irrigation.

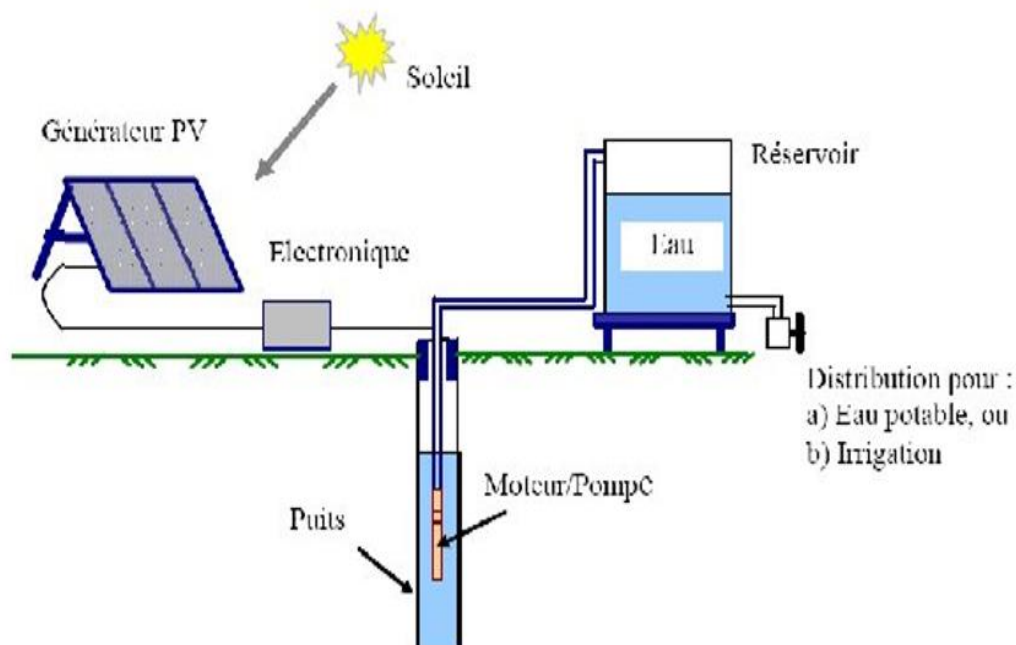


Figure I.18 Configuration générale d'un système de pompage photovoltaïque[2].

I.5.1. Les différentes composantes d'un système de pompage PV : [2]

Un système de pompage solaire est généralement constitué de :

- installation photovoltaïque
- le groupe électropompe,

I.5.1.1. Les groupes motopompes :**a-Moteurs : [18]**

Un moteur est une machine qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique. Deux types de moteurs peuvent être distingués selon leurs emplacements physiques par rapport à l'eau pompée:

- Moteur de surface qui sera associé à une pompe de surface ou à une pompe flottante.
- Moteur immergé qui sera associé uniquement à une pompe immergée. Mais selon le principe du fonctionnement, les moteurs peuvent être à courant alternatif ou à courant continu.

a-1. Moteurs à courant continu : [2]

L'énergie électrique appliquée à un moteur est transformée en énergie mécanique en variant le sens du courant circulant dans le rotor (l'induit) qui est soumis à un champ magnétique produit par le stator (l'inducteur). Ainsi, nous distinguons deux types de moteur à courant continu : - Les moteurs à balais : Ils sont les plus communs, mais leurs balais doivent être changés périodiquement. - Les moteurs à commutation électronique (sans balais) : Ils utilisent un circuit électronique pour commuter le courant circulant dans le stator. La commutation électronique a l'avantage d'avoir une faible maintenance comparée à l'utilisation des balais.

a-2. Moteurs à courant alternatif : [2]

Le moteur à courant alternatif est largement utilisé dans l'industrie, sa simplicité de construction en fait un matériel très fiable qui demande peu d'entretien. Les moteurs à courant alternatif sont classés en deux types:

- Asynchrone,
- Synchrone

Le moteur asynchrone est le plus utilisé pour le pompage photovoltaïque pour des raisons de robustesse, la faible maintenance, la disponibilité sur le marché avec un coût bas. Le rendement moyen d'un moteur asynchrone est de 85 %

b. Pompes:[2]

Les pompes sont responsables de la transformation de l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Les pompes à eau sont habituellement classées selon leur principe de fonctionnement, soit de type :

b-1.La pompe centrifuge :

Elles sont en générale multicellulaires. Elles utilisent les variations de vitesse du fluide pompé combinées avec l'effet de la force centrifuge pour obtenir un accroissement de pression. L'énergie cinétique transmise au fluide est fournie par la rotation d'une roue munie d'aubes ou d'ailettes, c'est une partie de cette énergie qui est transformée en pression par réduction de vitesse.

b-2.La pompe volumétrique : [19]

Les pompes volumétriques utilisent les variations de volume de fluide pompé pour obtenir un accroissement de pression. Le fluide est d'abord aspiré par l'accroissement d'un volume puis refoulé par diminution de ce même volume. Outre ces deux classifications, nous distinguons également deux autres types de pompes en fonction de l'emplacement physique de la pompe par rapport à l'eau pompée : pompe de surface et pompe immergée.

I.5.1.2. Conditionneur d'énergie photovoltaïque : [20]

Le conditionneur d'énergie a un rôle d'optimiser le transfert de l'énergie entre le générateur photovoltaïque et le groupe moteur-pompe. Il peut être un convertisseur DC/AC pour un moteur à courant alternatif ou un convertisseur DC/DC pour un moteur à courant continu.

I.5.2 Les convertisseurs statiques

a- Convertisseur DC/DC (hacheur) :

Les convertisseurs continus ont pour fonction de fournir une tension continue variable à partir d'une tension continue fixe. La tension continue de départ peut être un réseau alternatif redressé et filtré, une batterie d'accumulateurs, une alimentation stabilisée.

a-1. Hacheur dévolteur (ou série) :[20]

Ce nom est lié au fait que la tension moyenne de sortie est inférieure à celle de l'entrée. Il comporte un interrupteur à amorçage et à blocage commandés (transistor bipolaire, transistor, MOS ou IGBT...) et un interrupteur à blocage et amorçage spontanés (diode). Le cycle de fonctionnement, de période de hachage T ($T=1/f$), comporte deux étapes. Lors de la première, on rend le transistor passant et la diode polarisée en inverse, est bloquée. Cette phase dure de 0 à αT , avec α compris entre 0 et 1 . α est appelé rapport cyclique. Lors de la seconde, on bloque le transistor. La diode devient passante. Cette phase dure de αT à T .

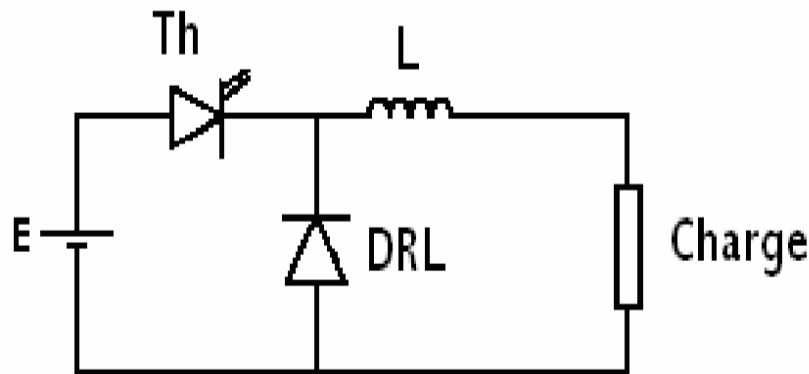


Figure I.19: Schéma électrique équivalent d'un hacheur série.

a-2. Hacheur survolteur (ou parallèle) : [20] [21]

Dans ce hacheur, la tension moyenne de sortie est supérieure à la tension d'entrée, d'où son nom. Cette structure demande un interrupteur commandé à l'amorçage et blocage (Bipolaire, MOS, IGBT...) et une diode (amorçage et blocage spontanés).

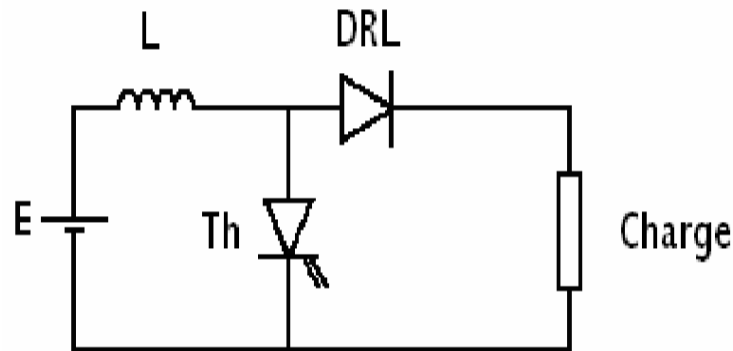


Figure I.20 : Schéma électrique équivalent d'un hacheur parallèle.

Lors de la première partie du cycle de fonctionnement, de 0 à αT , l'interrupteur commandé est fermé (passant). Cette fois, la source et la charge ne sont pas en contact durant cette phase. La diode est alors bloquée. Lors de la seconde partie du cycle, de αT à T , on ouvre l'interrupteur commandé et la diode devient passante. C'est alors que la source et la charge sont reliées[21].

b- Convertisseur DC/AC (onduleur) :

La fonction principale de l'onduleur est de transformer le courant continu, produit par le générateur solaire, en courant alternatif monophasé ou triphasé. Les onduleurs de pompage sont en général à fréquence (f) variable afin de permettre une variation de la vitesse de rotation de la pompe. Dans ce cas, le rapport de la tension alternative (U) sur la fréquence – U/f – est constant. La fréquence du courant alternatif est directement proportionnelle à l'intensité de l'ensoleillement.

c- La régulation (régulateur) [22] :

Le contrôleur de charge est d'une grande importance dans la régulation de la charge et de la décharge de la batterie. une surcharge de la batterie plomb acide provoque une perte en eau et un vieillissement prématuré des accumulateurs. une décharge profonde conduit à des plaques de sulfate et un vieillissement précoce des accumulateurs. d'autres fonctions de contrôleur peuvent être soyez gardé et sécurisé installation, la recherche du point maximal de puissance ou la commande de charge de la batterie par d'autres sources.

I.6. générateur photovoltaïque GPV:[23]

Un générateur ou module photovoltaïque est un ensemble de cellules photovoltaïques montrées en série et / ou en parallèle afin d'obtenir les propriétés électriques souhaitées telles que la puissance, le courant et la tension. les panneaux sont connectés en série ou en parallèle pour former un module, puis les modules sont installés en série ou en parallèle pour créer un champ photoélectrique



Figure I.21 Un générateur photovoltaïque GPV[23a]

I.6.1 Protection des plusieurs GPV connecté en parallèle:

Pour protéger le générateur contre les dangers, nous connectons des diodes anti-retour placées en série avec le générateur photovoltaïque (blocage) comme indiqué sur la (Fig. I.22) . Cette diode est nécessaire lorsque l'unité est chargée avec une batterie. Pendant la nuit cette diode empêche la batterie de se décharger sur l'unité

I.6.2 Protection des plusieurs GPV connecté en série:

Que le courant traversant chaque cellule est le même que tout le courant connecté GPV lorsque les cellules PV sont placées en série. Ainsi, lorsqu'elle recouvre un GPV ou une partie d'un GPV (par exemple, une cellule), cette partie non irradiée de l'unité peut se trouver polarisée en inverse et produire une dissipation d'énergie qui ne peut pas être extraite. Cette dissipation a un effet immédiat sur le chauffage de la zone irradiée, et ce chauffage local conduit à des «points chauds» qui peuvent endommager la zone affectée et dégrader de façon permanente l'ensemble des performances du module PV. Pour éviter ces effets indésirables, des diodes by-pass sont associées à un sous-réseau de cellules

I.6.3.Association des Cellules Photovoltaïques

La combinaison de plusieurs photovoltaïques en série / parallèle donne un générateur PV. Si les cellules sont connectées en série, les tensions de chaque cellule sont ajoutées, ce qui provoque une augmentation de la tension totale, et si les cellules sont connectées en parallèle, le courant augmentera comme indiqué dans les figures suivantes

I.6.3.1.Association des modules PV en Série:

Dans un réseau série, les cellules sont traversées par le même courant et la caractéristique résultante de l'ensemble série est obtenue en ajoutant des tensions à un courant donné. La figure (I.22) montre la caractéristique résultante (ICC, VCO) obtenue en liant des cellules homologues N_s (ICC, VCO) en série (indicateurs) [24].

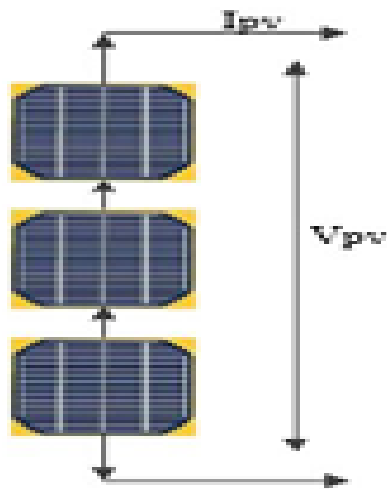


Figure I.22 schéma de 3 cellules photovoltaïques associées en serie[24]

I.6.3.2.Association des modules Photovoltaïques en Parallèle

Les caractéristiques de l'assemblage de cellules parallèles sont doubles avec les caractéristiques de l'assemblage en serie. Ainsi, dans un groupe de cellules connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante de matrice est obtenue en ajoutant des courants à une certaine tension.[24]

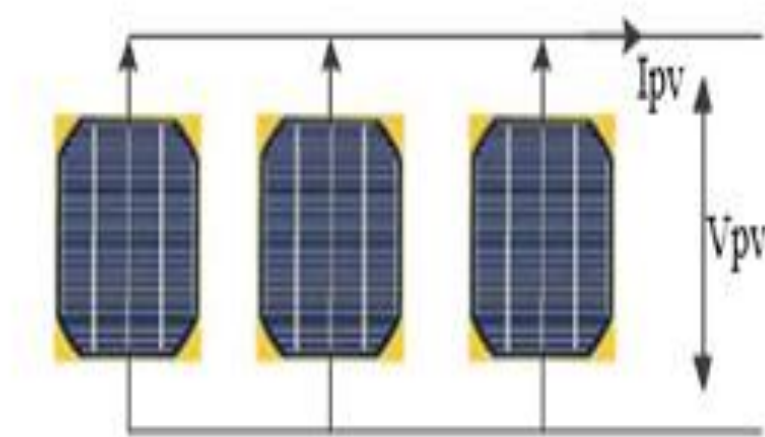


Figure I.23 Schéma de 3 cellules photovoltaïques associées en parallèle[24]

I.7 Description du système à étudier:

Le système de pompage photovoltaïque avec batterie peut être comparé à une charge alimentée par une batterie qui est chargée par un générateur photovoltaïque. Ses éléments de base sont:

- 1-Les panneaux photovoltaïques : permettent l'alimentation de la charge (motopompe) et le stockage batterie).
- 2-La commande MPPT: permet d'extraire la puissance maximale produite par modules PV.
- 3-La batterie: alimente la charge et assure un stockage de l'énergie électrique.
- 4-Le système de gestion: assure la gestion du flux d'énergie entre les différents composants et protège la batterie contre la surcharge et les décharges profondes.
- 5-Le convertisseur DC/DC : (hacheur)fournit une tension continue variable à partir d'une tension continue fixe.
- 6-Le convertisseur DC/AC :(onduleur) fournit une tension AC à partir d'une tension DC
- 7-Groupe motopompe : convertit l'énergie électrique en énergie hydraulique.

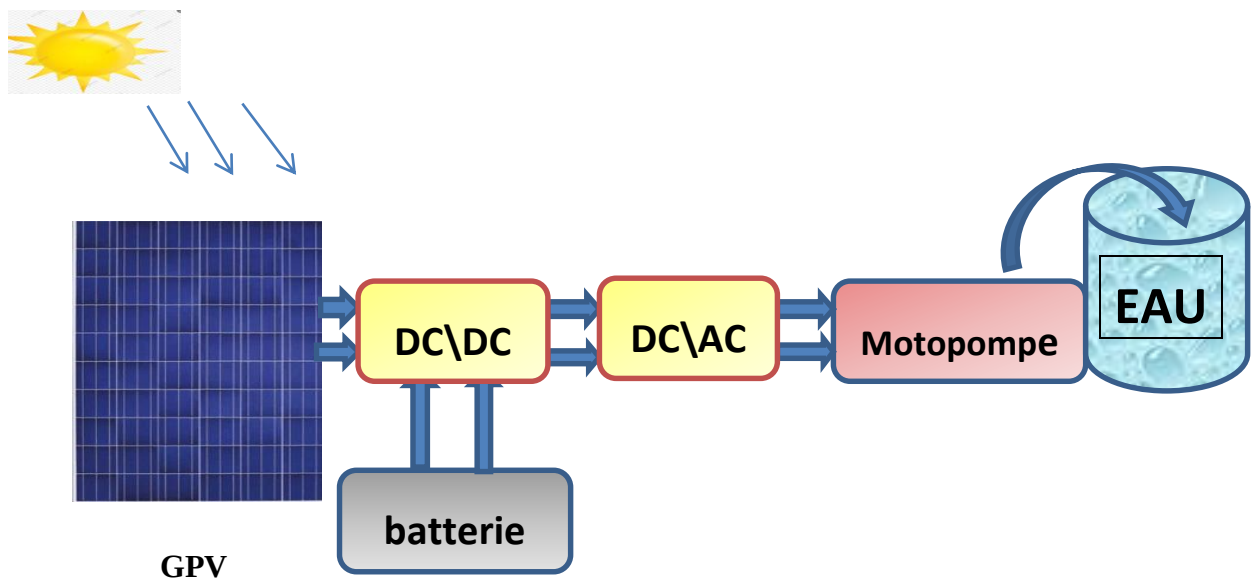


Figure I.24 schéma explicatif de l'installation du pompage photovoltaïque

I.9.Conclusion

Nous avons présenté une étude générale de l'énergie photovoltaïque, fourni un aperçu historique du photovoltaïque, expliqué les fondamentaux du principe de conversion des cellules photovoltaïques en énergie photovoltaïque, ses avantages et inconvénients, ses propriétés électriques et tous les effets qui affectent le photovoltaïque. Nous avons couvert le processus de stockage d'énergie et fourni une explication simplifiée de tous les éléments du système hydraulique. Nous avons également présenté une étude simplifiée sur les générateurs PV et leurs schémas de connexion.

Enfin, nous avons fourni une description générale du système de pompage solaire. Nous sommes particulièrement intéressés par les systèmes de pompage solaire, car nous étudions toutes sortes de systèmes de pompage solaire.

CHAPITRE II
Technique du système
de pompage solaire

II .Introduction

La demande en eau augmente, en particulier dans les zones rurales et isolées où l'accès à l'énergie traditionnelle est difficile, voire impossible. Cela a conduit à un intérêt croissant pour l'utilisation de générateurs photoélectriques comme nouvelle source d'énergie. Ils utilisent des techniques de pompage PV dans la vie humaine, notamment:

II -1- Définition générale du système de pompage [25]

Voici la différence entre le système de pompage solaire et le système de pompage classique est l'utilisation de panneaux solaires, d'adaptateur et Pompe suffisante. Les pompes utilisées peuvent être de surface ou immergé, centrifuge ou volumétrique selon le cas d'utilisation.

Le système de pompage solaire est généralement composé de:

- Le générateur photovoltaïque.
- Le groupe de motopompe.
- L'électronique de commande.
- Les éléments du stockage.

II .2 Le générateur photovoltaïque : [25]

Modules photovoltaïques interconnectés en une seule unité de génération d'électricité, montés sur des structures diverses (support ou châssis, toits et autres).

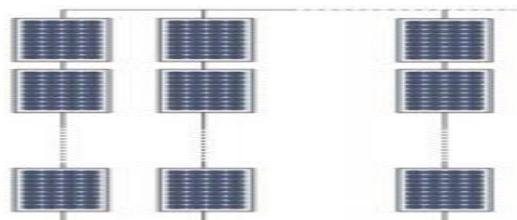


Figure II .1 générateur photovoltaïque[25]

II .3 Méthodes techniques de pompage solaire

Pour pomper l'eau avec un système photovoltaïque, deux techniques sont possibles : Dans la première technique, l'énergie solaire est consommée en « temps réel » ; On parle alors d'un « pompage au fil du soleil ». Cette solution nécessite un stockage de l'eau dans un réservoir (l'eau pompée pendant la journée est stockée afin d'être utilisée plus tard, le fois-ci, via des batteries. L'énergie stockée la journée peut être utilisée plus tard pour pomper soir par exemple). La deuxième méthode consiste à utiliser un stockage de l'énergie, cette l'eau [26].

II .3.1 Pompage « au fil du soleil » (stockage de l'eau) :[18]

Comme on le verra, la méthode de pompage « au fil du soleil » permet à un système PV simple , un système de pompage solaire est constitué d'un générateur photovoltaïque (GPV),un système de pompage (motopompe), un onduleur, la tuyauterie et accessoires et enfin un système de stockage (batteries ou réservoir d'eau). Pour les systèmes de pompes solaires fonctionnent au fil du soleil, le stockage de l'eau (hydraulique) dans les réservoirs est la solution la plus adoptée par rapport au stockage électrochimique dans les batteries [18] La capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours selon le modèle.

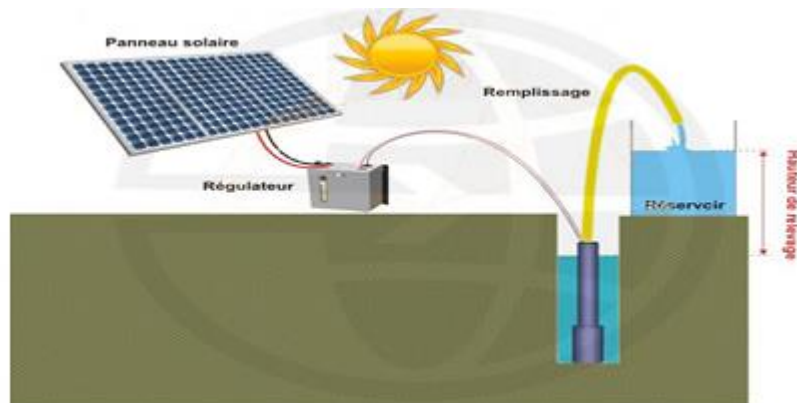


Figure II .2: Schéma d'un système de pompage au fil de soleil[18]

Le pompage au fil du soleil donne un système photovoltaïque plus simple comme le montre la figure ci-dessus. Stockage hydraulique, l'eau qui est pompée, lorsqu'il y a suffisamment de soleil dans un réservoir au-dessus du sol. Ensuite, il est distribué par gravité si nécessaire.

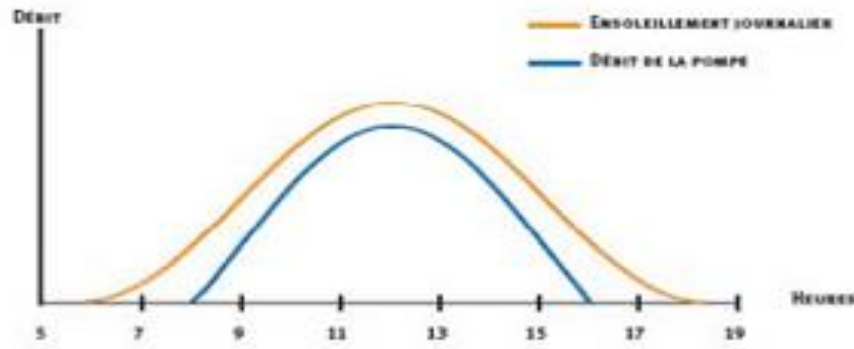


Figure II .3: La caractéristique du Pompage au fil du soleil[18a]

Il s'agit de la pompe «au soleil» (voir Figure II .3). Le débit maximal de la pompe est exprimé en mètres cubes / heure. En général, à midi, je gagnais environ un sixième de mon débit quotidien. L'ensoleillement est la quantité totale d'énergie reçue sur la surface de la terre pendant une certaine période sur un mètre carré de surface horizontale. Elle est exprimée en kWh /m²/jr

II .3.2 Le pompage avec stockage électrochimique (batteries) :[9]

l'énergie électrique qui sera stockée dans des batteries. Le pompage sera possible même en absence du soleil. Un tel système est plus coûteux que le précédent, vu la nécessité de changer les batteries, car elles ont une courte durée de vie. Le pompage solaire avec batterie, ce qui va être l'objet de notre travail, permet d'assurer une autonomie énergétique, et un débit constant selon la demande, comme montre sur la figure ci-dessous

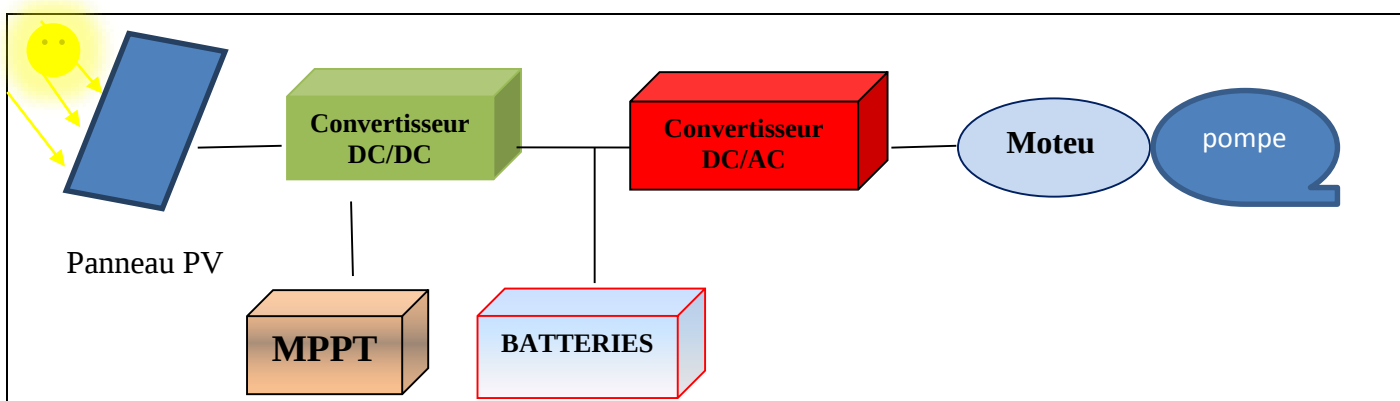


Figure II .4 principaux composants du système de pompage Photovoltaïque avec batteries

Souvent, le pompage solaire ne correspond pas aux heures de soleil qui nécessitent une intensité régulière, ce qui implique de stocker l'électricité avec la batterie [27]

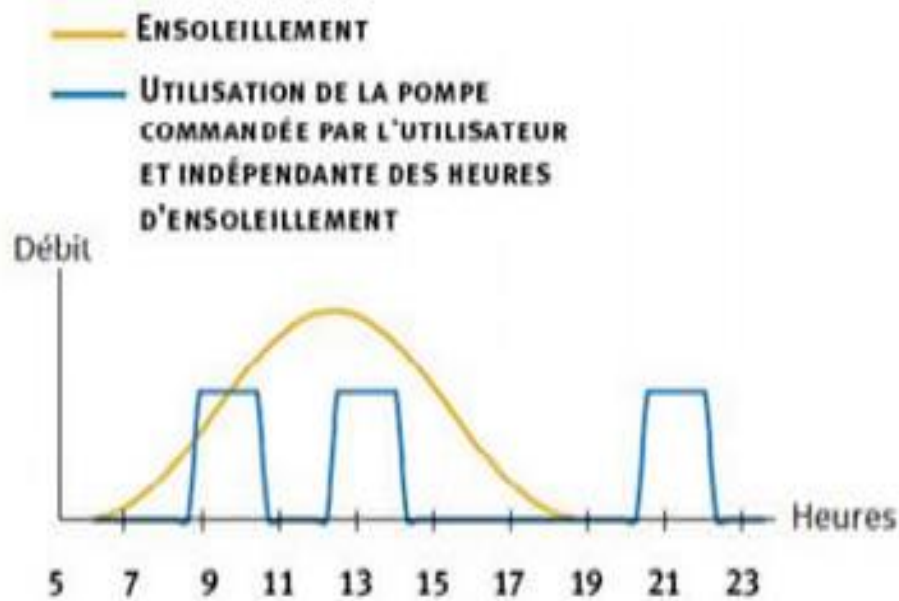


Figure II .5: Caractéristique du pompage avec batteries[18a]

Elle nécessite un stockage par banque de batteries. dans le cas par exemple des petites unités de pompage à usage domestique.

II .3.2.1 Les éléments de stockage :

Il existe différents types de stockage tels que le stockage électrochimique Stockage hydraulique ... etc

II .3.2.1.1 le stockage électrochimique:

a. Les batteries :[28]

Souvent, la batterie est intégrée au générateur , car elle le permetStockage de l'électricité pour les systèmes isolés et démarrage la nuit, lorsqueL'électricité s'est accumulée en ce jour nuageux pendant la journée. Il y a

b-Différents types de batteries:

on peut citer est un groupe d'accumulateurs plomb-acide sulfurique connectés en série, afin d'obtenir la tension requise, et sont assemblés dans le même état. Les plaques et grilles de plomb sont en fait en plomb durci (par exemple, en utilisant de l'étain, du cadmium et du strontium, avec un petit pourcentage d'alliages)

La batterie lithium-ion:

une batterie rechargeable qui utilise les ions lithium comme composant principal de son électrolyte. Remarque: les batteries au lithium-ion sont courantes dans les appareils électroniques portables tels que les téléphones portables et les ordinateurs portables.

La batterie au plomb ouverte :

Les batteries sans plomb sont des batteries contenant plusieurs éléments, chacun consistant en un groupe de paires de plaques de plomb à plomb négatif et de plaques de plomb-oxyde à oxyde positif immergées dans une solution d'eau et d'acide sulfurique. de 400 à 500 cycles

La batterie AGM (absorbent glass mat) :

La batterie AGM (tapis de verre absorbant) comportent un maillage en fibre de verre entre les plaques de batterie qui sert à contenir l'électrolyte et à séparer les plaques. de 600 à 900 cycles

La batterie GEL:

Une batterie au gel est une batterie plomb-acide à régulation par soupape, sans entretien. Les batteries au gel sont extrêmement robustes et polyvalentes. Ce type de piles produit peu de fumées et peut être utilisé dans des endroits sans trop de ventilation. de 800 à 1300 cycles ,La batterie GEL Long Life = de 600 à 2400 cycles et des autres types

La Batterie nickel cadmium :

Un accumulateur nickel-cadmium ou Ni-Cd est un accumulateur électrique rechargeable utilisant de l'hydroxyde de nickel et du cadmium comme électrodes.

La Batterie sodium chlorure de nickel:

Batterie au sodium-chlorure de nickel [modifier] Une variante à basse température des batteries au sel fondu a été le développement de la batterie (à l'origine, "ZeoliteBatteryResearchAfrica"; plus tard, la "Zero Emissions Batteries ResearchActivity") en 1985, développé à l'origine pour les applications de véhicules électriques. La batterie utilise NaAlCl_4 avec un électrolyte céramique Na^+ -bêta-alumine.

La Batterie zinc air:

les piles zinc-air (non rechargeables) et les batteries à combustible zinc-air (rechargeables mécaniquement) sont des piles métal-air alimentées par oxydation du zinc avec l'oxygène de l'air. , utilisé pour la propulsion des véhicules électriques et le stockage d'énergie à l'échelle du réseau.

II .3.2.2 Tableau de caractéristiques technique des batteries principales:[29]

TYPE	Energie massique en Wh/kg	Energie volumique en Wh/l	Tension d'un élément	Puissance en Pointe (massique) en W/kg	Durée de vie nombre de) recharges)	Autodécharge par mois
Plomb/acide	30 - 50	75 - 120	2,25 V	700	400 - 800	5 %
Ni-Cd	45 - 80	80 - 150	1,2 V	/	1 500 - 2 000	> 20 %
Ni-MH	60 - 110	220 - 330	1,2 V	900	800 - 1 000	> 30 %
Ni-Zn	70 - 80	120 - 140	1,65 V	1 000	> 1 000	> 20 %
Na-NiCl ₂ (ZEBRA)	120	180	2,6 V	200	800	→ 100 % (12 %/jour)
Pile alcaline	80 - 160	/	1,5-1,65 V	/	25 à 500	< 0,3 %
Li-ion	90 - 180	220 - 400	3,6 V	1 500	500 - 1 000	10 %
Li-Po	100 - 130	/	3,7 V	250	200 - 300	10 %
Li-PO ₄ (lithium phosphate)	120 - 140	190 - 220	3,2 V	800	2 000	5 %
LMP:lithium- métal polymer	110	110	2,6 V	320	/	/
Li-Air	1 500 - 2500	/	3,4 V	200	/	/
Ni-Li	935	/	3,49 V	/	/	/

II .3.3 Stockage hydraulique

L'eau pompée est ensuite transportée vers la zone de stockage, généralement à une certaine hauteur éléments des suites de stockage d'eau:

II . 3.3.1 Tableau des Stockages hydrauliques

- le réservoir ou cuve c'est un élément fermé stockée l'eau en plastique ou aluminium	
- le barrage c'est un élément stockée l'eau naturelle	
–le château d'eau c'est un élément stockée l'eau en biton ou aluminium	
- Le citerne c'est un élément fermé stockée l'eau en aluminium ou un autre matière	
- Le bassin c'est un élément ouvert stockée l'eau en biton ou un autre matière	
- le bâche a eau c'est un élément fermé stockée l'eau en plastique	

Où il sera distribué par gravité ou par motopompe

II .4 classification des pompes:

La classification des pompes peut se faire selon différents critères :sa position dans le système, conception de la pompe, et type du moteur utilisé. [30]

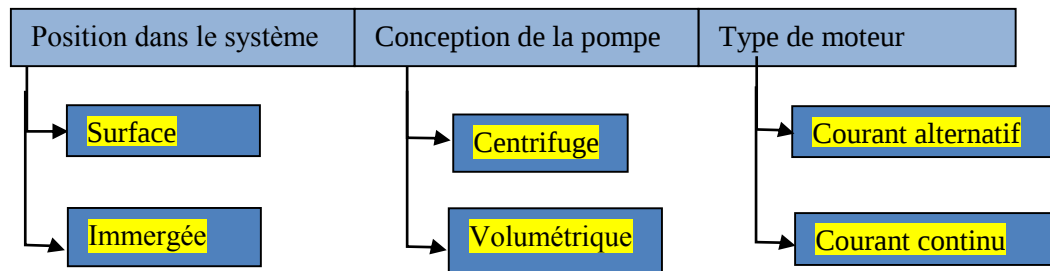


Figure II .6 Classification des pompes et type du moteur

II .5 Position dans le système:

- Il existe deux positions des pompes :

II .5.1 Pompes de surface (aspiration ou refoulement):

La pompe de surface est un élément essentiel et très facile à utiliser l'outil pour votre maison ou à l'extérieur. Ainsi, l'eau de pluie récupérée permet d'économiser l'eau et le temps! l'eau pris en charge peut provenir de réseau de la ville, source souterraine, bassin, table, la pompe de pulvérisation peut absorber jusqu'à une profondeur de 7 mètres. Le terme surface définit la position d'une pompe par rapport au liquide à pomper. Elle est dite pompe de surface, car prévue pour être posée en dehors du liquide à aspirer.[9]

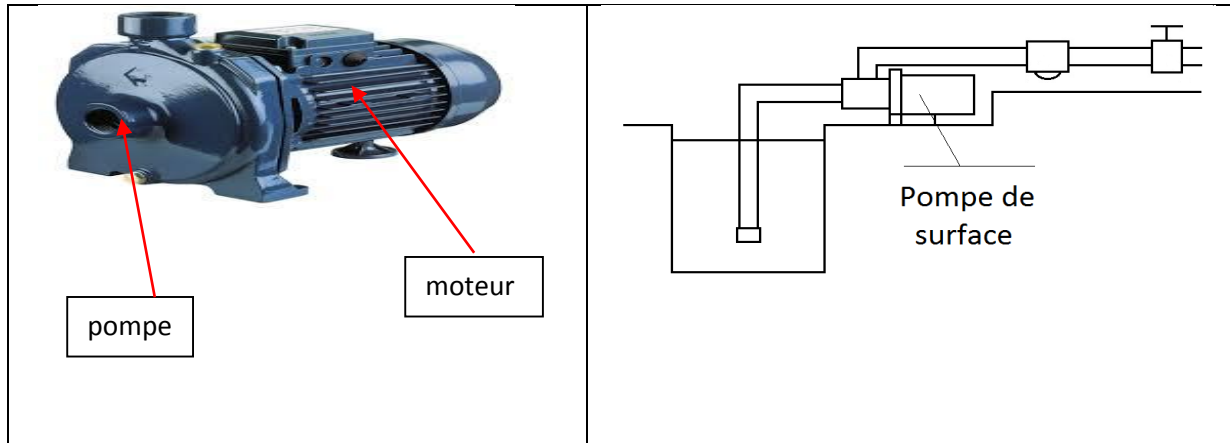


Figure II .7 Pompes de surface (aspiration ou refoulement)[9]

II .5.2 Pompes immergées (pour puits):

Les pompes de refoulement sont immergées dans l'eau et ont soit leur moteur immergé avec la pompe (pompe monobloc), soit le moteur en surface. La transmission de puissance se fait alors par un long arbre reliant la pompe au moteur. Dans les deux cas, une conduite de refoulement après la pompe permet des élévations de plusieurs dizaines de mètres, selon la puissance du moteur.[9]

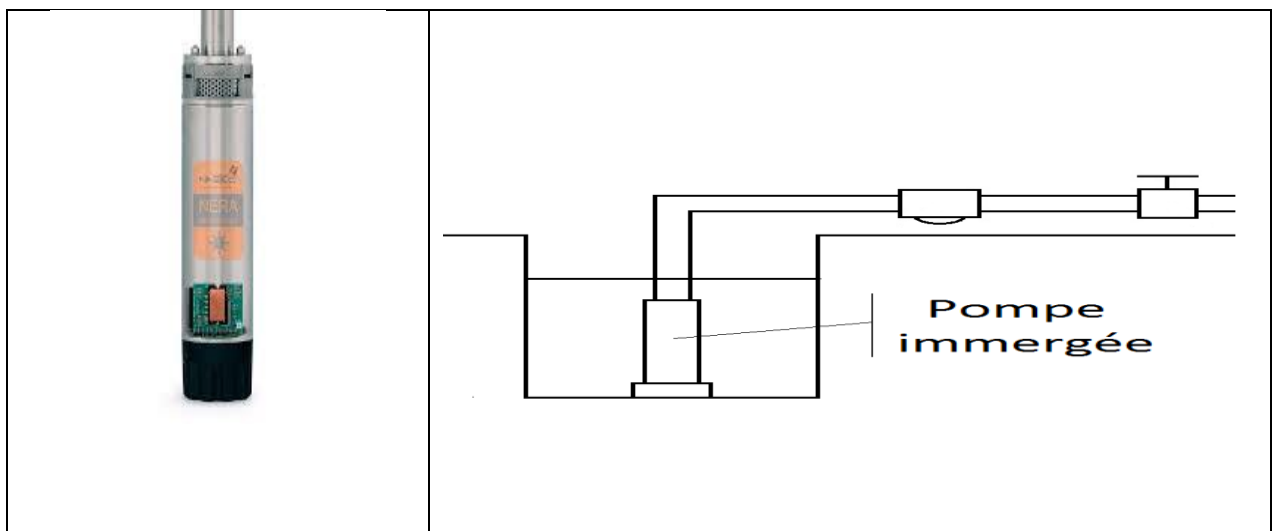


Figure II .8 Pompes immergées[9]

II .6 Classification selon la conception de la pompe :

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide. Il existe Deux types des conceptions des pompes :

- les pompes centrifuges
- les pompes volumétrique.

II .6.1 pompe centrifuge :[31]

Les pompes centrifuges sont largement utilisées pour des applications avec Puissance photovoltaïque car le couple de la pompe est pratiquement nul au démarrage. La pompe fonctionne sous un ensoleillement très faible, Il existe deux types de pompes :

- Pompe centrifuge simple a étage unique ou monocellulaire
- Pompes centrifuges multi-étage ou multicellulaire

II .6.1.1 Pompe centrifuge simple a étage unique ou monocellulaire :

- ☐ Monocellulaire : avec une seule roue (impulseur) sur l'arbre.

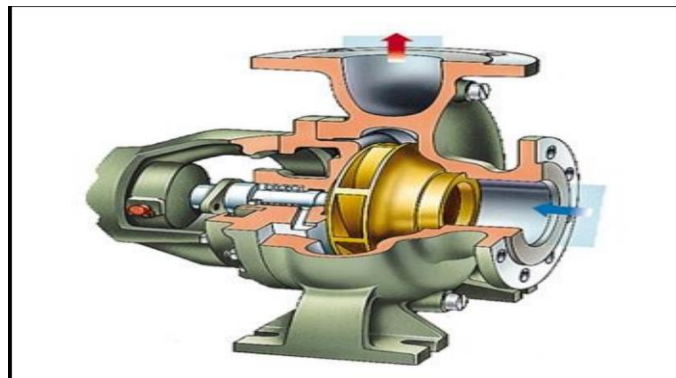


Figure II .9 Pompe centrifuge simple a étage unique[31]

II .6.1.2 Pompes centrifuges multi-étage ou multicellulaire:

Les pompes centrifuges sont des machines utilisées pour transporter des liquides par l'augmentation d'un débit spécifique à une certaine pression. Les performances de la pompe à une vitesse donnée du rotor sont décrites par le débit délivré, la pression atteinte, la puissance absorbée au niveau du couplage. Toutes présentent au moins une roue ou plus à aubes, et un collecteur où la majeure partie de l'énergie cinétique à la sortie de la pompe est transformée en énergie statique de pression. [31]

- ☐ Multicellulaire : avec plusieurs impulseurs sur l'arbre disposé en série.

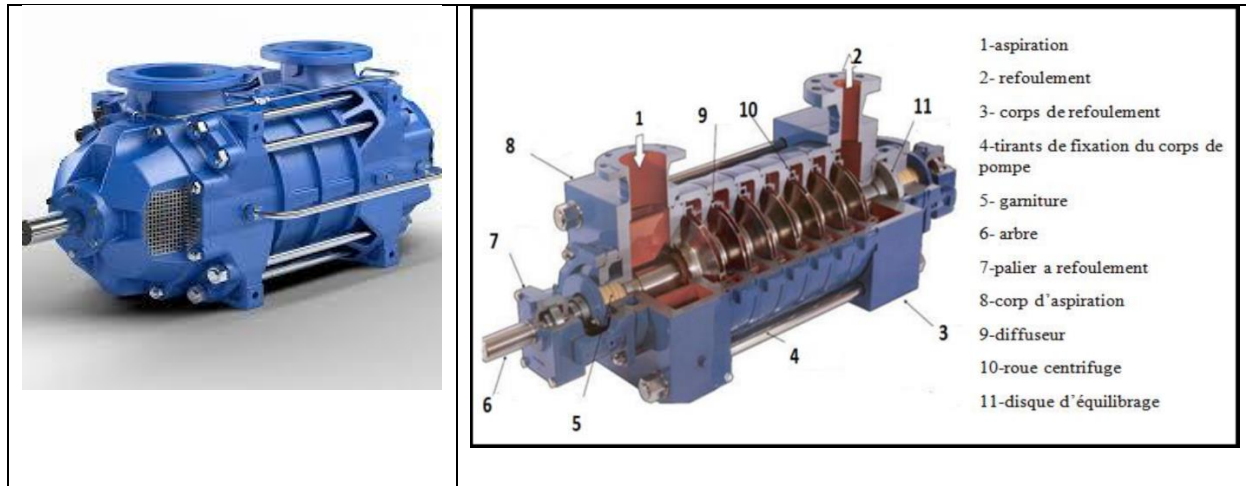


Figure II .10 Pompes centrifuges multi-étage[31]

II .6.1.3 Types de roues dans les pompes centrifuges[32]

La conception de la roue est le facteur le plus important pour déterminer les performances d'une pompe centrifuge. Une roue correctement conçue optimise le débit tout en minimisant les turbulences et en maximisant l'efficacité .

La roue d'une pompe centrifuge peut être de trois types de base :

- **Roue ouverte:** Les défenses ouvertes ont des rotors libres des deux côtés. Les roues ouvertes sont structurellement faibles. Ils sont utilisés dans les pompes de petit diamètre.
- **Roue semi-ouverte:** Les aubes sont gratuites d'un côté et fermées de l'autre. Peut être utilisé dans les pompes de diamètre moyen
- **Roue fermée:** Les ailettes sont emprisonnées entre les deux disques, le tout en une seule partie moulée. Ils sont utilisés dans de grandes pompes à haut rendement. Les pompes centrifuges à roue fermée sont les plus nombreuses.

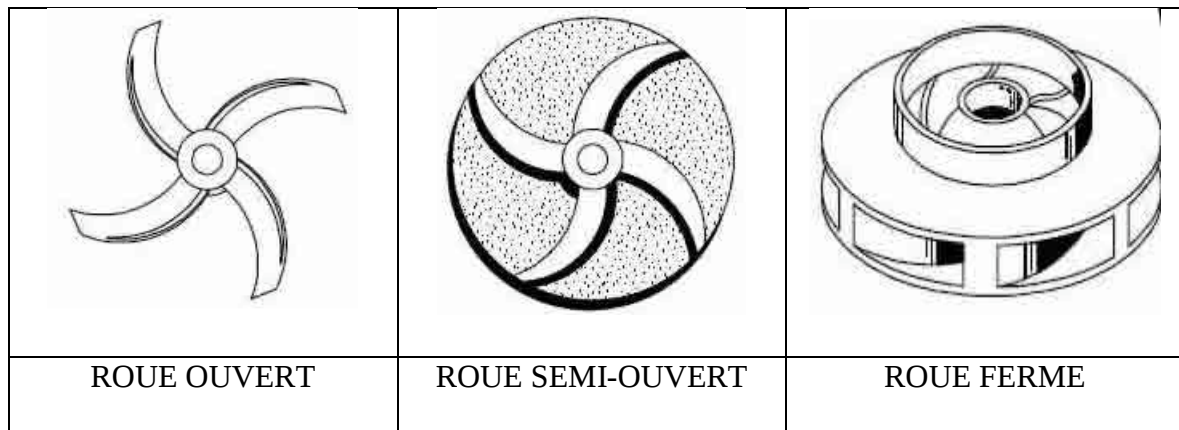


Figure II .11Types de roues dans les pompes centrifuges[32]

II .6.2 La pompe volumétrique:

Le déplacement du fluide est dû aux transports d'un volume V_0 à chaque rotation. ,Les pompes volumétriques ou à capacité variable sont des pompes dans lesquels l'écoulement du fluide résulte de la variation d'une capacité occupée par le fluide .

On distingue deux grands types de pompes volumétriques :

- ☐ Les pompes alternatives
- ☐ Les pompes rotatives [33]

II .6.2.1 Les pompes alternatives

Ces pompes sont caractérisées par le fait que la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif. Les principaux types des pompes alternatives sont :

- ☐ Pompe à piston
- ☐ Pompe à membrane

II .6.2.1.1 Pompes à piston:

Elle comporte une soupape d'admission et une soupape d'échappement, le pompage se fait en deux temps : aspiration puis refoulement, et le débit se fait par à-coups. Quand le piston se déplace dans un sens, l'eau est comprimée avec ouverture du clapet de refoulement et fermeture du clapet d'admission. Le processus est inversé lors de l'aspiration du liquide dans la pompe [34].

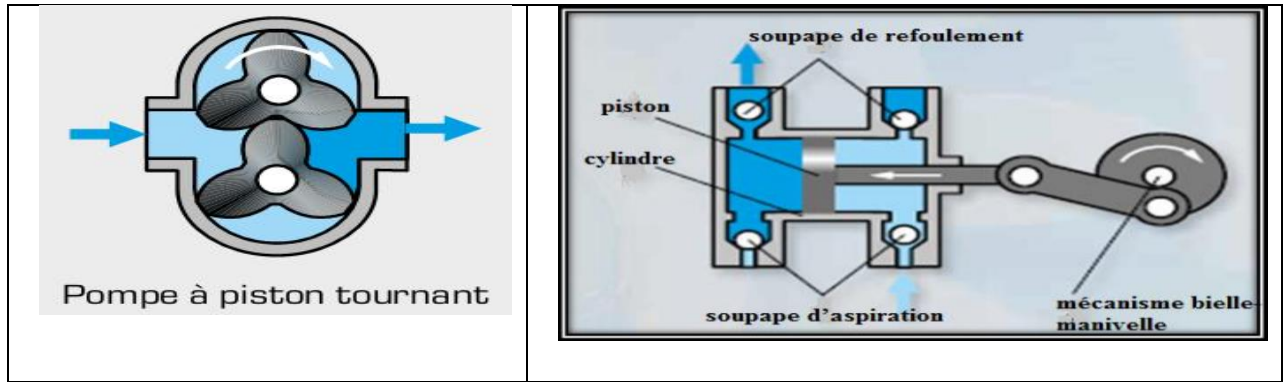


Figure II .12 Pompes à piston[34]

II .6.2.1.2 La pompe à membrane (ou diaphragme):

le mouvement alternatif est transmis à une membrane qui comprime un liquide contenu entre la membrane et le corps, muni lui aussi de clapets d'aspiration et de refoulement. L'intérêt de ce type de pompe est de permettre l'isolement total du liquide pomper [34].

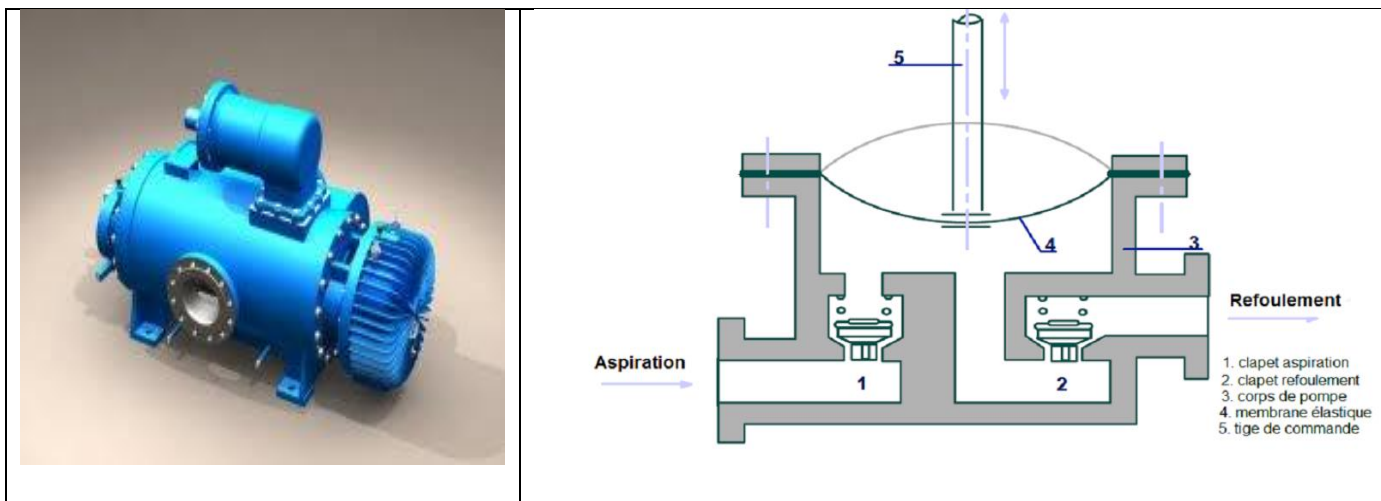


Figure II .13 pompe volumétrique à membrane[34]

II .6.2.2 Pompes rotatives:

La pièce mobile est animée d'un mouvement de rotation qui tourne dans le corps et crée le mouvement de liquide pompé par déplacement d'un volume.

Les principaux types des pompes rotatives sont :

- ☐ pompes à palettes
- ☐ pompes à engrenage

□ pompes à vis

II .6.2.2.1 Les pompes à palettes:[34]

C'est le classique « pompe à vide ». Un rotor excentré tourne dans un cylindre fixe. Sur ce rotor, des palettes, libres de se mouvoir radialement, et poussées par des ressorts s'appliquent sur la face intérieure du cylindre fixe. Les espaces ainsi délimités varient au cours de la rotation et créent les dépressions nécessaires au fonctionnement d'une pompe volumétrique



Figure II .14 pompe à palette[34]

II .6.2.2.2 pompes à engrenage:[25]:

Deux pignons tournent en sens inverse dans un carter. Le fluide situé entre les dents et la paroi du carter est contraint d'avancer au cours de la rotation, tandis qu'au centre, le contact permanent entre les deux pignons empêche le retour du fluide vers l'amont malgré la différence de pression et le déplacement des dents qui se fait en direction de l'entrée.

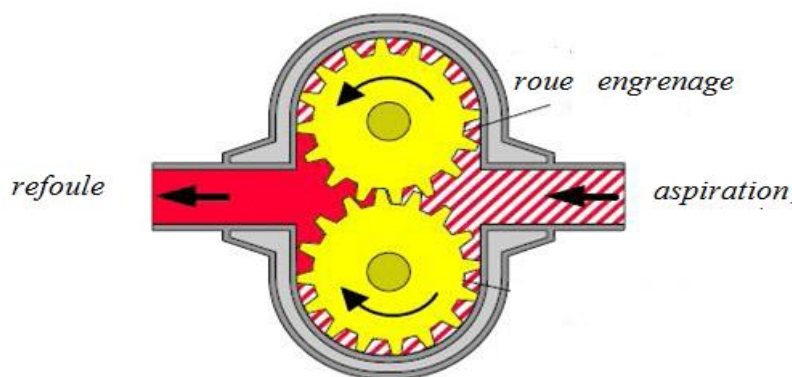


Figure II .15 pompe à engrenage[25]

II .6.2.2.3 Les pompes à vis:

C'est la forme spécifique du rotor qui fait que le liquide remonte le long de la vis. Les principaux paramètres sont le diamètre extérieur, le pas des spires, le nombre de spires, l'angle d'inclinaison et la vitesse de rotation. [34]

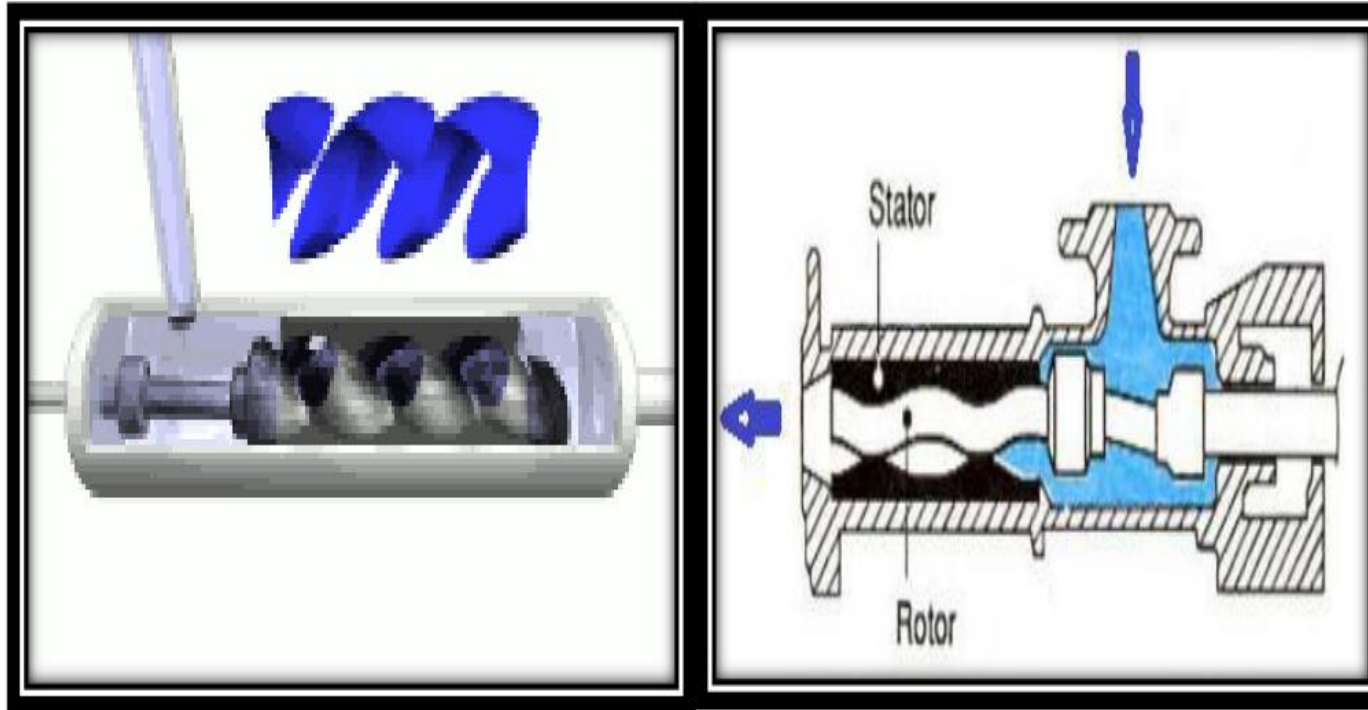


Figure II .16 pompe à vis[34]

II .7 Technologie des moteurs

Un moteur électrique est un appareil électromécanique qui convertit l'énergie électrique en énergie mécanique. Plusieurs machines électriques fonctionnant par champ magnétique, il existe deux types de moteurs a courant continu et alternative [35].

Trois types de moteurs sont actuellement utilisés pour des applications de pompage photovoltaïques.

- ☐ Moteur à courant continu ;
- ☐ Moteur à courant continu à aimant permanent sans balais ;
- ☐ Moteur à courant alternatif

II .7.1 Moteurs à courants continu DC:

Les moteurs à courant continu utilisés pour des applications de pompage solaire sont les moteurs série a avec balais et sans balais. ont étudié l'optimisation du rendement global d'un système de pompage photovoltaïque basé sur un moteur à courant continu. [34]



Figure II .17 moteurs à courant continu[34]

II .7.2 Moteur à courant continu sans balais

Pour un moteur à courant continu sans balais le stator est identique à celui d'un moteur asynchrone et le rotor aux aimants permanents montés à extérieurs. Dans les moteurs à courant continu avec commutateur, la polarité du courant est changée par les commutateurs et des balais. Par contre, dans le moteur à courant continu sans balais l'inversion de polarité est assurée grâce des transistors de puissance commutant en synchronisation avec la position de rotor c'est pourquoi il nécessite une excitation avec un onduleur triphasé de fréquence et amplitude variable. L'onduleur assure la commutation électronique et la régulation du courant [36, 37].

II .7.3 Moteur à courant alternatif AC:

Les moteurs alternatifs asynchrones (rotor à cage) sont les plus utilisés.il est particulièrement utilisé pour le pompage immergé dans les puits et les puits ouverts. Accès pour que les convertisseurs efficaces puissent l'utiliser les types de moteurs pour les applications de pompage solaire. ont présenté une étude permettant de montrer l'effet de la MPPT sur l'amélioration du rendement global du système de pompage photovoltaïque, en utilisant divers algorithmes de MPPT et les méthodes de contrôle.[18]



Figure II .18 Moteur à courant alternatif[18]

II .8 L'électronique de commande et de contrôle

II .8.1 Le convertisseur DC/AC (onduleur)

La fonction principale de l'onduleur est de transformer le courant continu, produit par les panneaux solaires en un courant alternatif [38] L'onduleur est conçu spécifiquement pour une utilisation selon les spécifications du système de pompage électrique alimenté par le générateur PV. continu Ce l'onduleur assure également les fonctions de commande, de contrôle et de protection du système de pompage.

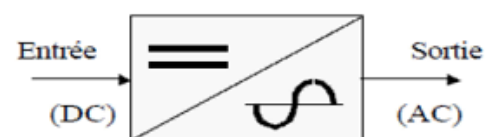
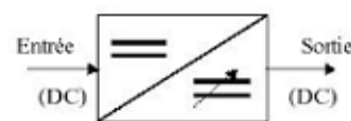


Figure II .19 convertisseur DC/AC (onduleur)[38a]

II .8.2 Le convertisseur DC/DC (hacheur) :

Utilisé dans le cas d'une pompe montée à un moteur à courant continu. Le hacheur se compose de condensateurs, d'inductance et de commutateurs. Dans le cas idéal, tous ces dispositifs ne consomment aucune puissance active, c'est la raison pour laquelle on a de bons rendements dans les hacheurs [39].



[40]Figure II.20convertisseur
DC/DC(hacheur)

II .9 Conclusion:

Dans ce chapitre, on a présenté le technique pompage photovoltaïque, et étudié les différentes composantes des systèmes solaire le but principal de l'étude d'un système photovoltaïque est de simplifier et de comprendre le comportement de ce système.

Chapitre III
Dimensionnement
d'un système de
pompage photovoltaïque

III introduction :

Dans ce chapitre nous montrons les dimensions des systèmes PV ainsi qu'un bon choix des dimensions du système de pompage solaire, et il est nécessaire d'imposer aux utilisateurs la consommation d'énergie qui a été étudiée tout en déterminant la taille du générateur. , Pour lui permettre d'être à la demande, lorsque les utilisateurs en ont besoin, ou pour permettre un pompage régulier tout au long de la journée. .

III.1 configuration générale d'un système de pompage solaire:

se compose généralement des éléments suivants :

- Un générateur composé de modules photovoltaïques.
- Un convertisseur continu- continu, c'est le contrôleur MPPT.
- Un convertisseur continu-alternatif généralement appelé onduleur pour alimenter

Correctement le groupe électropompe (le cas du moteur AC).

- Un groupe électropompe.
- Stockage électrochimique (batteries).
- Stockage hydraulique (eaux).

Le système de pompage photovoltaïque de débits de 30 à 100 m³/jour est le plus rentable pour des demandes en eau de type domestique [41]. La figure III.1 montre le schéma synoptique de l'ensemble composé d'un générateur photovoltaïque, suiveur du point puissance maximal, onduleur, moteur asynchrone et pompe

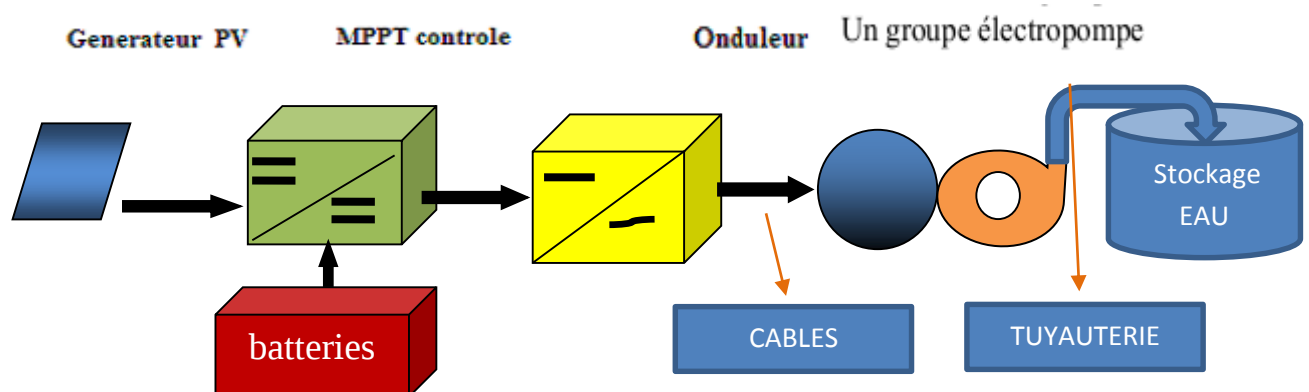


Figure III.1 Schéma synoptique de l'ensemble du système de pompage PV

III.2. Dimensionnements des modules solaires [42]

Puissance fournie rayonnement solaire déterminé en calculant la puissance de crête de l'unité, le rayonnement exprimé en kWh / m².jr correspond à l'énergie totale reçue au niveau solaire pendant la journée. Il s'agit du rayonnement solaire moyen reçu en une journée. La puissance de crête, exprimée en watts crête (Wc) ou crête Watt (Wc) par unité est la définition de l'énergie économisée dans le rayonnement solaire est de 1000 w / m², Les unités standard (cristallines) actuelles ont la variante de puissance de crête (et fonctionnent sur fabricant) de 45 à 55 Wc avec une superficie d'environ 0,5 mètre carré Soit 90 à 110 watts par mètre carré Ce paramètre, lorsque vous apprenez à irradier la scène pour déterminer l'énergie réalisé par un module en une journée.

III.3 Les trois étapes pour dimensionnements des modules solaires[43]

Pour dimensionner les modules solaires, on procède en trois étapes

- Etape 1. On calcule l'énergie qui sera consommée par jour (Ec)
- Etape 2. On calcule l'énergie à produite

L'énergie produite doit, à un coefficient correcteur près, égaler l'énergie consommée telle que l'évaluation des besoins l'a identifiée :

$$E_p = E_c / k \quad (III.1)$$

E_p : énergie produite (Wh)

E_c : énergie consommée (Wh).

K : coefficient correcteur.

Le coefficient k tient compte

- Etape 3. On calcule la taille du générateur à installer.

La puissance crête du générateur à installer dépend de l'irradiation du lieu.

On la calcule en appliquant la formule suivante :

$$P_c = E_p / I_r \quad (III.2)$$

P_c : Puissance crête (Wc)

E_p : Énergie produite par jour (Wh/j)

I_r : Irradiation quotidienne (kWh/m².j)

Ce qui revient à :

$$P_c = E_c / (K \cdot I_r) \quad (III.3)$$

P_c : Puissance crête (Wc)

E_c : Énergie consommée par jour (Wh/j)

K : coefficient de correcteur

III.3.1 Calcul nombre total de module (N_m): [44]

Le nombre total de module (N_m) constituant le générateur PV est calculé par la formule suivante :

$$N_m = P_c / P_m \quad (III.4)$$

Avec :

P_c : La puissance crête du générateur [W].

P_m : La puissance du module PV [W].

III.3.2 Calcul Nombre de module en parallèle (N_{mp}):[44]

Le nombre de module en parallèle est calculé par l'équation suivante :

$$N_{mp} = N_m / N_{ms} \quad (III.5)$$

Avec :

N_m : Nombre total de modules PV.

N_{ms} : Nombre de modules PV en série.

III.4 Dimensionnement du régulateur MPPT: [45]

Nous avons deux types des régulations :

- 1- Les dimensions de la régulation de charge (en entrée) sont fonction de la capacité du générateur et donc du courant généré par les unités (courant de charge).
- 2- Les dimensions de la régulation de décharge (en sortie) sont la fonction de résistance.

Il offre la protection suivante:

- Protection de surcharge;
- Protection contre les décharges profondes;
- Protéger contre Court-circuit pour la charge et l'unité photoélectrique;
- Protection contre la température.
- Protection contre les surcharges et les inversions de polarité pour la batterie, la charge et l'unité PV

III.5 Dimensionnement du l'onduleur : [46]

Des pompes AC à onduleur sont utilisées. Occupation l'onduleur principal est la conversion de courant continu générée par le générateur courant alternatif solaire, monophasé ou triphasé. la lumière du soleil variable et le couple résistant à la pompe sont généralement longs a l'exclusion de l'utilisation de moteurs à courant alternatif pour pomper l'énergie solaire. les transformateurs de pompage sont généralement de fréquence variable (f) pour permettre différence de vitesse de rotation de la pompe. dans ce cas, le rapport de tension alternative (U) à la fréquence (U / f) constante. fréquence AC directement proportionnelle à l'expression de la lumière du soleil.

III.6. Dimensionnements des batteries :[47]

Pour réaliser le dimensionnement de la batterie, sur la procède de la façon suivante:

- Etape 1. On calcule l'énergie consommée (E_c) par les diverses utilisations.
- Etape 2. On détermine le nombre de jours d'autonomie (N) dont souhaite bénéficier.
- Etape 3. On détermine la profondeur de décharge maximale acceptable par la batterie (D) d'après le type de batterie utilisée.
- Etape 4. Sur le calcul de la capacité (C) de la batterie et la formule suivante:

$$C = \frac{E_c * N}{D * U} \quad (III.6)$$

C: capacité de la batterie (Ah)

E_c : énergie consommée par jour (Wh/j)

N : nombre de jour d'autonomie

D : décharge maximale admissible (de 0,5 à 0,8) pour batteries au plomb

U : tension de la batterie (V)

III.7. Dimensionnements des câbles électriques :[48]

Il est nécessaire de déterminer la longueur des connexions entre le générateur PV et le récepteur. Cette distance ne dépasse pas plusieurs mètres. Systèmes solaires déjà appliqués généralement sous basse tension (12V, 24V, 48V) avec un courant assez élevé ($P = UI$, si U est faible, alors I est élevé). Transmission à distance de ce courant depuis plusieurs ampères indiquent inévitablement des pertes de ligne importantes dues au chauffage (impact Joule) Ces pertes sont pour chaque circuit de réception: La boîte d'épaisseur est proportionnelle à la longueur des câbles électriques

Il est inversement proportionnel à la section du câble ,La chute de tension provoquée par les pertes de ligne est établie pour chaque circuit récepteurs, à l'aide de formules:

$$U = R.I \quad (III.7)$$

$$R = r. l / s \quad (III.8)$$

U : chute de tension (volt)

I : intensité traversant le circuit étudié (ampère)

R : résistance du câble (ohm)

r : résistivité linéaire du conducteur constitutif du câble

$r = 1,6 \times 10^{-8}$ ohm. mètres pour le cuivre

$r = 2,5 \times 10^{-8}$ ohm. mètres pour l'aluminium

l : longueur du câble (mètre)

s : section de câble m^2

Les pertes dans les câbles sont inévitables, mais il convient de les réduire au maximum Afin de rester dans des choix de section "acceptable".

III.8 Un groupe électropompe

III.8.1 Dimensionnement du moteur:

Le moteur doit supporter la puissance crête du générateur photovoltaïque [49]

III.8.2 Dimensionnement de la pompe : [50]

Les pompes doivent satisfaire les conditions suivantes :

- Exploitation simple.
- Assurer le débit calculé et la hauteur manométrique calculée.
- Assurer une capacité d'aspiration forte
- Une vitesse de rotation importante.
- Un poids faible, une anticorrosion, non encombrement. .
- Anti- cavitation.
- Le rendement est meilleur.

III.8.2.1 Données de base [51]

Nous choisissons la taille de la pompe solaire et ses composants en fonction de la hauteur et du débit d'eau, nous fournissons une définition des données utilisées en pompage général et une explication des caractéristiques de la pompe solaire.(voir Annexe 2).

III.8.2.2 Débit (Q):

Sa quantité peut être pompée pendant une période de temps spécifiée et pendant le pompage est le débit (Q), le débit par litre par heure (litre / heure) (ou les besoins en eau) est souvent appelé mètres cubes par jour.

III.8.2.3 Hauteur manométrique totale (HMT): [51]

La différence de pression en mètres de la colonne d'eau entre les sorties d'aspiration et de refoulement est La hauteur manométrique totale (HMT). Cette hauteur peut être calculée comme suit :

$$HMT = H_g + [\Delta H] \text{ [m]} \quad (III.9)$$

H_g : Hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée (niveau dynamique) et le plan d'utilisation ($H_r + N_d$). Pour une pompe de surface sur un plan d'eau, H_g sera choisi en fonction de la hauteur de la pompe son niveau le plus bas (voir Annexe4).

$[\Delta H]$: Pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes sont fonction de la distance des conduites (D), de leur diamètre (d_c) et du débit de la pompe (Q) et s'expriment en mètres d'eau. Le diamètre des conduites doit être calculé afin que ces pertes de charge correspondent au plus à 10 % de la hauteur géométrique totale (voir section sur le dimensionnement de la conduite d'eau).

III.8.2.4 Niveau statique (N_s):

Le niveau statique (N_s) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau avant pompage.

III.8.2.5 Niveau dynamique (N_d):

la distance du sol à la surface de l'eau pour un pompage à un débit donné est appelée niveau dynamique (N_d) d'un puits ou d'un forage. Pour le calcul de la HMT, le niveau dynamique est calculé pour un débit moyen. la différence entre le niveau dynamique et le niveau statique est appelée rabattement. (R_m) est le niveau d'aspiration maximal acceptable avant l'arrêt de la pompe.

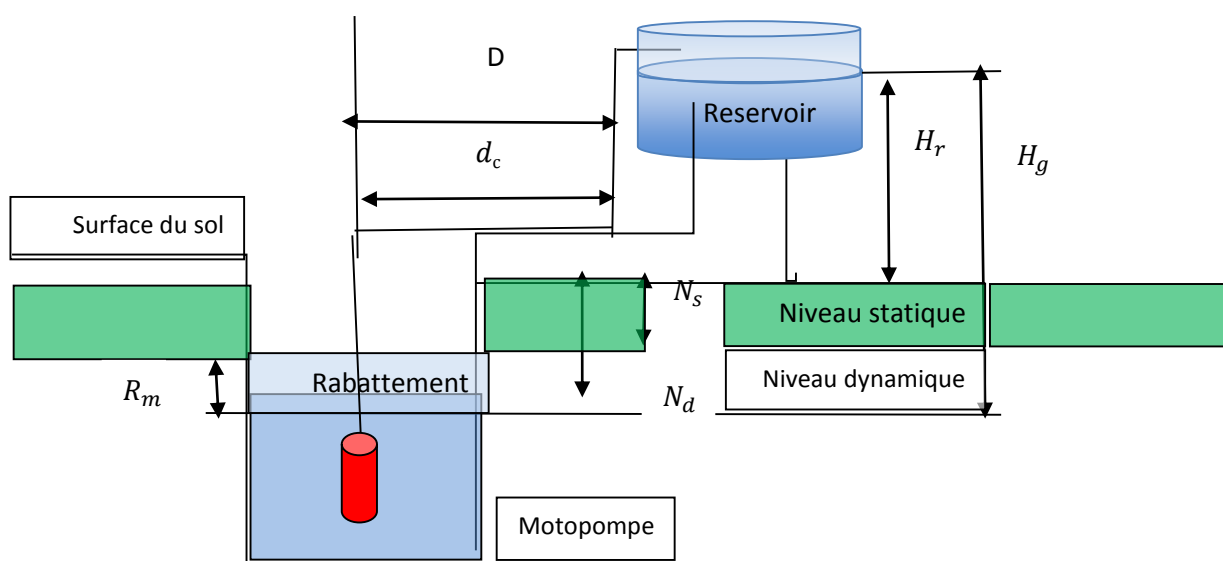


Figure III.2 : Hauteur manométrique total.

III .8.2.5.1 Tableau niveau dynamique:

Symbole	Désignation	Unité
Hr	Hauteur géométrique du sol au plan du haut du réservoir	M
Ns	Niveau de la nappe statique(au repos)	M
Nd	Niveau dynamique de la nappe(pour un débit moyen)	M
Rm	Rabatement maximal avant d'arrêter la pompe Nd–Ns)	M

III.8.2.6 Pertes de charge[ΔH]:

Chutes de pression produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes sont fonction de la longueur des conduites (D), de leur diamètre (dc) et du débit de la pompe (Q). Elles s'expriment en mètres de colonnes d'eau (mCE))Le diamètre des conduites est calculé afin que ces pertes de charge Correspondent au plus à 10 % de la hauteur manométrique (HMT).

$$HMT = Hr + Nd + [\Delta H] \quad (III.10)$$

$$HMT = Hr + Ns + Rm + [\Delta H] \quad (III.11)$$

III.8.2.6.1 Tableau pertes de charge

Symbole	Désignation	Valeur	Unité
ρ	Masse volumique de l'eau	1000	Kg/m ³
G	Pesanteur	9.81	m/s ²
H	Hauteur de relevage	/	M
V	Volume d'eau	/	m ³

III.9 Dimensionnement des tuyauteries [52]

Le diamètre du tube peut être estimé à l'aide de tableaux ou de graphiques expression des pertes par frottement en fonction de chaque flux diagonal les tubes. En pratique, le problème vient de la fixation de la hauteur dynamique h_d Considérations économiques. En fait, si l'on augmente le diamètre D des tubes, h_d diminue. Economiquement, une augmentation de D signifie une augmentation des coûts d'installation, mais en même temps une diminution des pertes d'énergie. Les diamètres des tubes de pompe peuvent être arrondis pour approximer les coûts qui réduisent les coûts Liens formule Bresse [52]

$$D = K * \sqrt{Q} \quad (\text{III.12})$$

D : diamètre de la tuyauterie (m)

K : coefficient qui varie de 0,75 à 1,40

L'équation de continuité est :

$$Q = (\pi D^2 / 4) * v \quad (\text{III.13})$$

Choisir la valeur K équivaut à fixer la vitesse moyenne du fluide (v).

Enfin en substituant dans l'équation de continuité la valeur de Q prise de la formule de Bresse, nous avons :

$$v = 4 / (\pi * K^2) \quad (\text{III.14})$$

Quelle que soit la formule que vous utilisez, les diamètres fréquemment obtenus diffèrent Diamètres commerciaux. Prenez simplement la valeur du diamètre commercial Rapprochez-vous et ajoutez des comptes en conséquence.

III.10 Dimensionnement du réservoir [53]

L'énergie solaire est à son maximum en milieu de journée lorsque les besoins en eau ne sont pas très élevés en cette période pour la pompe au soleil. Pour cette raison, il est nécessaire de stocker l'eau dans un réservoir, afin qu'il puisse y avoir des besoins de couverture, en tenant compte de l'indépendance du réservoir. Cela signifie que ses dimensions doivent tenir compte du nombre d'heures d'approvisionnement en eau sans avoir besoin d'une pompe.

On va calculer le volume de réservoir la formule suivante :

$$Q=V_r/T$$

$$V_r=Q*T \quad (III.15)$$

Avec :

Q : le débit de pompe [m³/h].

V_r : le volume de réservoir [m³].

T : la durée de pompage [h].

III.11 Conclusion

Dans ce chapitre nous présentés les dimensions de chaque composant constituant des systèmes PV ainsi qu'un bon choix des dimensions du système de pompage solaire, choisirai la taille de la pompe solaire et ses composants en fonction de la hauteur et du débit d'eau et il est nécessaire d'imposer aux utilisateurs la consommation d'énergie qui a été étudiée tout en déterminant la taille du générateur, Pour lui permettre d'être à la demande.

Chapitre IV

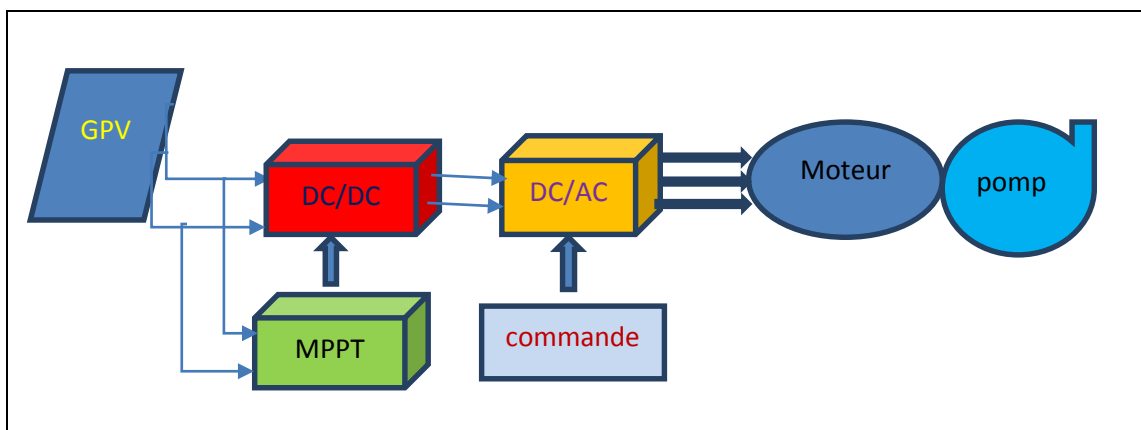
**Modélisation et
simulation des éléments
du système de pompage
solaire**

IV Introduction:

nous présenterons dans ce chapitre les équations mathématiques caractérisant le fonctionnement qui seront utilisés pour modéliser et simuler les éléments du système de pompage photovoltaïque sous logiciel (Matlab/Simulink)version 7.8.0 R 2009a .

IV.1 Modélisation des éléments du système de pompage photovoltaïque:

L'association de système de pompage est un ensemble de sous-systèmes Interconnectés qui sont :le générateur photovoltaïque, le hacheur, régulateur de charge 'MPPT', l'onduleur de tension, le moteur et la pompe centrifuge associée à une canalisation de refoulement sont représenté la figure sous-dessous

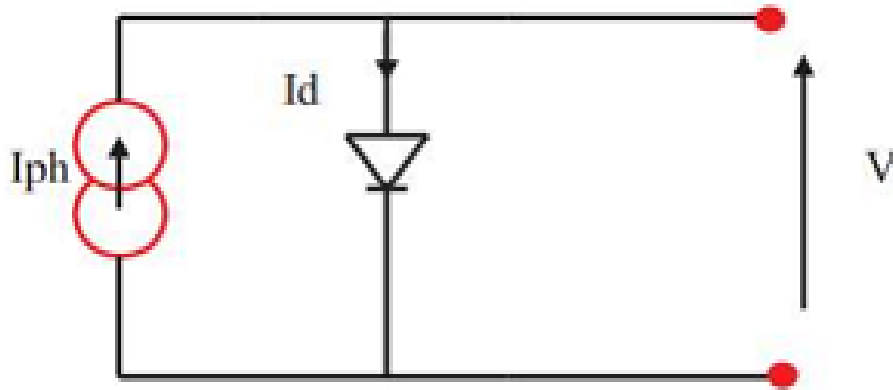


FigureIV.1 schématise le synoptique

IV.2 Modélisation électrique d'un générateur photovoltaïque :

IV.2.1 Cas d'une cellule idéale :

la cellule idéal d'une jonction PN soumise à l'éclairement photovoltaïque la charge peut être schématisée et connectée par un générateur de courant I_{ph} en parallèle travers avec une diode selon la figure ce dessous, qui représente le circuit équivalent d'une cellule solaire idéale [53].



FigureIV.2. Schéma équivalent d'une cellule idéale.[53a]

Les équations retenues de ce modèle sont

$$I_{pv} = I_{ph} - I_d \quad (IV.1)$$

Le courant I_{ph} est assimilé au courant I_{sc}

Avec $V = 0$, courant de court-circuit I_{cc} obtenu en court circuitant la charge

$$I_{ph} = I_{cc} = \frac{G}{G_{ref}} \quad (IV.2)$$

G : L'éclairement absorbé par la cellule .

G_{ref} : L'éclairement de référence (1000 w/m^2)

$$I_d = I_o \left(e^{\frac{vd}{V_t}} - 1 \right) \quad (IV.3)$$

I_o : Courant de saturation inverse de la diode

$$V_t = \frac{NkT}{q} \quad (IV.4)$$

V_t : Tension thermique

N : Facteur d'idéalité

K : Constant de Boltzmann ($1.38 * 10^{-23} \text{ J/K}$).

q : Charge de l'électron ($1.6 * 10^{-19} \text{ C}$)

IV.2.2. Cas d'une cellule réelle

la cellule photovoltaïque réelle tient compte d'effets résistifs parasites dues à la fabrication et représenté sur la Figure IV.3Ce schéma équivalent est constitué d'une diode (d) caractérisant la jonction, une source Courant (I_{ph}) représentant les pertes par effet joule caractérisant le photo-courant, une résistance série (R_s) et une résistance shunte (R_p) caractérisant un courant de fuite entre la grille supérieure et le contact arrière qui est généralement très supérieure à (R_s)[54].

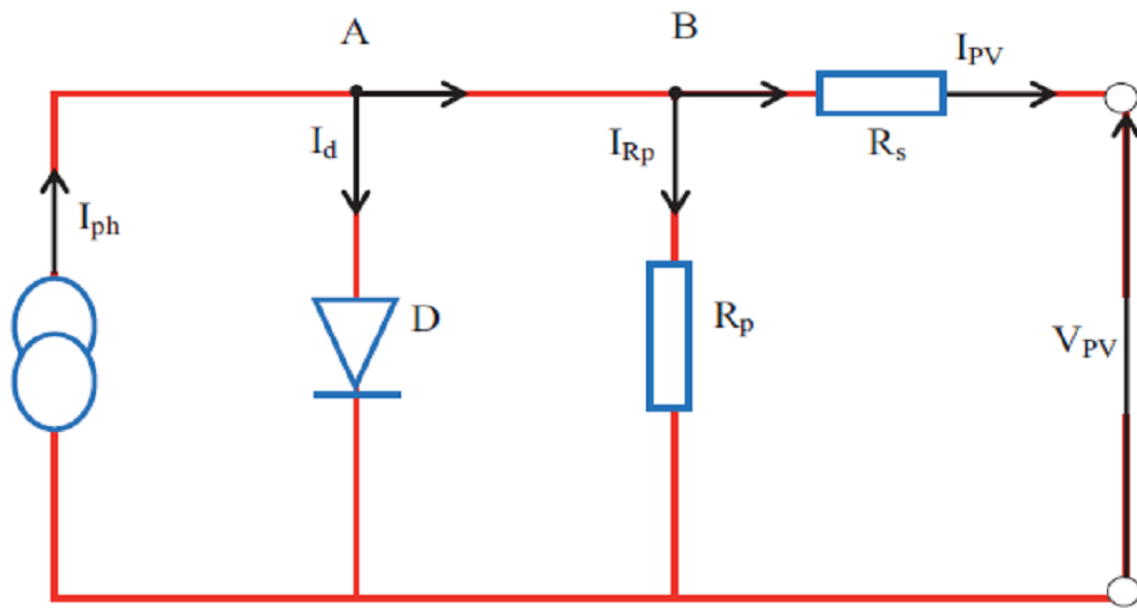


Figure IV.3 Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque réelle[54a]

Dans notre travail, nous avons utilisé le modèle mathématique du module solaire à exponentiel. le courant de sortie d'une cellule photovoltaïque se met sous la forme mathématique suivante

$$I_{pv} = I_{ph} - I_d - I_{Rp} \quad (IV.5)$$

I_{pv} : Courant généré par la cellule photovoltaïque ;

I_{ph} : Photo courant créé par la cellule .

I_d : Le courant circulant dans la diode.

$$I_d = I_o \left(e^{\frac{V_d}{V_t}} - 1 \right) \quad (IV.6)$$

$$I_o = I_{or} \left(\frac{T}{T_n} \right)^3 e^{\frac{E_g}{Bk} \left(\frac{1}{T_n} - \frac{1}{T} \right)} \quad (IV.7)$$

I_{or} : est le courant de court circuit de la cellule à la température T_n et l'éclairement de référence

T : Température de la jonction des cellules PV [$^{\circ}K$]

T_n : Température de référence des cellules PV [$^{\circ}K$] ;

B : facteur d'idéalité de la jonction ;

E_g : Énergie de gap [ev] ;

$$V_d = V_{pv} + (R_s * I_{pv}) \quad (IV.8)$$

R_s : résistance série symbolise la résistance de masse du matériau semi conducteur,

V_{pv} : La tension de sortie ;

I_{Rp} : Le courant circulant dans la résistance R_p

R_p : Résistance shunt représente les fuites autour de la jonction p-n dues aux impuretés et sur les coins de cellule .les résistances R_s et R_p sont calculées par une boucle de programmation

IV.3 Angle d'inclinaison optimale[55].

La puissance du module PV dépend non seulement de la puissance contenue dans le rayonnement solaire, mais aussi de l'angle entre le module et le soleil. Lorsque la surface absorbante et la lumière du soleil sont perpendiculaires l'une à l'autre, la densité de puissance sera toujours à son maximum. La quantité de rayonnement solaire incidente sur une surface inclinée du module est la composante du rayonnement solaire incident qui est perpendiculaire à la surface du module. La figure suivante montre comment calculer le rayonnement incident sur une surface inclinée (notre cas le module PV surface module) (S_m) donné, soit le rayonnement solaire mesurée sur une surface horizontale (S_h) ou le rayonnement solaire mesurée perpendiculairement au soleil (surface incident) (S_i) [55]

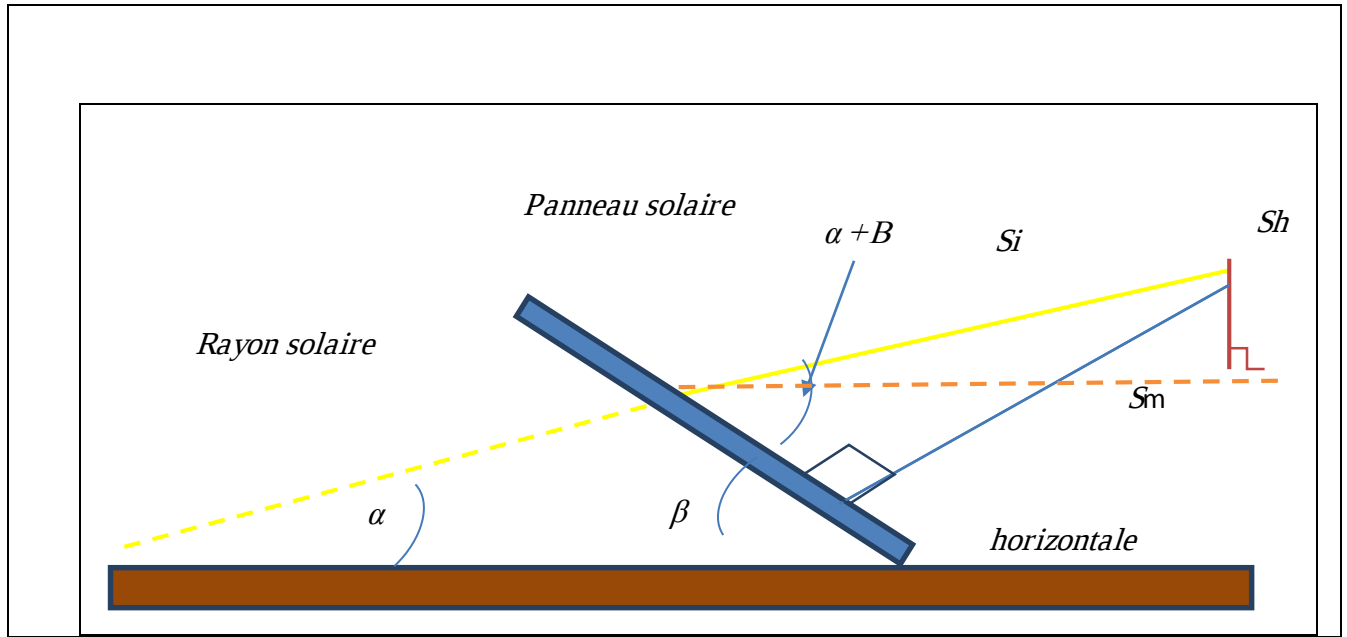


Figure IV.4 Méthode de calcul de l'angle d'inclinaison du module [55].

Les équations relatives à S_m , S_h et S_i sont :

$$S_h = S_i * \sin \alpha \quad (IV.9)$$

$$S_m = S_i * \sin(\alpha + \beta) \quad (IV.10)$$

$$\frac{S_m}{S_i} = \sin(\alpha + \beta) \quad (IV.11)$$

$$\left(\sin^{-1} \left(\frac{S_m}{S_i} \right) \right) = (\alpha + \beta) \quad (IV.12)$$

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{S_m}{S_i} \right) - \alpha \quad (IV.13)$$

: est donnée par :

$$\alpha = 90 - L + \delta \quad (IV.14)$$

δ est l'angle de déclinaison, varie selon la saison en raison de l'inclinaison de la Terre sur son axe de rotation et la rotation de la terre autour du soleil.

La terre est inclinée de $23,45^\circ$, et δ est donnée par l'équation (IV.15)

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (284 + d) \right] \quad (IV.15)$$

β : est l'angle d'inclinaison du module mesuré à partir de l'horizontale. L : et la latitude du lieu. d est le jour de l'année ($d=1$ pour le premier janvier). On trouve dans la littérature ($d=81$) puisque par calcul mathématique simple $(284 + d)$ est équivalent à $(d-81)$. Pour un dimensionnement optimal $d=355$ (le 21 décembre la plus courte journée de l'année).

Donc : $\delta = -23.44^\circ$

L'angle d'inclinaison β d'un module photovoltaïque par rapport à l'horizontale est donné par la relation suivante :

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{S_m}{S_i} \right) - (90 - L + \delta) \quad (\text{IV.16})$$

IV .3.1. Irradiation solaire pour le site d'El-Oued [56]

Le tableau (IV .3.1.1) regroupe les valeurs de l'irradiation journalière moyenne annuelle en fonction de l'orientation (α) et de l'inclinaison (β) pour le site de d'El-Oued. Les données géographiques utilisées sont la latitude ($33^\circ 40'$) et la longitude ($6^\circ 67' 22''$).

IV .3.1.1 Tableau valeurs de l'irradiation solaire journalière en fonction (β et α) pour le site d'El-Oued:

α/β	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
0	8203	8203	8203	8203	8203	8203	8203	8203	8203	8203	8203	8203	8203
10	8647	8764	8864	8946	9006	9043	9055	9043	9006	8946	8864	8764	8647
20	8862	9092	9290	9451	9569	9642	9666	9642	9569	9451	9290	9092	8862
30	8842	9178	9468	9703	9876	9982	10018	9982	9876	9703	9468	9178	8842
40	8588	9019	9392	9694	9916	10053	10099	10053	9916	9694	9392	9019	8588
50	8107	8621	9065	9425	9690	9852	9907	9852	9690	9425	9065	8621	8107
60	7414	7995	8497	8903	9203	9387	9449	9387	9203	8903	8497	7995	7414
70	6530	7161	7705	8146	8471	8671	8738	8671	8471	8146	7705	7161	6530
80	5483	6143	6713	7176	7516	7725	7795	7725	7516	7176	6713	6143	5483
90	4303	4973	5552	6022	6368	6579	6651	6579	6368	6022	5552	4973	4303

Au vu résultats donnés dans le tableau , on peut déduire que l'irradiation solaire journalière moyenne annuelle est maximale (10099 Wh/m^2) reçue par une surface inclinée de $\beta_{\text{opt}}=40^\circ$ et orientée $\alpha_{\text{opt}}=0^\circ$

IV.4 Modélisation du convertisseur DC/DC (Hacheur survolteur) :[56a]

Un hacheur survolteur, connu aussi sous le nom (Boost ou parallèle) permet de modifier la valeur de la tension d'une source de tension continue avec un rendement élevé, dans ce cas la tension de notre charge est supérieure à la tension fournie par le générateur photovoltaïque, le schéma électrique est représenté sur Figure IV .5.

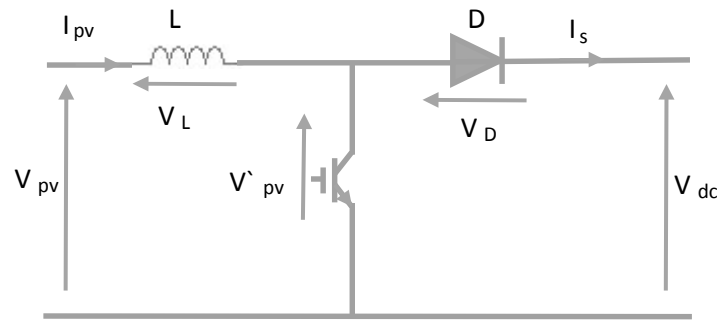


Figure IV .5: Schéma électrique équivalent du hacheur survolteur[56a].

Le cycle de fonctionnement comporte deux étapes, lors de la première partie du cycle de fonctionnement entre (0 et $\alpha.T$) le transistor devient passant et le courant dans l'inductance croît progressivement, au fur et à mesure elle magasine de l'énergie, lors de la deuxième partie du cycle de fonctionnement entre ($\alpha.T$ et T) le transistor s'ouvre, la diode devient passante et l'inductance (L) se suppose à la diminution du courant I_{pv} , ainsi elle génère une tension qui s'ajoute à la tension de source, qui s'applique sur la charge à travers la diode D. Les équations qui caractérisent ce hacheur sont :

$$V_{dc} = \frac{V'_{pv}}{(1-\alpha)}. \quad (IV.17)$$

$$V_L = V_{pv} - V'_{pv} \quad (IV.18)$$

$$I_{pv} = \frac{1}{1-\alpha} \cdot I_s \quad (IV.19)$$

$$V_L = L \frac{dI_{pv}}{dt} \quad (IV.20)$$

Avec : I_s : Courant fournie par le générateur photovoltaïque ;

V_L : Tension aux bornes de l'inductance ;

L : Inductance de lissage du courant

on peut voir que la tension de sortie est toujours supérieure à celle d'entrée (le rapport cyclique variant entre 0 et 1), qu'elle augmente avec α , et que théoriquement elle peut être infinie lorsque α se rapproche de 1. C'est pour cela que l'on parle de survolteur. [56b]

IV.4.1 simulation de l'hacheur survolteur:

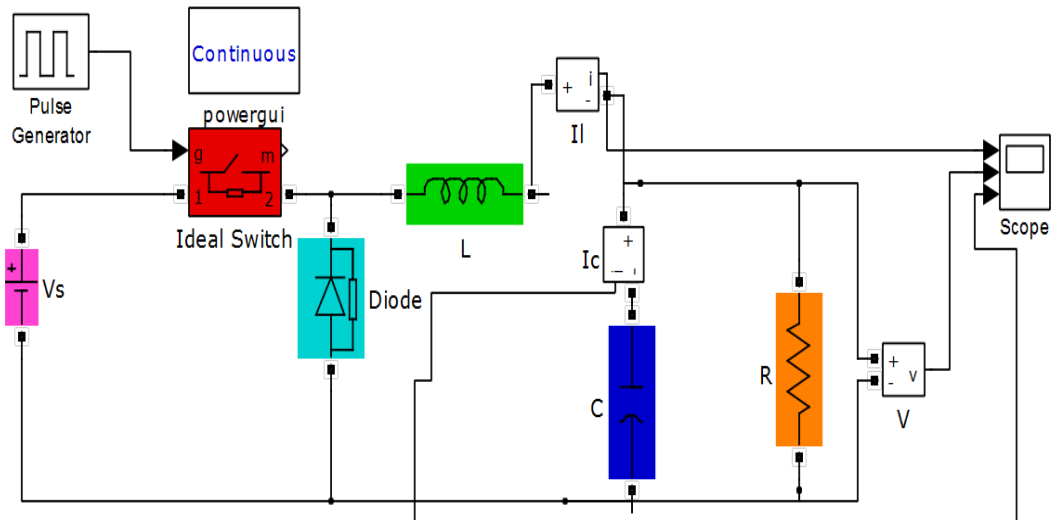
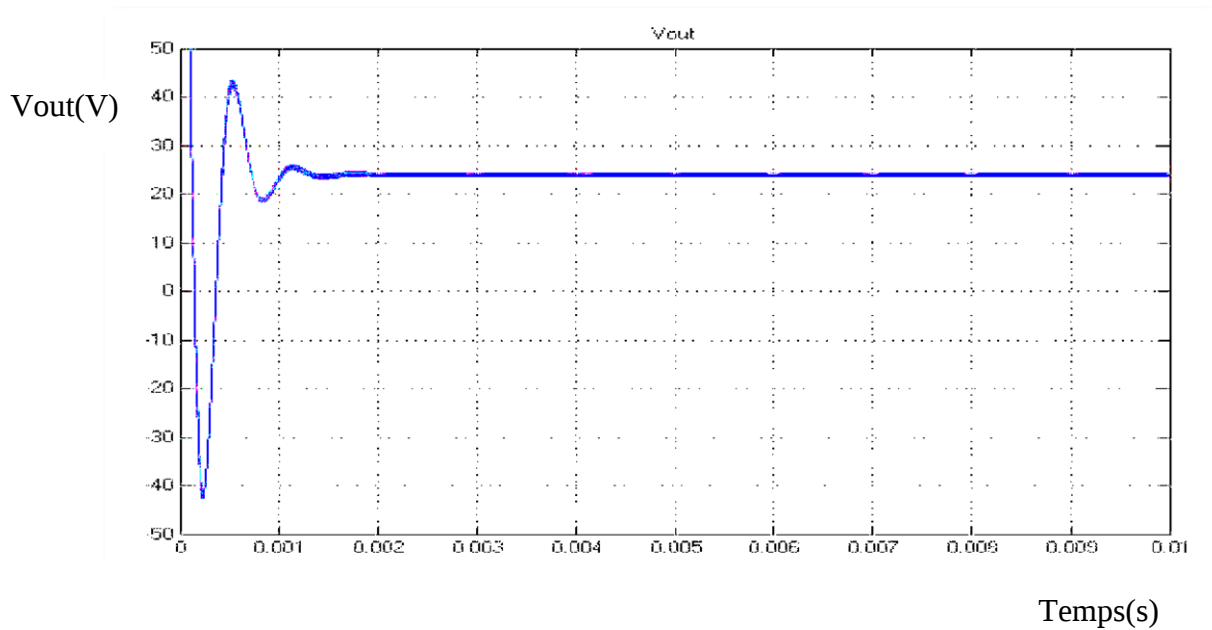


Figure IV .6 Schéma de Simulink de hacheur survolteur (élevateur)



FigureIV.7 : Réponse en tension de l'hacheur survolteur

IV.4.2 Resultat simulation de l'hacheur survolteur:

D'après la simulation et pour une valeur de tension d'entrée ($V_{in}=12V$), la sortie hacheur deviendra ($V_{out}=24V$). Et la figure (IV.7) représente la tension délivré par hacheur pour une tension d'entrée $V_{in}=12V$

IV.4.3 Hacheur dévolteur :

Ce type sert à produire une tension plus basse que celle fournie par les panneaux ou Les Batteries. Il comporte un interrupteur à amorçage et à blocage commandés (transistor bipolaire, transistor MOS ou IGBT...) et un interrupteur à blocage et amorçage spontanés (diode). [56c] ,[56d]

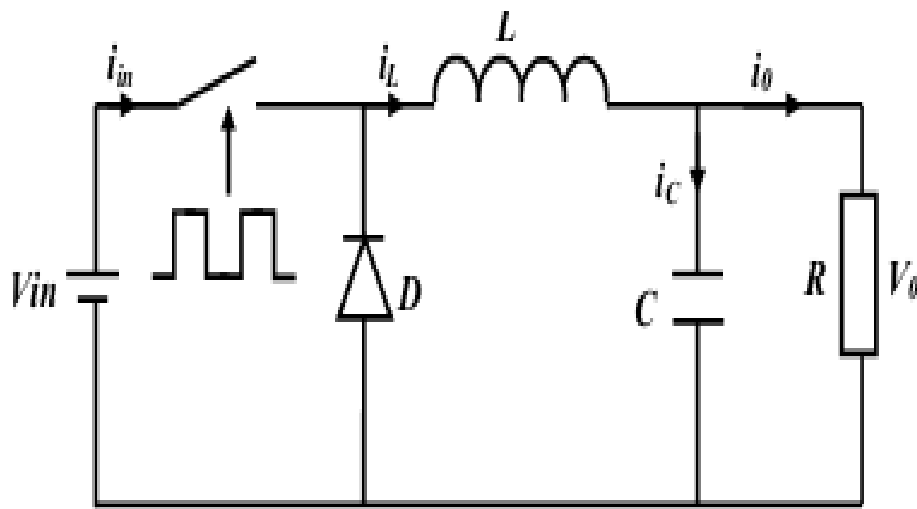
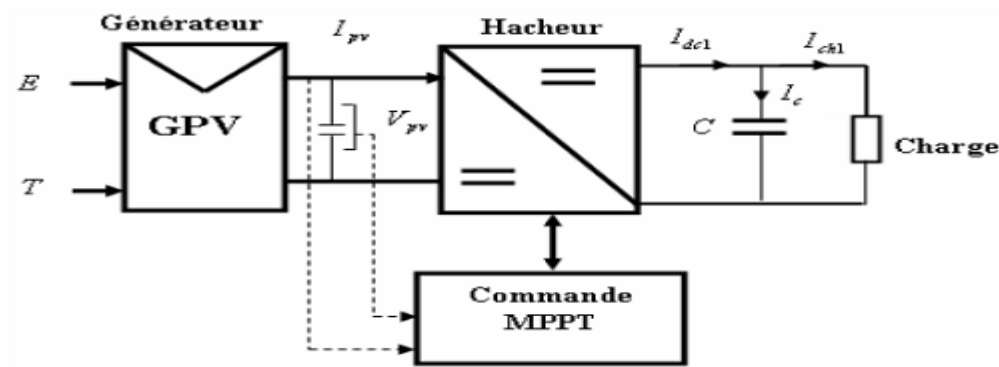


Figure IV.8: Convertisseur DC/DC (Abaisseur de tension)[56c]

Le schéma de ce convertisseur statique qui abaisse la tension est donné par la Figure IV.8 on considère l'interrupteur I et la diode D parfaits. La charge est constituée par la résistance R. Les éléments L et C forment un filtre dont le but est de limiter l'ondulation résultant du découpage sur la tension et le courant de sortie. [56d]

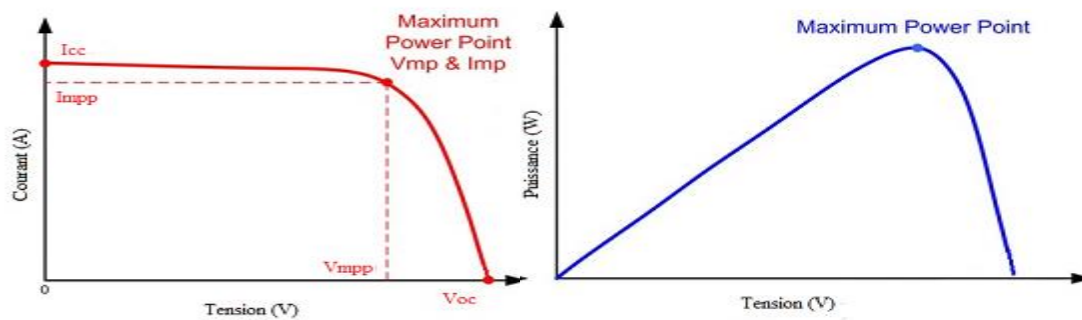
IV.5.Principe de la commande MPPT:

La commande MPPT (Maximum Power Point Tracking) est un organe fonctionnel du système PV et permet de chercher le point de fonctionnement optimal du générateur PV dans des conditions météorologiques et de charge stables. Que ce soit une commande analogique ou digitale [57], le principe de régulation est basé sur la variation automatique du rapport cyclique D à la valeur adéquate de manière à maximiser la puissance à la sortie du panneau PV.



FigureIV.9 Schéma synoptique du système PV par une commande MPPT[57]

IV .5.1: Caractéristiques MPPT



FigureIV.10 Caractéristiques MPPT

La production de la puissance par GPV de trois paramètres principaux varie notamment l'éclairement ; de la température et de la nature de la charge. En effet, l'extrême la caractéristique Puissance/Tension résultante varie en fonction de ces paramètres. Par conséquent, pour une connexion directe du GPV à la charge, il y a peu de chance que le système fonctionne à son maximum de puissance, donc un écart résulte entre la puissance potentielle du générateur et celle réellement transférée à la charge.

IV.5.2 La commande de poursuite MPPT P&O :

Plusieurs d'algorithmes 'MPPT' ont été proposés dans la littérature, y compris le P&O (Perturbation et Observation), la méthode de la tension à vide, la méthode du courant de court-circuit, l'algorithme de conductance incrémental et la méthode du réseau de neurones artificiels. L'algorithme 'MPPT P&O' est le plus couramment utilisé dans les produits Commerciaux PV [58]. L'algorithme 'P&O' est détaillé dans la figure suite .

IV.5.3.Algorithme ‘MPPT P&O:

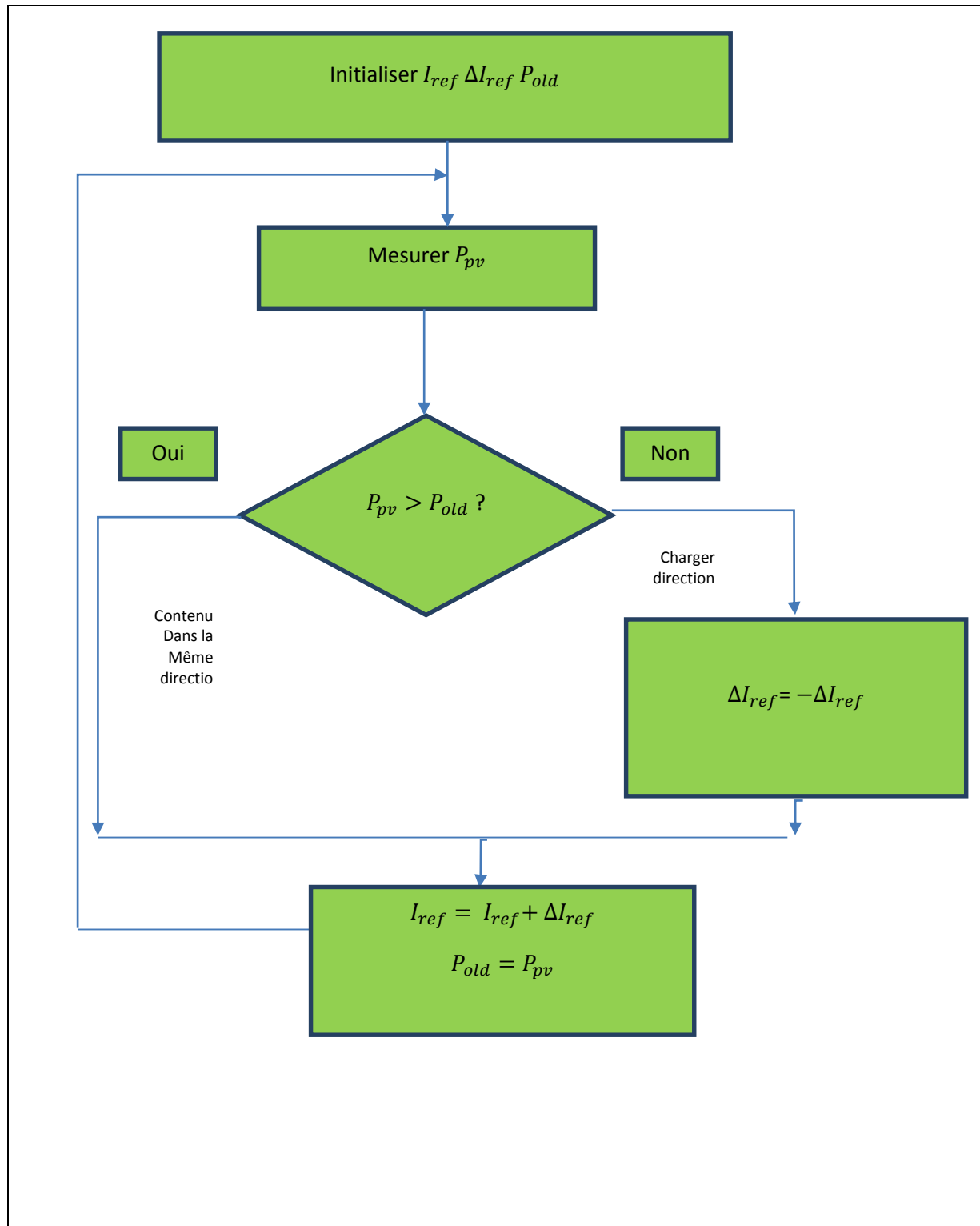


Figure IV.11 Algorithme ‘MPPT P&O[58]

IV .5.4 simulation MPPT par méthode P&O pour irradiation constante:

PV AVEC MPPT

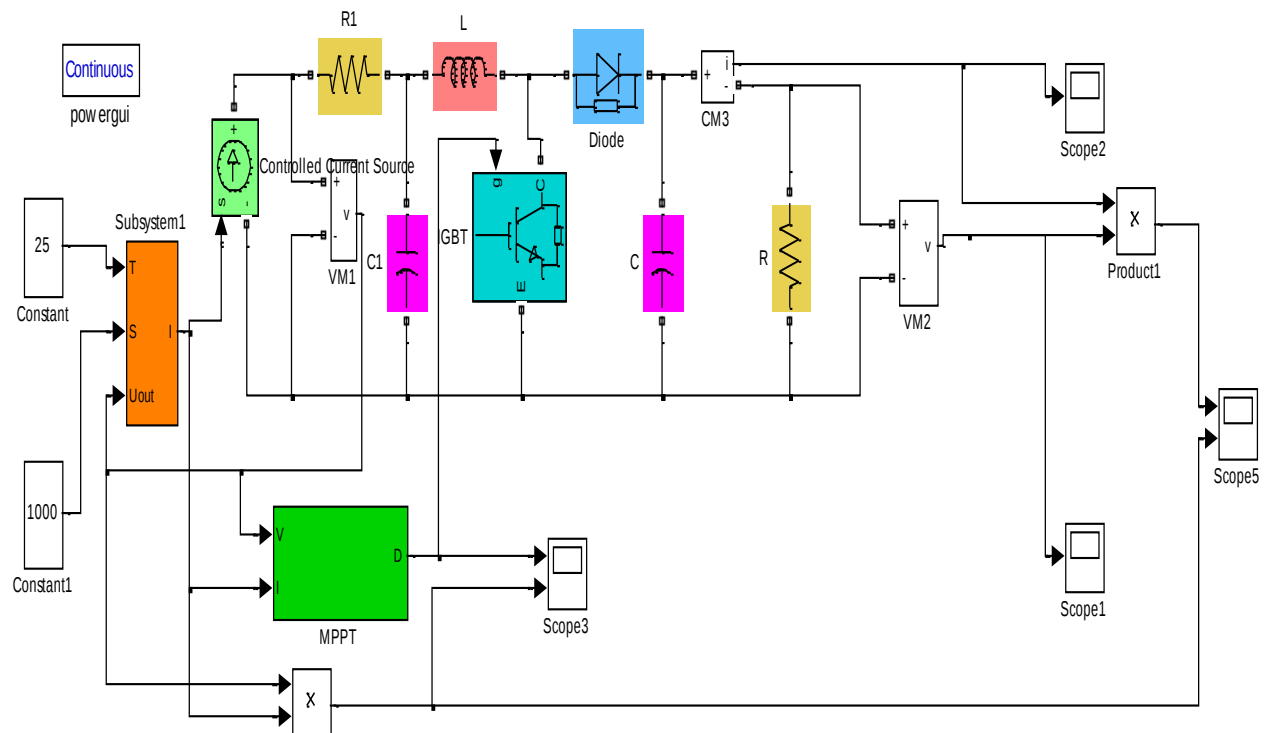


Figure IV.12 Schéma de Simulink de la commande MPP

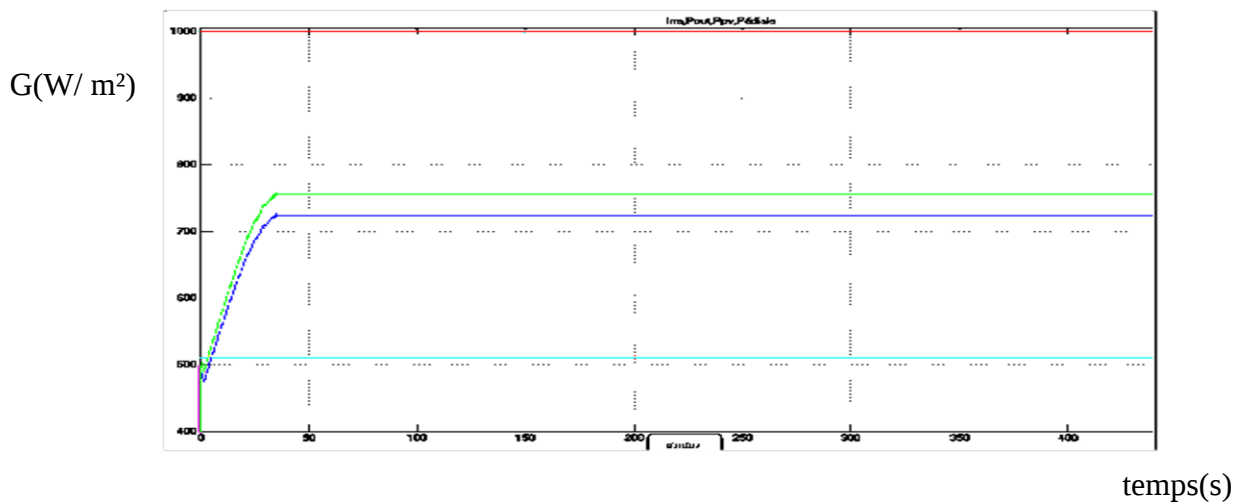


Figure IV 13 : MPPT courbes par méthode P&O pour irradiation constante.

IV .5.5 Resultat simulation MPPT par méthode P&O:

Les résultats des simulations montrent que le MPPT proposé permet de suivre le MPP rapide par rapport à la traditionnelle méthode de P & O.

IV .5.6 Les algorithmes du point de puissance maximale

Plusieurs algorithmes ont été proposés pour la réalisation de la commande MPPT le principe des commandes MPPT de type P&O consiste à perturber la tension pv V d'une faible amplitude autour de sa valeur initiale et d'analyser le comportement de la variation de puissance PV P qui en résulte. Ces méthodes, aujourd'hui largement utilisées de par leur facilité d'implémentation, présentent cependant quelques problèmes liés aux oscillations autour du PPM qu'elles engendrent en régime établi car la procédure de recherche du PPM doit être répétée périodiquement [59].

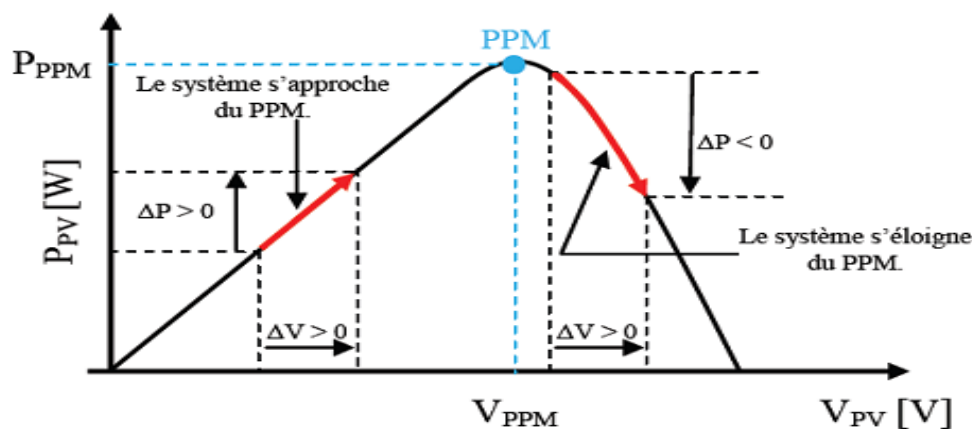


Figure IV.14 : Caractéristique (P_{pv} / V_{pv}) d'un panneau solaire[59]

IV.6 .Modélisation du convertisseur DC/AC (onduleur MLI) :

Dans cette étude on considère le cas idéal d'un onduleur triphasé à deux niveau de tension qui est représenté par des interrupteurs parfaits à commutation instantanée. L'onduleur considéré comme une source de tension parfaite présente une impédance interne négligeable. [60] ,Le schéma de cet onduleur est donné dans la figure (IV .15)

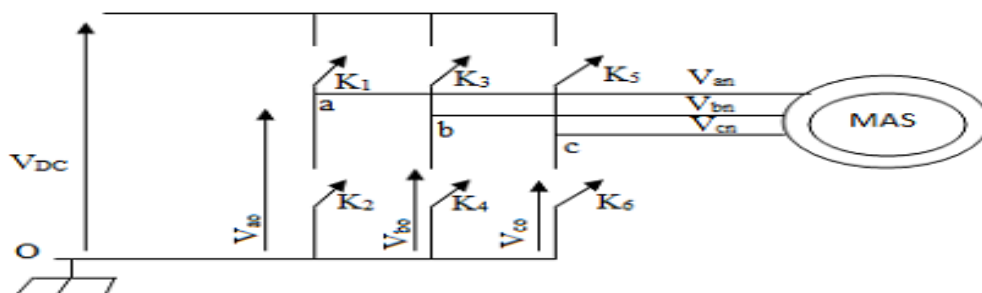


Figure IV .15: Onduleur de tension MLI[60]

Les tensions composées V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} , sont obtenues à partir de ces relations : [60]

$$\begin{cases} V_{ab} = V_{ao} + V_{ob} = V_{ao} - V_{bo} \\ V_{bc} = V_{bo} + V_{oc} = V_{bo} - V_{co} \\ V_{ca} = V_{co} + V_{oa} = V_{co} - V_{ao} \end{cases} \quad (IV.21)$$

Avec : V_{a0} , V_{b0} , V_{c0} sont les tensions à l'entrée de l'onduleur (continues). On a pris le point 0 comme référence pour ces dernières tensions. Les trois tensions à l'entrée continues sont données par la relation suivante :

$$\begin{cases} V_{ao} = V_{an} - V_{no} \\ V_{bo} = V_{bn} - V_{no} \\ V_{co} = V_{cn} - V_{no} \end{cases} \quad (IV.22)$$

Avec : V_{an} , V_{bn} , V_{cn} sont les tensions de phase de la charge, ou de sortie de l'onduleur V_{no} est la tension du neutre de la charge par rapport au point O

On suppose que la charge est équilibrée c.à.d.

$$V_{an} + V_{bn} + V_{cn} = 0 \quad (IV.23)$$

En remplaçant (IV.22) dans (IV.23) on aura :

$$V_{no} = \frac{1}{3}(V_{ao} + V_{bo} + V_{co}) \quad (IV.24)$$

En remplaçant (IV.24) dans (IV.21) on aura :

$$\begin{cases} V_{an} = \frac{1}{3}(2V_{ao} - V_{bo} - V_{co}) \\ V_{bn} = \frac{1}{3}(2V_{bo} - V_{ao} - V_{co}) \\ V_{cn} = \frac{1}{3}(2V_{co} - V_{ao} - V_{bo}) \end{cases} \quad (IV.25)$$

Si on suppose que :

$$\begin{cases} V_{ao} = V_{DC} * S_1 \\ V_{bo} = V_{DC} * S_2 \\ V_{co} = V_{DC} * S_3 \end{cases} \quad (IV.26)$$

S_i est l'état de l'interrupteur K_i tel que : $\begin{cases} S_i = 1 \text{ si } K_i \text{ ferme} \\ S_i = 0 \text{ si } K_i \text{ ouvert} \end{cases}$

$$\text{Donc} \quad \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \frac{V_c}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{bmatrix} \quad (IV.27)$$

Le courant modulé par l'onduleur est donné par :

$$I_{dc} = S_1 \cdot i_{ach} + S_2 \cdot i_{bch} + S_3 \cdot i_{cch} \quad (IV.28)$$

IV .6.1 simulation d'onduleur de tension MLI

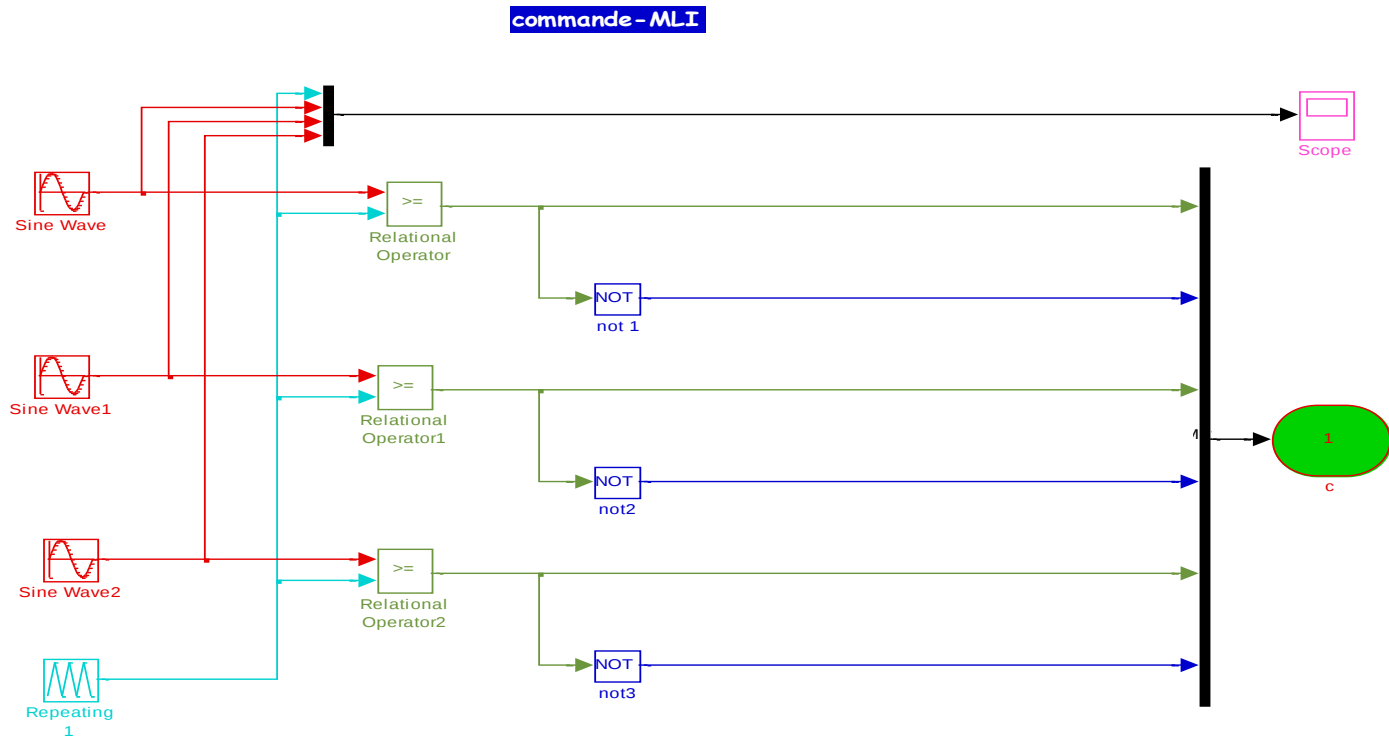


Fig. (VI.16):schéma bloc d'un onduleur à trois niveaux.



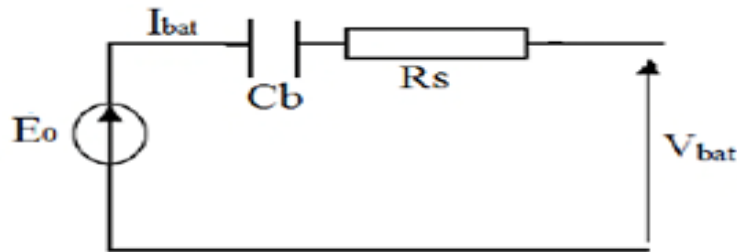
Figure IV.17 Les tensions simples V_{an} , V_{bn} et V_{cn} à la sortie d'un onduleur à trois niveaux à MLI sinusoïdale à une seule porteuse pour $m=30$ et $r=0.9$

IV .6.2 Resultat simulation

L'onduleur MLI triphasé avec trois bras indépendants, le principale de l'onduleur est de transformer le courant produit par générateur photovoltaïque en courant alternatif triphasé.[60]

IV.7 Modélisation de la batterie [61]

Le modèle électrique de la batterie comprend une f.e.m E_o modélisant la tension à vide de la batterie, un condensateur modélisant la capacité interne de la batterie C_b et la résistance interne R_s dépendent température et l'état de charge de la batterie.



FigureIV.18 Modèle R-C de la batterie.

Pour un nombre de cellule Nb l'équation de la tension est :

$$V_{bat} = E_o - (R_s \cdot i) - V_{cb} \quad (IV.29)$$

V_{bat} : Tension de batterie

E_o : la force électromotrice fonction de l'état de charge de la batterie .

R_s :la résistanceinterne d'un élément.

i : courant de batterie

On définit également l'état de charge (EDC) de la batterie par :

$$EDC=1 - \frac{Q_d}{C_{bat}} \quad (IV.30)$$

C_{bat} :la capacité (Ah) nominale de la batterie

Q_d : la quantité de charge manquante par rapport à C_{bat}

IV .7.1 simulation de batterie:

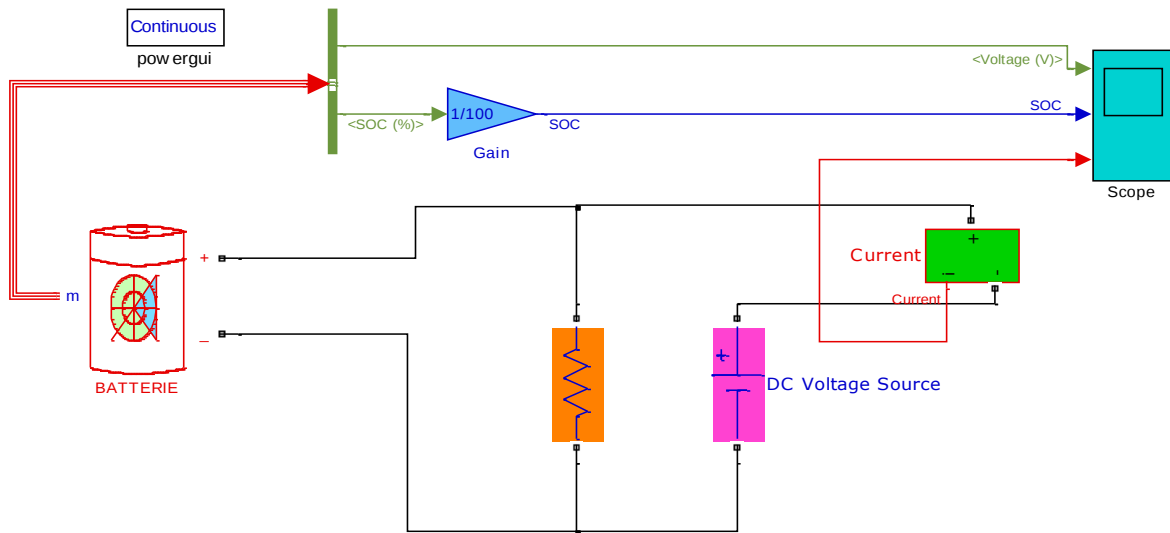
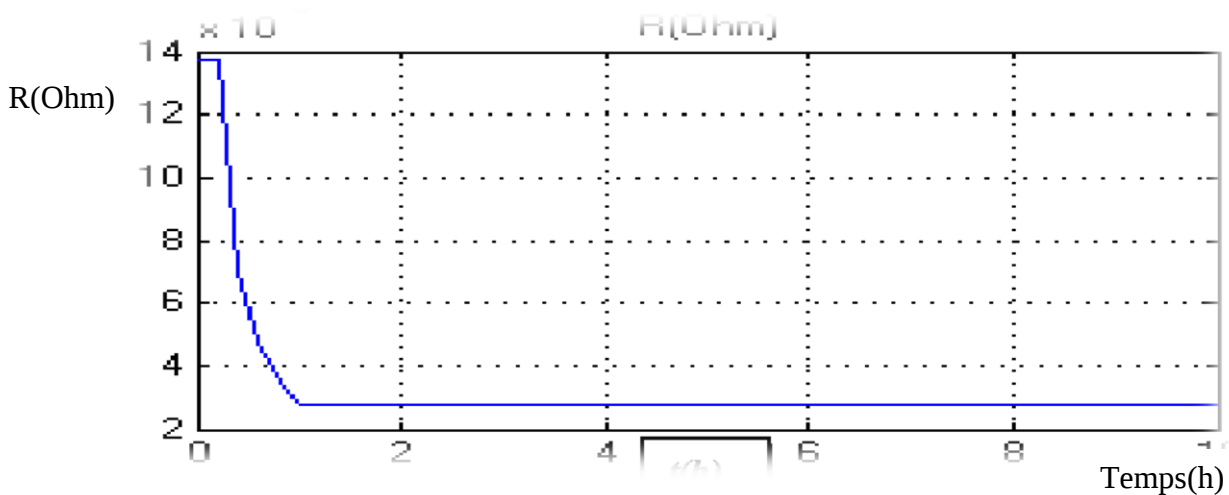


Figure IV.19 Schéma bloc de batterie

VI.7.2 Résultat de simulation

VI.7.2.1- En cas de décharge:

les conclusions suivantes peuvent être tirées: d'une part vue électrique, intoxiquer correspond à l'augmentation de la résistance car le courant ne peut pas circuler facilement dans la batterie. La résistance est directement liée à l'état de décharge la batterie. la résistance interne est faible et devient grand pour l'état de décharge proche de vide, ce qui réduire a considérablement l'efficacité du décharge.



FigureIV.20 Résistance de batterie en décharge

VI.7.2.2- En cas en charge :

dépend la résistance interne de l'état de charge et sa valeur devient importante lorsque nous approchons de la pleine charge. dans ce cas le courant constant, il y a plus de pertes en cas de la pleine charge et le rendement en charge de l'accumulateur sera donc plus faible dans cette zone

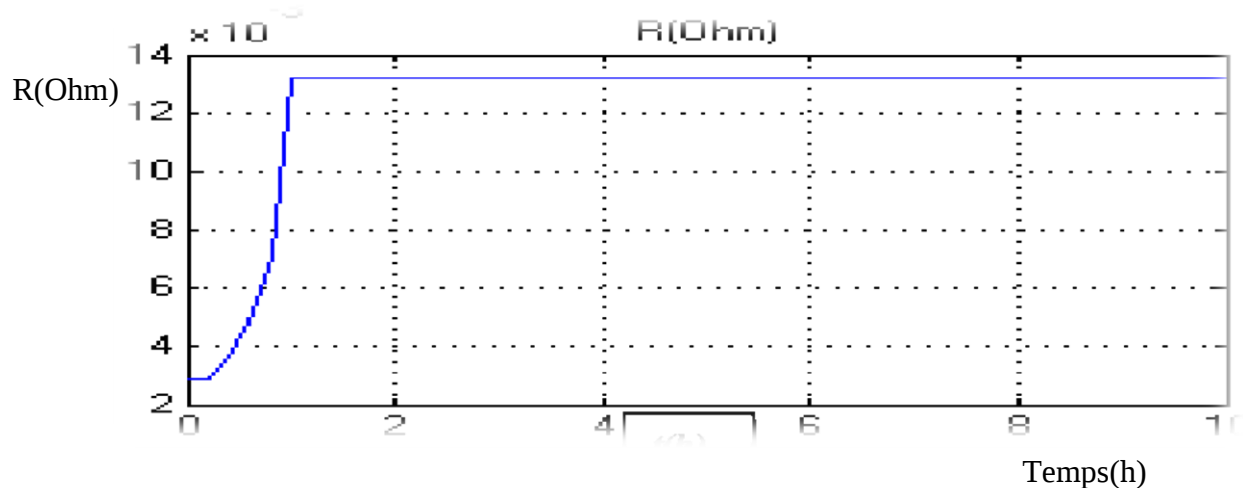


Figure IV.21 Résistance de batterie en charge

Nous montrons que le modèle proposé et utilisé, permet de reconstituer correctement l'état de charge et de décharge du système de stockage (batteries).

IV.8 Modélisation du groupe motopompe :

La modélisation du groupe moteur-pompe est de réaliser des modèles mathématiques qui décrivent le comportement du groupe moteur-pompe à partir des paramètres caractéristiques courant, tension, débit ainsi que la hauteur de pompage.

IV .8.1 Modélisation de la machine asynchrone :

IV .8.1.1 Hypothèses : [62]

Comme nous l'avons déjà signalé, la modélisation de la machine nécessite certaines hypothèses simplificatrices qui sont :

- La machine est symétrique et à entrefer constant.
- La saturation n'est pas prise en considération

La MAS triphasés est représenté schématiquement par la figure (IV.22). Elle est munie de six enroulements [63].

- Le stator de machine est formé de trois enroulements fixes identiques décalés de 120° dans l'espace et traversés par trois courants variables.
- Le rotor peut être modélisé par trois enroulements identiques décalés dans l'espace de 120° . ces enroulements sont en court-circuit et la tension à leurs bornes est nulle.

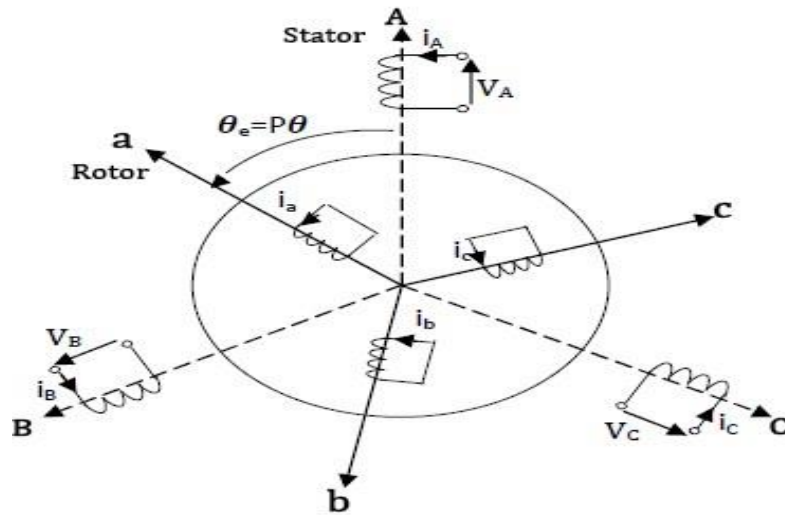


Figure IV.22 représentation des enroulements statoriques et rotoriques.[63]

VI.8.1.2 Les équations des tensions:

régissant le fonctionnement d'une machine asynchrone ,S'écrivent sous forme matricielle :

$$\begin{cases} [V_s] = [R_s][I_s] + \frac{d}{dt}[Q_s] \\ [V_r] = [R_r][I_r] + \frac{d}{dt}[Q_r] \end{cases} \quad (IV.31)$$

$$[V_s] = \begin{bmatrix} V_{as} \\ V_{bs} \\ V_{cs} \end{bmatrix}, \quad [I_s] = \begin{bmatrix} I_{as} \\ I_{bs} \\ I_{cs} \end{bmatrix}, \quad [Q_s] = \begin{bmatrix} Q_{as} \\ Q_{bs} \\ Q_{cs} \end{bmatrix}, \quad [R_s] = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{bmatrix}$$

$$[V_r] = \begin{bmatrix} V_{ar} \\ V_{br} \\ V_{cr} \end{bmatrix}, \quad [I_r] = \begin{bmatrix} I_{ar} \\ I_{br} \\ I_{cr} \end{bmatrix}, \quad [Q_r] = \begin{bmatrix} Q_{ar} \\ Q_{br} \\ Q_{cr} \end{bmatrix}, \quad [R_r] = \begin{bmatrix} R_r & 0 & 0 \\ 0 & R_r & 0 \\ 0 & 0 & R_r \end{bmatrix}$$

$[V_s], [V_r]$: vecteurs des tensions statoriques et rotoriques.

$[I_s], [I_r]$: Vecteurs des courants statoriques et rotoriques.

$[Q_s], [Q_r]$: vecteurs des flux statoriques et rotoriques.

$[R_s], [R_r]$: Matrice des résistances statoriques et rotoriques.

Les flux totalisés $[Q_s], [Q_r]$ des phases statoriques et rotoriques s'expriment sous forme :

$$\begin{cases} [Q_s] = [l_s][I_s] + [m][I_r] \\ [Q_r] = [l_r][I_r] + [m][I_s] \end{cases} \quad (IV.32)$$

La symétrie de la machine fait que les inductances propres des phases statoriques sont égales et de même pour celles du rotor. Les matrices $[l_s]$ et $[l_r]$ deviennent :

$$[l_r] = \begin{bmatrix} l_r & m_r & m_r \\ m_r & l_r & m_r \\ m_r & m_r & l_r \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad [l_s] = \begin{bmatrix} l_s & m_s & m_s \\ m_s & l_s & m_s \\ m_s & m_s & l_s \end{bmatrix}$$

l_s, l_r : inductances propres statorique et rotorique.

m_s, m_r : inductances mutuelles entre phases statorique et rotorique. Chaque flux comporte une interaction avec les courants de toutes les phases y compris la sienne (notion de flux/inductance propre).

Exemple de la phase a statorique :

$$Q_{as} = l_s i_{as} + m_s i_{bs} + m_s i_{cs} + m_1 i_{ar} + m_3 i_{br} + m_2 i_{cr}$$

$$\begin{bmatrix} Q_{as} \\ Q_{bs} \\ Q_{cs} \\ Q_{ar} \\ Q_{br} \\ Q_{cr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_s & m_s m_s m_1 m_3 m_2 \\ m_s & l_s m_s m_2 m_1 m_3 \\ m_s & m_s l_s m_3 m_2 m_1 \\ m_1 & m_2 m_3 l_r m_r m_r \\ m_3 & m_1 m_2 m_r l_r m_r \\ m_2 & m_3 m_1 m_r m_r l_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \\ i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{bmatrix} \quad (IV.33)$$

La matrice des inductances mutuelles entre les phases du stator et du rotor dépend de la position angulaire θ entre l'axe du stator et celui du rotor :

$$\begin{cases} m_1 = m_{sr} \cos \theta \\ m_2 = m_{sr} \cos(\theta - \frac{\pi}{2}) \\ m_3 = m_{sr} \cos(\theta + \frac{\pi}{2}) \end{cases} \quad (IV.34)$$

m_{sr} : Maximum de l'inductance mutuelle entre une phase du stator et la phase correspondante du rotor, On peut résumer les résultats obtenus après l'application de la transformation de Park pour les deux grandeurs flux et tension

□ **a. Les tensions :**

$$\begin{cases} V_{ds} = R_s i_{ds} + \frac{dQ_{ds}}{dt} - \omega_s Q_{qs} \\ V_{qs} = R_s i_{qs} + \frac{dQ_{dq}}{dt} - \omega_s Q_{ds} \\ V_{dr} = 0 = R_r i_{dr} + \frac{dQ_{dr}}{dt} - (\omega_s - \omega) Q_{qr} \\ V_{qr} = 0 = R_r i_{qr} + \frac{dQ_{qr}}{dt} + (\omega_s - \omega) Q_{dr} \end{cases} \quad (IV.35)$$

Avec :

$$\omega_s = \frac{d\theta_s}{dt} \text{ (La pulsation statorique).}$$

$$\omega_r = \frac{d\theta_r}{dt} \text{ (La pulsation rotorique).}$$

b- Les flux :

$$\begin{cases} Q_{ds} = L_s i_{ds} + M i_{dr} \\ Q_{qs} = L_s i_{qs} + M i_{qr} \\ Q_{dr} = L_r i_{dr} + M i_{ds} \\ Q_{qr} = L_r i_{qr} + M i_{qs} \end{cases} \quad (IV.36)$$

$$\text{Avec } L_s = l_s - m_s \quad (IV.37)$$

$$L_r = l_r - m_r \quad (IV.38)$$

$$M = \frac{3}{2} m_{sr} \quad (IV.39)$$

c. Le couple électromagnétique s'écrit :

$$C_e = \frac{3}{2} P (Q_{ds} i_{qs} - Q_{qs} i_{ds}) \quad (IV.40)$$

L'équation mécanique est donnée par [64]:

$$C_{em} = P \frac{M}{L_r} (Q_{dr} i_{qs} - Q_{qr} i_{ds}) \quad (IV.41)$$

VI.8.1.3 Simulation de la machine asynchrone en charge:

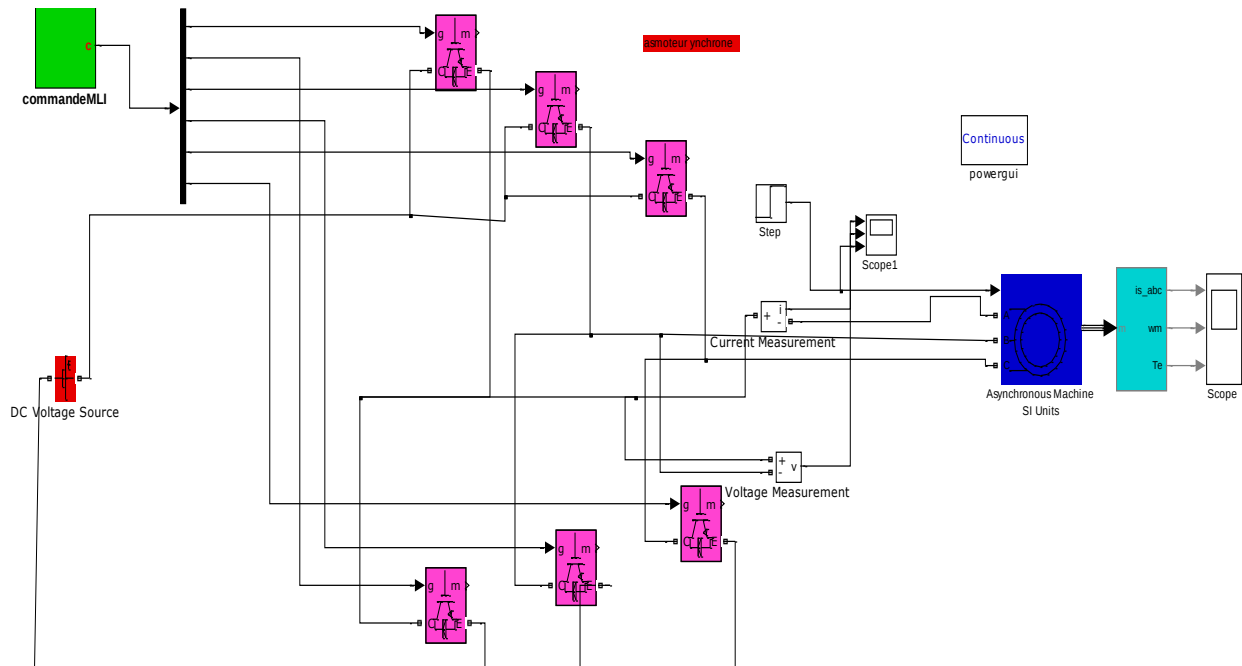


Figure IV.23 Simulation de la machine asynchrone en charge.

VI.8.1.4 Résultat de simulation :

En charge la machine démarre avec un couple qui entraîne un appel du courant très important, une diminution de la vitesse et une augmentation du couple qui tend vers le couple de charge comme est visualisé dans les figures (VI.24)(VI.25) (VI.26).

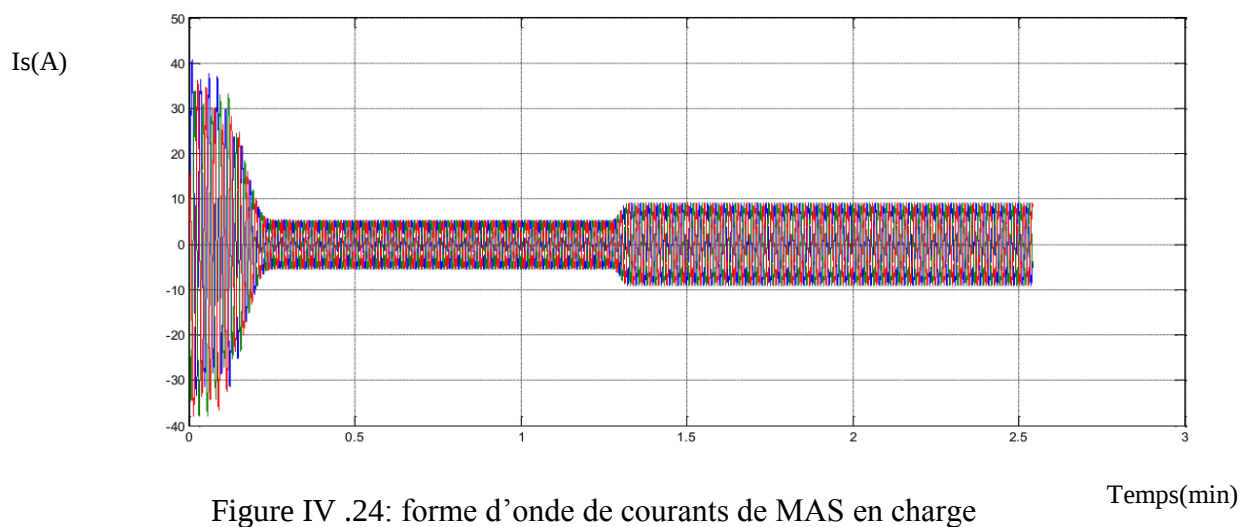


Figure IV .24: forme d'onde de courants de MAS en charge

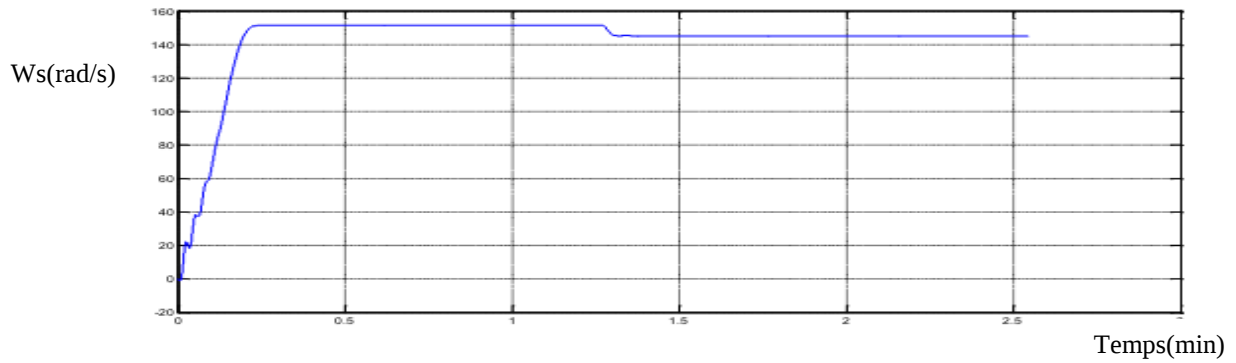
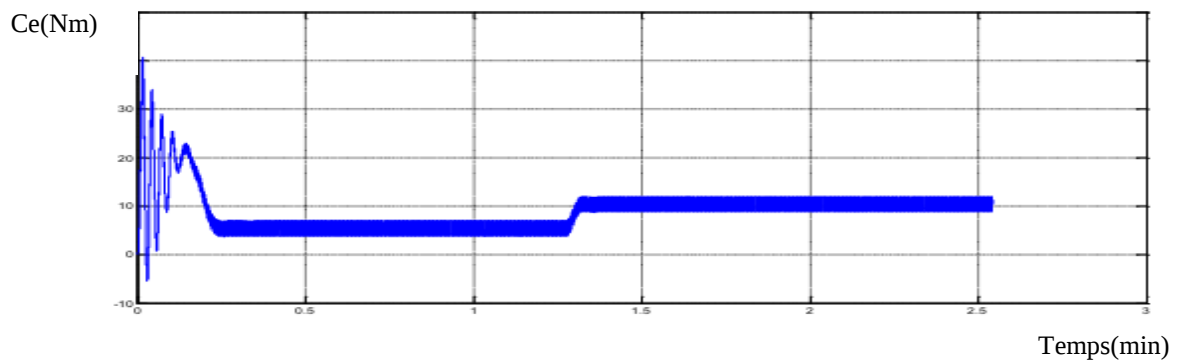


Figure IV.25 courbe de la vitesse de MAS en charge

Figure IV.26 courbe du couple $C_e(t)$ de MAS en charge

IV .8.2 Modélisation de la pompe :

Le fonctionnement d'une pompe centrifuge met en jeu trois paramètres, la hauteur Manométrique, le débit et la vitesse. La hauteur de pompage est la somme de la hauteur Statique et la hauteur dynamique [65].

IV .8.2.1 La puissance hydraulique de la pompe centrifuge

La puissance hydraulique de la pompe centrifuge est exprimée par équation :

$$P_{hyd} = \rho * g * H * Q \quad (IV.42)$$

Avec : P_{hyd} : Puissance hydraulique (W) ,

ρ : Masse volumique d'eau (1000 kg/m^3) ;

g : Accélération de la pesanteur (9.81 m/s^2) ;

H : Hauteur manométrique (m) ;

Q : Débit volumique (m^3/s).

$$P_{\text{méc}} = P_{\text{hyd}} * \eta_{\text{pm}} \quad (\text{IV.43})$$

Avec : $P_{\text{méc}}$: Puissance mécanique (w) ;

η_{pm} : Rendement global du groupe moteur pompe (%)

La pompe oppose un couple résistant donné par :

$$C_r = K_r \cdot \omega^2 \quad (\text{IV.44})$$

Avec :

$$K_r = \frac{P_n}{\omega_n^3} \quad (\text{IV.45})$$

Où : K_r : constant de couple résistant

P_n : Puissance nominale du moteur asynchrone(W)

ω_n : Vitesse nominale du moteur asynchrone (rad/s)

Le moteur peut fournir une vitesse rapide presque constante, utiliser pour des débits importants.

IV .8.2.2 Caractéristiques d'une pompe centrifuge [66]

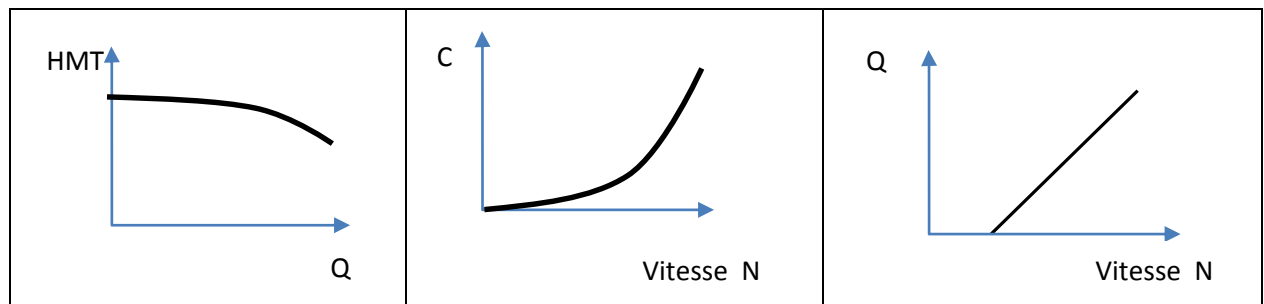


Figure IV.27: courbes Caractéristiques d'une pompe centrifuge HMT(Q) ,C(N) et Q(N)

- La pompe centrifuge transmet l'énergie cinétique au liquide par un mouvement de rotation à des débits élevés et à basse pression pour les roues ou les ailettes.
- le couple augmente très rapidement en fonction de la vitesse.
- La courbe du débit est proportionnelle à la vitesse, la pompe volumétrique ne nécessite pas une certaine vitesse pour le démarrage de la pompe.

- Le débit diminue avec l'augmentation de la hauteur manométrique totale (HMT), mais il reste constant durant toute la journée grâce à la complémentarité des deux sources, en effet quand les panneaux PV ne produisent pas assez pour assurer ce débit la batterie se charge de restituer le courant stocké.

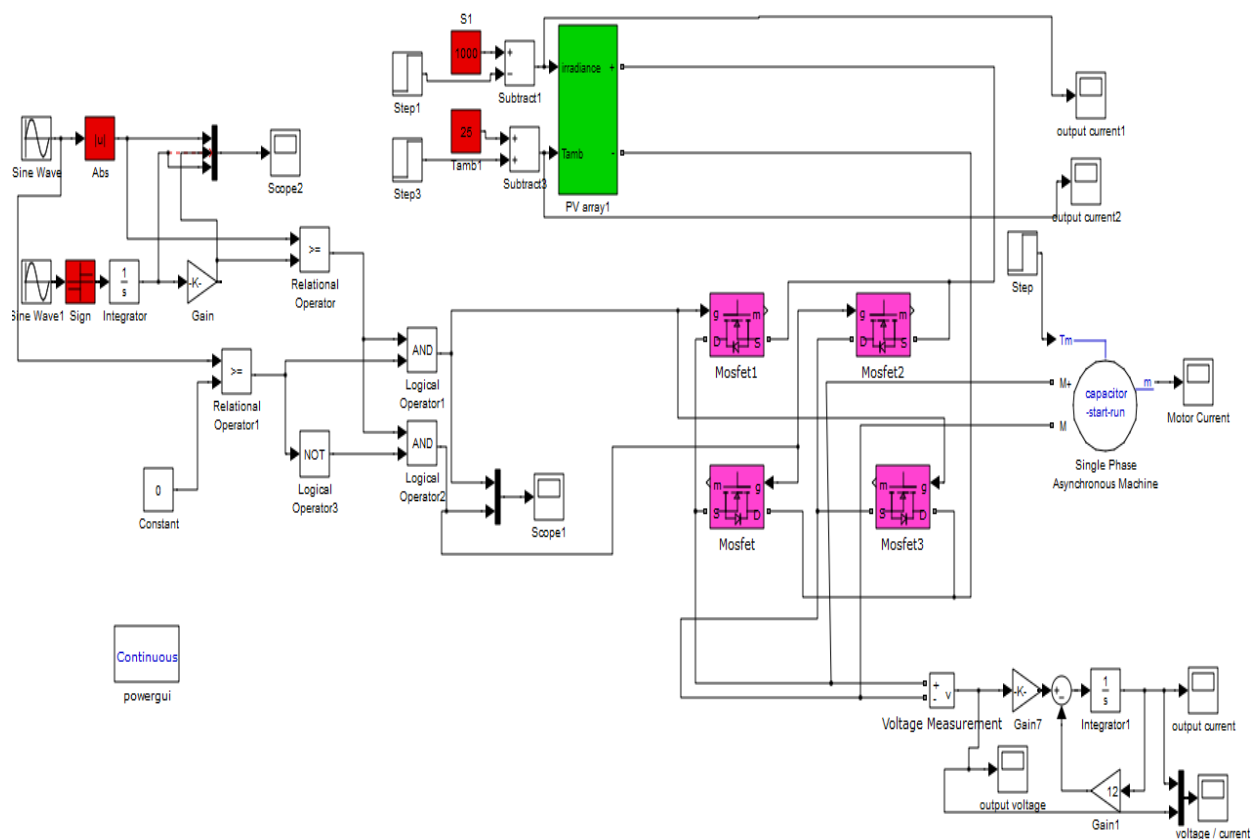
IV .9 Modélisation et simulation des éléments du système de pompage solaire:

IV .9.1 Modélisation d'un module Solaire :

Dans la paragraphe suivante on va modéliser le module Solaire sous Matlab/Simulink version 7.8.0 R2009a .

Caractéristique de module PV: (voir annexe 1)

IV .9.2 simulation des éléments du système de pompage solaire



FigureIV.28 Schéma de bloc de système pompage solaire

IV .9.3 Caractéristique courant- tension, puissance– tension:

Les figures(IV.29), (IV.30) représentent respectivement les courbe $I = f(V)$ et $P = f(V)$ d'un module photovoltaïque dans des conditions constantes d'irradiation et de température. L'irradiation standard adoptée pour mesurer la réponse des modules photovoltaïques est une intensité rayonnante de 1000 W/m^2 et une température de 25°C . Avec les résultats de simulation retrouvés, nous avons pu valider le modèle à une diode. Les résultats des caractéristiques courant-Tension et Puissance-Tension correspondent parfaitement au comportement d'un panneau photovoltaïque. Les valeurs I_{cc} , I_m , V_{oc} , V_m ainsi que P_m sont les valeurs exactes du donné précédemment. Nous allons passer dans ce qui suit à l'étude de l'influence des paramètres d'entrées : Température et Ensoleillement.

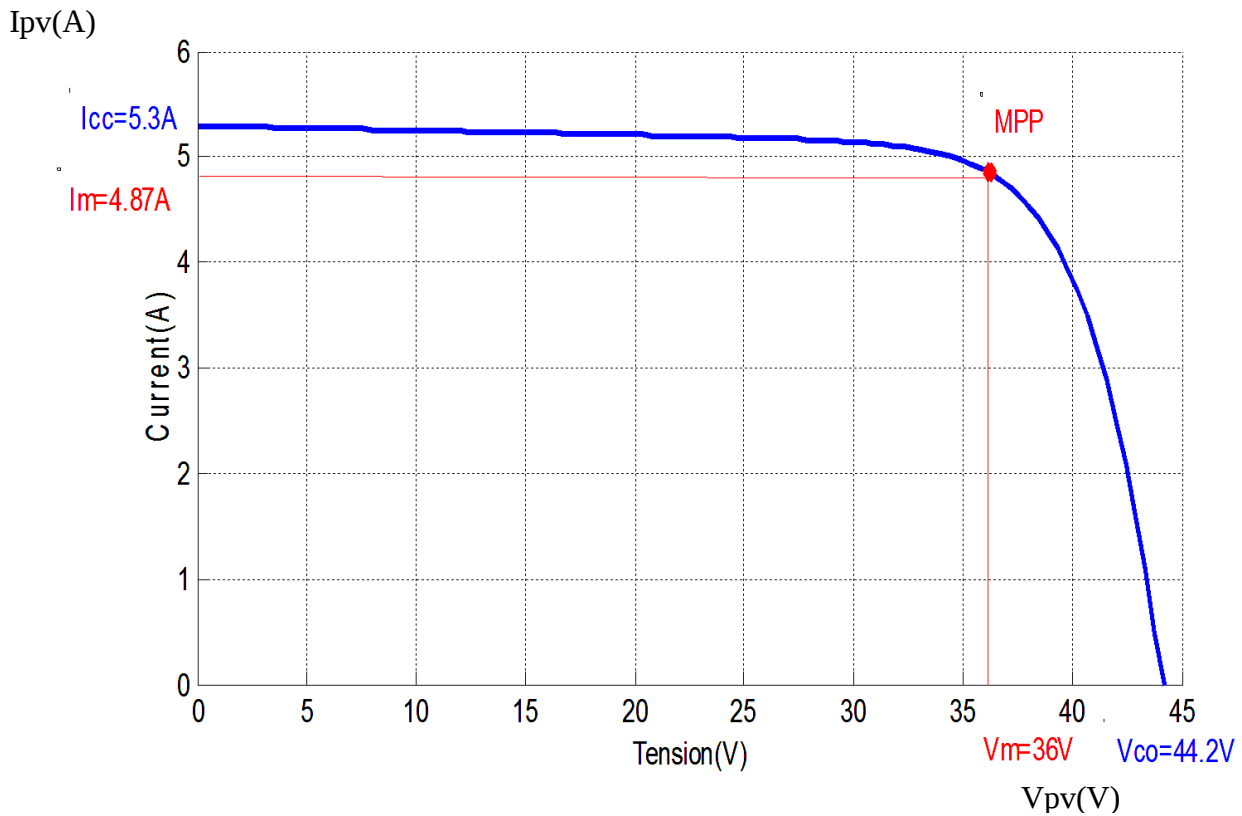


Figure IV.29 : Caractéristique courant-tension

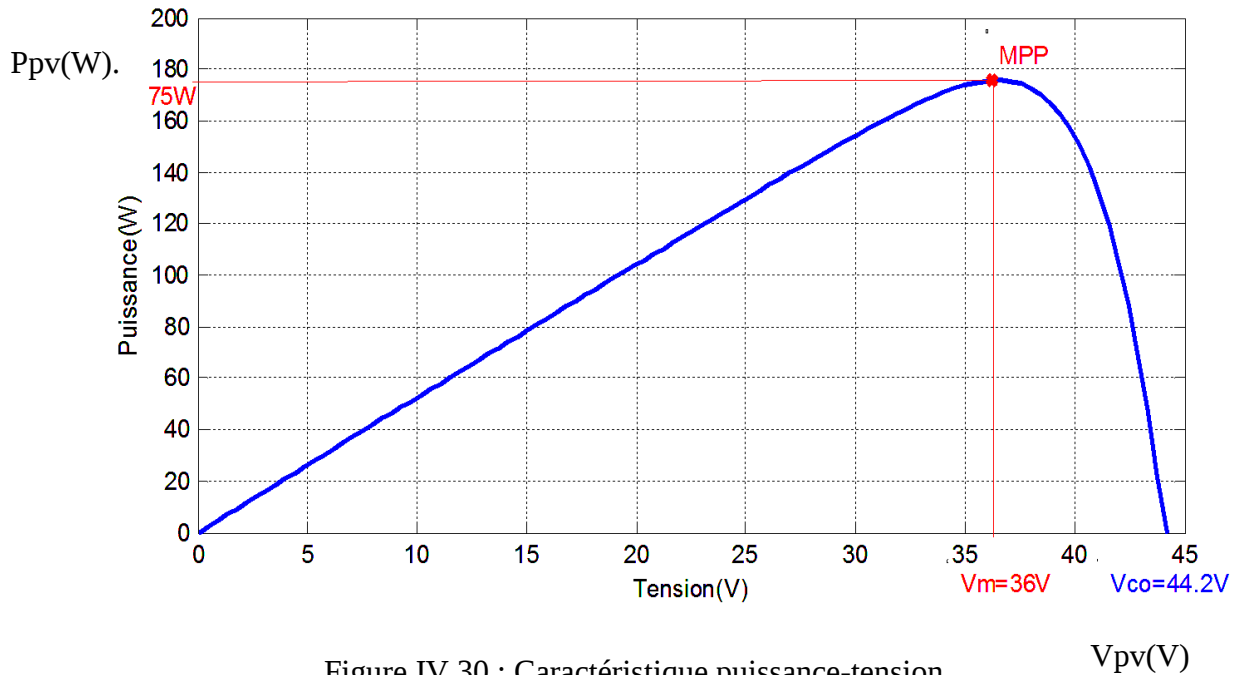
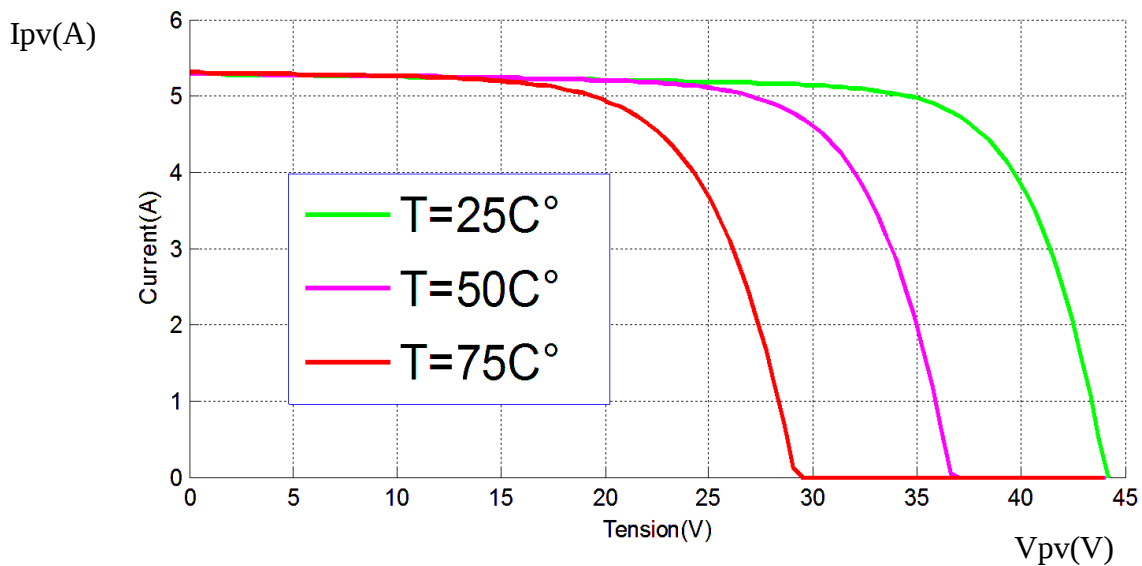


Figure IV.30 : Caractéristique puissance-tension

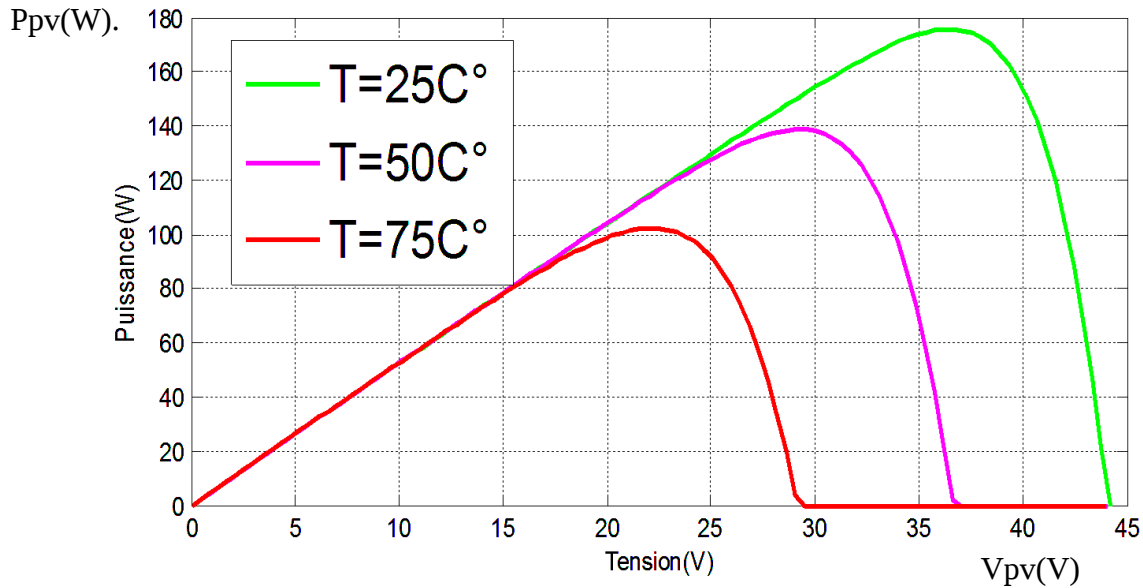
IV.9.4 L'influence la température sur la caractéristique I(V), P(V):

La température est un paramètre très important dans le comportement des cellules solaires., une augmentation du courant photonique, la tension de circuit ouvert V_{oc} diminue lorsque la température augmente. voir fig. (IV.31)et fig. (IV.32):

Les paramètres de simulation suivant: (25C°, 50C°, 75C°). $G = 1000W/m^2$.



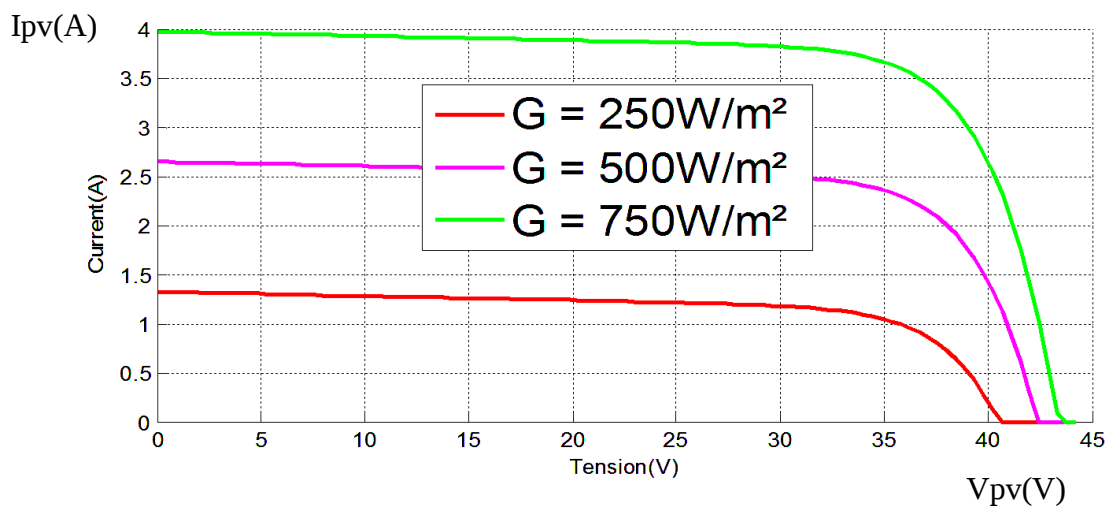
FigureIV.31:Influence de la température I(V)

Figure IV.32 : Influence de la température $P(V)$.

VI.9.5 l'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I(V)$, $P(V)$:

La figure (IV.33) montre l'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I(V)$. A une température constante, on constate que le courant subit une variation importante, mais par contre la tension varie légèrement. Car le courant de circuit-ouvert I_{cc} et la puissance varie proportionnellement à l'éclairement alors que la tension de circuit ouvert V_{oc} est une fonction logarithmique. La figure (IV.34)

Les paramètres de simulation suivant: ($G = 250\text{ W/m}^2, 500\text{ W/m}^2, 750\text{ W/m}^2$). à $T = 25^{\circ}\text{C}$.

Figure IV.33 : Influence de l'éclairement sur $I(V)$

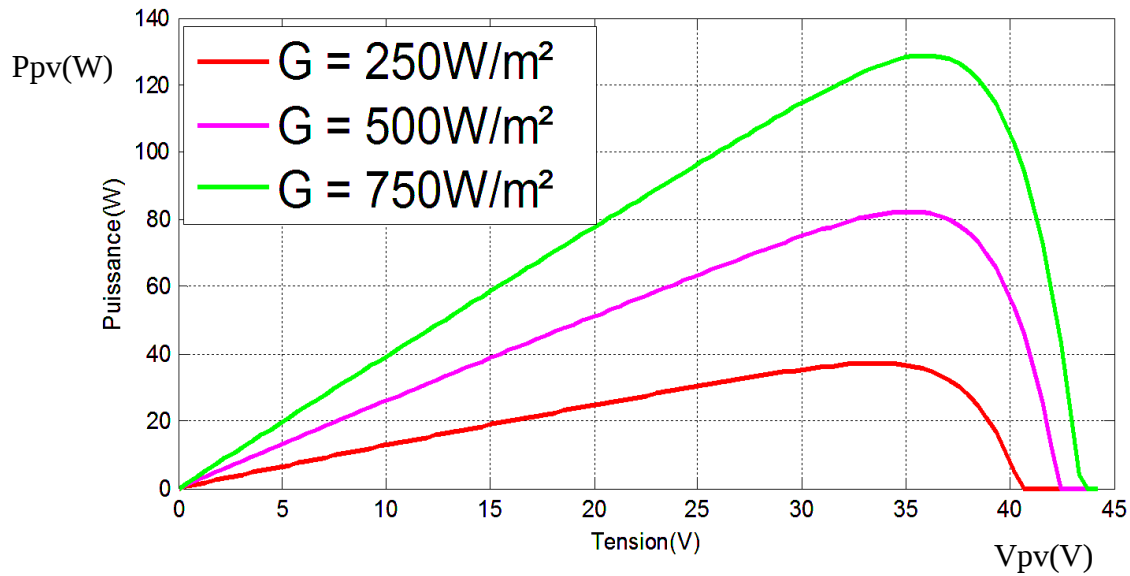


Figure IV.34 :Influence de l'éclairement sur P(V)

IV.9.6 Influence de l'éclairement et la température sur la caractéristique I(V), P(V) :

La différence de température et d'éclairage en même temps nous a permis ,Il a été conclu qu'il y avait peu de variation de la tension en circuit ouvert (Voc), mais il y a grande variance actuelle (Icc), voir fig(IV.35) et fig(IV.36)

Les paramètres de simulation suivant:($G = 250 \text{ W/m}^2, 500 \text{ W/m}^2, 750 \text{ W/m}^2$) et ($25^\circ\text{C}, 50^\circ\text{C}, 75^\circ\text{C}$)

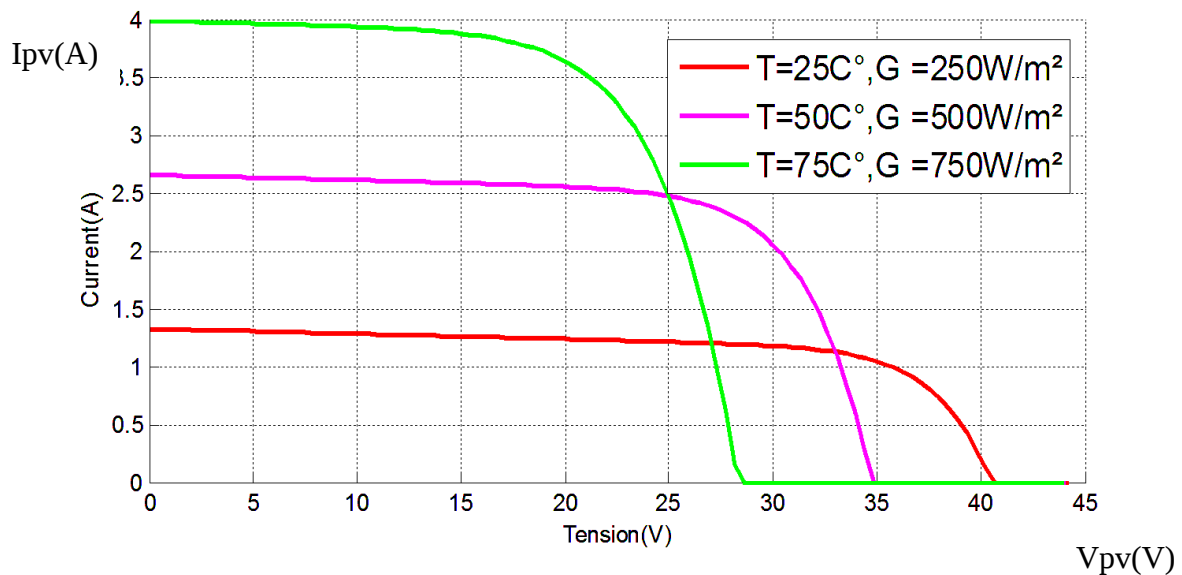


Figure IV.35: Influence de l'éclairement et de la température sur I(V)

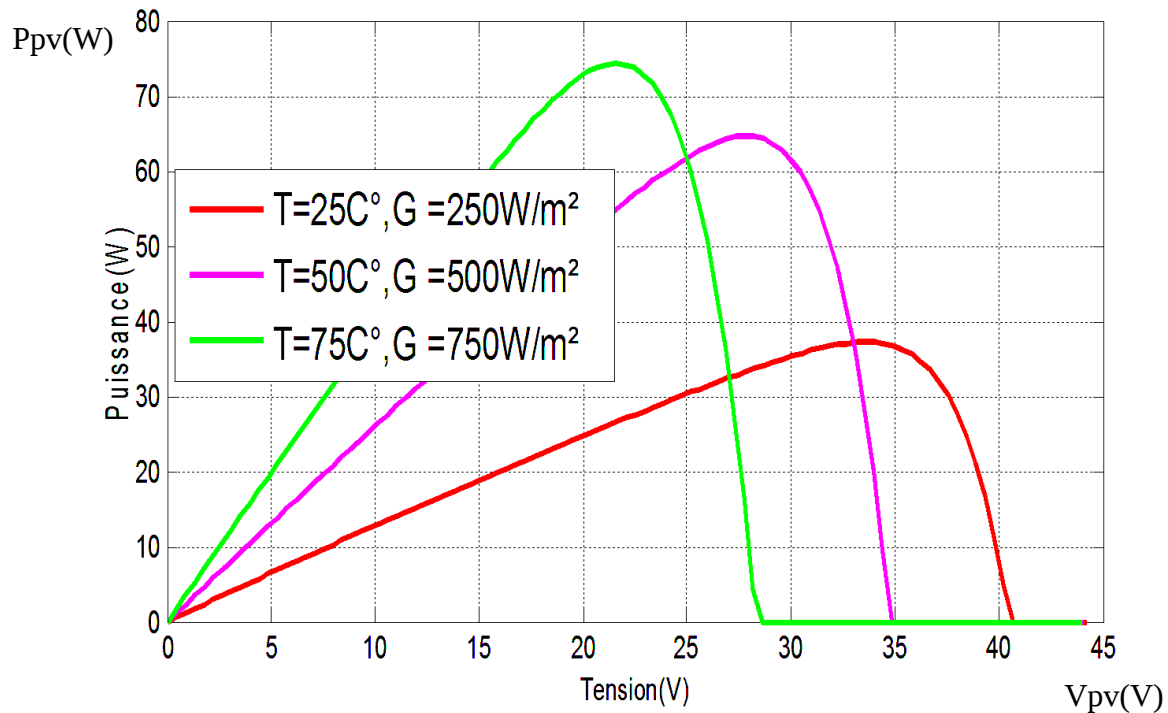


Figure IV.36 : Influence de l'éclairement et de la température sur $P(V)$

IV.9.7 Discussion des résultats

Afin de voir le bon fonctionnement du modèle étudié, nous avons effectué des simulations suivant les effets des différents paramètres (la température et l'éclairement) sur les caractéristiques courant-tension.

L'influence de la température sur la caractéristique $I(V)$, $P(V)$ a noté que :

- la diminution de la puissance.
- augmentation du courant I_{ph} .
- la diminution du rendement du module.

L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I(V)$, $P(V)$ illustre la variation de la puissance délivrée par le générateur en fonction de la tension pour différentes valeurs d'éclairement, ce qui nous permet de déduire l'influence de l'éclairement sur la caractéristique $P(V)$.

L'influence de l'éclairement et la température sur la caractéristique $I(V)$, $P(V)$ A noter également que l'énergie générée par le générateur pv dépend la différence en matière d'éclairement est beaucoup plus que la différence de température.

IV .11 Conclusion:

Dans ce chapitre, nous présentons le modélisation du chaque composant constituant le système de pompage photovoltaïque. Il se compose de panneaux solaires, d'un convertisseur DC / DC et d'un contrôle MPPT ainsi que de diverses technologies «MPPT» utilisées pour garantir que les panneaux PV fonctionnent à une puissance maximale. Inverseur de tension CC / CA, unité de pompe et circuit hydraulique du système de pompage, et nous obtenons des résultats de simulation pour le système de pompage solaire et l'effet de la température et de l'éclairement sur le système solaire.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque dans des endroits isolés diverses applications, telles que le pompage de l'eau, sont d'une grande importance le générateurs photovoltaïques ont deux inconvénients majeurs ceux-ci sont les suivants: faible rendement et coût élevé. Ceci est vérifié dans la fonction I-V .Sous l'importance des différentes températures. Ce travail a porté sur modélisation et simulation du système de pompage photoélectrique.

Il dispose d'un moteur asynchrone couplé à une pompe centrifuge installé dans le site pilote, avec élévation technique ,le pertes de charge bien définies (linéaires et faibles),.Le moteur d'entraînement est couplé au via photoélectrique et où l'énergie est stockée dans les batteries, il est remplacé par le stockage de l'eau dans des réservoirs pour éviter les coûts d'exploitation supplémentaires. Générateur photoélectrique certifié pour l'étude comprendre leur comportement en fonction de la gravité.

La température et son effet sur les propriétés électriques P_{pv} (V_{pv}) et I_{pv} (V_{pv}), et C'est pour leur Performances Pour surmonter ces limitations, nous avons résolu le problème d'optimisation le système en fournissant une modélisation pour chaque composant qui forme la chaîne cellules photoélectriques, ainsi que mise à l'échelle du générateur et du moteur. le choix du moteur à côté de la pompe est un moteur asynchrone dans la cage d'écureuil pour la durabilité, un minimum d'entretien et d'efficacité sur demande le vecteur dirige le flux du rotor pour améliorer le système proposé, nous avons utilisé la méthode MPPT turbulence et observation. Les résultats présentés dans ce résumé.

Il s'avère que l'utilisation de cette commande améliore les performances installation d'une pompe photoélectrique toujours dans le but d'améliorer notre système, nous avons examiné l'étude et les dimensions de la pompe sur les aspects de sa capacité dimensions selon les caractéristiques du site comme indiqué dans le chapitre trois .Et dans le quatrième chapitre nous avons modélisé les éléments qui constituent un système pompage photovoltaïque, celui d'un motopompe asynchrone alimenté par un générateur PV . Nous obtenons des résultats de simulation pour le système de pompage solaire et l'influence de la température et de l'éclairement sur système solaire.

Enfin, le système de pompage photoélectrique reste une percée très intéressant du fait de son indépendance et de l'absence de pollution efficacité dans des endroits isolés du réseau électrique. Mais pour une utilisation complète l'énergie générée par la chaîne de pompage

photoélectrique, il est nécessaire prendre en compte les facteurs d'influence de la température et l'éclairement (création de GPV).

Références

- [1] O.Seddik «Etude Et Optimisation Du Fonctionnement D'un Système Photovoltaïque» Mémoire De Master, Université De Ouargla, 2012.
- [2] J. Royer T. Djiako, E. Schiller, B. Sada Sy "Le Pompage Photovoltaïque" Manuel De Cours A L'intention Des Ingénieurs Et Des Techniciens, IEPF/Université d'Ottawa/EIER/CREPA.
- [3] B. Flèche, D. Delagnes, «Energie Solaire Photovoltaïque » Cours Production D'magistère, Université El Hadj Lakhdar – BATNA, 2007.
- [4] A. Mehdaoui*, M. Sadok, S.A. Chikhi Et A. Mammeri « Gain Energétique Entre Deux Configurations De Système De Pompage D'eau Photovoltaïque Application Au Site d'Adrar»Revue Des Energies Renouvelables Vol.13 N°4 (2010) 571. 582.
- [5] H.C. Manjunatha,B. Rudraswamy, Energy Absorption Build-Up Factors In Teeth. Journal Of Radioanalytical And Nuclear Chemistry, 2012. **294**(2): P. 251-260.
- [5a] [Http: //Upload.Wikimidia.Org/Wikipedia/Commons/Thumb/](http://Upload.Wikimidia.Org/Wikipedia/Commons/Thumb/)
- [6] AOUIFI Saliha, «Modélisation Et Commande D'un Système De Pompage Photovoltaïque», Mémoire De Magistère, Université Ferhat Abbas -Setif-1, 2014.
- [7] A Borni « Modélisation Et Commande Des Machines Electrique » Thèse De Magister Université De Constantine 2009.
- [8] C. Dupraz, H. Marrou, G. Talbot, L. Dufour, A. Nogier, Y. Ferard, Combining Solar Photovoltaic Panels And Food Crops For Optimising Land Use: Towards New Agrivoltaic Schemes. Renewable Energy, 2011. **36**(10): P. 2725-2732.
- [9] B.Omar , C.Idris, « L'intégration Du Photovoltaïque Au Réseau Electrique Problèmes Et Perspectives », Mémoire Ingénieurs. Biskra, 2006.
- [10] H.BEN CHEIKH, "Simulation Numérique De Modèle Collecteur Hybride Photovoltaïque/Photothermique ", Mémoire De Magister, Université De Constantine, 2009.
- [11] BOUZID Allah El Moubarak. <<Dimensionnement D'un Système Photovoltaïque Pour L'alimentation D'une Ferme (Etude De L'onduleur Triphasé Li A Cette

Application)>>, Mémoire D'ingénieur D'état, Université Des Sciences Et De La Technologie d'Oran ,Mohamed Boudiaf, 2008.

[12] K.DEHOUCHE,K MIHOUBI « Etude Et Conception D'un Système De Pompage Photovoltaïque Autonome » Mémoire De Master. Université De Bejaïa, 2014

[12a]<https://www.google.com.sa/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.connaissance-desenergies.org%2Ffiche-pedagogique%2Fsolaire-photovoltaique-a-concentration&psig=Aovvaw21wywsvmhb-K8hccbhm3wa&ust=1601913987605000&source=images&cd=vfe&ved=2ahukewi9hufiqjvsahum0oukhfxtbdgqr4kdeguiarciaq>

[13] A. LABOURET, M. VILLOZ, Energie Solaire Photovoltaïque, 3ème Edition, DUNOD, Paris, (2006).

[14] «La Cellule Photovoltaïque » Centre De Recherche De Développement De L'ecam.Sur Les Sites De Tlemcen Et De Bouzareah », Mémoire De Magister, Université De Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, 2005.

[15] F. Lasnier, T. G. Ang, « Photovoltaic Engineering Handbook », IOP Publishing Ltd. 1980.ISBN 0-85274-311-4.

[16] B.Chaouki , B.Tarek « Optimisation Floue Neuronale Et Génétique D,,Un Système Photovoltaïque Connecté Au Réseau», Mémoire Ingénieurs. Biskra, 2007.

[17] A. Oi. « Design And Simulation Of Photovoltaic Water Pumping System », Thèse De Doctorat , California Polytechnic State University San Luis Obispo, 2005.

[18] R. Maouedj Et B. Benyoucef - Unité De Recherche Des Matériaux Et Energies Renouvelables (URMER) Faculté Des Sciences, Université Abou Bekr Belkaïd,

[18a] K. Rahrah, « Dimensionnement Et Optimisation Des Systèmes De Pompagephotovoltaïque Destinés Pour L'alimentation En Eau Potable», Thèse Doctorat En Electrotechnique Option Système Electro Energétique, Université A.Mira De Bejaia, 2016

[19] I.J. Karassik, W.C. Krutzsch, W.H. Fraser And J.P. Messina. Pump Handbook. Second Edition. Mcgraw-Hill International Editions, 1985

- [20] Www.Physique-Appiquée.Net/Physique-Appiquée/Hacheur/Cours-Hacheur-Serie.Htm
- [21] Site Web: Www.Univ-Savoie.Fr/Labos/Lahc/Hacheur.Htm
- [22] H.Bonneviot. M,Courllon. Y,Maigne « Technologies Européennes Du Pompage Solaire Photovoltaïque » Fondation Energie Pour Le Monde
- [23] M. Djarallah, "Contribution A L'étude Des Systèmes Photovoltaïques Résidentiels Couples Au Réseau Electrique," Université De Batna, Thèse De Doctorat En Science, 2008.
- [23a] K..Boudjemai , I.Agaoua "Etude D'un Système De Pompage Photovoltaïque " MEMOIRE DE MASTER ACADEMIQUE,Université ABDE RAHMANEMIRA DE BEJAÏA Pp. 57, 2018/ 2019
- [24] C Mati " Simulation Et Commande Optimale de Pompage D'energie Dans Un Système Photovoltaïque .Memoire D.E.A " Université De Setif, 2012
- [25] M. Angel, C. Pastor, « Conception Et Réalisation De Modules Photovoltaïque Electroniques », Thèse De Doctorat « Institut National Des Sciences Appliquées De Toulouse, 2006.
- [26] A. Labonne, « Alimentation D'une Pompe A Burkina Faso »,2004.
- [27] A.BELHOCINE Et S.ZAIDI« Etude Et Dimensionnement D'un Système Depompage Photovoltaïque Autonome » Mémoire De Master2. Université De Bejaïa, 2012
- [28] L.DEBBOU Et D.MAGHRIBI «Commande D'un Système Hybride (Photovoltaïque-Eolienne) De Production D'énergie» Mémoire D'ingénieur D'état. Université De Bejaïa, 2008.
- [29] [Hhttp://Fr.Wikipedia.Org/Wiki/Accumulateur_%C3%A9lectrique](http://Fr.Wikipedia.Org/Wiki/Accumulateur_%C3%A9lectrique)
- [30] B. Multon, H. B. Ahmed, N.Bernard, « Les Moteurs Electriques Pour Applications De Grande Série », Pierre-Emmanuel CAVAREC Antenne De Bretagne De l'Ecole Normale
- [31] Gülich, J. Friedrich."Centrifugal Pumps". Berlin: Springer, 2008.

- [32] Nick Connor Copyright 2020 Thermal Engineering | All Rights Reserved | Nuclear Power | Reactor Physics 22/10/2019
- [33] Etude De Défaillance D'une Pompe A Eau Centrifuge De Type GUINARD HP 2016
- [34] M.H.Rashid, « Power Electronics Handbook » Academic Press, USA, 2007
- [35] M. Angel, C. Pastor, « Conception Et Réalisation De Modules Photovoltaïque Electroniques », Thèse De Doctorat « Institut National Des Sciences Appliquées De Toulouse, 2006.
- [36] C. L. P. Swamy, "Dynamic Performance Of Permanent Magnet Brushless DC Motor Powered By A PV Array For Water Pumping". Solar Energy Mater Solar Cells, Vol.36, Pp.187–200.1995.
- [37] B. Azoui, "Concept And Realization Of A Three-Phase Brushless DC Motor For Solar Application", Doctorat D'états Es'-Science, University Of Batna, 2002.
- [38] M. SLAMA Fateh, « Modélisation D'un Système Multi Générateurs Photovoltaïques Interconnectés Au Réseau Electrique », Thèse De Magister De L'université Ferhat Abbas – Sétif
- [38a] XUAN-LINH DANG, «Contribution A L'étude Des Systèmes Photovoltaïques (PV)/Stockage Distribués. Impact De Leur Intégration A Un Réseau Fragile». Thèse De Doctorat D'école Normale Supérieure De Cachan, 2014.
- [39] N. Abouchabana, «Etude D'une Nouvelle Topologie Buck-Boost Appliquée A Un MPPT», Mémoire De Magistère, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 2009
- [40] [Http://Fr.Wikipedia.Org/Wiki/Convertisseur_Buck-Boost](http://fr.wikipedia.org/wiki/Convertisseur_Buck-Boost)
- [41] Jimmy.R, And Eric J. S. "Le Pompage Photovoltaïque : Manuel De Cours A L'intention Des Ingénieurs Et Des Techniciens". Québec : Institut De L'énergie Des Pays Ayant En Commun L'usage Du Français, 1998.

- [42] M. E.Ait Atmane Et Kh.Farhi "Etude Et Dimensionnement Des Systemes De Pompage Solaire," Master En Genie Mecanique,Universite Larbi Ben M'hidi - Oum El Bouaghi Pp. 43–44, Juin 2011
- [43] M. E.Ait Atmane Et Kh.Farhi "Etude Et Dimensionnement Des Systemes De Pompage Solaire," Master En Genie Mecanique,Universite Larbi Ben M'hidi - Oum El Bouaghi Pp.45 , Juin 2011
- [44] M R. Ben Tria "Etude D'un Système De Pompage Photovoltaïque Pour Des Puits De Parcours (Cas De La Région De Taïbet - Ouargla)" Memoire De Master Academique,Universitékasdimerbah Ouargla Pp. 49, 03 /05/ 2017
- [45] M. E.Ait Atmane Et Kh.Farhi "Etude Et Dimensionnement Des Systemes De Pompage Solaire," Master En Genie Mecanique, Universite Larbi Ben M'hidi - Oum El Bouaghi Pp.47-48 , Juin 2011
- [46] M. E.Ait Atmane Et Kh.Farhi "Etude Et Dimensionnement Des Systemes De Pompage Solaire," Master En Genie Mecanique, Universite Larbi Ben M'hidi - Oum El Bouaghi Pp.63 , Juin 2011
- [47] M. E.Ait Atmane Et Kh.Farhi "Etude Et Dimensionnement Des Systemes De Pompage Solaire," Master En Genie Mecanique, Universite Larbi Ben M'hidi - Oum El Bouaghi Pp. 47, Juin 2011
- [48] M. E.Ait Atmane Et Kh.Farhi "Etude Et Dimensionnement Des Systemes De Pompage Solaire," Master En Genie Mecanique, Universite Larbi Ben M'hidi - Oum El Bouaghi Pp.48-49 , Juin 2011
- [49] A. Hadjarab , M.Benghenem Et A.Gharbi, «Dimensionnement De Système De Pompage Photovoltaïque » Rev.Energ.Ren.Vol 8.Pp19-26,2005.
- [50] B. Azoui Et M. Djarallah, « Dimensionnement Et Expérimentation D'un Système Photovoltaïque De Pompage D'eau Utilisant Un Moteur A Aimants Permanents Sans Balais Collecteur », Journée d'Etude Sur l'Energie Solaire, Mardi 01 Mars 2005, Bejaia.
- [51] M. R BEN TRIA. "Etude D'un Système De Pompage Photovoltaïque Pour Des Puits De Parcours (Cas De La Région De Taïbet - Ouargla)" MEMOIRE DE MASTER ACADEMIQUE, Universitékasdimerbah Ouargla Pp. 35-36 , 03 /05/ 2017

[52] M. R Ben Tria "Etude D'un Système De Pompage Photovoltaïque Pour Des Puits De Parcours (Cas De La Région De Taïbet - Ouargla)" Memoire De Master Academique, Université Kasdimerbah Ouargla Pp. 38, 03 /05/ 2017 Supérieure De Cachan, Revue 3e Juin 2000

[53] M. Z. F.Z. Zerhoun, "Optimisation D'Un Système A Energie Verte Avec Validation Pratique," Revue Des Energies Renouvelables, Vol. 11 , No. N°1, P. 41–49, 2008.

[53a] A. Boden . « Analyse Optimisée Du Système De Pompage Photovoltaïque » .Mémoire De Magistère, Université De Constantine, Année 2008

[54] A. Saadi, "Etude Comparative Entre Les Techniques D'Optimisation Des Systèmes De Pompage Photovoltaïque," Université De Biskra Mémoire De Magister, 2000

[54a] C.BERNARD, C.SERAO-OLIVEIRA, B.LAVAL Et C.VAUDOUER. «Panneau Photovoltaïque Et Algorithme MPPT A Base De Logique Floue». Rapport Rédigé Dans Le Cadre L'uv BA04-Energie Renouvelable, Université De Technologie COMPIÈNE, 2009.

[55] F.HANANOU A.ROUABAH :«Modélisation Et Simulation D'un Système [Soutenu Publiquement Le 09 /06/2014

[56] B.OUANIUGHY , "Optimisation De L'irradiation Solaire Sur Le Plan Des Capteurs Photovoltaïques A Structure Porteuse Statique," N° D'ordre:2016/S3ER05/89/385 ,UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA P. 43–44, JUIN 2016

[56a] A. MOHAMMAD, «Sliding Mode Control For Switched Mode Power Supplies», These De Doctorat, Université De Lappeenranta, 2004.

[56b] K. EL-Melouani«Dimensionnement D'un Hacheur Survolteur». Application Note De Polytech Clermont-Ferrand, FRANCE,2010

[56c] H. Mourad, « Mise En Œuvre D'une Méthodologie Pour L'étude De Rayonnement Parasite Basse Fréquence De Panneaux Solaires Sur Des Capteurs Situés En Zone Proche », Thèse Doctorat Université De Limoges, 2007

- [56d] S. TADJER, « Etude D'un Système De Compensation D'harmonique En Utilisant Un Générateur Photovoltaïque 'GPV' », Thèse De Magister Université Boumerdes, 2008.
- [57] C. Cédric, "Optimisation Energique De L'étagé D'adaptation Electronique Dédié A La Conversion Photovoltaïque", Thèse De Doctorat Université Toulouse, 2008.
- [58] K. Chomsuwan, P. Pris Uwanna And V. Monyakul, 'Photovoltaic Grid-Connected Inverter Using Two-Switch Buck Boost Converter', In Proceedings Of The 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2002, Pp. 1527 - 1530, May 2002.
- [59] W. J. A. Teulings, J. C. Marpinard, A. Capel, And D. O'Sullivan, " A New Maximum Power Point Tracking System", IEEE Power Electronics Specialists Conference 1993, PESC'93, Pp. 833-838, Jun. 1993
- [60] A.LOUADAH «Modélisation Et Commande D'un Système De Pompage Photovoltaïque » Mémoire D'ingénieur En Electromécanique; Université De BEJAÏA,2009
- [61] D. YAPTA «Commande Vectorielle A Flux Rotorique Orienté De La Machine Asynchrone : Simulation Expérimentation » Rapport De Projet 2ème Année Master, Université De Nancy 2010.
- [62] A. Massinissa Et B. Arezki Contribution A l'Etude Et A l'Optimisation D'un Système De Pompage Photovoltaïqueuniversité A.Mira De Bèjaia,Promotion Juin 2012.
- [63] C.SERIR, «Optimisation Des Systèmes De Pompage Photovoltaïque», Ingénieur d'Etat En Electromécanique ; Université Bejaia, 2
- [64] R.Saisset, «Contribution A L'étude Systématique De Dispositifs Energétique A Composants Electrochimique. Formalise Bond Graph Applique Aux Piles A Combustible, Accumulateurs Lithium-Ion », Thèse De Doctorat, Institut Nationale Polytechnique De Toulouse, France, 2004.

[65] R. Chenni « Etude Technico-Economique D'un Système De Pompage Photovoltaïque Dans Un Village Solaire » Thèse De Doctorat, Université De Constantine, 2007.

[66] M.Mansour Niang & Souleymane Diop , "Dimensionnement D'une Station De Pompage En Zone Maraîcher" Institut Supérieur De Technologie Industrielle - DIT Electrotechnique- Electromécanique-Froid Et Climatisation 2008.

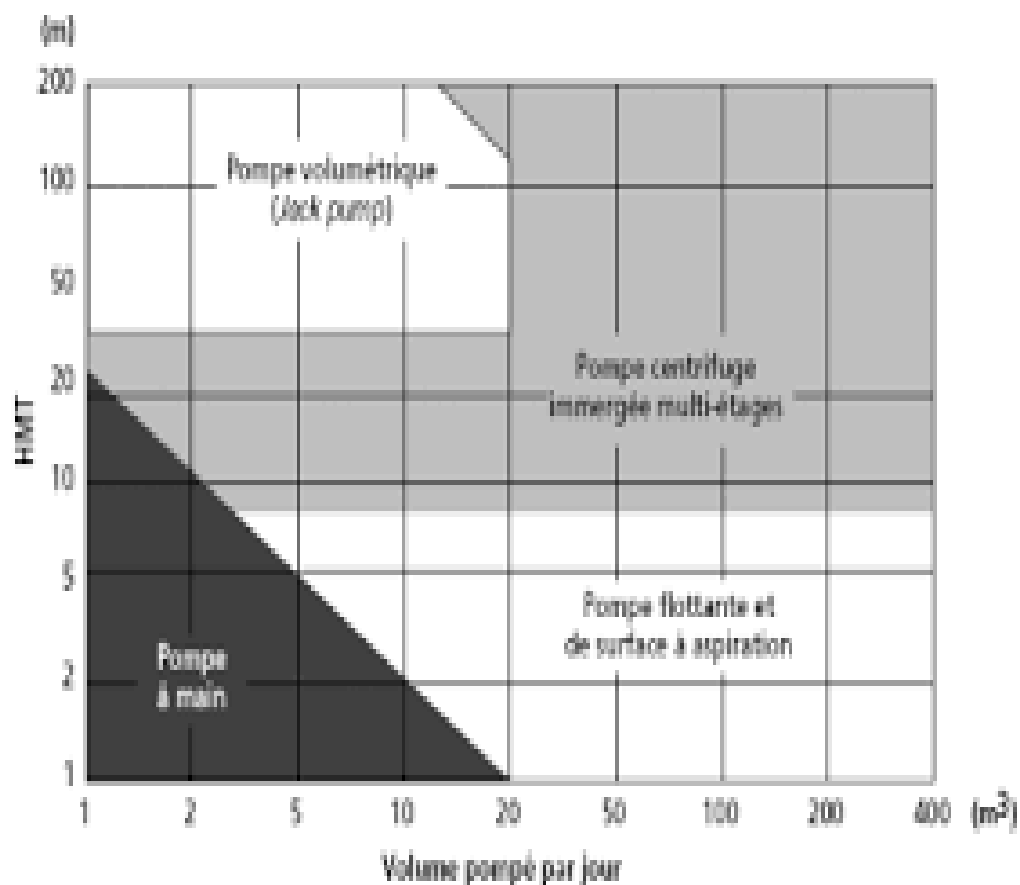
Annexes

Annexe 1:

Tableau 3.1 : Caractéristiques électriques du générateur PV sous les conditions standards.

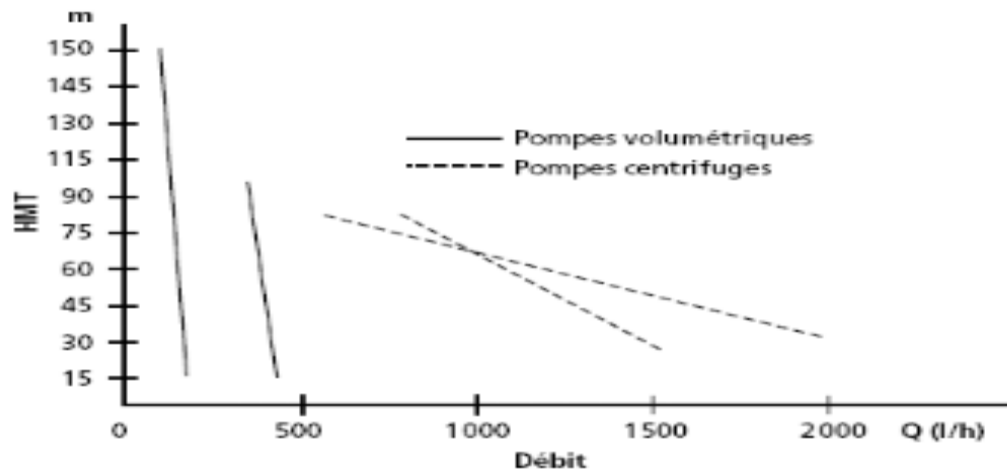
Caractéristiques	SYP175S-50M
Puissance maximale (P_{max})	175W
Tension au point maximal (V_m)	36,00V
Courant au point maximal (I_m)	4,86A
Tension de circuit ouvert (V_{co})	44,80V
Courant de court circuit (I_{cc})	5,17A
Rendement de module	13,62%
Coefficient de température de P_{max}	-0,50%/°C
Coefficient de température V_{co}	-0,37%/°C
Coefficient de température d' I_{cc}	+0,02%/°C
Positive power tolérance	-0 ~ +3%

Annexe 2:



Choix d'une pompe selon la HMT et le débit demandés

Annexe3:



courbes débit - HMT pour quelques pompes

Annexe 4:


www.risen-solar.com



Qualified, IEC61215
Qualified, IEC61730

MONO CRYSTALLINE MODULE (strong)

72x5" /150-180W

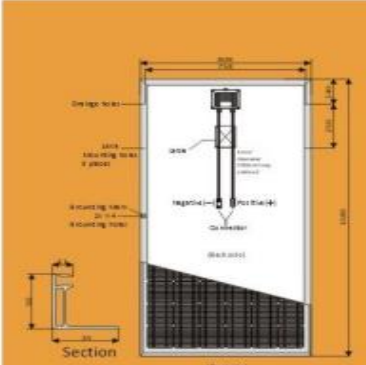
Model	Pm(Wp)	Tolerance	Vm(V)	Im(A)	Voc(V)	Isc(A)	η
SYP150S-50M	150W	-0 - +3%	34.80	4.31	43.40	4.88	>11.67%
SYP155S-50M	155W	-0 - +3%	35.40	4.38	43.50	4.90	>12.06%
SYP160S-50M	160W	-0 - +3%	35.60	4.50	43.50	5.00	>12.45%
SYP165S-50M	165W	-0 - +3%	35.80	4.61	44.00	5.10	>12.84%
SYP170S-50M	170W	-0 - +3%	35.90	4.74	44.50	5.12	>13.23%
SYP175S-50M	175W	-0 - +3%	36.00	4.86	44.80	5.17	>13.62%
SYP180S-50M	180W	-0 - +3%	36.70	4.91	45.00	5.32	>14.01%

Data sheet tested by BERGER module simulator at STC, STC: AM 1.5, 1000W/m², 25°C









Specifications

- Number of mono crystalline solar cell 72pcsx5"
- Aluminum frame, dimension 1580x808x50mm
- Maximum system voltage 1000VDC
- Weight 16.5kg
- Voltage temperature coefficient Voc=-0.37%/°C
- Current temperature coefficient Isc=+0.02%/°C
- Power temperature coefficient Pm=-0.50%/°C
- Bypass diodes to reduce loss in partial shadow
- MC4 plug system
- IP65
- TUV/IEC61215, IEC61730 certificate
- Performance test data for each module
- Positive power tolerance up to +3%

25year Quality Guarantee

- 5 years with 100% product guarantee
- 12 years 90% rated power output
- 25 years 80% rated power output




1. Risen's technology yields improvements to BSF structure and anti-reflective coating to increase conversion efficiency.
2. Unique design on drainage holes and rigid construction prevents frame from deforming or breaking due to freezing weather and other forces.

Résumé

ملخص:

في الوقت الراهن ، أصبح الطلب على المياه مهم جدا، خاصة في المناطق المعزولة و الريفية حيث يصعب وصول الطاقة التقليدية اليها، غالبية هذه المناطق مشمسه جدًا والمياه متوفرة في المياه الجوفية وهي نفس الحالة عندنا ، حيث يمثل ضخ المياه باستخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية الحل المثالي المطبق واقتصادي لمشكلة نقص المياه ، التحجيم خطوة ضرورية في تحسين أنظمة الطاقة المتجددة ، ونحن في هذا العمل نقوم بتقديم دراسة لتحسين توفير الماء على حسب اختيار حجم نظام الضخ الشمسي و تم إعداد دراسة تقنية لكل عنصر من نظام الضخ الشمسي على حسب اختيار التحجيم المناسب ومحاكاة النظام الشمسي على الماتلاب.

الكلمات المفتاحية:

نظام الضخ الكهروضوئي ، الطاقة الشمسية الكهروضوئية،تحجيم النظام،منظم الشحن ، التخزين الكيميائي (البطاريات) و التخزين المائي.

Summary:

At the present time, the demand for water has become very important, especially in isolated and rural areas where traditional energy is difficult to access, most of these areas are very sunny and water is available in groundwater, which is the same case with us, where pumping water using solar photovoltaic energy represents the ideal applicable solution. And economical for the problem of water shortage, sizing is a necessary step in improving renewable energy systems, and in this work we present a study to improve water savings according to the choice of the size of the solar pumping system and a technical study has been prepared for each element of the solar pumping system according to choosing the appropriate sizing and simulating the solar system on MATLAB.

Key words:

photoelectric pumping system, solar PV, system sizing, charge regulator MPPT, chemical storage (batteries) and water storage .

Résumé:

À l'heure actuelle, la demande en eau est devenue très importante, en particulier dans les zones isolées et rurales où l'énergie traditionnelle est difficile d'accès, la plupart de ces zones sont très ensoleillées et l'eau est disponible dans les nappes phréatiques, ce qui est le même cas chez nous, où le pompage d'eau à l'aide de l'énergie solaire photovoltaïque représente la solution idéale applicable. Et économique pour le problème de la pénurie d'eau, le dimensionnement est une étape nécessaire pour améliorer les systèmes d'énergie renouvelable, et dans ce travail nous présentons une étude pour améliorer les économies d'eau en fonction du choix de la taille du système de pompage solaire et une étude technique a été préparée pour chaque élément du système de pompage solaire en fonction du choix du dimensionnement approprié et de la simulation du système solaire sur MATLAB.

Mots clés:

système de pompage photoélectrique, énergie solaire photovoltaïque PV, dimensionnement du système, régulateur de charge MPPT, stockage de produits chimiques (batteries) et stockage d'eau.