

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
المركز الجامعي لعين تموشنت
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Institut de Technologie
Département de Génie Electrique



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : SCIENCE ET TECHNOLOGIE
Filière : GENIE ELECTRIQUE
Spécialité : COMMANDE ELECTRIQUE
Thème

Étude d'un système photovoltaïque en mode fonctionnement autonome

Présenté Par :

- 1) ABDELMOUMENE HABIB
- 2) BELOUFA YAGOUB

Devant les jurys composés de :

Mr. B.BENAZZA	C.U.B.B (Ain T'émouchent)	Président
Mr .AYACHE	C.U.B.B (Ain T'émouchent)	Encadrant
Mr. ZEGGAI	C.U.B.B (Ain T'émouchent)	Examineur

Année universitaire 2019/2020

REMERCIEMENT

*Avant tout, je remercie ALLAH, le tout Puissant,
De m'avoir donné le courage et la volonté pour accomplir ce travail
Nous tenons, tout d'abord, à exprimer ma profonde gratitude à notre
encadrant « Mr Z.AYACHE » d'avoir posé un sujet très intéressant et pour la
confiance qu'il nous prodigué pour la direction et tout l'aide qu'il nous
Apporté durant toute la durée de ce travail de recherche.
Nous tenons à remercions également les membres du jury
« Mr BENZAZZA », « Mr ZEGGAI » pour avoir accepté d'examiner ce travail
et leurs commentaires constructifs.
Puis nous remercions nos familles, et sur tous nos parents, qui nous auront
permis de poursuivre nos études jusqu'à aujourd'hui et qui nous aidé
moralement et financièrement.
Enfin, nous adressons nos remerciements à tous nos amis et collègues surtout
ceux qui nous apporté un soutien moral, une amitié inoubliable et précieuse et
un dévouement qui fut particulièrement indispensable.*

Dédicaces

*Avant tous, je remercie dieu le tout puissant de
M'avoir donné le courage et la patience pour réaliser
Ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées.*

Je dédie ce modeste travail :

*A mes très chers parents, que dieu les garde, pour
Leurs encouragements et les sacrifices qu'ils ont endurés.*

A mes sœurs

*A tout familles **BELOUFA** et **ABDELMOUMENE***

Aux chers amis (es)

A tous ce que j'aime et qui m'aiment

A tous mes collègues d'études surtout ceux D'électrotechnique

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers parents, pour leur sacrifices, et qui n'ont jamais cessé de
m'encourager que dieu me les garde.*

Mes sœurs.

Mes très chers amis : ALI, OUSSAMA.MUSTAPHA

Mes grands-mères que dieu me le garde.

Tous mes aimes.

Sommaire

Introduction générale	1
I Le système photovoltaïque	3
I.1 Introduction :	3
I.2 Historique du photovoltaïque:	3
I.3 La conversion de la lumière en électricité:	4
I.4 Fabrication des cellules photovoltaïques :	5
I.5 Les différents types de panneaux solaires photovoltaïques :	5
I.5.1 Les cellules amorphes	6
I.5.2 Les cellules monocristallines	6
I.5.3 Les cellules poly cristallines	6
I.6 Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque.....	6
I.6.1 Avantage :	6
I.6.2 Inconvénients :	7
I.7 Principe de fonctionnement d'une cellule solaire photovoltaïque	7
I.8 Modèles et caractéristiques de cellule photovoltaïque	8
I.9 Système photovoltaïque	10
I.9.1 Les systèmes isolés (Stand-alone)	10
I.10 Module et panneau photovoltaïque.....	11
I.10.1 Généralités.....	11
I.10.2 Caractéristiques du module PV	12
I.11 Maximum power point tracking (MPPT).....	19
I.11.1 Nécessité du MPPT.....	19
I.12 Architecture du système photovoltaïque.....	19
I.13 Stratégie du fonctionnement de MPPT	20
I.13.1 Méthode de perturbation et d'observation (P&O):.....	20
I.14 Système de stockage :	22

Sommaire

I.14.1	Les batteries d'accumulateurs :	22
I.14.2	Les caractéristiques principales d'un accumulateur :	22
I.14.3	Modélisation de stockage :	23
I.15	Régulation de décharge :	25
I.15.1	Régulation de la charge :	25
I.16.	Conclusion	26
II.	Les Convertisseur de puissance dans les systèmes photovoltaïques (SPV)	28
II.1.	Introduction :	28
II.2.	Les convertisseurs DC-DC (hacheurs) :	28
II.3.	Convertisseur Buck:	29
II.3.1.	Principe de fonctionnement du convertisseur Buck :	29
II.4.	Hacheur Boost :	30
II.4.1.	Principe de fonctionnement du convertisseur Boost :	31
II.5.	Hacheur Buck-Boost :	32
II.5.1.	Principe de fonctionnement du convertisseur Buck-Boost :	32
I.16	Les onduleurs	33
I.16.1	Principe de fonctionnement d'un onduleur :	33
I.7.	Conclusion :	34
III	Etudes des systèmes PV autonome	35
III.1	Introduction	35
III.2	Système autonome de type connexion directe du PV :	35
III.2.1	Présentation du Bloc de contrôle de l'onduleur	36
III.2.2	Résultats de la simulation	37
III.3	Connexion indirecte du PV	39
III.3.1	Résultats de la simulation :	41
III.4	Conclusion :	45
	Conclusion générale	46

Sommaire

Bibliographie	47
---------------------	----

Liste des figures

Figure I-1: conversion de l'énergie solaire en électricité.....	4
Figure I-2 Principe de la conversion photovoltaïque.....	7
Figure I-3 :: Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque.....	8
Figure I-4: Courbe courant -tension d'une cellule photovoltaïque.....	10
Figure I-5 :Système photovoltaïque isolé ou couplée au réseau	11
Figure I-6 :Architecteur d'un panneau PV avec diode de protection	12
Figure I-7: Caractéristique $I = f(V)$ d'un module photovoltaïque.....	13
Figure I-8 : : Association de N modules solaires en série.....	14
Figure I-9Caractéristique puissance de nombre des modules en série NS	14
Figure I-10 :Association de N_p modules solaires en parallèle.	15
Figure I-11 :Caractéristique de nombre des modules en parallèles	15
Figure I-12 :Association mixte N_s - N_p modules solaires	16
Figure I-13 :Caractéristique de l'association mixte N_s - N_p modules solaires.	16
Figure I-14: L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I=f(V)$	17
Figure I-15 :: L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $P=f(V)$	17
Figure I-16: L'influence de la température sur la caractéristique $I=f(V)$	18
Figure I-17: L'influence de la température sur la caractéristique $P=f(V)$	18
Figure I-18: Panneau en liaison directe.	19
Figure I-19 :Panneau en liaison indirecte.....	20
Figure I-20 : Caractéristique $P_{pv}(V_{pv})$ et fonctionnement de la méthode	21
Figure I-21 : Algorithme P&O	22
Figure I-22: Schéma de principe d'un régulateur de charge série.....	25
Figure I-23: Schéma de principe d'un régulateur de charge à découpage	25
Figure II-1 : Schéma de principe de la conversion Continu-continu.....	28
Figure II-2 :présente le schéma de principe du convertisseur Buck	29
Figure II-3: Schéma équivalents du hacheur Buck	29
Figure II-4 : Schéma de principe d'un convertisseur Boost.....	31
Figure II-5 : Schéma équivalents du hacheur Boost (a) : K fermé, (b) : K ouvert	31
Figure II-6 :. Schéma de principe d'un convertisseur Buck-Boost	32
Figure II-7 : Schéma équivalents du hacheur Buck-Boost.....	32

Introduction Générale

Figure II-8 : schéma d'un onduleur monophasé.....	34
Figure II-9 : schéma d'un onduleur triphasé	34
Figure III-1 : simulation du système isolé connexion directe du PV.....	36
Figure III-2 : Bloc de contrôle de l'onduleur	36
Figure III-3 : Variation de luminosité.....	37
Figure III-4 : Allure de la tension VS face à la variation de temps	39
Figure III-5 : Allure du courant IS face à la variation de temps.....	38
Figure III-6 : Signal de commande m.....	38
Figure III-7 : Comportement du système face à une variation de charge	39
Figure III-8 : Modèle de la simulation connexion indirecte de PV	43
Figure III-9 : Bloc contrôleur de batterie	43
Figure III-10 : Comportement du système photovoltaïque	44
Figure II-11 : Comportement du système photovoltaïque	43
Figure II-12 : le courant de l'inductance du Boost	43
Figure II-13 : Comportement du batterie	44

Listes des tableaux

Tableau I-1 Paramètres d'un module photovoltaïque 1soltech 1STH-215-p.....	13
--	----

Introduction Générale

Introduction générale

La production d'énergie est un défi de grande importance pour les années à venir. En effet, les besoins énergétiques des sociétés industrialisées ne cessent d'augmenter. Par ailleurs, les pays en voie de développement auront besoin plus en plus d'énergie pour mener à bien leur développement, une grande partie de la production mondiale d'énergie est assurée à partir de source fossile.

La consommation mondiale d'électricité observée durant ces dernières décennies est fortement liée au développement de l'industrie, du transport et des moyens de communications. De nos jours, une grande partie de la production électrique est produite à partir de ressources non renouvelables comme le charbon, le gaz naturel, le pétrole et l'uranium. Leur vitesse de régénération est extrêmement lente à l'échelle humaine. Ce qui entrainera à plus ou moins courte échéance un risque non nul d'épuisement de ces ressources. D'autant plus que la demande ne cesse de croître et dès à présent à être supérieure à l'offre, se traduisant par exemple par une forte fluctuation du prix mondial du pétrole.

On distingue plusieurs types de sources d'énergies renouvelables: l'énergie hydroélectrique, l'énergie géothermique, l'énergie éolienne, l'énergie de la biomasse et l'énergie photovoltaïque. Aujourd'hui, les énergies renouvelables deviennent progressivement des énergies à part entière, rivalisant avec des énergies fossiles du point de vue coût et performance de production. Cependant, leur système de conversion de l'énergie en électricité souffre souvent d'un manque d'optimisation qui en fait encore des systèmes trop chers, et présentant des déficiences importantes en rendement et en fiabilité. Pour cela, bien qu'il existe de plus en plus de travaux de recherches prouvant la viabilité de sources comme, par exemple, l'énergie photovoltaïque (PV) ou l'énergie éolienne, beaucoup de réticences existent encore pour installer ces systèmes à grande échelle, autant en production de masse que chez des particuliers.

Bien que l'énergie photovoltaïque soit connue depuis de nombreuses années comme source pouvant produire de l'énergie électrique allant de quelques milliwatts au mégawatt, elle reste une solution attrayante comme remplacement ou complément des sources

conventionnelles d'approvisionnement en électricité en raison de ses nombreux avantages : La production de cette électricité renouvelable n'émet pas de gaz à effet de serre, il faut cependant réduire l'impact environnemental de la fabrication du système, la lumière du soleil étant disponible partout et quasi-inépuisable, l'énergie photovoltaïque est exploitable aussi bien en montagne, dans un village isolé que dans le centre d'une grande ville, et aussi bien au sud que dans le nord. L'électricité photovoltaïque peut être produite au plus près de son lieu de consommation, de manière décentralisée, directement chez l'utilisateur, ce qui la rend accessible à une grande partie de la population mondiale.

Le but de ce travail est d'établir un modèle permettant de simuler la diminution de l'efficacité de puissance électrique produits par un panneau cause par l'altération des matériaux dans le temps.

La rédaction de notre mémoire se compose de trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons présenté des généralités sur les systèmes photovoltaïques, ou la construction des cellules photovoltaïques et l'effet photovoltaïque, ainsi que le principe de fonctionnement ont été détaillés. Ensuite, un bref aperçu sur les avantages et inconvénients et les caractéristiques du module photovoltaïque et la stratégie du commande MPPT ont été exposés.

Dans le deuxième chapitre, nous avons étudié les principaux types de convertisseur statique (DC-DC) et (DC-AC)

Dans le troisième chapitre, nous avons modélisé et simulation à l'aide du logiciel MATLAB SIMULINK chaque élément du système photovoltaïque, panneau solaire, convertisseur Boost et commande MPPT « perturbation et observation ».

Enfin, nous terminerons ce travail par une conclusion générale.

Chapitre I

Le système photovoltaïque

Le système photovoltaïque

I.1 Introduction :

Il existe de nombreux sites isolés dans le monde, alimentés par des systèmes autonomes de génération d'électricité. Ces générateurs utilisent les sources renouvelables locales. On trouve des panneaux photovoltaïques, des éoliennes et des micros turbines. L'électricité provenant des sources renouvelables est intermittente, et dépendante des conditions climatiques.

Le système photovoltaïque autonome est le système d'alimentation en énergie solaire qui définit le mieux le concept d'autoconsommation. Dans le système photovoltaïque autonome, également connu sous le nom d'installation off-grid ou hors réseau, l'installation est complètement indépendante du réseau de distribution électrique. Ce chapitre est consacré à l'étude des éléments composant les systèmes photovoltaïques autonome (isolé), mais tout ce qui est électronique de puissance et contrôle sera étudié dans le chapitre deux.

I.2 Historique du photovoltaïque:

Découvert en 1839 par Antoine Becquerel, l'effet photovoltaïque permet la transformation de l'énergie lumineuse en électricité. Ce principe repose sur la technologie des semi-conducteurs. Il consiste à utiliser les photons pour libérer les électrons et créer une différence de potentiel entre les bornes de la cellule qui génère un courant électrique continu. L'électricité est apparue en 1930 avec les cellules à oxyde cuivreux puis au sélénium. Mais ce n'est qu'en 1954, avec la réalisation des premières cellules photovoltaïques au silicium dans les laboratoires de la compagnie Bell Téléphone, que l'on entrevoit la possibilité de fournir de l'énergie. Très rapidement utilisées pour l'alimentation des véhicules spatiaux vers les années 60 avec l'équipement de satellites spatiaux. Puis à partir de 1970, les premières utilisations terrestres ont concerné l'électrification des sites isolés. Au cours des années 80, la technologie photovoltaïque terrestre a progressé régulièrement par la mise en place de plusieurs centrales de quelques mégawatts, et est même devenue familière des consommateurs à travers de nombreux produits de faible puissance y faisant appel : montres, calculatrices, balises radio et météorologiques, pompes et réfrigérateurs solaires. Le progrès des techniques de production de cellules photovoltaïques ainsi que l'augmentation des volumes de production ont entraîné, à partir des années 1990, une baisse des prix. La production de modules se fait en Chine (près

de 60 % de la production totale), au Japon, aux EU, en Allemagne et en Europe, avec en particulier des grandes compagnies comme Yingli Green Energy, First Solar et Suntech Power. La production mondiale de modules photovoltaïques est passée de 5 MWc en 1982 à plus de 18GWc en 2013. Concernant l'Algérie, le groupe algérien Condor Electronics, s'est lancé en juillet 2013 dans la production des panneaux photovoltaïques dont la puissance varie entre 70 W et 285 W et à des prix compétitifs. Dans le cadre de la concrétisation du programme national algérien des énergies renouvelables, un projet de 400 MW en photovoltaïque a été lancé, faisant partie du programme complémentaire de production de l'électricité, prévu pour l'été 2014. Ce projet consiste en la réalisation de 23 centrales solaires photovoltaïques, dans la région des hauts plateaux et dans la région du sud-ouest; ainsi que dans la région du grand sud. Dans la dizaine d'années qui viendront, il est prévu la réalisation d'un parc d'énergies renouvelables de 5539 MW. L'objectif à 2030 est de 12 000 MW en énergies renouvelable pour la consommation interne d'électricité. La puissance photovoltaïque installée cumulée dans le monde a atteint 138,9 GW à la fin 2013.

I.3 La conversion de la lumière en électricité:

Le terme « photovoltaïque » souvent abrégé par le sigle « PV », à été formé à partir des mots « photo » un mot grec signifiant lumière et « Volta » le nom du physicien italien Alessandro Volta qui a inventé la pile électrochimique en 1800. L'effet photovoltaïque est la conversion directe de l'énergie solaire en électricité [1].

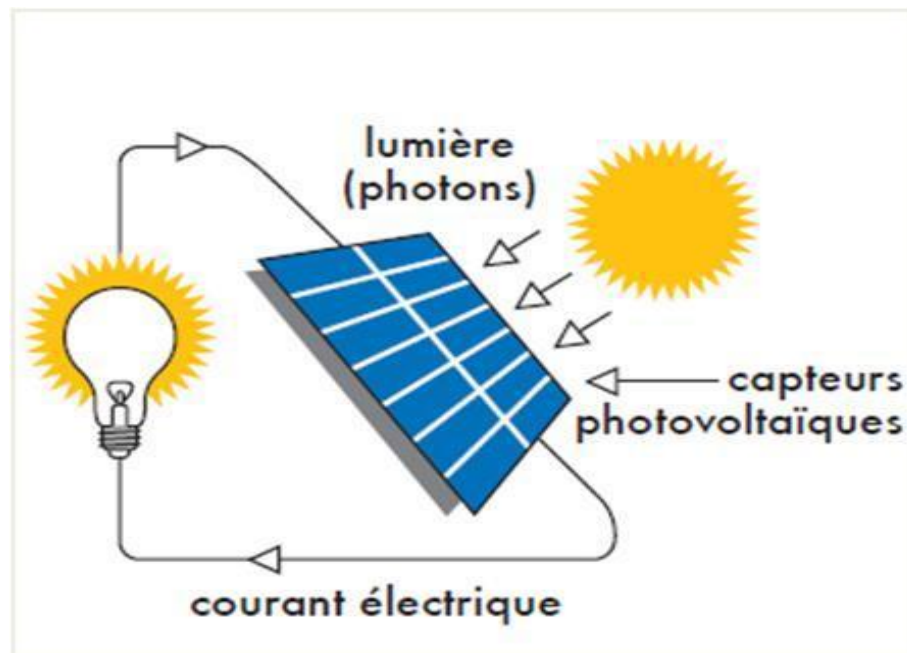


Figure I-1: conversion de l'énergie solaire en électricité

L'énergie photovoltaïque est obtenue directement à partir du rayonnement du soleil. Les modules photovoltaïques composés des cellules photovoltaïques à base de silicium ont la capacité de transformer les photons en électrons. La conversion photovoltaïque se produit dans des matériaux semi-conducteurs. L'énergie sous forme de courant continu est ainsi directement utilisable Figure.

- Dans un **isolant électrique** : les électrons de la matière sont liés aux atomes et ne peuvent pas se déplacer.
- Dans un **conducteur électrique** (un fil de cuivre par exemple) les électrons sont totalement libres de circuler et permettent le passage d'un courant.
- Dans un **semi-conducteur** : la situation est intermédiaire, les électrons contenus dans la matière ne peuvent circuler que si on leur apporte une énergie pour les libérer de leurs atomes. Quand la lumière pénètre dans un semi-conducteur, ces photons apportent une énergie permettant aux électrons de se déplacer, il ya donc courant électrique sous l'exposition à la lumière.

I.4 Fabrication des cellules photovoltaïques :

Le silicium est actuellement le plus utilisé pour fabriquer les cellules photovoltaïques. On l'obtient par réduction à partir de silice, composé le plus abondant dans la croûte terrestre et notamment dans le sable ou le quartz. La première étape est la production de silicium dit métallurgique, pur à 98 % seulement, obtenu à partir de morceaux de quartz provenant de galets. Le silicium de qualité photovoltaïque doit être purifié jusqu'à plus de 99,999 %, ce qui s'obtient en transformant le silicium en un composé chimique qui sera distillé puis retransformé en silicium. Il est produit sous forme de barres nommée « lingots » de section ronde ou carrée. Ces lingots sont ensuite sciés en fines plaques de 200 micromètres d'épaisseur qui sont appelées wafers. Après un traitement pour enrichir en éléments dopants et ainsi obtenir du silicium semi-conducteur de type P ou N, les wafers sont métallisés : des rubans de métal sont incrustés en surface et reliés à des contacts électriques. Une fois métallisés les wafers sont devenus des cellules photovoltaïques [2].

I.5 Les différents types de panneaux solaires photovoltaïques :

On distingue actuellement trois principaux types de panneaux photovoltaïques, qui sont différenciés par le type de cellules qui les composent. Toutes les cellules sont produites à base de silicium, mais les méthodes de fabrication différentes leurs donnent des caractéristiques très différentes, notamment en termes de productivité [3].

I.5.1 Les cellules amorphes

Les cellules amorphes sont produites à partir d'un "gaz de silicium", qui est projeté sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide.

La cellule est grise très foncée. C'est la cellule des calculatrices et des montres dites « solaires », car ce type de cellule est bon marché et la technologie est utilisable sur de nombreux supports, notamment des supports souples. Le problème c'est que son rendement est 2 à 3 fois plus faible que les cellules monocristallines.

I.5.2 Les cellules monocristallines

Les cellules monocristallines sont issues d'un seul bloc de silicium fondu, elles sont donc très "pures". Elles offrent le meilleur rendement (entre 13 et 17%), mais sont aussi plus chères à la production, donc à la vente. Ces cellules sont en général octogonales et d'une couleur uniforme foncée (bleu marine ou gris).

Ces cellules sont les plus performantes, elles permettent donc de constituer des panneaux qui sont très performants : ceux qui produisent *le plus d'énergie avec le moins de surface*.

I.5.3 Les cellules poly cristallines

Les cellules poly cristallines sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples. Vues de près, on peut voir les orientations différentes des cristaux. Elles ont un rendement de 11 à 15%, mais leur coût de production est moins élevé que les cellules monocristallines. Elles sont en général de forme rectangulaire et sont couleur bleu nuit avec des reflets.

I.6 Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque

Les avantages de l'énergie photovoltaïque les plus importants sont [4]:

I.6.1 Avantage :

- Energie indépendante, le combustible (le rayonnement solaire) est renouvelable et gratuit.
- L'énergie photovoltaïque est une énergie propre et non-polluante qui ne dégage pas de gaz à effet de serre et ne génère pas de déchets.
- Génère l'énergie requise.
- Réduit la vulnérabilité aux pannes d'électricité.
- L'extension des systèmes est facile, la taille d'une installation peut aussi être augmentée par la suite pour suivre les besoins de la charge.

- La revente du surplus de production permet d'amortir les investissements voir de générer des revenus.
- Entretien minimal.
- Aucun bruit.

I.6.2 Inconvénients :

- La fabrication des panneaux photovoltaïques relève de la haute technologie demandant énormément de recherche et développement et donc des investissements coûteux.
- Les rendements des panneaux photovoltaïques sont encore faibles.
- Nécessite un système d'appoint (batteries) pour les installations domestiques.
- Le coût d'investissement sur une installation photovoltaïque est cher.

I.7 Principe de fonctionnement d'une cellule solaire 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 dopée de type p. Lorsque la première est mise en contact avec la seconde, les électrons en excès dans le matériau n diffusent dans le matériau p. La zone initialement dopée n devient chargée positivement, et la zone initialement dopée p chargée négativement.

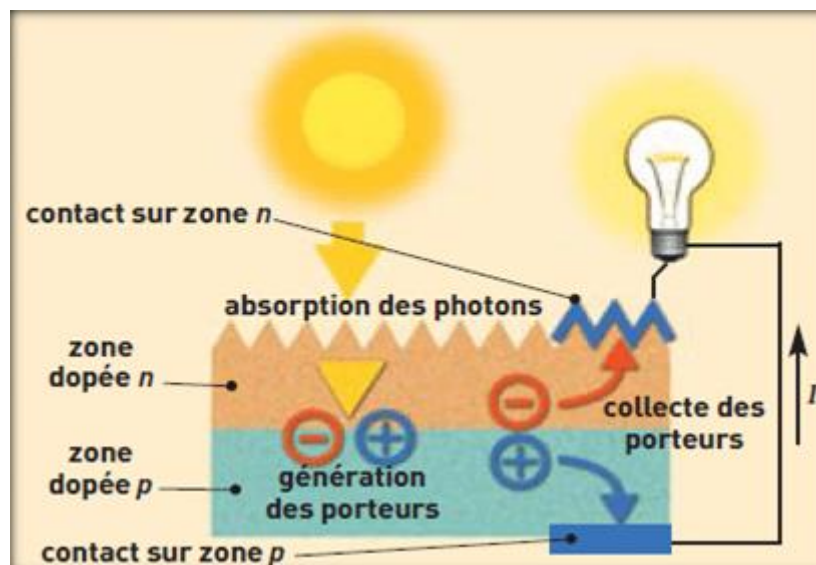


Figure I-2 Principe de la conversion photovoltaïque.

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. 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 la bande interdite communiquent leur énergie aux atomes, chacun fait passer un électron de la bande de valence dans la bande de conduction. 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: le courant électrique circule (voir Figure I-2)[2].

I.8 Modèles et caractéristiques de cellule photovoltaïque

Le schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque comprend un générateur de courant qui modélise l'éclairement et une diode en parallèle qui modélise la jonction PN. Mais le schéma équivalent réel tient compte de l'effet résistifs parasites dus à la fabrication, il est représenté sur le schéma équivalent par deux résistances [2-5].

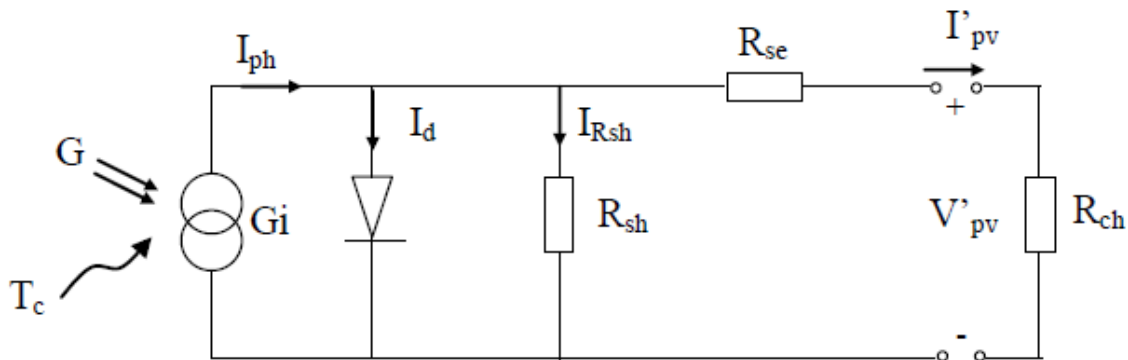


Figure I-3 :: Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque.

Avec :

Gi : Source de courant parfaite.

Rsh : Résistance shunt qui prend en compte les fuites inévitables de courant qui intervient entre les bornes opposées positive et négative d'une cellule.

Rse : Résistance série qui est due aux différentes résistances électriques que le courant rencontre sur son parcours (résistance de contact)

D : Diode matérialisant le fait que le courant ne circule que dans un seul sens.

Rch : Résistance qui impose le point de fonctionnement sur la cellule en fonction de sa caractéristique courant-tension à l'éclairement considéré.

Une cellule solaire est caractérisée par les paramètres fondamentaux suivants :

□ **Courant de court-circuit (Isc)** :

C'est la plus grande valeur du courant générée par une cellule pour une tension nulle

($V'_{pv}=0$).

□ **Tension en circuit ouvert (Voc) :**

Représente la tension aux bornes de la diode quand elle est traversée par le photo-courant I_{ph} ($I_d = I_{ph}$) quand ($I_{pv}'=0$). Elle reflète la tension de la cellule en absence de lumière, elle est exprimée mathématiquement par :

$$V_{oc} = \frac{mkT_c}{e} \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_0}\right) = V_t \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_0}\right) \quad (I-1)$$

Où :

$$V_t = \frac{mkT_c}{e} \quad (I-2)$$

Avec :

V_t : La tension thermique.

T_c : La température absolue.

m : Facteur idéal de la jonction.

K : Constante de Boltzmann ($K= 1.38 \cdot 10^{-23}$ J/k)

e : Charge de l'électron ($e=1.6 \cdot 10^{-19}$).

□ **Point de puissance maximale (Pmax):** est le point $M(V_{opt}, I_{opt})$ de la Figure I-4 où la puissance dissipée dans la charge est maximale

$$P_{max} = V_{opt} \cdot I_{opt} \quad (I-3)$$

Avec :

V_{opt} : La tension optimale.

I_{opt} : Le courant optimale

□ **Rendement maximum :** est le rapport entre la puissance maximale et la puissance à l'entrée de la cellule solaire.

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{V_{opt} \cdot I_{opt}}{A_{pv} \cdot G} \quad (I-4)$$

Où :

G : l'irradiation qui représente la puissance lumineuse reçue par unité de surface (W/m^2).

A_{pv} : Surface effective des cellules.

Les conditions normalisées de test des panneaux solaires sont caractérisées par un rayonnement instantané de **1000W/m²** d'une température ambiante de **25°C** et d'un spectre **AM de 1.5**. AM représente l'Air Masse qui est l'épaisseur de l'atmosphère que la lumière doit pénétrer. Ces conditions sont appelées **STC** (Standard Test Conditions) cela correspond à un ensoleillement assez fort.

La Figure I-4 présente la courbe courant-tension d'une cellule photovoltaïque avec les points

importants qui la caractérise

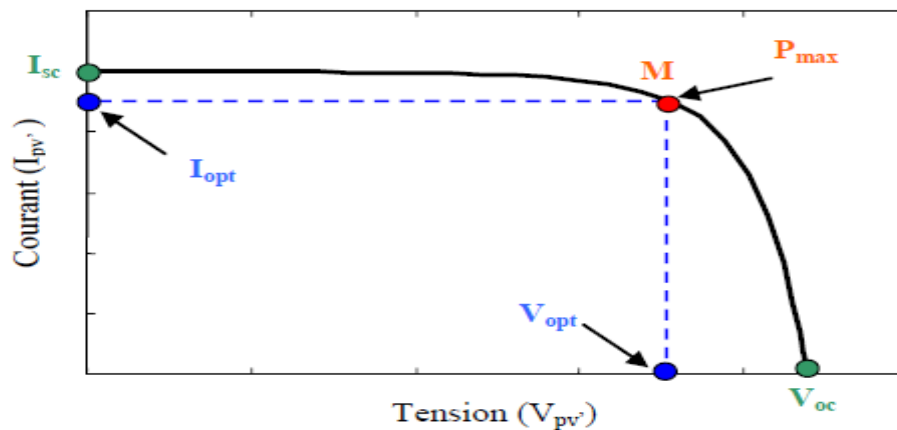


Figure I-4: Courbe courant -tension d'une cellule photovoltaïque.

I.9 Système photovoltaïque

Un système photovoltaïque est un système qui utilise le rayonnement solaire pour produire un courant électrique par effet photovoltaïque, en utilisant un ensemble de module photovoltaïque sont ensuite connectés en série ou en parallèle pour obtenir un générateur photovoltaïque avec les caractéristiques de courant et tension souhaités. La modularité permet une grande souplesse d'utilisation. Dans une première phase du système, il y a un courant continu, qui est ensuite converti en courant alternatif par un onduleur. Ce courant peut être utilisé pour alimenter des appareils électriques ou injecté dans le réseau.

Et donc, il existe deux principaux types de systèmes photovoltaïques Figure I-5:

- Systèmes isolés (Stand-alone) qui font l'objet de cette étude
- Systèmes couplés réseau électrique (Grid-connected)

I.9.1 Les systèmes isolés (Stand-alone)

Les systèmes isolés sont normalement utilisés des systèmes autonomes pour électrifier des appareils et des utilisateurs difficilement raccordables au réseau, car ils sont dans des zones peu accessibles, ou ce sont des charges à très faible consommation d'énergie, ce qui ne rend pas convenable le coût de raccordement.

Un système isolé est caractérisé par la nécessité de couvrir la totalité à tous les consommations d'énergie des utilisateurs. Les éléments qui la composent sont les suivants:

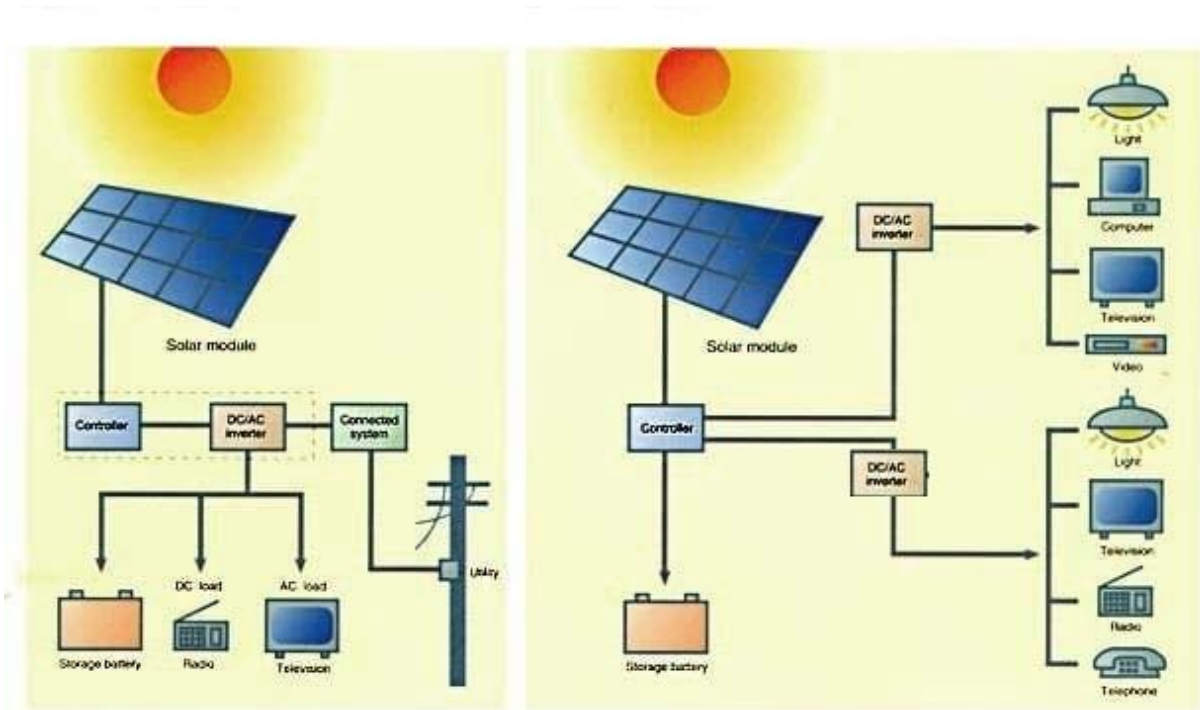


Figure I-5 : Système photovoltaïque isolé ou couplée au réseau

- Les modules photovoltaïques
- Contrôleur de charge qui utilise des convertisseurs DC-DC
- Système de stockage (batteries)
- Onduleur

Ces systèmes sont économiquement avantageux dans les cas où l'alimentation secteur est absente ou difficile à atteindre [5].

I.10 Module et panneau photovoltaïque

I.10.1 Généralités

Le panneau photovoltaïque (ou générateur) PV. Se compose de plusieurs modules connectés en série et/ou en parallèle pour avoir une tension et une puissance souhaitée et comme a été déjà dit ; chaque module est en lui-même composé de plusieurs cellules photovoltaïques en série et/ou en parallèle Figure I-6.

La protection des panneaux est assurée par des diodes de By-pass, pour garantir la bonne utilisation du panneau photovoltaïque quel que soit les conditions climatiques surtout en cas d'ombrage et aussi des diodes d'anti-retour pour éviter que le générateur photovoltaïque devienne récepteur en l'absence de lumière [6].

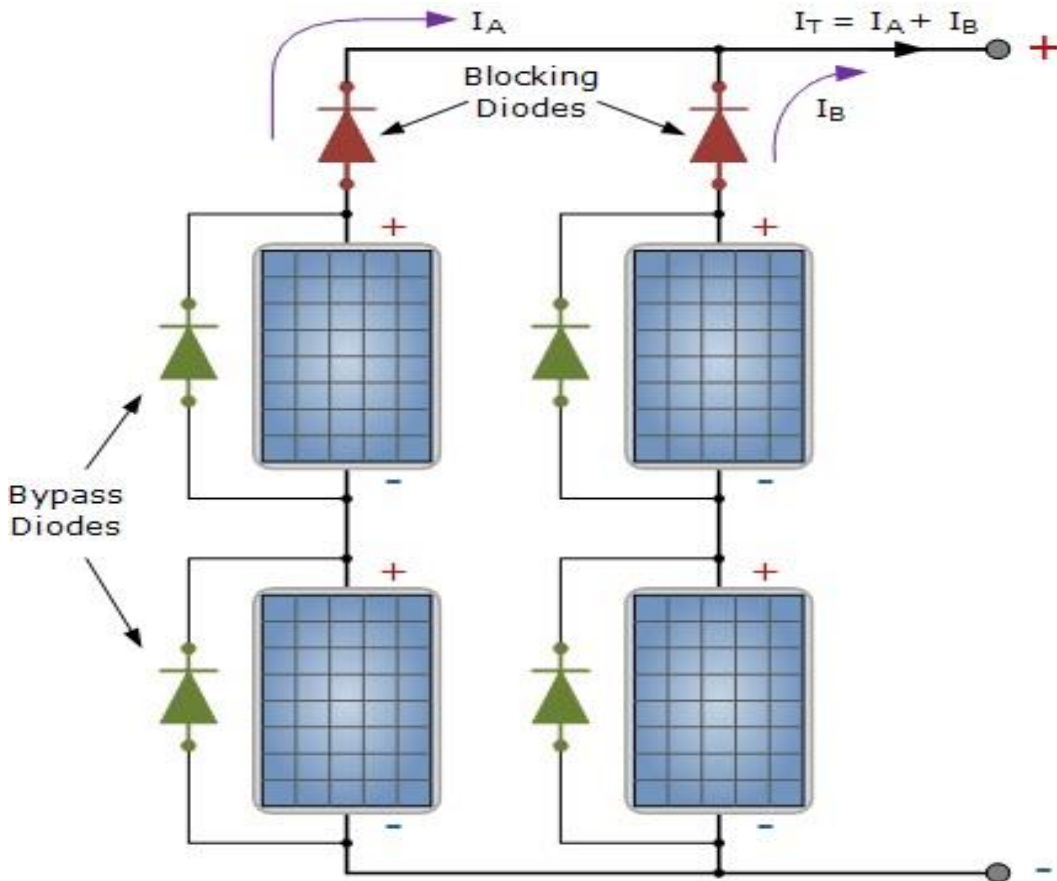


Figure I-6 : Architecture d'un panneau PV avec diode de protection

I.10.2 Caractéristiques du module PV

Un module photovoltaïque est défini par ses caractéristiques électriques fournies sous forme de fiches techniques par le constructeur, les données qu'on trouve dans ses dernières et qui déterminent les performances énergétiques du module sont :

P_n : Puissance nominale

V_{oc} : Tension à circuit ouvert.

I_{cc} : Courant de court-circuit.

V_{MPP} : Tension qui correspond au point maximal

I_{MPP} : Courant qui correspond au point de puissance maximale.

R_{SH} : Résistance shunt.

R_s : Résistance série. Caractéristique du générateur photovoltaïque choisi :

Les constructeurs des panneaux photovoltaïques fournissent les paramètres du module (I_{sc} , I_{mpp} , V_{oc} , V_{mpp}) sous les conditions standard de fonctionnement (une insolation de $1000W/m^2$ et une température de $25^\circ C$, AM 1.5).

Le tableau suivant montre les données d'un module photovoltaïque, de type Isoltech 1STH-

215-p.

Paramètre	Valeurs
Puissance maximale du panneau P_{mpp}	213.15W
courant au point de puissance maximale I_{mpp}	7.35A
Tension au point de puissance maximale V_{mpp}	29V
Courant de court-circuit I_{sc}	7.84A
Tension en circuit ouvert V_{oc}	36.3V
Coefficient d'incrémentatation du courant $I_{sc}(\alpha_{sc})$	0.102mA/°C
Coefficient d'incrémentatation de la tension V_{oc}	-0.36099mV/°C

Tableau I-1 Paramètres d'un module photovoltaïque Isoltech ISTH-215-p.

I.10.2.1 Caractéristique Courant-Tension

La Figure I-7 représente la courbe $I = f(V)$ d'un module photovoltaïque typique dans des conditions constantes d'irradiation et 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 .

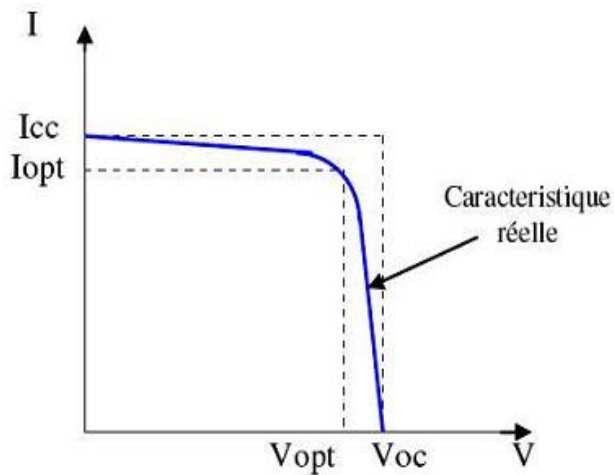


Figure I-7: Caractéristique $I = f(V)$ d'un module photovoltaïque

Il est difficile de donner un caractère source de courant ou de tension à un module photovoltaïque sur toute l'étendue de la caractéristique courant-tension. Par conséquent, le module photovoltaïque est considéré comme une source de puissance avec un point P_m où la puissance se trouve être maximale. Il est donc intéressant de se placer sur ce point pour tirer le maximum d'énergie et ainsi exploiter au mieux la puissance crête installée. Il est important de noter que certains régulateurs solaires réalisent une adaptation d'impédance afin qu'à chaque instant on se trouve proche de ce point P_m [6].

I.10.2.2 Influence de l'association série des cellules PV

La cellule individuelle, unité de base d'un système photovoltaïque, ne produit qu'une très faible puissance électrique, typiquement de 0.5 W avec une tension de moins d'un volt. Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module (ou panneau). Pour avoir plus de tension, il faut assembler N_s modules en série, par contre pour le courant généré, un nombre N_p de modules en parallèle permet d'en ajouter, les diodes de protection série et parallèles protègent le circuit contre le retour de courant [7]. L'association en série des cellules délivre une tension égale à la somme des tensions individuelles et un courant égal à celui d'une seule cellule [7].

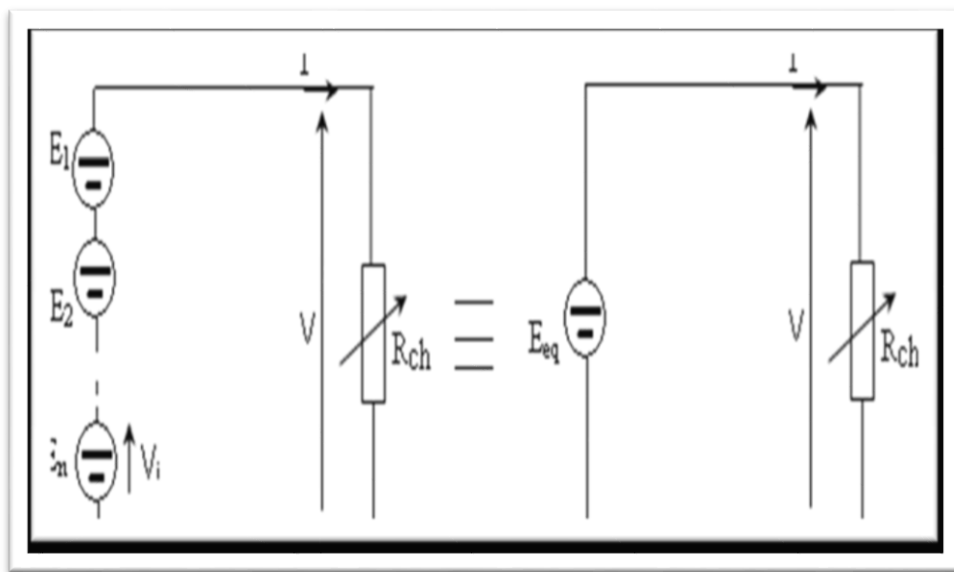


Figure I-8 : Association de N modules solaires en série

La caractéristique d'un groupement de N_s modules solaires en série est représentée par la figure suivante :

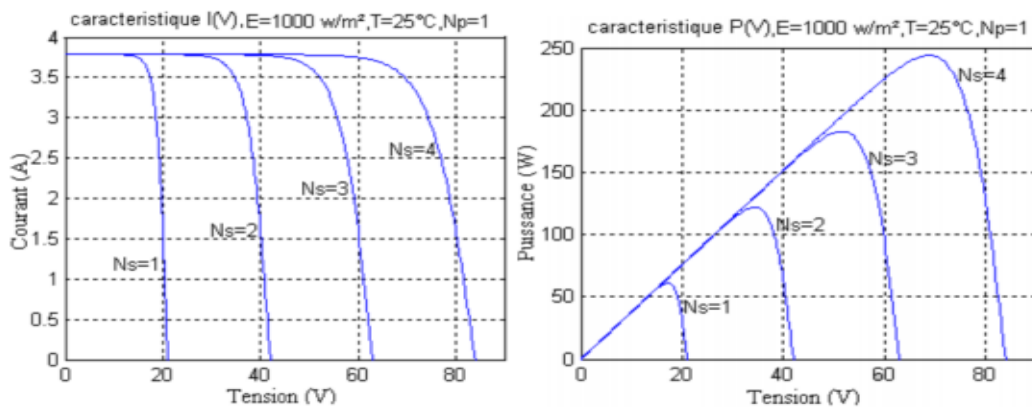


Figure I-9 Caractéristique de nombre des modules en série

1.10.2.3. Influence de l'association parallèle des cellules PV

L'association en parallèle des photopiles délivre un courant égal à la somme des courants individuels et une tension égale à celle d'un panneau

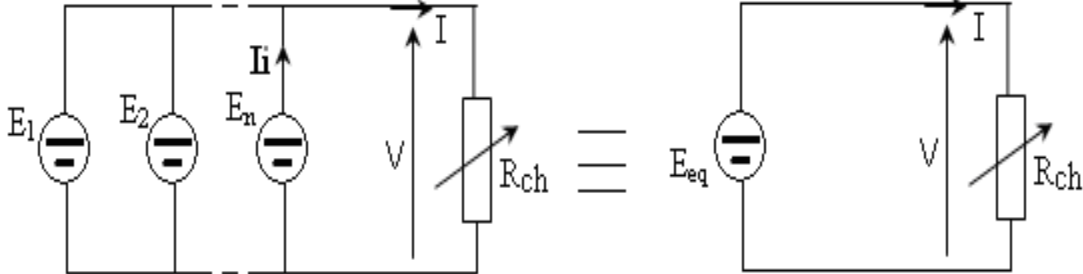


Figure I-10 : Association de N_p modules solaires en parallèle.

La caractéristique d'un groupement de N_p modules solaires en parallèle est représentée par la figure suivante :

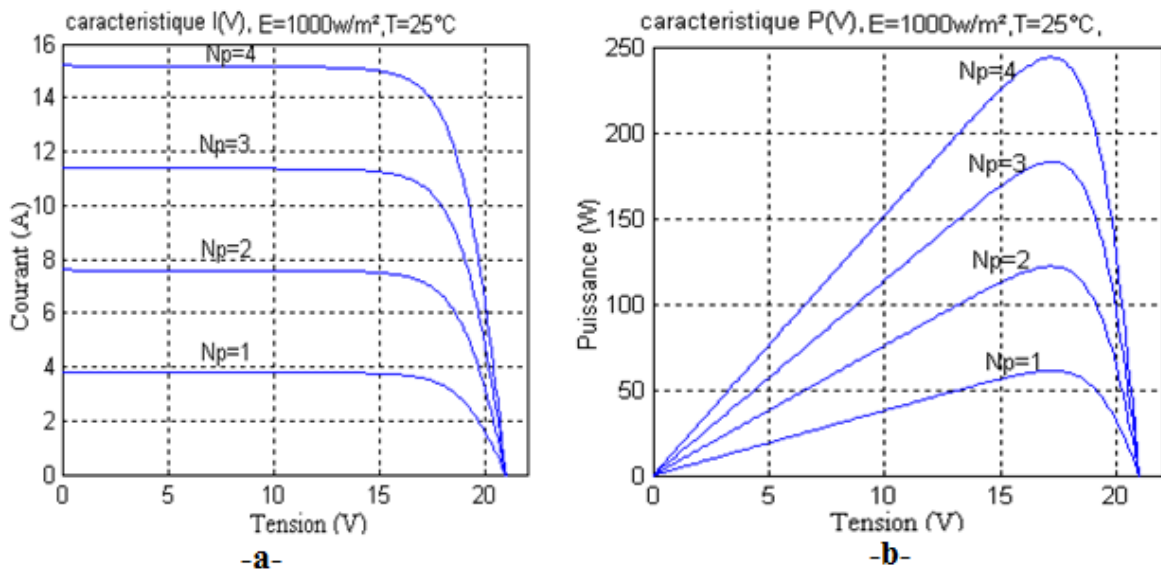


Figure I-11 : Caractéristique de nombre des modules en parallèles-a) tension-courant-b) tension-puissance

1.10.2.4 Influence de l'association mixte (Série + Parallèle) des cellules PV:

Pour avoir un courant et une tension satisfaisante, on est obligé d'utiliser un groupement mixte, c'est à dire Série-Parallèle [7].

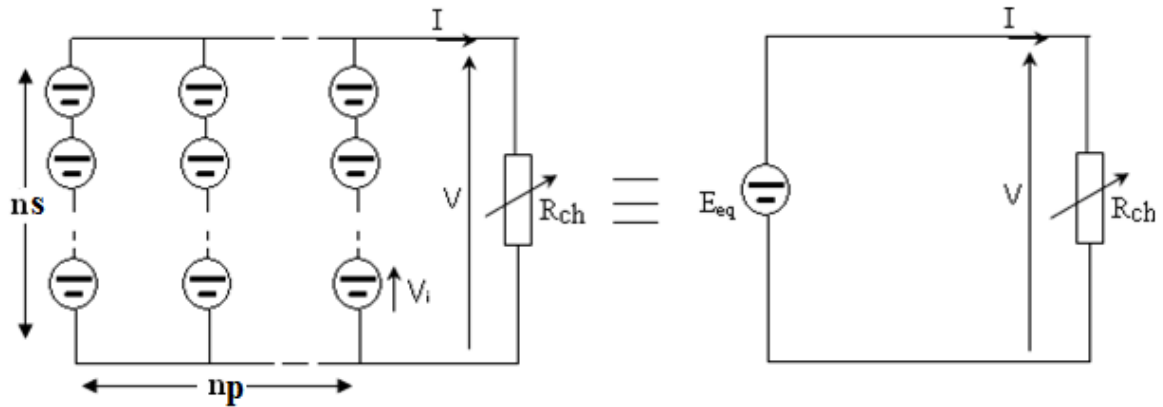


Figure I-12 : Association mixte N_s - N_p modules solaires

La caractéristique d'un groupement de N_s - N_p modules solaires en parallèle est représentée par la figure ci-dessous

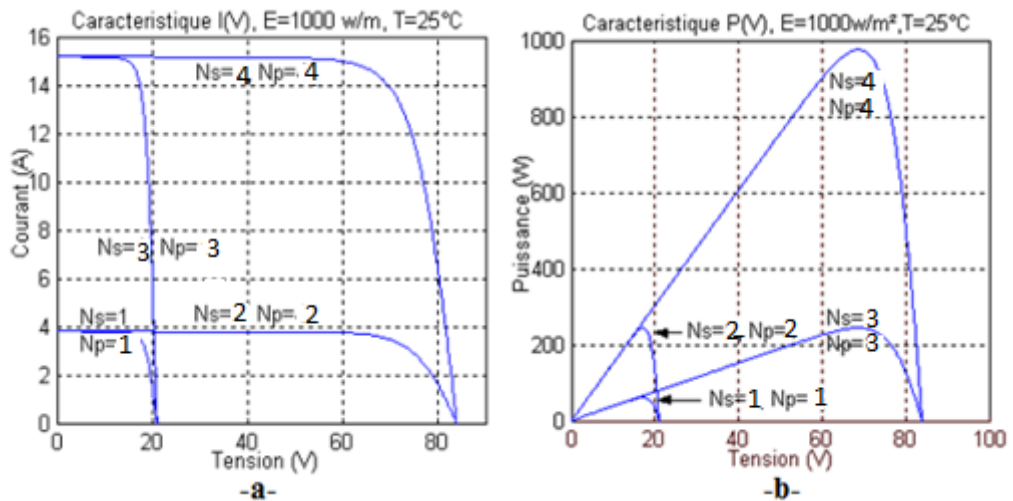


Figure I-13 : Caractéristique de l'association mixte N_s - N_p modules solaires.
 -a) caractéristique tension-courant. -b) caractéristique tension-puissance

I.10.2.5. Influence de l'éclairement et la température sur les courbes $I=f(V)$ et $P=f(V)$

La Figure I-14 montre l'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I=f(V)$. A une température constante, on constate que le courant subit une variation importante, mais par contre la tension varie légèrement. Car le courant de court-circuit est une fonction linéaire de l'éclairement alors que la tension de circuit ouvert est une fonction logarithmique [2, 3, 5, 6].

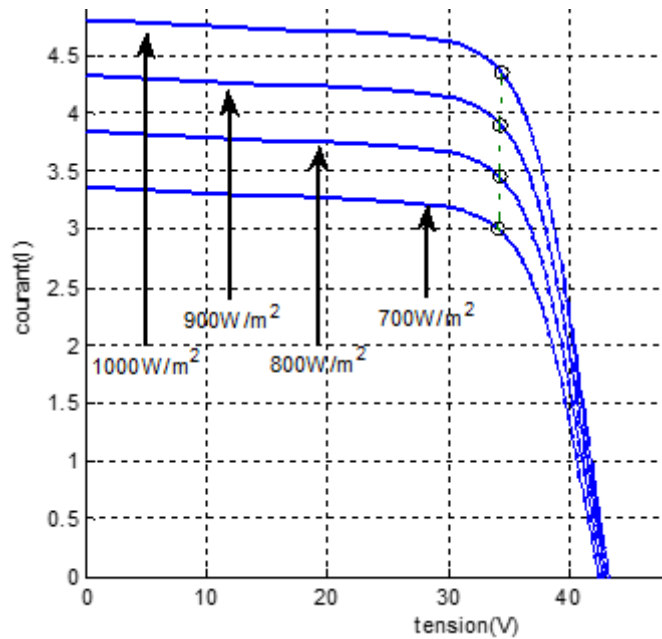


Figure I-14: L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I=f(V)$

La Figure I-15 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 $P(V)$ [6]

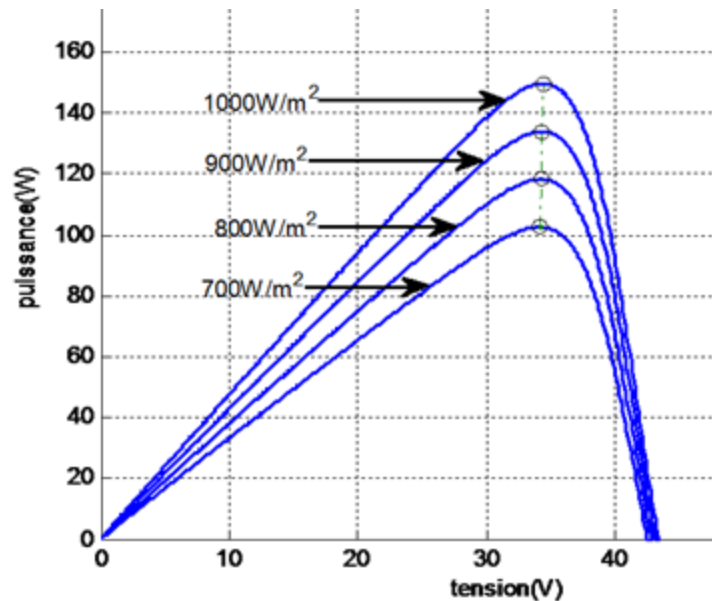


Figure I-15 :: L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $P=f(V)$

La Figure I-16 montre l'influence de la température sur la caractéristique $I=f(V)$. Il est essentiel de comprendre l'effet de changement de la température d'une cellule solaire sur la caractéristique $I=f(V)$. Le courant dépend de la température puisque le courant augmente légèrement à mesure que la température augmente, mais la température influe négativement sur la tension de circuit ouvert. Quand la température augmente la tension de circuit ouvert

diminue. Par conséquent la puissance maximale du générateur subit une diminution [5].

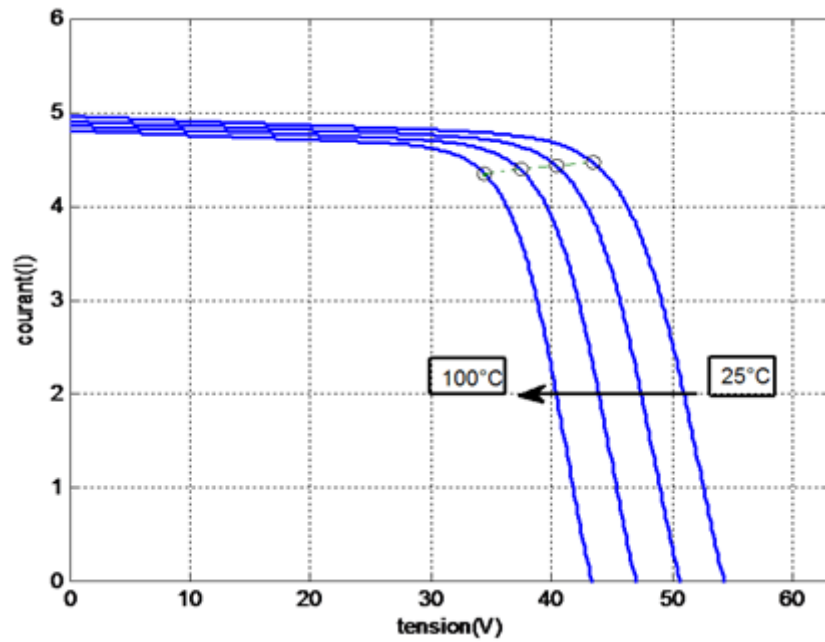


Figure I-16: L'influence de la température sur la caractéristique $I=f(V)$

La Figure I-17 illustre la variation de la puissance délivrée par le générateur en fonction de la tension pour différentes valeurs de la température, ce qui nous permet de déduire l'influence de la température sur la caractéristique $P=fct(V)$

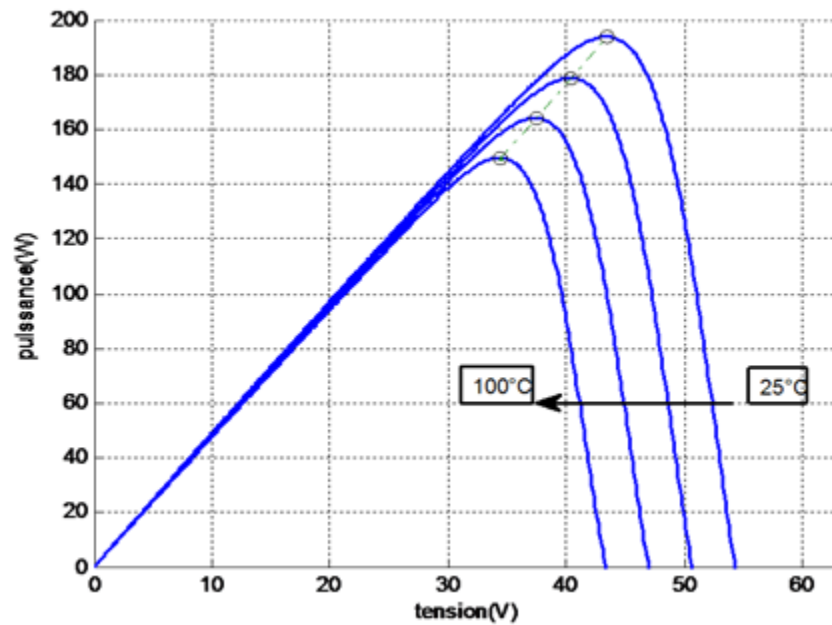


Figure I-17: L'influence de la température sur la caractéristique $P=f(V)$

I.11 Maximum power point tracking (MPPT)

I.11.1 Nécessité du MPPT

Le concept du MPPT est comparable à une adaptation d'impédance entre la source et le récepteur selon la loi du MPP (maximum power point), étant donné la non linéarité de la fonction I(V) de la cellule photovoltaïque, il est à noter : L'existence d'un point unique MPP sous un environnement particulier et qui est variable en fonction du flux lumineux et de la température.

Pour pallier à ces problèmes, depuis quelques années et à nos jours d'ailleurs différentes techniques ont été élaborées et mise en œuvre pour optimiser le système MPPT et donc améliorer le rendement du système photovoltaïque dans son ensemble [6].

I.12 Architecture du système photovoltaïque

Il existe plusieurs configurations pour connecter le générateur photovoltaïque à la charge [6].

- En connexion directe : la charge est reliée directement à la source photovoltaïque par câbles DC (Figure I-18)

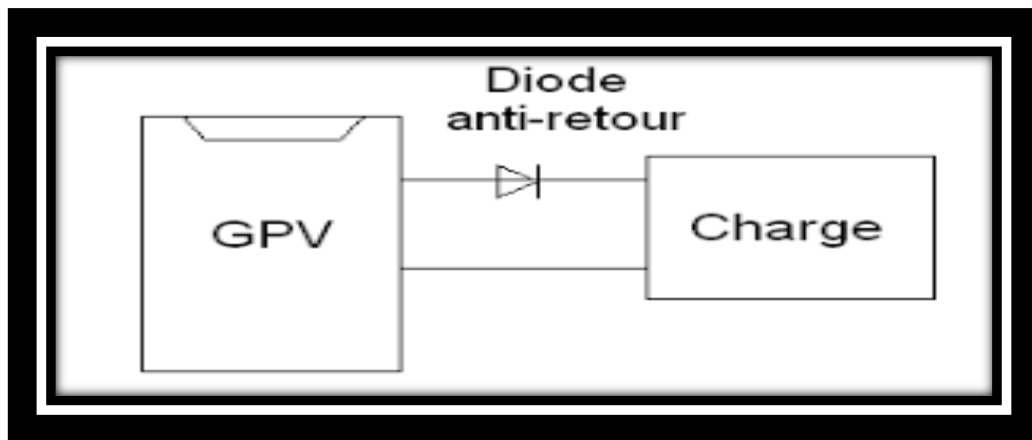


Figure I-18: Panneau en liaison directe.

En connexion indirecte: En ajoutant un étage d'adaptation comprenant un convertisseur statique DC/DC ou DC/AC selon le type de charge connectée et aussi cela dépend du cout et du rendement recherché. LA chaine de conversion d'énergie solaire comprenant un panneau photovoltaïque, un convertisseur BOOST, une commandeMPPT et une charge (Figure I-19).

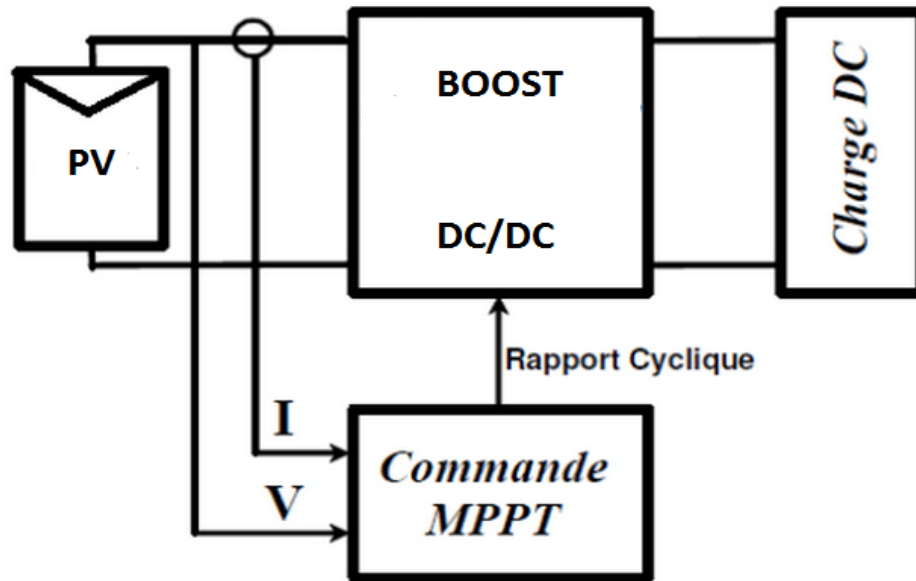


Figure I-19 : Panneau en liaison indirecte.

I.13 Stratégie du fonctionnement de MPPT

L'efficacité d'un système photovoltaïque n'est améliorée que si le panneau PV est actionné au PPM indépendamment des variations des conditions atmosphériques le procédé de localisation du MPP est basé sur différents modèles de calculs exécutés par des algorithmes de recherches [8].

Plusieurs techniques de MPPT sont proposées dans différentes littératures techniques qui diffèrent dans leurs complexités et leurs mises en œuvre qui dépendent des capteurs utilisés, citons parmi elles (directes et indirectes):P&O –incrémentation par inductance (IC)Hill Climbing.Pour ne pas nous attarder sur les différents aspects de ces différentes méthodes (ce qui n'est en fait pas le but de ce mémoire mais un outil nécessaire dans l'étude de l'ensemble du système générateur photovoltaïque et dans le souci de présenter un aperçu de cette dernière c'est –à-dire le fonctionnement du MPPT, on a opté pour la méthode communément la plus simple et la plus utilisée à savoir la méthode P&O (Perturbe and Observe).

I.13.1 Méthode de perturbation et d'observation (P&O):

C'est la méthode la plus utilisée vu sa simplicité. Une boucle de retour et peu de mesures sont nécessaires. La tension aux bornes des panneaux est volontairement perturbée d'une faible amplitude (augmentée ou diminuée) puis la puissance est comparée à celle obtenue avant perturbation. Précisément, si la puissance aux bornes des panneaux est augmentée à cause de la perturbation, la suivante est faite dans la même direction (cela signifie que le point de fonctionnement se trouve à gauche du MPP). Réciproquement, si la puissance diminue, la

nouvelle perturbation est réalisée dans le sens opposé.

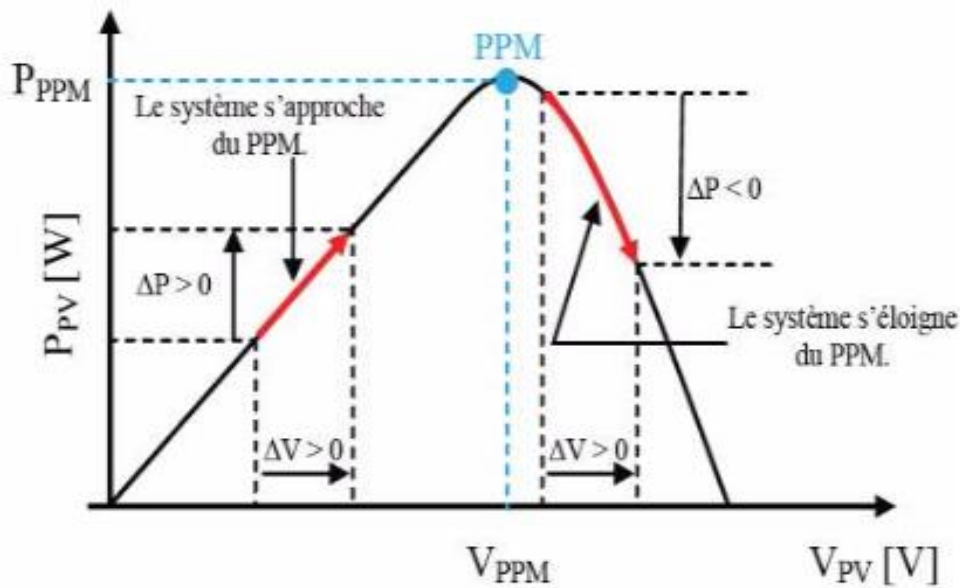


Figure I-20 : Caractéristique $P_{pv}(V_{pv})$ et fonctionnement de la méthode Perturbation et Observation.

A partir de ces diverses analyses sur les conséquences d'une variation de tension sur la caractéristique $P_{pv}(V_{pv})$, il est alors facile de situer le point de fonctionnement par rapport au MPP, et de faire converger ce dernier vers le maximum de puissance (voir Figure I-20).

En résumé, si suite à une perturbation de tension, la puissance PV augmente, la direction de perturbation est maintenue. Dans le cas contraire, elle est inversée pour reprendre la convergence vers le nouveau MPP. Un organigramme de fonctionnement de cette méthode est montré dans la Figure I-21.

Les avantages de cette méthode peuvent être récapitulés comme suit: la connaissance des caractéristiques de générateur photovoltaïque n'est pas exigée, c'est une méthode relativement simple. Néanmoins, en régime permanent, le point de fonctionnement oscille autour du MPP, provoquant ainsi une perte d'énergie [2].

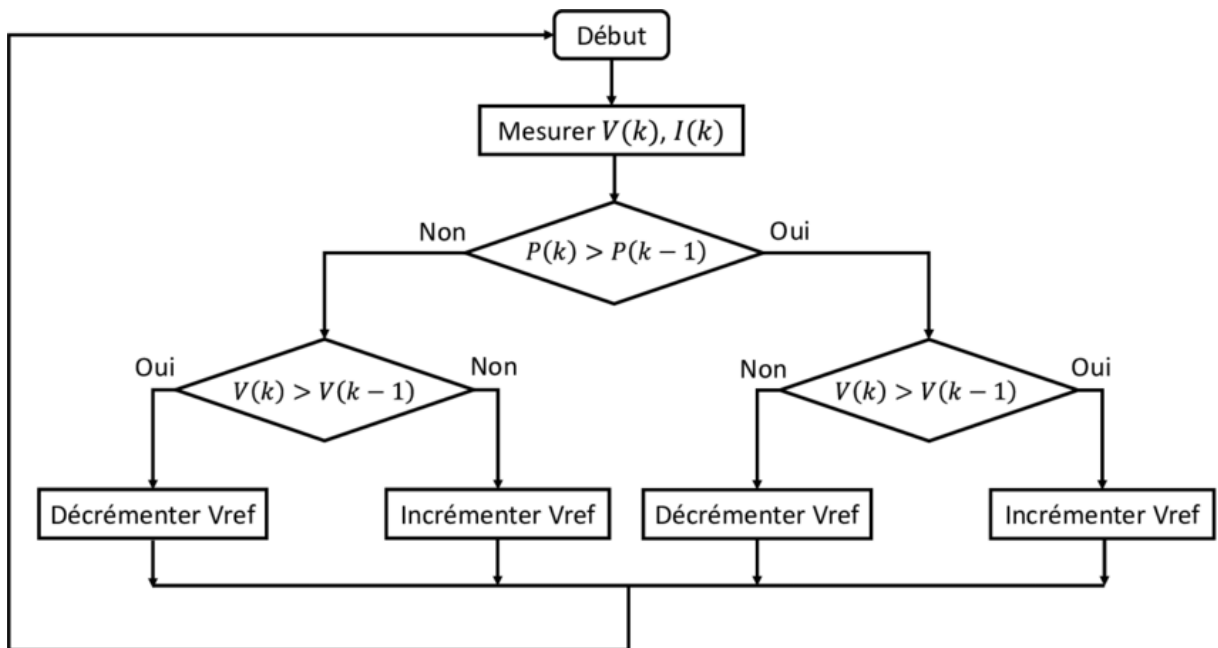


Figure I-21 : Algorithme P&O

I.14 Système de stockage :

La production d'énergie par les systèmes photovoltaïques est très fluctuante et dépend énormément des conditions météorologiques. C'est pourquoi, il faudra penser à stocker cette énergie pour la restituer pendant la nuit et les jours sans soleil et pour mieux adapter le générateur PV en fixant la tension du système [9].

I.14.1 Les batteries d'accumulateurs :

La batterie sert à stocker l'énergie produite par le champ de modules PV, elle est nécessaire pour faire face aux heures de non production. Le fait que l'énergie solaire ne soit pas disponible sur l'ensemble d'une période de fonctionnement du système alimenté impose l'utilisation de batteries dans les installations autonomes pour stocker l'énergie.

I.14.2 Les caractéristiques principales d'un accumulateur :

Les caractéristiques principales d'un accumulateur [9] sont comme suit :

Une batterie : est constituée d'un certain nombre d'éléments (cellules) connectés en série le plus souvent et parfois en parallèle.

Tension nominale : U (unité : le volt, V) : tension moyenne d'une batterie observée sur la plus grande partie de sa courbe de décharge.

Tension à vide : tension mesurée aux bornes d'une batterie non connectée à une charge.

Tension en charge : tension mesurée aux bornes d'une batterie connectée à sa charge Récepteur, déchargeur, résistance...). C'est-à-dire délivrant un courant.

Courant : I (Unité l'ampère, A ou le mA) : Courant circulant dans les câbles et résultant de la connexion d'une charge a une batterie.

Capacité : C (Unité l'ampère-heure, Ah ou le mAh) Capacité énergétique d'une batterie à délivrer un certain courant pendant un certain temps, (Des ampères fois des heures A×h).

Energie massique ou densité énergétique : D (Unité le wattheure par kilogramme, Wh/kg) :C'est le rapport entre la capacité d'une batterie à délivrer une certaine puissance pendant un certain temps et son poids. Notion importante en vol indoor, en propulsion électrique et pour les maniaques du poids.

I.14.3 Modélisation de stockage :

Vue la grande diversité de type d'éléments de batterie ainsi le nombre très varié de paramètres qui interviennent, une représentation très empirique du comportement de la batterie peut être établie. Le système de stockage utilisé dans une installation photovoltaïque est une batterie d'accumulateur au plomb. Jusqu'à maintenant, il existe plusieurs modèles de la charge de batterie ont été proposés.

Dans cette étude, nous avons utilisé un modèle peut être décrit par (Bogdan et Salameh,1996) qui permet de calculer la capacité de stockage en fonction de la puissance produite par le générateur photovoltaïque et la charge demandée[10].

a) Modèle de la charge de la batterie :

Quand la puissance de générateur PV est plus grande que la charge, les batteries sont à l'état de charge, la capacité des batteries au temps t peut être décrite par [11] :

$$C_{Bat}(t) = C_{Bat}(t-1).(1 - \sigma) + (P_{pv}(t) - P_L(t)/\eta_{inv}).\eta_{Bat} \quad (I-5)$$

$C_{Bat}(t)$ $C_{Bat}(t-1)$ sont les quantités de la charge et la décharge des batteries au temps(t) et (t-1) respectivement, σ est le taux horaire de la charge spontanée, P_{pv} est la puissance du générateur PV, P_L est la charge demandée au temps t, η_{ond} et η_{Bat} sont le rendements de l'onduleur et de la batterie successivement.

Pendant la charge de la batterie, le rendement est 0.65–0.85 selon le chargeant courant), par contre pendant le processus de décharge, le rendement de batterie a été mis égal à 1

b) Modèle de la décharge de la batterie :

Quand la demande de charge est plus grande que la puissance produite, la capacité des batteries au temps t peut être exprimée comme suite [10] :

$$C_{Bat}(t) = C_{Bat}(t-1).(1 - \sigma) + (P_L(t)/\eta_{inv} - P_{pv}(t)) \quad (I-6)$$

A tout moment, la quantité de charge des batteries est sujette aux contraintes

suivantes :

$$C_{Bat \min} \leq C_{Bat}(t) \leq C_{Bat \max}$$

Ici, la capacité de la batterie maximale prend la valeur de la capacité nominale de la batterie ($C_{Bat \max} = C_{Bat \min}$), et la capacité minimum est déterminée par le profondeur de la charge (DOD) [12]:

$$C_{Bat \min} = DOD \cdot C_{Bat \cdot N}$$

La valeur maximale de l'état de charge (SOC) est égale à 1, et le minimum est déterminé par le maximum de profondeur de décharge, $SOC_{\min} = 1 - DOD$.

Selon les caractéristiques des fabricants, la durée de vie des batteries peut être prolongée au maximum si DOD prend les valeurs de 30-50% [10].

La capacité de stockage est une fonction de la charge demandée et de son autonomie.

Elle peut être estimée par la relation suivante:

a capacité de stockage est une fonction de la charge demandée et de son autonomie.

Elle peut être estimée par la relation suivante:

$$C_{Bat} = \frac{EL \cdot Na}{\eta_{Bat} \cdot F_{déch} \cdot DOD} [wh] \quad (I-7)$$

Ou encore :

$$C_{Bat} [Ah] = \frac{C_{Bat}}{V_b} [wh] \quad (I-8)$$

C_{Bat} : La capacité de stockage de la batterie.

Na : Le nombre de jours d'autonomie.

V_b : La tension du système.

DOD : La profondeur de décharge.

I.15. Système de régulation :

Les systèmes de régulation de charge sont des éléments d'un système photovoltaïque qui ont pour but de contrôler la charge et la décharge d'une batterie afin d'en maximiser la durée de vie. Son rôle principal est de réduire le courant lorsque la batterie est presque entièrement chargée. Lorsqu'une batterie se rapproche d'un état de charge complète, de petites bulles commencent à se former sur les électrodes positives. A partir de ce moment, il vaut mieux réduire le courant de charge non seulement pour éviter des dégâts mais aussi afin de mieux atteindre l'état de charge complète. Un courant trop élevé peut provoquer une déformation des électrodes à l'intérieur, ce qui pourrait créer un court-circuit. Le régulateur de charge assure deux fonctions principales:

La protection des batteries contre les surcharges et les décharges profondes.

L'optimisation du transfert d'énergie du champ PV à l'utilisation.

La tension aux bornes de la batterie est l'indication sur laquelle s'appliquera le régulateur pour assurer sa fonction. Le régulateur mesure en permanence cette tension et la compare à deux seuils de tension pré-régler : seuil haut et seuil bas. Il existe plusieurs types de régulateurs [11] :

I.15 Régulation de décharge :

La régulation de décharge s'effectue par un comparateur qui compare la tension de la batterie à un seuil de tension pré-régulé bas et transmet l'information à un circuit de commande. Ce dernier arrête de décharger lorsque la tension par élément dépasse la tension de seuil.

I.15.1 Régulation de la charge :

La régulation de la charge effectuée par une réduction de courant lorsque la batterie est chargée, on évite la charge lorsque la tension par élément dépasse la tension de surcharge. Il existe plusieurs types de montage de régulation de charge pour les batteries au plomb.

a) Régulations de charge série :

Le principe consiste à intercaler entre le panneau PV et la batterie un dispositif qui module le courant. Le dispositif fonctionne de la manière suivante :

Tant que la tension U_{bat} aux bornes de la batterie est inférieure à la tension de la diode Zener U_z , le courant délivré par le panneau charge la batterie à travers un transistor se bloque, et le courant ne passe qu'à travers la résistance.

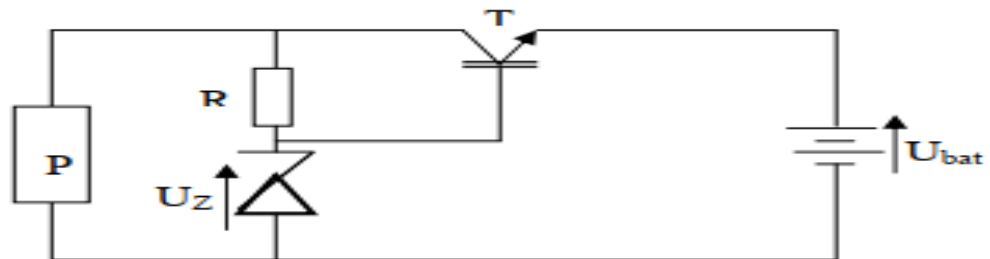


Figure I-22: Schéma de principe d'un régulateur de charge série

b) Régulateur de charge de coupure :

Ce régulateur comporte un relais qui connecte et déconnecte le générateur PV à deux seuils différents et qui sont commandés par une unité de contrôle. Ils mesurent en permanence la tension aux bornes de la batterie.

c) Régulateur de charge à découpage

Ce type de régulateur utilise un convertisseur continu - continu qui délivre à la batterie sa tension de flottement chaque fois que la tension de la batterie atteint le seuil haut.

d) Régulateur de charge série à coupure partielle :

Ce type de régulateur permet de fractionner le panneau PV en deux parties. Chacune délivrer une même tension selon le principe suivant : une partie du panneau charge la batterie à travers un régulateur de charge série à coupure tant que l'autre partie est branchée directement pour la charge de la batterie en permanence.

e) Régulateur de charge parallèle :

Ce type de régulateur est utilisé en dérivation sur le panneau solaire. Il permet de dissiper l'énergie excédentaire sous forme calorifique grâce à des composants de puissances selon le principe suivant [10]:

Lorsque la tension de la batterie est faible, le transistor T est bloqué, le courant et la tension aux bornes de la résistance est faible alors tout le courant délivré par le générateur charge la batterie. Si la tension aux bornes de la diode Zener atteint la valeur de référence, le courant I augmente brusquement, le transistor T devient passant et il délivre une partie du courant de charge.

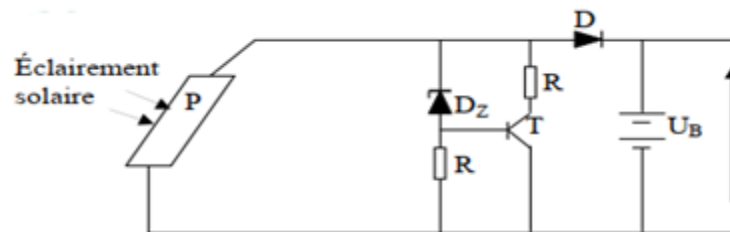


Figure (I-23) : Schéma de principe d'un régulateur de charge parallèle

I.16. Conclusion

Nous avons présente dans ce premier chapitre les différents éléments qui constituent le Générateur photovoltaïque en partant de la cellule photovoltaïque premier élément principal du générateur photovoltaïque avec ses caractéristique et paramètres électriques qui définissent sa puissance exploitable, aussi nous avons soulevé le rôle déterminant du Système MPPT pour extraire le maximum de puissance maximum du générateur, grâce un modelé de loi de commande qui permet de trouver le point maximum, ce même système permet de contrôler le convertisseur de puissance pour une meilleure adaptation possible entre le générateur et la charge

Chapitre II

Les Convertisseur de puissance dans les systèmes photovoltaïques (SPV)

Les Convertisseur de puissance dans les systèmes photovoltaïques (SPV)

II.1. Introduction :

Les convertisseurs sont des appareils servent à transformer l'énergie fournie par les panneaux ou les batteries pour l'adapter à des récepteurs fonctionnant en une tension continue différente ou une tension alternative.

L'étude du convertisseur est intéressante dans la mesure où il est utilisé dans la plupart des nouveaux types de sources de production d'énergie dispersée connectée au réseau et autonome (éolienne, photovoltaïque, pile à combustible...).

Le but de ce chapitre est l'étude des quelques types convertisseurs hacheurs DC-DC, utilisés dans les systèmes photovoltaïques. Comme le hacheur abaisseur (Buck), élévateur (Boost) et mixte ou abaisseur-élévateur (Buck-Boost).

II.2. Les convertisseurs DC-DC (hacheurs) :

Le hacheur est un convertisseur continue/continue permettant de convertir une énergie continue à un niveau donné de tension (ou de courant) en une énergie continue à un autre niveau de tension (ou de courant). Son utilisation s'avère nécessaire pour stocker l'énergie photovoltaïque dans des batteries.

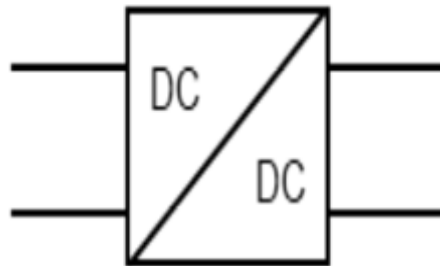


Figure II-1 : Schéma de principe de la conversion Continu-continu.

Les convertisseurs DC/DC (hacheur)les plus utilisés sont :

- Convertisseur Buck (Hacheur série)
- Convertisseur Boost (Hacheur parallèle)
- Convertisseur Buck-Boost (Hacheur série-parallèle)

II.3. Convertisseur Buck:

Le hacheur Buck est un convertisseur statique réglant le Transfer d'énergie entre une générateur de tension continue est une source de courant continu et le convertisseur Buck peut être souvent trouvé dans la littérature sous le nom de hacheur dévolteur ou hacheur série. La Figure II-2 présente le schéma de principe du convertisseur Buck.

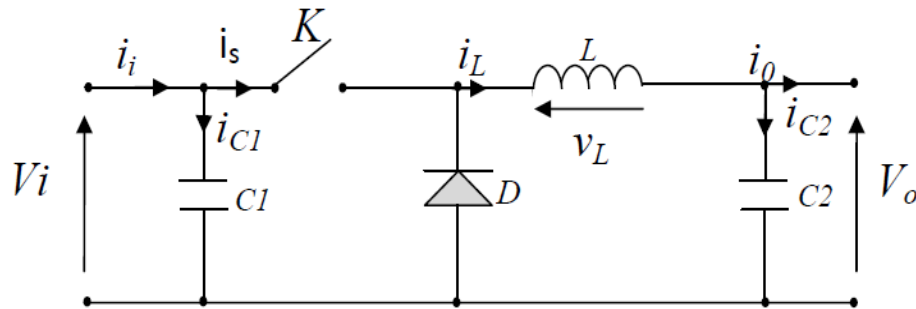


Figure II-2 : présente le schéma de principe du convertisseur Buck

II.3.1. Principe de fonctionnement du convertisseur Buck :

Le fonctionnement d'un convertisseur Buck peut être divisé en deux configurations en mode de conduction continu suivant l'état de l'interrupteur k. La Figure II-3 montre le schéma équivalents du hacheur Buck (a) : K fermé, (b) : K ouvert

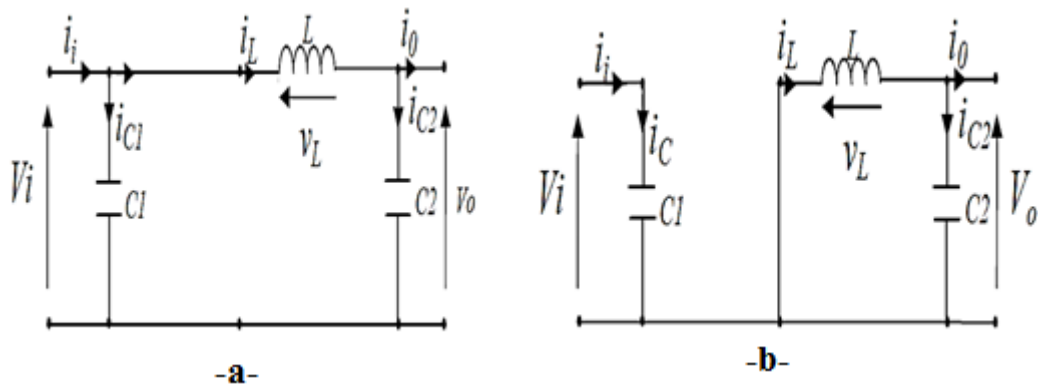


Figure II-3: Schéma équivalents du hacheur Buck

-a) : K fermé. -b) : K ouvert

En appliquant les lois de Kirchhoff sur les deux circuits de la Figure II-3, on obtient les systèmes d'équations suivants [12] :

Pour la première période d.Ts :

$$\begin{cases} i_{c1}(t) = C_1 \frac{dV_i(t)}{dt} = i_i(t) - i_L(t) \\ i_{c2}(t) = C_2 \frac{dV_0(t)}{dt} = i_L(t) - i_0(t) \\ V_L(t) = L \frac{di_L}{dt} = V_i(t) - V_0(t) \end{cases} \quad (II-1)$$

Pour la deuxième période $(1-d)T_s$:

$$\begin{cases} i_{c1}(t) = C_1 \frac{dV_i(t)}{dt} = i_i(t) \\ i_{c2}(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} = i_L(t) - i_0(t) \\ V_L(t) = L \frac{di_L}{dt} = -V_0(t) \end{cases} \quad (II-2)$$

Pour trouver une représentation dynamique valable pour toute la période T_s , on utilise généralement l'expression suivante [7] :

$$\left(\frac{dx}{dt}\right) T_s = \frac{dx}{dt} T_s + \frac{dx}{dt(1-D)T_s} (1-d) T_s \quad (II-3)$$

En appliquant la relation (II-3) sur les systèmes d'équations (II-1) et (II-2), on obtient les équations qui régissent le système sur une période entière :

$$\begin{cases} C_1 \frac{dV_i(t)}{dt} T_s = dT_s (i_i - i_L) + (1-d)T_s i_i \\ C_2 \frac{dV_0(t)}{dt} T_s = dT_s (i_L - i_0) + (1-d)T_s (i_L - i_0) \\ L \frac{di_L}{dt} = dT_s (V_i - V_0) + (1-d)T_s (-V_0) \end{cases} \quad (II-4)$$

Après arrangement, on obtient :

$$\begin{cases} i_0(t) = i_L(t) - C_2 \frac{dV_0(t)}{dt} \\ i_L(t) = \frac{1}{d} (i_i(t) - C_1 \frac{dV_i(t)}{dt}) \\ V_i(t) = \frac{1}{d} (L \frac{di_L}{dt} + V_0(t)) \end{cases} \quad (II-5)$$

II.4. Hacheur Boost :

Le hacheur Boost est un convertisseur statique réglant le transfert d'énergie entre une tension continue en une autre tension continue de plus forte valeur, appelé également hacheur survolteur ou hacheur parallèle Figure II-4

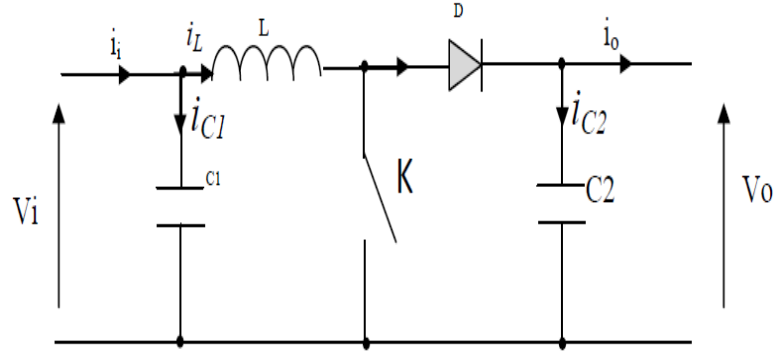


Figure II-4 : Schéma de principe d'un convertisseur Boost

II.4.1. Principe de fonctionnement du convertisseur Boost :

Le fonctionnement d'un convertisseur Boost peut être divisé en deux configurations en mode de conduction continu suivant l'état de l'interrupteur k. La Figure II-5 montre le schéma équivalents du hacheur Boost (a) : K fermé, (b) : K ouvert

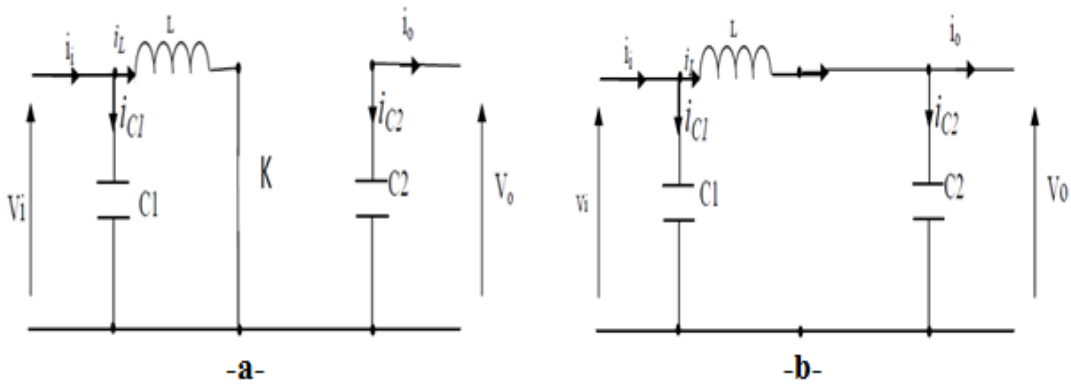


Figure II-5 : Schéma équivalents du hacheur Boost (a) : K fermé, (b) : K ouvert

En appliquant les lois de Kirchhoff sur les deux circuits de la Figure II-5, on obtient les systèmes d'équations suivants [12]:

Pour la première période d.Ts :

$$\begin{cases} i_{c1}(t) = C_1 \frac{dV_i(t)}{dt} = i_i(t) - i_L(t) \\ i_{c2}(t) = C_2 \frac{dV_o(t)}{dt} = -i_o(t) \\ V_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} = -V_i(t) \end{cases} \quad (II-6)$$

Pour la deuxième période (1-d)T_s

$$\begin{cases} i_{c1}(t) = C_1 \frac{dV_i(t)}{dt} = i_i(t) - i_L(t) \\ i_{c2}(t) = C_2 \frac{dV_o(t)}{dt} = i_L(t) - i_o(t) \\ V_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} = V_i(t) - V_o(t) \end{cases} \quad (II-7)$$

En appliquant la relation (II-3) sur les systèmes d'équations (II-6) et(II-7), Comme pour le convertisseur dévolteur, on trouve le modèle approximé du convertisseur survolteur [12]

$$\begin{cases} i_L = i_i - C_1 \frac{dV_i(t)}{dt} \\ i_o = (1 - d)i_L - C_2 \frac{dV_o(t)}{dt} \\ V_o(t) = L \frac{di_L}{dt} = (1 - d)V_i \end{cases} \quad (II-8)$$

II.5. Hacheur Buck-Boost :

Le convertisseur Buck-Boost Figure II-6 est également appelé abaisseur-élevateur par son aptitude à fournir une tension plus faible, ou plus élevée que celle appliquée en son entrée. Ceci dépend de la valeur du rapport cyclique.

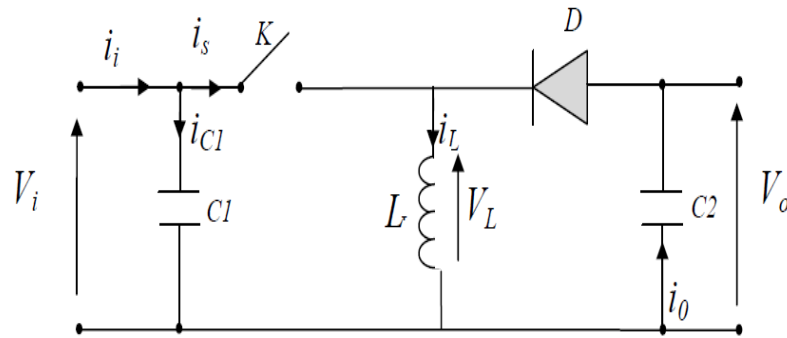


Figure II-6 : Schéma de principe d'un convertisseur Buck-Boost

II.5.1. Principe de fonctionnement du convertisseur Buck-Boost :

Le fonctionnement d'un convertisseur Buck-Boost peut être divisé en deux configurations en mode de Conduction continu suivant l'état de l'interrupteur k. La Figure II-7 montre le schéma équivalents du hacheur *Buck-Boost* (a) : K fermé, (b) : K ouvert

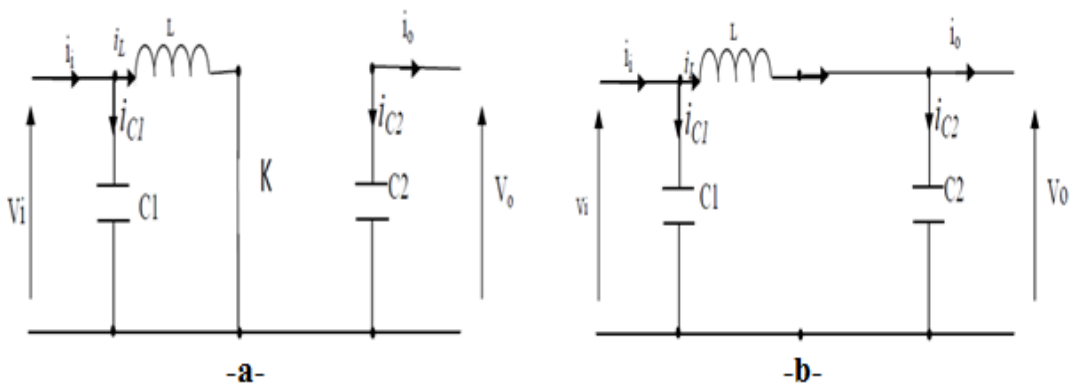


Figure II-7 : Schéma équivalents du hacheur *Buck-Boost* (a) : K fermé, (b) : K ouvert

En appliquant les lois de Kirchhoff sur les deux circuits de la figure (II.7), on obtient les systèmes d'équations suivants [12] :

Pour la première période $d.T_s$:

$$\begin{cases} i_{c1}(t) = C_1 \frac{dV_i(t)}{dt} = i_i(t) - i_L(t) \\ i_{c2}(t) = C_2 \frac{dV_o(t)}{dt} = -i_o(t) \\ V_L(t) = L \frac{di_L}{dt} = V_i(t) \end{cases} \quad (II-9)$$

Pour la deuxième période $(1-d) T_s$

$$\begin{cases} i_{c1}(t) = C_1 \frac{dV_i(t)}{dt} = i_i(t) - i_L(t) \\ i_{c2}(t) = C_2 \frac{dV_o(t)}{dt} = i_L(t) - i_o(t) \\ V_L(t) = L \frac{di_L}{dt} = V_o(t) \end{cases} \quad (II-10)$$

En appliquant la relation (II-3) sur les systèmes d'équations (II-9) et(II-10), on trouve le modèle approximé du convertisseur dévolteur-survolteur [12] :

$$\begin{cases} i_L = \frac{1}{d} \left(i_i - C_1 \frac{dV_i(t)}{dt} \right) \\ i_o(t) = -(1-d)i_L - C_2 \frac{dV_o(t)}{dt} \\ V_i(t) = \frac{1}{d} \left(-(1-d)V_o + L \frac{di_L}{dt} \right) \end{cases} \quad (II-11)$$

I.16 Les onduleurs

Un onduleur est un convertisseur statique assurant la conversion d'énergie électrique de la forme continue (DC) à la forme alternative (AC). En fait, cette conversion d'énergie est satisfaite au moyen d'un dispositif de commande (semi-conducteurs). Il permet d'obtenir aux bornes du récepteur une tension alternative réglable en fréquence et en valeur efficace, en utilisant ainsi une séquence adéquate de commande [12].

I.16.1 Principe de fonctionnement d'un onduleur :

Un onduleur est un dispositif électronique assurant la conversion statique d'une tension/courant continu en tension /courant alternatif. Il est dit autonome s'il assure de lui-même sa fréquence et sa forme d'onde. Deux types d'onduleurs sont donc utilisés pour assurer une telle conversion [12].

- Onduleur Monophasé.
- Onduleur Triphasé.

I.16.1.1 Onduleur Monophasé :

Ce type d'onduleur délivrant en sa sortie une tension alternative monophasée, est généralement destinée aux alimentations de secours. Deux classes d'onduleurs monophasés sont à distinguer, suivant leur topologie :

- 1) Onduleur monophasé en demi-pont.
- 2) Onduleur monophasé en pont (Pont H) [12].

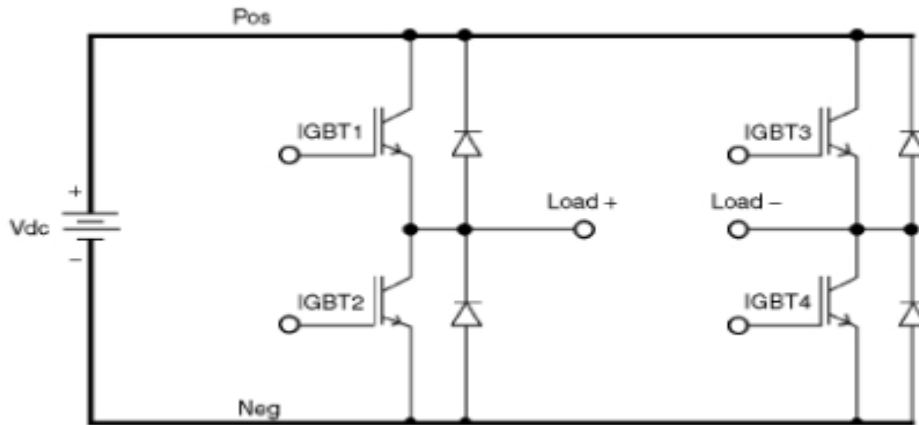


Figure II-8 : schéma d'un onduleur monophasé

I.16.1.2 Onduleur triphasé :

Ce type d'onduleur est généralement recommandé pour des applications de grande puissance. La structure de tel convertisseur se fait par l'association, en parallèle, de trois onduleurs monophasés en demi pont (ou en pont) donnant trois tensions de sortie déphasées de 120° degrés, l'une par rapport à l'autre.

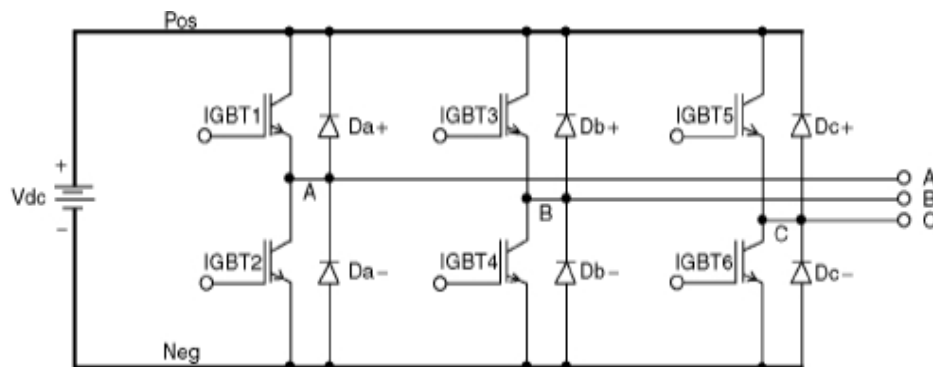


Figure II-9 : schéma d'un onduleur triphasé

I.7.Conclusion :

Dans ce chapitre, on a exposé brièvement quelques topologies de base des alimentations à découpage, qui ne sont rien d'autres que des convertisseurs continus-continus. Comme le

convertisseur dévolteur, convertisseur survolteur et convertisseur dévolteur-survolteur. et nous avons présenté la théorie sur les onduleurs et leur Principe fonctionnements. Dans le chapitre prochain, on présentera une étude sur les convertisseurs statiques DC-AC (onduleurs) et DC-DC (hacheurs).

Chapitre III

Etudes des systèmes PV autonome

Etudes des systèmes PV autonome

III.1 Introduction

Le système photovoltaïque autonome, non raccordé aux réseaux, répond aux besoins en électricité de ceux qui – trop éloignés – n'ont pas accès aux réseaux de distribution comme de ceux qui souhaitent s'affranchir de la contrainte du « branchement ».

Le présent chapitre, présente la simulation deux systèmes photovoltaïque autonome alimentent une charge 10kw à l'aide de logiciel MATLAB/Simulink. Le premier système isolé de type connexion directe du PV alimente une charge triphasée. Et l'autre plus complexe de type connexion indirecte de PV, adapté par une commande MPPT « perturbation et observation » et un contrôleur de batterie.

III.2 Système autonome de type connexion directe du PV :

La modélisation de l'ensemble du système photovoltaïque isolé avec connexion directe du PV sur une charge triphasée sous SIMULINK est présentée à la Figure III-1. Le système proposé comprend des panneaux solaires qui délivre une puissance maximale de l'ordre de 10.8KW dans les conditions standards de fonctionnement délivrent une tension continue qui avoisine 800V, cette tension est appliquée au onduleur triphasé et transmise à la charge via un filtre LC.

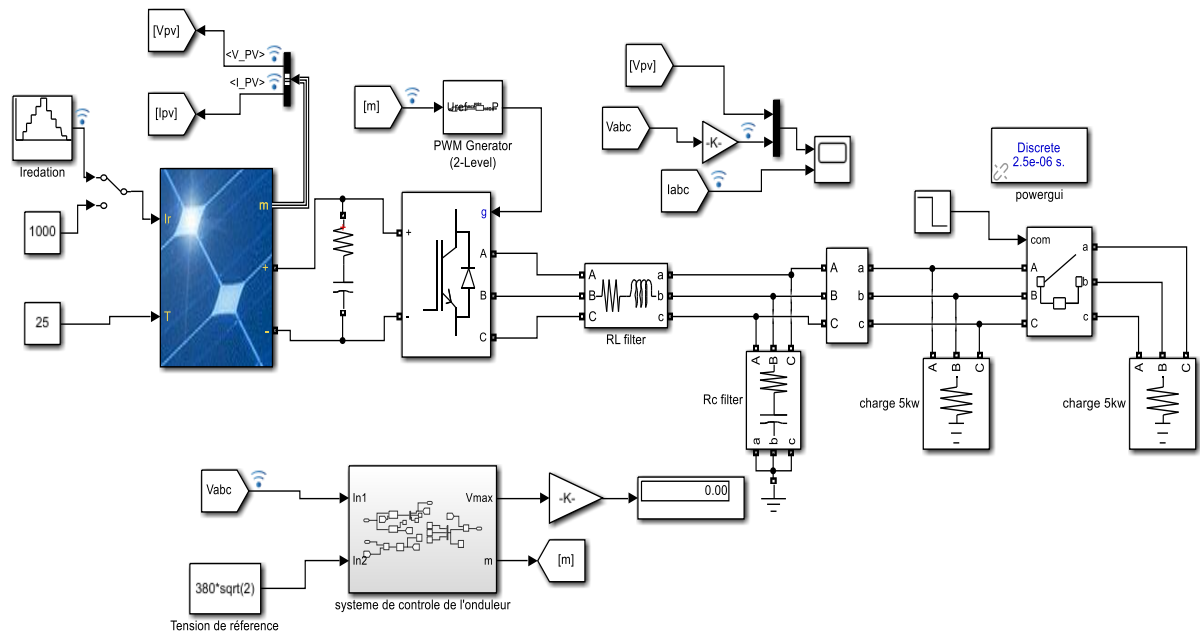


Figure III-1 : simulation du système isolé connexion directe du PV

III.2.1 Présentation du Bloc de contrôle de l'onduleur

Le contenu du bloc contrôle de l'onduleur est illustré à la figure III.2.

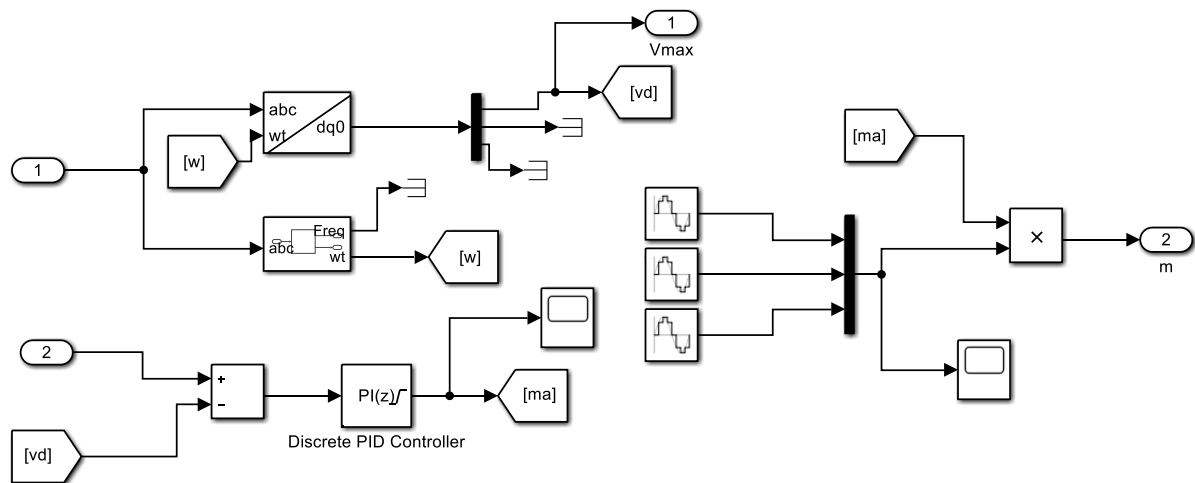


Figure III-2 : Bloc de contrôle de l'onduleur

III.2.2 Résultats de la simulation

Afin d'analyser le comportement du système PV, nous allons le soumettre à deux types de variation :

Variation d'irradiation

Variation de charge

III.2.2.1 Comportement du système face à une variation d'irradiation

Le système PV fait face tous le temps à des variations d'irradiation, notre système PV est soumis à des variations d'irradiation. La tension délivrée par le panneau solaire V_{pv} n'est pas stable ce qui influence la puissance délivrée par les panneaux variant ainsi la tension qui est appliqué à l'onduleur, mais la tension de sortie triphasé V_s reste insensible à ces variations grâce au contrôleur qui délivre un signal de commande m approprié, mais le courant triphasé I_s change en fonction des variations.

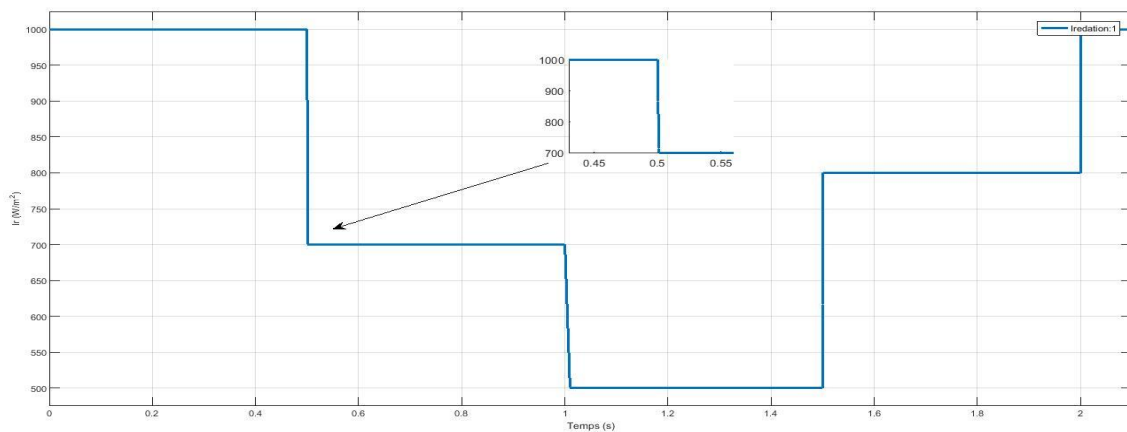


Figure III-3 : variation de luminosité

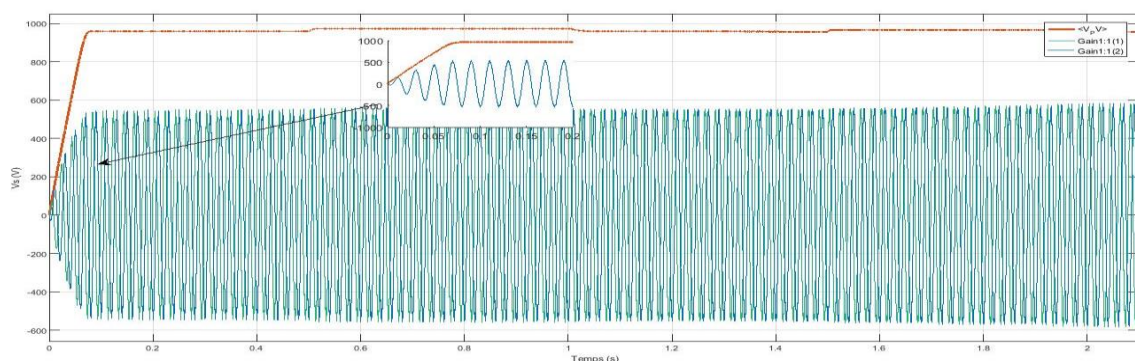


Figure III-4 : Allure de la tension VS face à la variation de temps

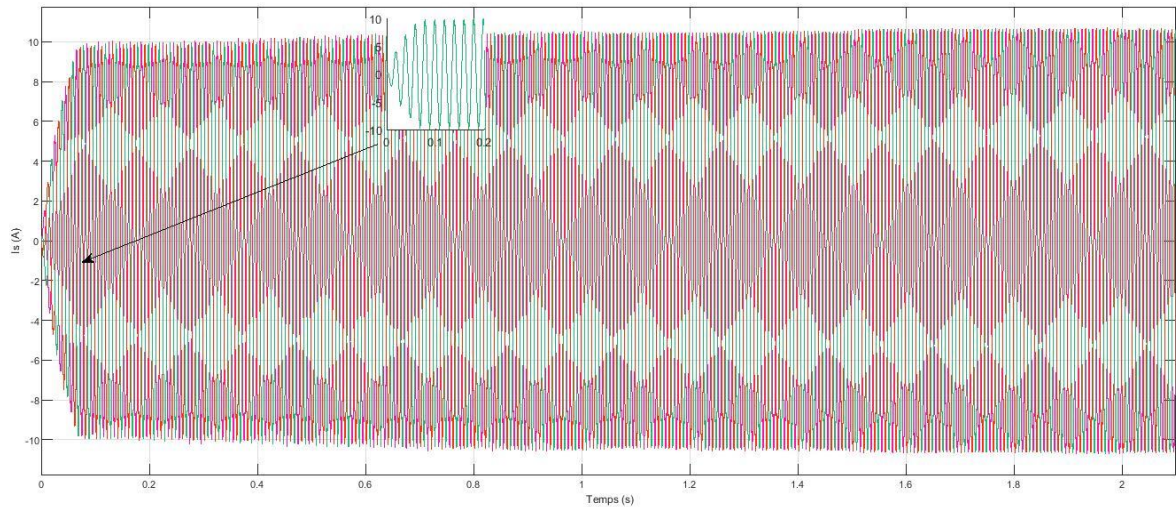


Figure III-5 : Allure du courant IS face à la variation de temps

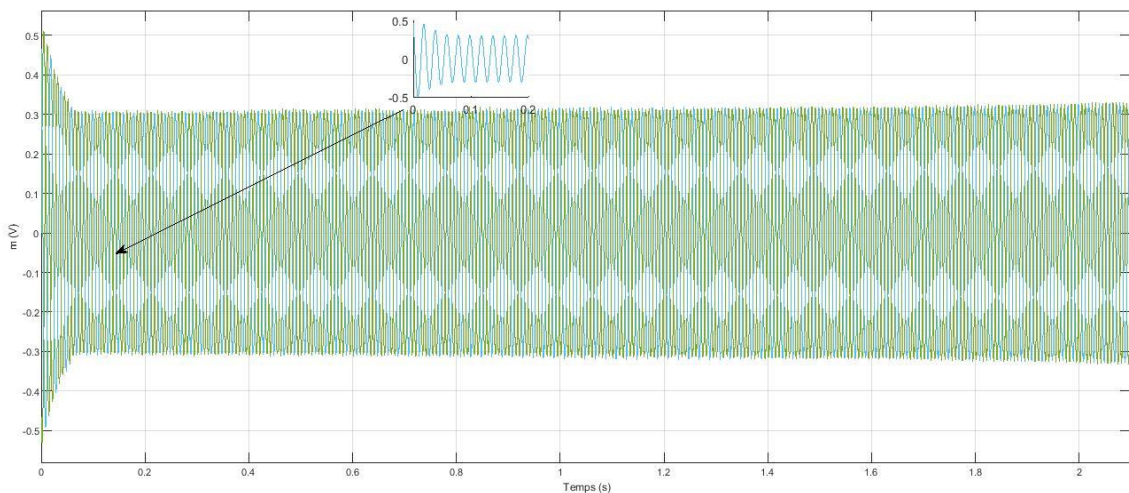


Figure III-6 : signal de commande m

III.2.2.2 Comportement du système face à une variation de charge :

Les systèmes PV sont souvent soumis à des variations de charge qui entraîne le changement du point de fonctionnement du panneau solaire. Après simulation le système est sensible à la perturbation. Le courant délivrer change sous l'effet de la charge, la tension subis une légère variation figure mais la tension des panneaux et influencer par le changement III.7

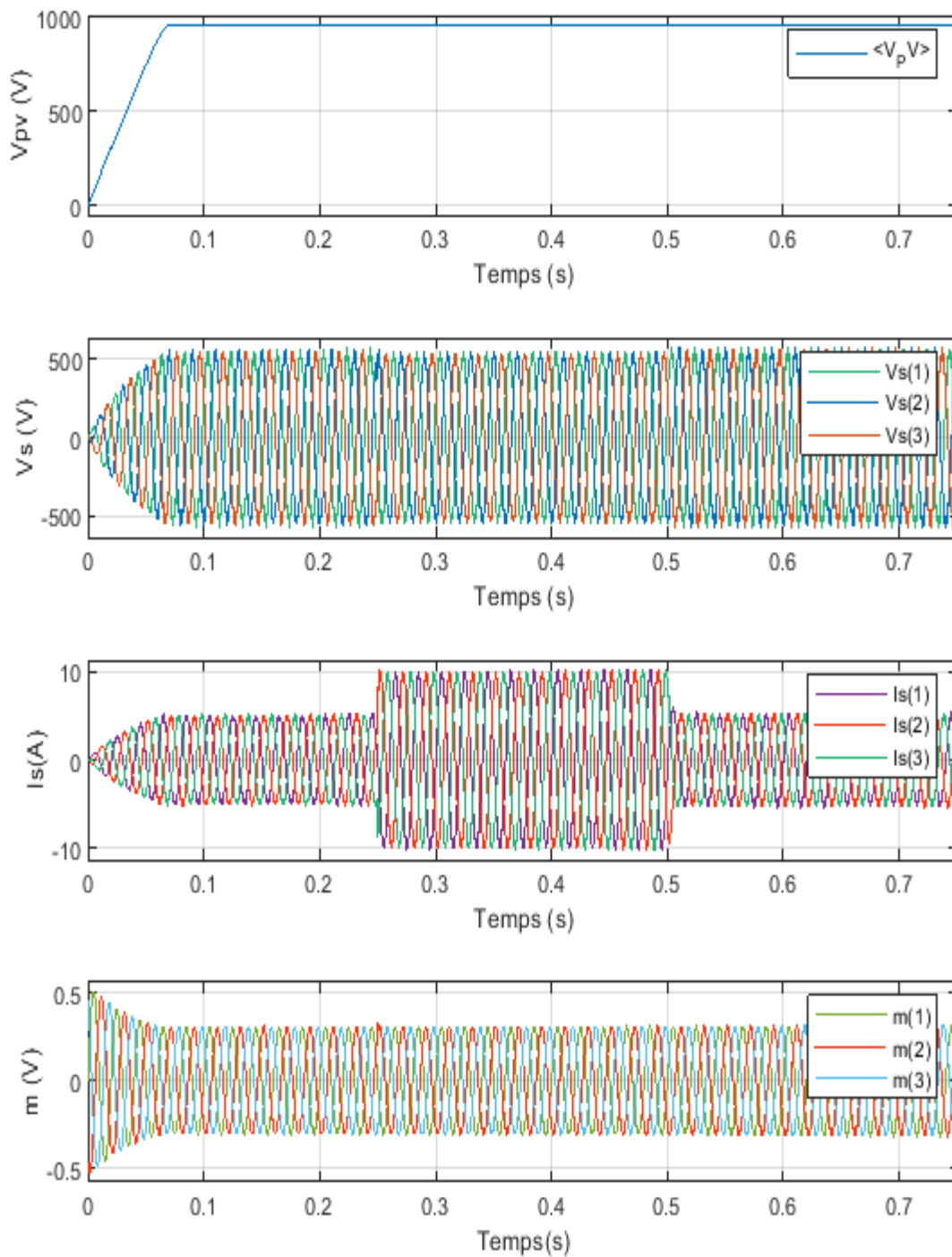


Figure III-7 : Comportement du système face à une variation de charge

III.3 Connexion indirecte du PV

La modélisation de l'ensemble du système photovoltaïque isolé avec connexion indirecte du PV sous SIMULINK est présentée à figure III.5. Le système proposé comprend des panneaux solaires qui délivre une puissance maximale de l'ordre de 10.8KW dans les conditions

standards de fonctionnement délivrent une tension continue qui avoisine 145V, cette tension est maintenue constante grâce à une commande MPPT qui utilise un convertisseur élévateur pour réaliser cette tâche. La batterie est contrôlée par un contrôleur de charge qui commande un convertisseur Boost bidirectionnel assurant ainsi la charge et la décharge.

Système PV avec batterie de stockage

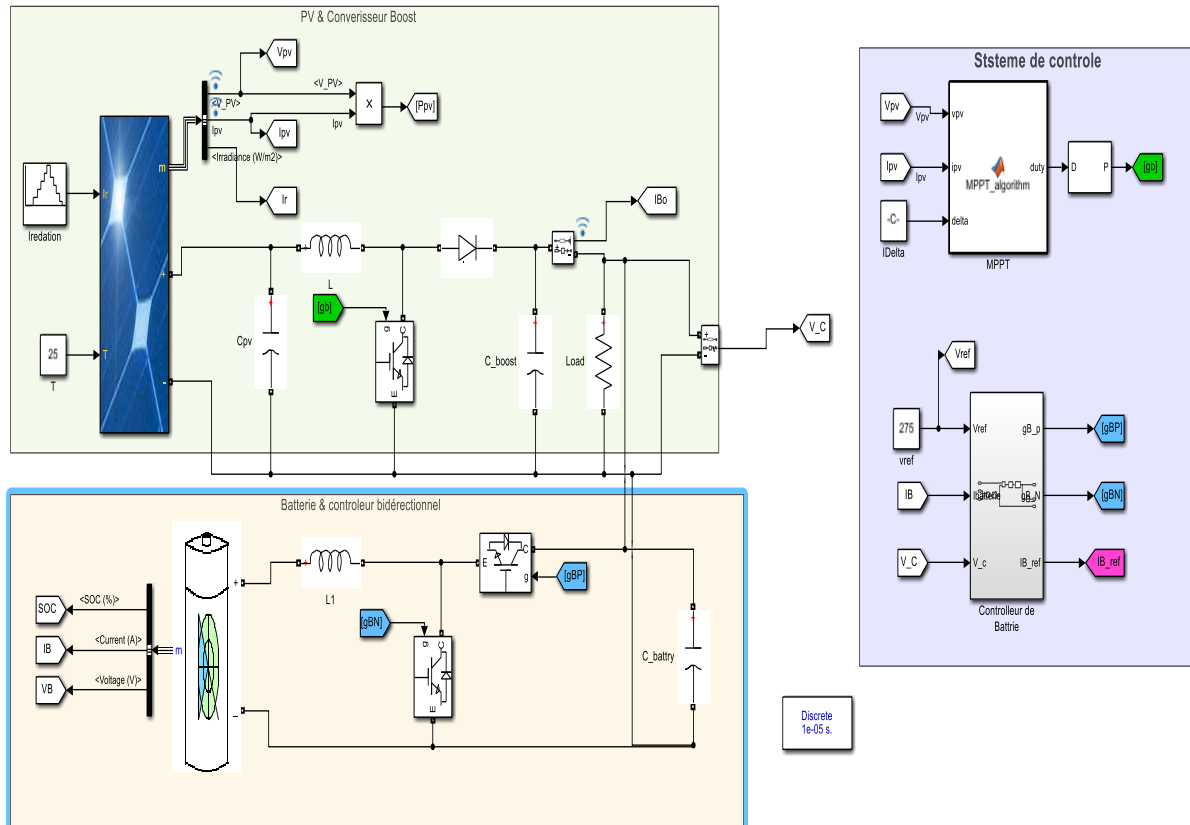


Figure III-8 : Modèle de la simulation connexion indirecte de PV

Le contenu du bloc contrôleur de batterie est illustré à la figure III.6.

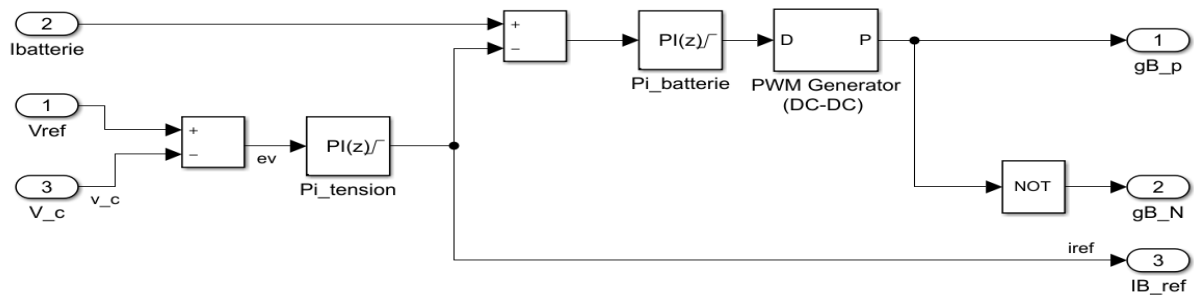


Figure III-9 : Bloc contrôleur de batterie

III.3.1 Résultats de la simulation :

Nous allons le soumettre à trois types de variation:

- Comportement du système photovoltaïque
- La tension de sortie du Boost et le courant de l'inductance du Boost
- Comportement de la batterie

III.3.1.1 Comportement du système photovoltaïque :

Les systèmes PV sont souvent soumis à des variations de charge qui entraîne le changement du point de fonctionnement du panneau solaire, afin d'illustrer le bon comportement de notre système nous allons la puissance délivrée par le système PV reste à son maximum à chaque variation d'irradiation et la tension elle reste toujours constant grâce l'efficacité et de la performance de la commande MPPT face à ce type de perturbation. Les résultats sont présentés à figure III.10

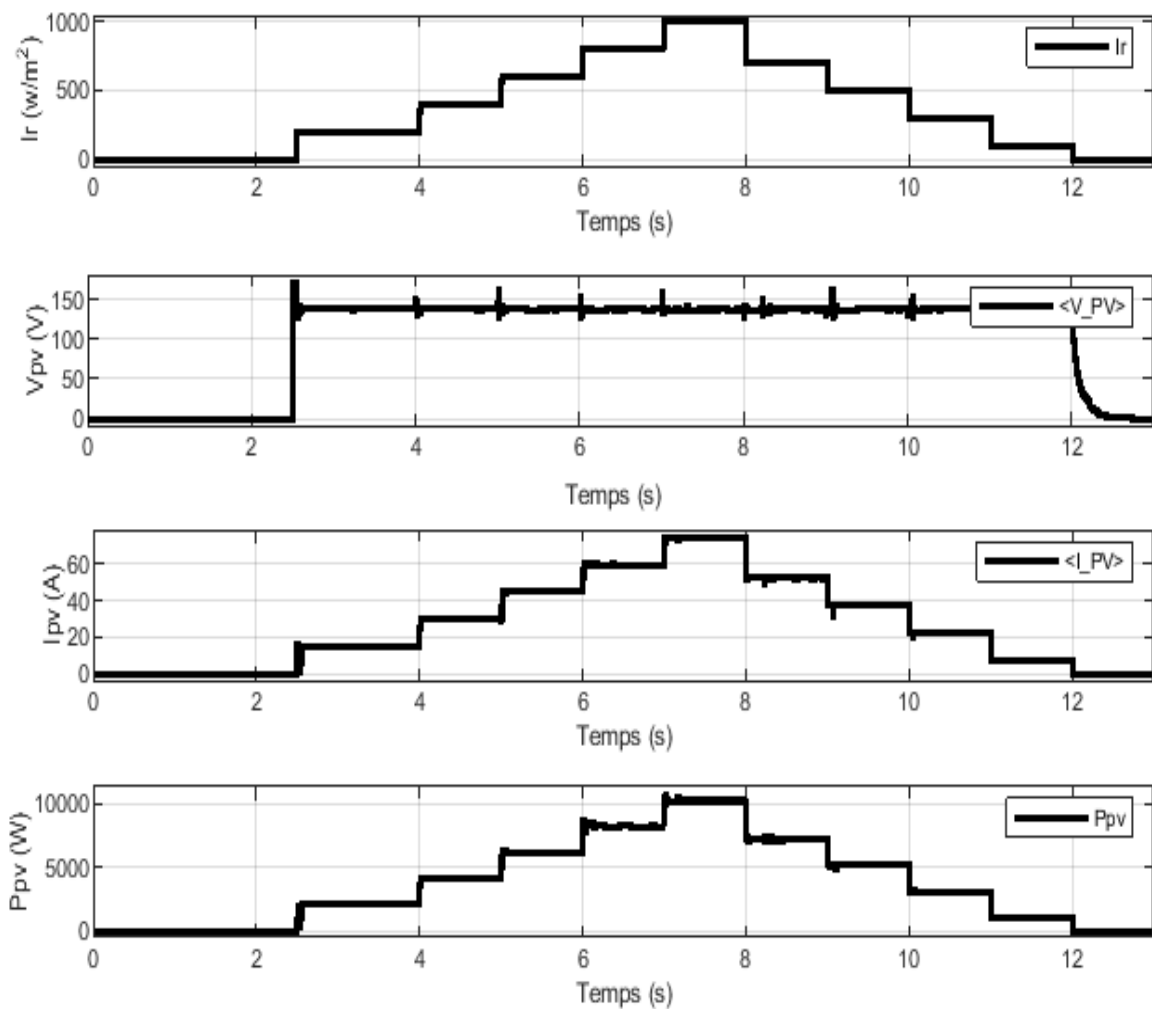


Figure III-10 : Comportement du système photovoltaïque

III.3.1.2 La tension de sortie du Boost et le courant de l'inductance du Boost :

Résultats de simulation de la tension de sortie du hacheur Boost effectué correctement sans rôle puisque la tension de sortie d'hacheur Boost est supérieur à celle l'entrée et reste constante malgré la variation de irradiation qui entraine une augmentation et une diminution de la tension d'enté du convertisseur ce fonctionnement n'est possible qu' grâce au contrôleur de charge. La tension de sortie de Boost et Le courant délivrées par l'inductance du Boost sont montré respectivement figure III.11 et figure III.12

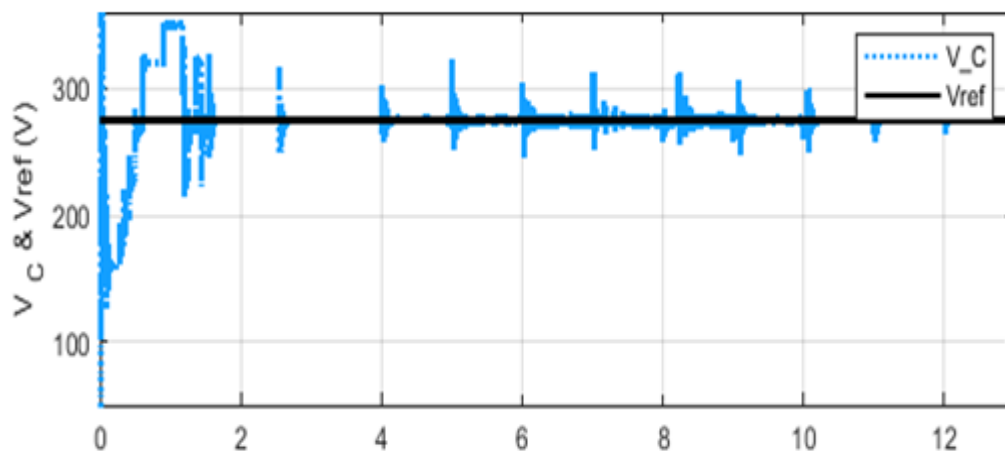


Figure III-11 : Comportement du système photovoltaïque

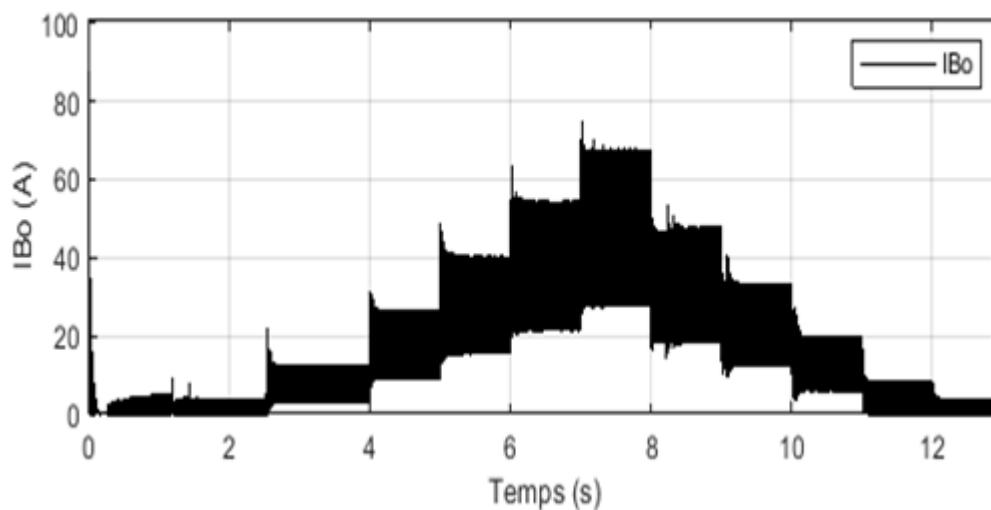


Figure III-12 : le courant de l'inductance du Boost

III.3.1.3 Comportement de la batterie :

Modélisation de la batterie dans le système photovoltaïque est présentée à la figure III.8.

Le point de fonctionnement de batterie il change à cause de la variation d'irradiation En cas d'absence totale de l'ensoleillement I_r ou lorsque les panneaux solaires ne sont plus exposés aux rayons solaires, nous assistons à une décharge de la batterie avec un courant IB positif

alors que la tension VB reste standard (normale) et l'indice de l'état de stockage de batterie soc qui initialisé à 45% va commencer à baissé. Le retour progressif de l'ensoleillement va entraîner une reprise du chargement de la batterie avec un courant IB négativité et l'indice de l'état de stockage de batterie soc va commencer à augmenter. La tension VB est quand-elle est faiblement impactée vers la hausse. La batterie continue à se charger en dépit de la baisse progressive de l'ensoleillement, en revanche, la tendance s'inverse devant l'absence totale des rayons solaires. Le courant baisse en négativité au fur et à mesure de la baisse d'exposition solaire jusqu'à devenir positif en cas d'exposition nulle, pendant que la tension reste stable figure III.13.

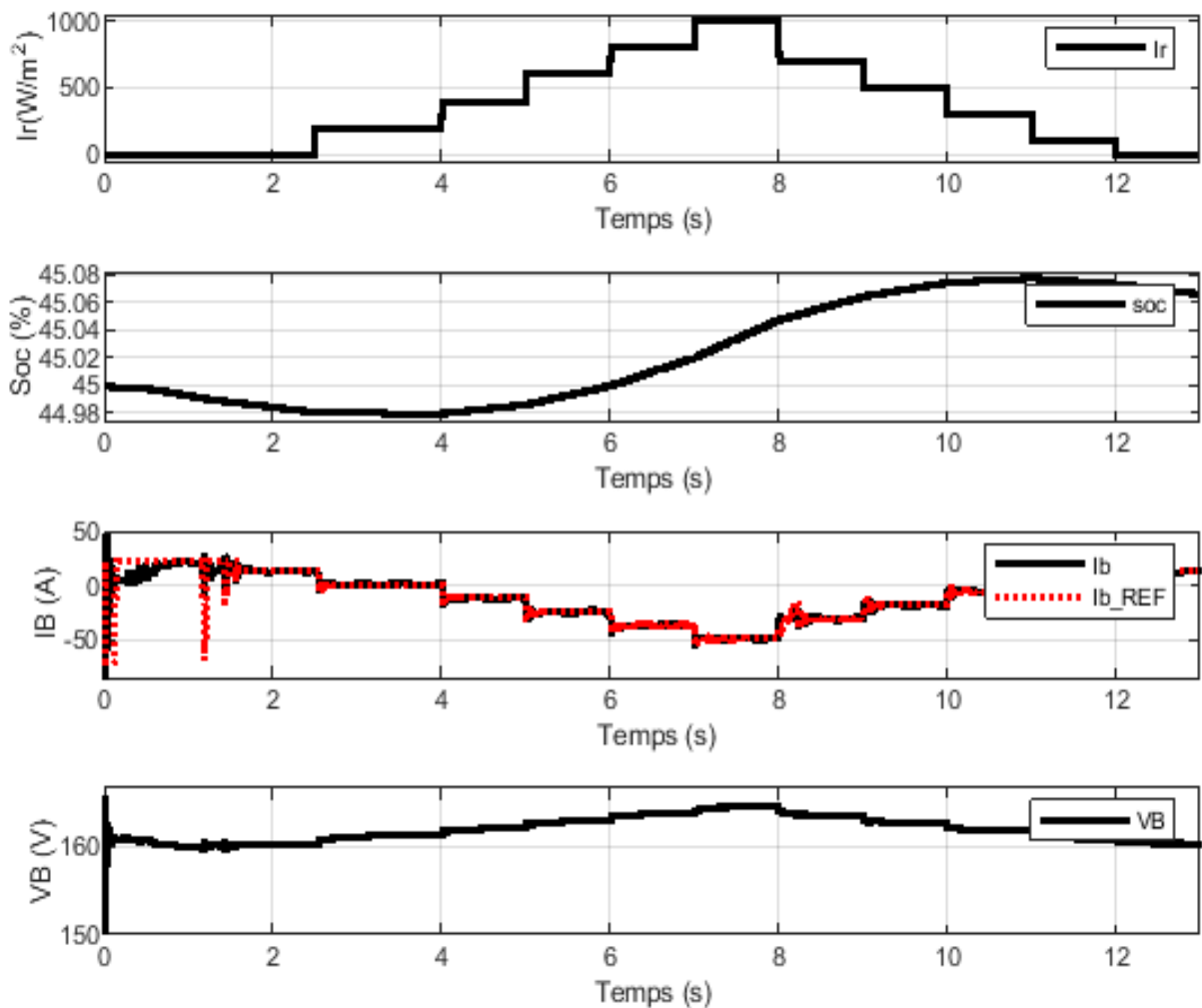


Figure III-4 : Comportement du batterie

III.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, la simulation de deux type de système photovoltaïque à était réalisé, à savoir, un système autonome directe alimentant une charge triphasée, et un autre qui est indirecte qui utilise une commande MPPT pour le contrôle de la puissance délivrée par les panneaux solaires. L'énergie obtenu est stocké dans une batterie grâce un contrôleur de charge bidirectionnel.

L'étude du premier système à montrer qu'il fonctionne parfaitement, mais il présente un certain nombre de lacune, pas de contrôle de tension délivre par les panneaux solaires donc changement de point de fonctionnement et la puissance délivrée n'est pas maximum. De plus le système est sensible à la variation de charge

Le deuxième est plus complexe et fonctionne parfaitement grâce au convertisseur DC-DC et la commande MPPT effectuent correctement son rôle. Le convertisseur fournit dans les conditions optimales une tension à sa sortie supérieure à celle fournie par le générateur PV.

La commande MPPT adapte le générateur PV à la charge : transfert de la puissance maximale fournie par le générateur PV. Le contrôleur de charge assure le bon fonctionnement de la batterie

Conclusion général

Conclusion générale

La demande mondiale en énergie évolue rapidement et les ressources naturelles de l'énergie telles que l'uranium, le gaz et le pétrole diminuent en raison d'une grande diffusion et développement de l'industrie ces dernières années. Pour couvrir les besoins en énergie, des recherches ont conduit à l'énergie renouvelable. Une des énergies renouvelables qui peut accomplir la demande est l'énergie solaire photovoltaïque, c'est une énergie propre, silencieuse, disponible et gratuite. C'est d'ailleurs ce qui explique que son utilisation connaît une croissance significative dans le monde.

Le travail qu'on a présenté porte sur l'analyse d'une modélisation et simulation du fonctionnement électrique de deux systèmes photovoltaïques (PV) autonomes, un système autonome directe alimentant une charge triphasée, et un autre qui est indirecte qui utilise une commande MPPT Cette commande numérique utilise directement la tension et le courant du panneau photovoltaïque pour chercher le point de fonctionnement correspondant à la puissance maximale, et on a utilisé contrôleur de charge bidirectionnel. Pour stocké L'énergie obtenu dans une batterie.

Nous avons présenté les différentes notions qui entrent dans la constitution d'un système de captage photovoltaïque. Aussi que les principes de fonctionnement de chaque élément, ce qui permet d'introduire à la modélisation et l'analyse de ce système aussi nous avons soulevé le rôle déterminant du Système MPPT pour extraire le maximum de puissance maximum du générateur, grâce un modelé de loi de commande qui permet de trouver le point maximum, ce même système permet de contrôler le convertisseur de puissance pour une meilleure adaptation possible entre le générateur et la charge.

Enfin, l'étude des deux system précédente a montré que le système isolé de type connexion directe du PV (**1STH-215-p**) alimentant une charge triphasée permet des fournir l'énergie à la charge, mais ce type d'installation reste sensible au variation, et Puis, on a représentée deuxième type connexion indirecte de PV, adapté par une commande MPPT « perturbation et observation » et un contrôleur de batterie qui est meilleur que le premier grâce à la présence de la commande MPPT et au système de stockage permettant une large autonomie de fonctionnement.

Bibliographie

Bibliographie

[1] Ressources naturelles du Canada, Les systèmes photovoltaïques (guide de l'acheteur), division de l'énergie renouvelable et électrique, n°M92-28/2001F, Ottawa, Canada 2002

[2] Dr. BELAID LALOUNI Sofia, «Cours Energie Solaire Photovoltaïque», Cours de Magistère, Université A.MIRA de BEJAIA, Algérie, 2014.

[3] <https://www.ecolodis-solaire.com/conseils/panneau-solaire-photovoltaique-fonctionnement-et-description-les-differents-types-de-panneaux-solaires-photovoltaiques-1>

[4] <https://www.maison-travaux.fr/maison-travaux/renovation-par-type/toiture-charpente/toiture>

[5] <http://biblus.accasoftware.com/fr/installation-photovoltaique-quest-ce-que-cest/>

[6] K.Nishioka, N.Sakitani, K.Kurobe, Y.Yamamoto, Y.Ishikawa, Y.Uraoka, T.Fuyuki, Analysis of the temperature characteristics in polycrystalline Si solar cells using modified equivalent circuit model, Journal Appliqué de physique, vol. 42, pp: 7175-7179, 2003.

[7] Nadji.I, « Etude d'un système photovoltaïques 1kv », Mémoire de Master, USTO, Oran, Algérie, 2016.

[8] N. YACINI Lounis, « Etude ETUDE ET SIMULATION D'UN CONVERTISSEUR ELECTRIQUE INTERCONNECTE AU RESEAU CONVENTIONNEL », Mémoire de Mastère, UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI, TIZI-OUZOU. 2015

[9] Belmadi.M, Taha.M, « Étude Technico-économique d'une installation photovoltaïque autonome », Mémoire de Master, Centre Universitaire Belhadj Bouchaïb d'Ain-Temouchent, 2016.

Bibliographie

[11]Belhadj «Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonome», Mémoire de Magister, CENTRE UNIVERSITAIRE BECHAR, 2007.

[10]Belhadj «Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonome», Mémoire de Magister, CENTRE UNIVERSITAIRE BECHAR, 2007.

[11]M. BELATBI Mohamed Mohiédine. ZIET Abed, «ETUDE DE LA TECHNIQUE DE RECHERCHE DU POINT MAXIMUM DE PUISSANCE (MPPT)DES PANNEAUX SOLAIRE»,Master, CENTRE UNIVERSITAIRE DAI N TEMOUCHENT, Algérie2016

[12]HANANOU.F, ROUABAH.A «Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque», Mémoire de Master, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA , 2014.

الملخص

تعتبر الطاقة من أهم العناصر الأساسية و الضرورية للحياة. نظرا للتزايد المستمر في الطلب على الطاقة أصبح من الضروري البحث عن مصادر بديلة لإنتاج الطاقة وذلك عن طريق استغلال الطاقات المتجددة ومن أهم المصادر استعمالا الطاقة الشمسية لما لها من مميزات كثيرة. في هذه الأطروحة ، قمنا بدراسة نظامين مستقلين الأول يتألف من اتصال مباشر بين الكهروضوئية وحمل من ثلاث مراحل بينما الثاني غير مباشر من الاتصالات ، معدل بواسطة جهاز تحكم البطارية، وآلية التحكم، نتائج المحاكاة المتحصل عليها تمت بواسطة ماتلاب/سيميلنك، الذي دل على المراقبة في السير الديناميكي لنظام الكهروضوئي .

الكلمات المفتاحية:

النظام الكهروضوئي_ المحول الرفع_ آلية التحكم_ التصميم_ المحاكاة

Résumé

L'énergie des éléments plus fondamentaux et nécessaires à la vie, en raison de la hausse continue de la demande d'énergie est devenue nécessaire de trouver d'autres sources de production d'énergie grâce à l'utilisation des énergies renouvelables et des sources plus importantes de l'utilisation de l'énergie solaire en raison de leurs nombreux avantages.

Dans cette thèse, nous avons étudié deux systèmes autonomes le premier consiste en un branchement direct du PV a une charge triphasé alors que celui-ci était indirect pour la deuxième configuration de branchements, adapté par une commande MPPT « perturbation et observation » et un contrôleur de batterie. Les résultats de la simulation obtenue par MATLAB/SIMULINK, pour un système de contrôle de trafic dynamique photovoltaïque.

Mots clés : Photovoltaïque, Convertisseur Boost, Commande MPPT, Modélisation,

Abstract

The energy of the most basic and necessary elements for life, due to the continuous rise in energy demand has become necessary to find other sources of energy production through the use of renewable energies and sources more important of the use of solar energy because of their many advantages.

In this thesis, we have studied two systems autonomous the first consists of a direct connection of the PV to a three-phase load while this was indirect for the second configuration of connections, adapted by an MPPT “disturbance and observation” command and a battery controller. The results of the simulation obtained by MATLAB / SIMULINK, for a photovoltaic dynamic traffic control system.

Key words: Photovoltaic, Converter boost, Order MPPT, Modeling, Simulation.