



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

**FACULTE : DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT : D'ELECTRONIQUE**

MEMOIRE DE MASTER

Réalisé par : BENTOUATI Ahmed et MORDJANI Rafik

DOMAINE : Science et Technologie

FILIERE : Électronique

OPTION : Instrumentation

Thème

**Optimisation d'un générateur hybride
photovoltaïque avec stockage sur batterie
lithium Ion pour site isolé**

Jury de soutenance

| Nom et Prénom | Grade | Qualité |
|-----------------------|--------------|----------------|
| Mr BIRANE Mouhoub | MCA | Encadrant |
| Mm CHATTA Wahiba | MCB | Présidente |
| Mm VILBOIS Leila Amal | MAA | Examinatrice |
| Mr BELLAKHD Aissa | MCA | Co-Encadrant |

Promotion : 2023/2024



DEDICATION

Chère grand-mère, .

Je tiens à t'exprimer ma profonde gratitude et ma reconnaissance pour tout ce que tu as fait pour moi. tu á toujours été une source d'amour, de sagesse et de soutien dans ma vie. **À mon père .**

Je dédie ce travail à mon père pour son amour inconditionnel, son soutien et ses sacrifices constants qui ont rendu mes rêves possibles.

À ma mère, .

Chère maman, je tiens à te remercier pour ton amour inconditionnel. Tu étais ma dernière force, tu étais mon roc partout Je prie pour que Dieu lui inspire la guérison et la patience.

À mes frères et à mon cousin Yassin, qui a joué un rôle majeur dans la réalisation de ce projet

À mes amis, qui ont partagé avec moi les bons et les mauvais côtés de cette période de travail. Merci pour toujours. Votre soutien moral, vos encouragements et votre motivation Le rire était un soulagement dans une période de fatigue et de travail acharné. pour toi Être à tes côtés m'a rappelé l'importance de l'amitié et du soutien mutuel. Vous tous Vous avez contribué à mon développement personnel et à ma réussite.

À ma bien-aimée Lamis qui a joué un grand rôle dans ma réussite

À vous tous,

Je dédie ce travail.

BENTOUATI Ahmed

À mes chères .

Je tiens à vous exprimer ma profonde gratitude et mon amour pour tout ce que vous m'avez donné tout au long de ma vie. Vous avez toujours été pour moi un modèle et une source de force et de soutien à tout moment. J'ai appris beaucoup de valeurs et de morale grâce à vous.

Chère grand-mère .

Je te remercie du fond du cœur pour tes soins, ta compassion et tes sacrifices. ta présence dans ma vie est une bénédiction grande et inestimable, j'espère être toujours une raison de ta fierté

et de ton bonheur.

À mes soeurs et mon frère, en témoignage de ma gratitude et mon profond respect pour leurs soutien et encouragement. **À** tous mes amis, Merci pour votre compréhension, vos soins et vos beaux souvenirs dont nous nous souviendrons toujours. Vous faites partie intégrante de ma vie et j'espère que notre amitié restera forte et durable.

À vous tous,

Je dédie ce travail.

MORDJANI Rafik



REMERCIEMENT

Nous remercions avant tout, notre dieu

qui nous a éclairé

la bonne voie et nous aidés à la parcourir. Nous remercions nos parents qui se sont

sacrifiés pour

Nous. Et nous ont encouragés et soutenus durant

notre vie.

Nous remercions les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait d'avoir acceptés

d'évaluer notre travail. Nous remercions notre promoteur Mr. Birane Mouhoub, pour nous

avoir encadrés et motivés nos choix. Nous remercions nos amis et surtout nos familles,

pour nous

avoir supportés et encouragés.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|-----------|
| LISTE DES FIGURES | 8 |
| LISTE DES ABRÉVIATIONS | 9 |
| INTRODUCTION GÉNÉRALE | 11 |
| I Systèmes photovoltaïque et batteries | 13 |
| I.1) INTRODUCTION | 14 |
| I.2) L'effet photovoltaïque | 14 |
| I.2.1) Principe | 14 |
| I.3) La cellule photovoltaïque | 15 |
| I.3.1) Modélisation électrique d'une cellule photovoltaïque | 18 |
| I.3.2) Constitution d'un générateur photovoltaïque (GPV) | 20 |
| I.3.2.1) L'effet d'ombrage : | 21 |
| I.4) Générateur photovoltaïque et ses performances | 22 |
| I.4.1) Caractéristique Courant-Tension | 23 |
| I.4.2) Caractéristique Puissance-Tension | 24 |
| I.5) Définition d'une batterie | 24 |
| I.6) Structure de la batterie | 25 |
| I.7) Classification des batteries | 27 |
| I.7.1) Batteries primaires | 27 |
| I.7.2) Batteries secondaires | 27 |
| I.8) Principe électrochimique | 28 |
| I.9) Différents Types de batterie | 28 |
| I.9.1) Accumulateur au plomb acide | 29 |
| I.9.1.1) Batteries "classiques" ou ouvertes (FLA) | 30 |
| I.9.1.2) Batteries à soupape de régulation (VRLA) | 30 |
| I.9.2) Accumulateur au lithium-ion (Li-Ion) | 31 |
| I.9.2.1) Accumulateur au Nickel Cadmium | 31 |

| | |
|---|-----------|
| I.10) Paramètres d'une batterie | 33 |
| I.10.1) Température | 33 |
| I.10.2) Tension | 33 |
| I.10.3) Capacité | 34 |
| I.11) Conclusion | 34 |
| II Le différent type de conversion | 35 |
| II.1) INTRODUCTION | 36 |
| II.2) Constitution d'un système photovoltaïque : | 36 |
| II.2.1) Les types de convertisseur (DC/DC) | 37 |
| II.2.1.1) Convertisseur boost : | 37 |
| II.2.1.2) Convertisseur buck : | 39 |
| II.2.1.3) Convertisseur buck-boost | 41 |
| II.2.2) Méthode de perturbation et d'observation (P&O) | 43 |
| II.2.3) MPPT à base de Réseaux de Neurones Artificiels (RNA) | 46 |
| II.2.4) L'architecture des Réseaux de Neurones Artificiels | 46 |
| II.2.5) La méthode de rétro propagation | 47 |
| II.2.6) Le schéma proposé du MPPT | 48 |
| II.3) Conclusion | 48 |
| III Simulation et évaluation des résultats | 50 |
| III.1) INTRODUCTION | 51 |
| III.2) L'outil Matlab/Simulink | 51 |
| III.2.1) Système photovoltaïque proposée | 52 |
| III.2.2) Simulation du générateur PV | 53 |
| III.2.2.1) Influence de la température sur les courbes $I=f(V)$ et $P=f(V)$ | 53 |
| III.2.2.2) Influence de l'éclairement sur les courbes $I=f(V)$ et $P=f(V)$ | 54 |
| III.2.3) la commande MPPT (P&O) | 55 |
| III.2.4) Simulation de la commande MPPT (P&O) | 55 |
| III.2.4.1) Algorithme la commande MPPT (P&O) | 56 |
| III.2.5) Simulation de hacheur survolteur (Boost) : | 57 |
| III.2.6) Simulation de convertisseur dans le cas central | 59 |
| III.2.7) Résultat de simulation : | 60 |
| III.2.8) CONCLUSION | 63 |
| CONCLUSION GÉNÉRALE | 64 |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|-------|--|----|
| I.1 | Principe de l'effet PV | 15 |
| I.2 | Représentation schématique d'une cellule solaire [2]. | 16 |
| I.3 | Caractéristique I(V) d'une cellule photovoltaïque. | 18 |
| I.4 | Schéma équivalent électrique de la cellule solaire. | 18 |
| I.5 | Caractéristique résultante d'un groupement de ns cellules en série. | 21 |
| I.6 | Caractéristique résultante d'un groupement de np cellules en parallèle. | 21 |
| I.7 | Architecture d'un panneau photovoltaïque avec diodes de protection, et activation de la diode by-pass lors de la défaillance d'une cellule. | 22 |
| I.8 | Caractéristique Courant –Tension d'un module photovoltaïque. | 23 |
| I.9 | Caractéristique Puissance –Tension d'un module photovoltaïque. | 24 |
| I.10 | Vue éclatée des différents éléments d'une batterie : (a) structure d'une batterie au plomb classique, (b) structure cylindrique utilisée pour des cellules Li-ion. | 25 |
| I.11 | Cellule électrochimique de base. | 29 |
| I.12 | Structure d'une batterie au plomb acide (VRLA). | 31 |
| I.13 | Structure d'un accumulateur au Li-ion. | 32 |
| II.1 | Schéma de base d'un convertisseur boost | 38 |
| II.2 | Schéma de base d'un convertisseur buck | 40 |
| II.3 | Schéma électrique d'un hacheur buck- boost | 41 |
| II.4 | Organigramme de l'algorithme MPPT de la perturbation & observation | 45 |
| II.5 | Architecture de réseau de neurones de la propagation avant (feed-forward) | 47 |
| II.6 | Le schéma du MPPT proposé. | 48 |
| III.1 | Bibliothèque SIMULINK. | 52 |
| III.2 | Schéma de générateur PV en MATLAB-SIMULINK | 53 |
| III.3 | Caractéristique courant-tension et puissance-tension pour différentes valeurs de la température | 54 |
| III.4 | Caractéristique courant-tension et puissance-tension pour différentes valeurs d'éclairement | 54 |
| III.5 | Schéma MATLAB SIMULINK la commande MPPT (P&O). | 55 |

| | | |
|--------|---|----|
| III.6 | courbe de signal de la commande du rapport cyclique. | 56 |
| III.7 | Schéma MATLAB SIMULINK Algorithme la commande MPPT (P&O). . . . | 57 |
| III.8 | Schéma block d'un convertisseur boost. | 58 |
| III.9 | Résultats de simulation de la tension d'entrée et de sortie du hacheur boost. . . | 58 |
| III.10 | Résultats de simulation de la tension et le courant de sortie du hacheur boost. . | 58 |
| III.11 | Schéma MATLAB SIMULINK PV avec convertisseur central. | 59 |
| III.12 | Résultats de simulation de la tension d'entrée et de sorti le courant d'entrée et de sortie du système. | 60 |
| III.13 | Schéma de simulation d'une GPV associé avec un hacheur boost commandé par MPPT d'un algorithme P&O améliorée et une batterie pour le stockage. | 60 |
| III.16 | Puissance de sortie | 61 |
| III.17 | charge et décharge | 62 |
| III.18 | Tension de sortie | 62 |



LISTE DES ABRÉVIATIONS

H : Constante de Planck ($6.62.10^{-34} j.s$)

Eg : Energie de la bande interdite (eV).

s : Surface du module photovoltaïque (m²)

E : Eclairement (W/m²).

I_{ph} : Le photo-courant (A).

I_{sat} : Courant de saturation (A)

R_p : Résistances parallèle shunt.

R_s : Résistance série .

T : Température de jonction (°K).

G : L'éclairement de référence (1000 W/m²).

T_{ref} : La température de référence (298 °K).

a : Le coefficient de courant en fonction de température (A/°C).

I_{cc} : Le courant de court-circuit (A)

V_{co} : La tension de circuit ouvert (V).

FF : Facteur de forme.

N_s : Nombre de modules dans le panneau en série

P_{max} : La puissance maximale produite PV (W).

V_{max} : Tension qui correspond à la puissance maximale (V).

I_{max} : Courant qui correspond à la puissance maximale (A)

PV : Photovoltaïque

GPV : Générateur Photovoltaïque

FF : Facteur de forme.

MPPT : Maximum Power Point Tracking.

PO : Perturbation et Observation

DC : Courant Continu (Direct Current).

AC : Courant Alternatif (Alternative Current).

Li-Ion : Li-Ion Accumulateur lithium ion.

Mi-MH : Accumulateur nikel metal hydrure (nickel metal hydride).

Ni-Cd : Accumulateur nikel cadmium.



INTRODUCTION GÉNÉRALE

met en avant l'énergie solaire comme une source renouvelable importante pour répondre aux besoins énergétiques futurs, en particulier dans les zones éloignées. Elle souligne l'amélioration de l'utilisation de l'énergie solaire à petite et moyenne échelle grâce à des avancées technologiques. L'accent est mis sur l'accessibilité croissante des panneaux solaires et l'amélioration des performances grâce à l'ajout de composants fonctionnels, soulignant ainsi l'importance de l'efficacité et des performances dans le domaine de l'énergie solaire.

la forme électrochimique de stockage dans la batterie s'est maintenue depuis le début de l'utilisation de l'énergie électrique. Par conséquent, l'optimisation de la fabrication des batteries et de ses systèmes de surveillance et de régulation associés a été un sujet brûlant. Dans les batteries récentes, des matériaux avec de meilleurs rapports masse/énergie et volume/énergie ont été introduits. De plus, les technologies et procédés associés à la fabrication de ces batteries ont considérablement évolué, élargissant leur application à d'autres domaines tels que les instruments portables, les ordinateurs portables, et les smartphones, résoudre les problèmes liés à l'utilisation quotidienne des batteries pour les profils flottants améliorera certainement la taille et le fonctionnement du système solaire.

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

1. Chapitre 1 : Dans la première section, vous trouverez une explication générale sur l'électricité et les batteries..
2. Chapitre 2 : Dans la deuxième partie, nous découvrons les différents types de DC/DC et DC/AC. est utilisé pour les systèmes photovoltaïques. Alors écrivez la technique MPPT et concentrons-nous sur la technique P&O

3. Chapitre 3 : Dans la dernière section, les résultats obtenus en simulant le système PV sont présentés et topologies différentes avec MPPT (P&O). Et il conclut ce simple ouvrage par une conclusion générale.

Chapitre

I

Systèmes photovoltaïque et batteries

I.1) INTRODUCTION

L'énergie photovoltaïque (PV) est une solution prometteuse pour se dispenser aux autres formes d'énergie réputées comme source de pollution et non renouvelables.

Toutefois il présente , en plus le coût qui reste à l'heure actuelle plus élevé vis-à-vis du coût des autres formes [1]

. Les batteries ont révolutionné la façon dont l'énergie est stockée depuis que Gaston Planté a développé la batterie au plomb rechargeable en 1859. Aujourd'hui, elles offrent une grande mobilité et indépendance à des secteurs qui étaient auparavant voués à être stationnaires par exemple : télécommunications, instruments de mesure, matériel médical, etc. en revanche, les batteries sont utilisées dans l'aéronautique, l'espace (émetteurs, satellites). Offrant des solutions essentielles pour les smartphones, les tablettes et les véhicules électriques (VE) [4]

Ce chapitre couvre les bases des cellules solaires et photovoltaïques. (PV) et diverses applications PV. Également différents types de batteries Nous discutons en détail des catégories et des collections les plus utilisées, pour identifier et caractériser les paramètres qui contribuent à l'évolution État

I.2) L'effet photovoltaïque

Lorsqu'un matériau est exposé à la lumière du soleil, les photons constituant la lumière "attaquent" les atomes exposés au rayonnement .Les électrons des couches électroniques supérieures, appelés aussi électrons de valence ont tendance à être arracher. Dans les cellules photovoltaïques, une partie des électrons ne revient pas à son état initial et les électrons "arrachés" créent une tension électrique continue et faible [1].

I.2.1) Principe

Cet effet implique trois phénomènes physiques, étroitement liés et simultanés :

— L'absorption de la lumière dans le matériau.

- Le transfert d'énergie des photons aux charges électriques.
- La collecte des charges.

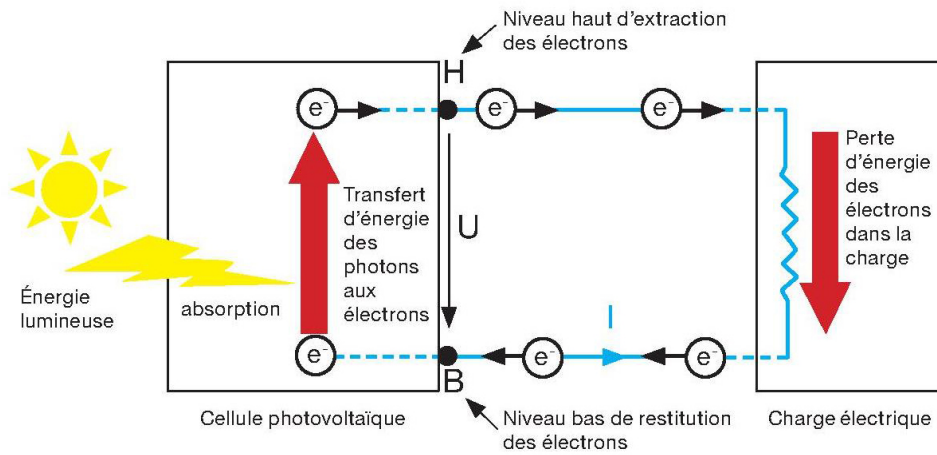


FIGURE I.1 – Principe de l'effet PV .

I.3) La cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est un capteur constitué d'un matériau semi-conducteur qui transforme l'énergie lumineuse absorbée en courant électrique. Le principe de fonctionnement

est basé sur les propriétés d'absorption du rayonnement lumineux par des matériaux semi-conducteurs. Le choix des matériaux utilisés pour la construction des cellules PV se fait en

fonction des propriétés physiques des électrons qui sont susceptibles d'être libérés de leurs atomes lorsqu'ils sont excités par des photons provenant du spectre solaire. Une fois libérée, le déplacement de ces électrons dans le matériau forme un courant électrique de type continu, qui donne naissance à une force électromotrice aux bornes de la cellule. Ce phénomène physique est appelé effet photovoltaïque. La figure (1.2) illustre la constitution d'une cellule photovoltaïque en silicium [2].

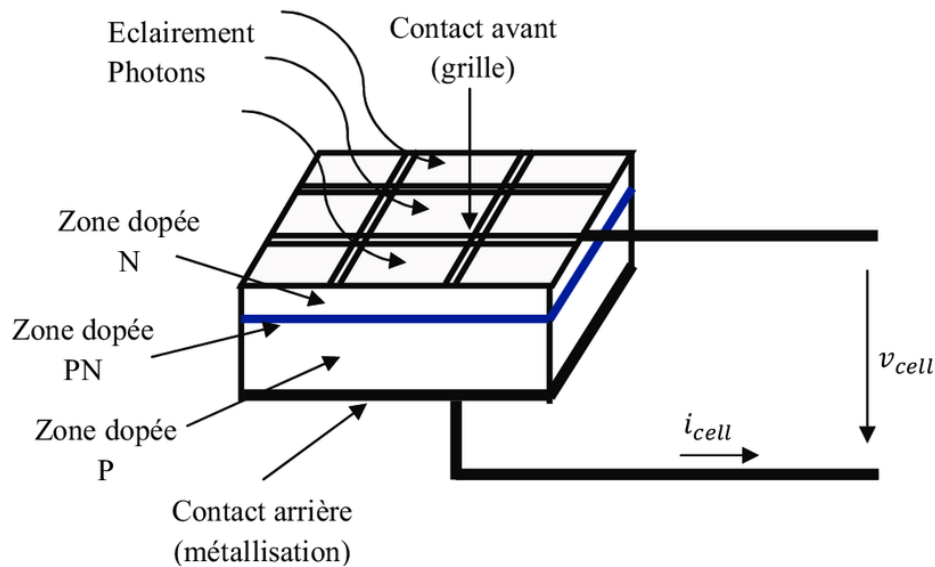


FIGURE I.2 – Représentation schématique d'une cellule solaire [2].

Comme pour le cas d'une diode classique, une cellule PV peut donc être réalisée à partir de deux couches de silicium, une dopée positivement et l'autre dopée négativement. Entre les deux zones se développent une jonction PN avec une barrière de potentiel. Différents types de technologies de fabrication des cellules photovoltaïques existent sur le marché, en effet les cellules photovoltaïques basés sur le silicium cristallin dominent le marché avec plus de 90%. On distingue deux catégories des cellules fabriquées à partir du silicium cristallisé, celles à partir de silicium monocristallin et celles à partir de silicium poly-cristallin. Le silicium monocristallin est plus cher que le silicium poly-cristallin mais de rendement plus élevé. Le silicium est aussi utilisé dans la technologie dite amorphe, lors de sa transformation, le silicium produit un gaz, qui sera projeté sur une feuille de verre. Ce type de cellules présente l'avantage d'être intégré sur des supports souples ou rigides, il est utilisé généralement pour les calculatrices et les montres. Le tableau I.1 montre les performances des différentes filières silicium présentent actuellement sur le marché [2].

Performances des différentes filières silicium :

| Technologie | Rendement typique | Influence de la température | Taux de dégradation |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|
| Monocristallin | 18 à 22 % | -0.442% par °C | -0.38% par an |
| Poly-cristallin | 15 à 17 % | -0.416% par °C | -0.35% par an |
| Amorphe | 6 à 9 % | -0.175% par °C | -1.15% par an |

TABLE I.1 – Performances des différentes filières silicium.

Voici quelques types de cellules photovoltaïques couramment rencontrées :

- Cellules photovoltaïques multi-jonction : Ces cellules sont composées de plusieurs couches minces de matériaux semi-conducteurs. Par exemple, une cellule triple jonction comprend des semi-conducteurs tels que GaAs (arséniure de gallium), Ge (germanium) et GaInP₂ (phosphure d'indium gallium). Elles offrent un rendement très élevé, dépassant parfois les 40%. En raison de leur coût de fabrication très élevé, ces cellules ont été principalement développées pour des applications spatiales.
- La cellule photovoltaïque CIGS : Cette technique consiste à appliquer un matériau semi-conducteur composé de cuivre, d'indium, de gallium et de sélénium sur un support. Ces méthodes de haute performance utilisent des métaux rares tels que l'indium, dont la production mondiale est limitée, ce qui entraîne un coût de fabrication élevé.
- Les cellules photovoltaïques organiques : Ces cellules ont au moins une couche active constituée de molécules organiques. Leur rendement est encore inférieur à 3%, mais leur coût de production est faible en raison du bas prix des matières premières utilisées. Lors de l'absorption des photons, l'énergie est transmise aux atomes de la jonction PN, libérant ainsi des électrons et créant des paires électrons-trous. Cela génère une différence de potentiel de 0,6 à 0,8 Volt entre les deux couches, mesurable aux bornes positives et négatives de la cellule, appelée tension de circuit ouvert (VOC), qui est fortement dépendante de la température. Le courant maximal, nommé courant de court-circuit (ICC), se produit lorsque les bornes de la cellule sont court-circuitées et dépend fortement du niveau d'éclairement (E). charge continue, on peut en plus récolter des porteurs. La tension maximale de la cellule est d'environ 0.6 V pour un courant nul. La figure (I.3) illustre la caractéristique non linéaire I(V) d'une cellule PV à base de silicium pour un éclairement et une température donnée, avec la présence d'un point de puissance maximal (PPM) caractérisé par sa tension et son courant optimaux (VOPT et IOPT) [2].

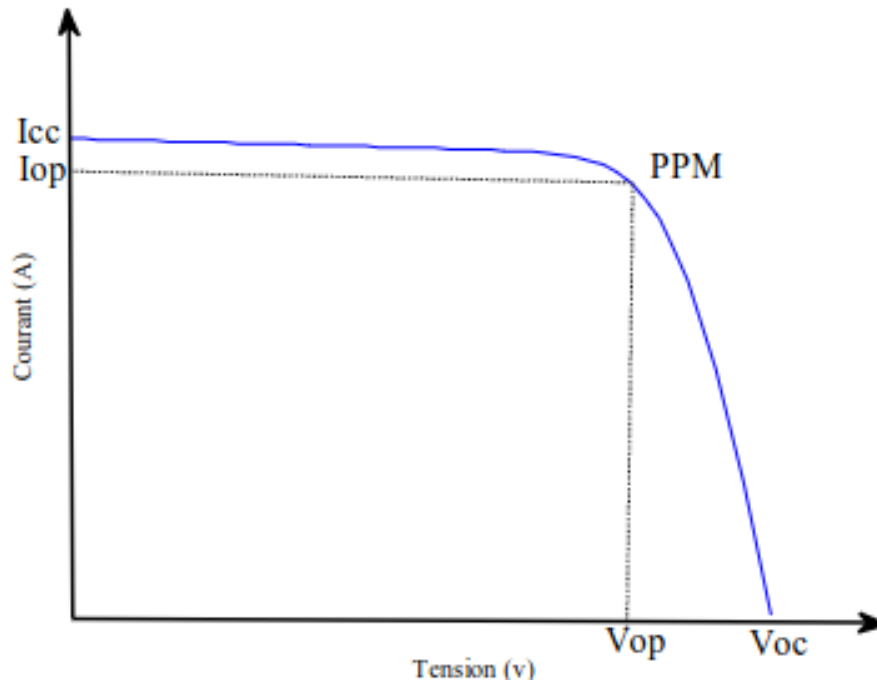


FIGURE I.3 – Caractéristique I(V) d’une cellule photovoltaïque.

I.3.1) Modélisation électrique d’une cellule photovoltaïque

Dans la littérature, une cellule photovoltaïque est souvent présentée comme un générateur de courant électrique dont le comportement est équivalent à une source de courant shuntée par une diode. Pour tenir compte des phénomènes physiques au niveau de la cellule, le modèle est complété par deux résistances, série R_s et shunt R_p , le schéma suivant montre le circuit électrique équivalent d’une cellule PV [3].

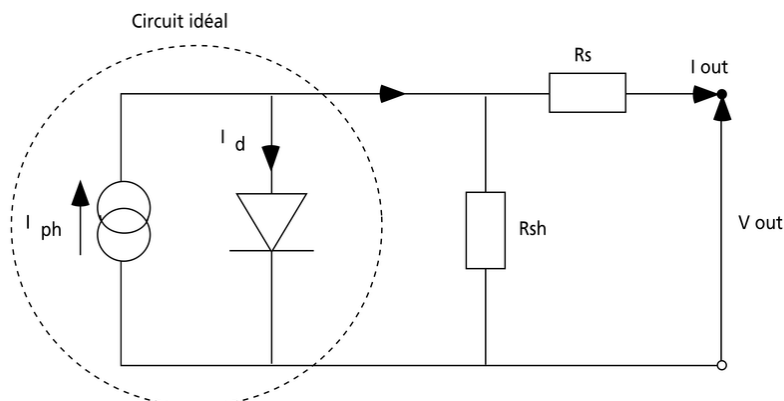


FIGURE I.4 – Schéma équivalent électrique de la cellule solaire.

Une cellule PV peut se modéliser à partir de l'équation définissant le comportement statique de la jonction PN d'une diode classique. Ainsi, la figure I.4 illustre le schéma électrique équivalent d'une cellule PV réelle. Dans cette équation, on prend en compte le courant de court-circuit et les différentes résistances modélisant les pertes dues à la connectique. En statique, le comportement d'une cellule PV constituée d'une jonction PN à base de silicium peut être décrit par l'équation suivante : [3].

$$I = I_{ph} - I_d - I_R \quad (I.1)$$

Rsh : représente la résistance shunt qui modélise les fuites par l'effet de bord autour de la cellule solaire .

RS : prend en considération les contacts ohmiques entre le métal et le semi-conducteur ainsi que la résistance intrinsèque du silicium.

I_{ph} = $ICC(\frac{G}{1000})$: est le courant photovoltaïque engendré par les radiations lumineuses et le photo-courant dépendant de l'éclairement (G). Ce courant correspond également au courant de court-circuit .

$I_R = \frac{V+IR_S}{R_{sh}}$: le courant dérive par la résistance parallèle

$I_d = I_0 \left[\exp \left(\frac{eV+IR_S}{\alpha KT} \right) - 1 \right]$: Le courant traversant la diode

I_0 : Le courant de saturation inverse d'une diode

$VT = \frac{KT}{e}$: La tension thermique

Avec :

R_s : la résistance série de la cellule (Ω)

R_p : la résistance parallèle (Ω)

T : la température de la cellule (K)

e : la charge élémentaire d'électron (1.6021.10-19C)

K : la constante de Boltzmann (1.3854.10-23 JK-1)

En utilisant les équations ci-dessus, on peut en déduire l'expression du courant délivré par la cellule photovoltaïque :

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp \left(\frac{eV + IR_S}{nV_T} \right) - 1 \right] - \left(\frac{V + IR_S}{R_p} \right) \quad (I.2)$$

1. **Facteur de remplissage FF :** (Fill Factor en anglais) On appelle facteur de forme FF, dit aussi facteur de courbe ou facteur de remplissage (fill factor), le rapport entre la puissance maximum fournie par la cellule $P_{max}(I_{opt}, V_{opt})$ et le produit du courant de court-circuit I_{cc} par la tension de circuit-ouvert V_{co} (c'est-à-dire la puissance maximale d'une cellule idéale). Le facteur de forme indique la qualité de la cellule, plus il s'approche de l'unité plus la cellule est performante, Il est de l'ordre de 0.7 pour les cellules performantes, et diminue avec la température. Il traduit l'influence des pertes par les deux résistances parasites R_{ser} et R_{shu} . il est défini par :

$$FF = \frac{V_{op} \cdot I_{op}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (I.3)$$

Et reflète la qualité de la cellule par rapport à une cellule idéale ($FF = 1$)

2. **Le rendement de la cellule :** c'est le rapport de conversion de l'énergie lumineuse en énergie électrique, qui est égal au rapport de la puissance maximale de sortie sur la puissance des radiations lumineuses [4].

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{V_{op} I_{op}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF}{P_{in}} \quad (I.4)$$

I.3.2) Constitution d'un générateur photovoltaïque (GPV)

Dans des conditions d'ensoleillement standard ($1000W/m^2$; $25^\circ C$; AM1.5), la puissance maximale délivrée par une cellule silicium de 150 cm^2 est d'environ 2.3 W sous une tension de $0.5V$. Cette faible puissance est insuffisante pour la plupart des applications domestiques ou industrielles. Le générateur photovoltaïque est donc constitué d'un réseau série/parallèle de nombreux modules photovoltaïques, regroupés en panneaux photovoltaïques constitués de modules identiques. Lorsque les cellules sont assemblées en série, les tensions s'additionnent; alors que si elles sont montées en parallèle, les courants s'additionnent. Ces cellules doivent avoir les mêmes caractéristiques. Dans un groupement de n_s cellules en série, la caractéristique

résultante du groupement est obtenue par addition des tensions élémentaires de chaque cellule, alors que le courant traversant les cellules reste le même. La figure (I.5) montre la caractéristique résultante (I_{ccns}, V_{cons}), avec $I_{ccns}=I_{cc}$ et $V_{cons}=n_s \times V_{co}$ [2]. Dans le cas d'un groupement

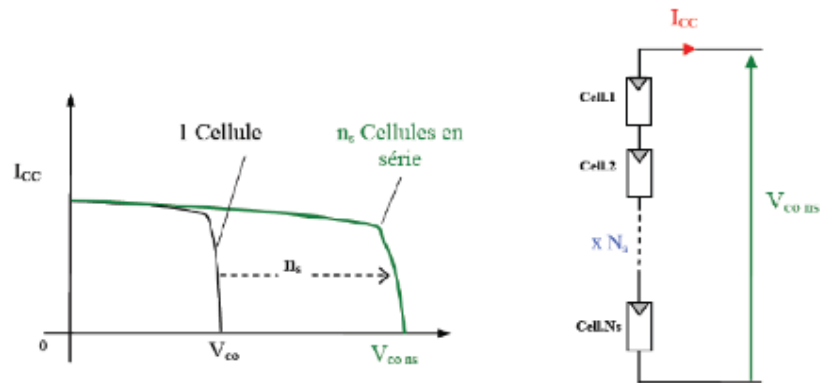


FIGURE I.5 – Caractéristique résultante d'un groupement de ns cellules en série.

de n_p cellules en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante du groupement est obtenue par l'addition des courants. La Figure (I.6) illustre la caractéristique résultante avec $I_{ccnp}=n_p \times I_{cc}$ et $V_{conp}=V_{co}$ [2]

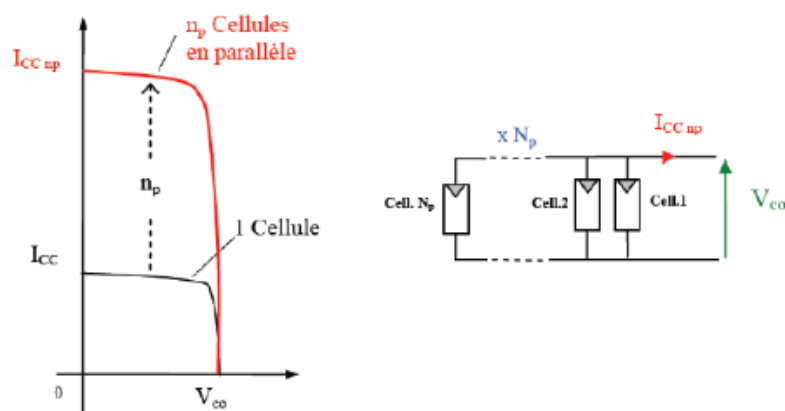


FIGURE I.6 – Caractéristique résultante d'un groupement de np cellules en parallèle.

I.3.2.1) L'effet d'ombrage :

Une installation photovoltaïque est destinée à produire de l'énergie électrique pendant des années, il est donc indispensable d'ajouter des protections électriques aux modules pour éviter

des pannes destructrices liées à l'association en série et en parallèle des cellules. Pour cela, deux types de protections classiques sont utilisés :

- **la diode anti-retour** : empêche la circulation d'un courant négatif dans les GPV lorsque plusieurs modules sont connectés en parallèle. Cette diode est indispensable lorsque la charge est une batterie pour qu'elle ne débite pas sur le module PV pendant la nuit.
- **les diodes by-pass** : servent à isoler un ensemble de cellules lorsque l'éclairement n'est pas homogène pour éviter l'apparition de points chauds et la destruction des cellules mal éclairées.

La figure (I.7) montre l'architecture d'un panneau photovoltaïque avec les diodes de protection, et la mise en évidence du courant de circulation dans le cas de la défaillance d'une cellule [2].

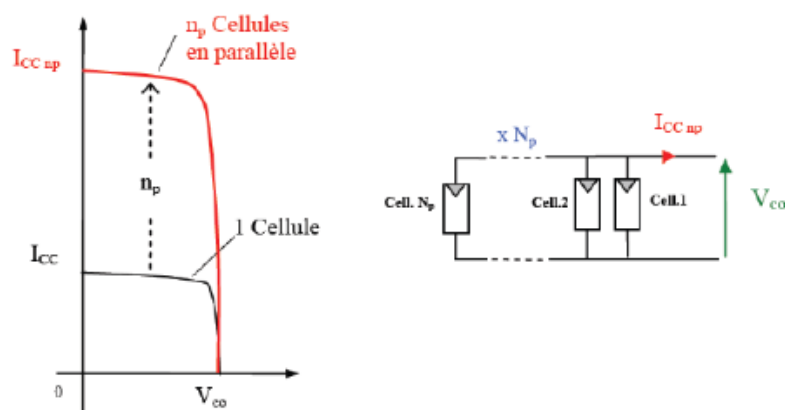


FIGURE I.7 – Architecture d'un panneau photovoltaïque avec diodes de protection, et activation de la diode by-pass lors de la défaillance d'une cellule.

I.4) Générateur photovoltaïque et ses performances

Le générateur photovoltaïque est un ensemble d'équipements mis en place pour exploiter l'énergie photovoltaïque afin de satisfaire les besoins en charge. En fonction de la puissance désirée, les modules peuvent être assemblés en panneaux pour constituer un "champ photovoltaïque". Relié au récepteur sans autre élément, le panneau solaire fonctionne "au fil du soleil", c'est-à-dire que la puissance électrique fournie au récepteur est fonction de la puissance d'ensoleillement.

Elle est donc à son maximum lorsque le soleil est au zénith et nulle la nuit.

Mais, très souvent, les besoins en électricité ne correspondent pas aux heures d'ensoleillement et nécessitent une intensité régulière (éclairage ou alimentation de réfrigérateurs, par exemple).

On équipe alors le système de batteries d'accumulateurs qui permettent de stocker l'électricité et de la restituer en temps voulu [4]. Pour un certain nombre d'applications, le courant continu produit, par le générateur photovoltaïque, est convertit à l'aide d'un onduleur en courant alternatif.

Un module photovoltaïque est constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques élémentaires montées en série et/ou en parallèle afin d'obtenir des caractéristiques électriques désirées tels que : la puissance, le courant de court-circuit I_{cc} ou la tension en circuit ouvert V_{co} [4].

I.4.1) Caractéristique Courant-Tension

La figure (I.8) représente la courbe $I = f(V)$ d'un module photovoltaïque typique 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

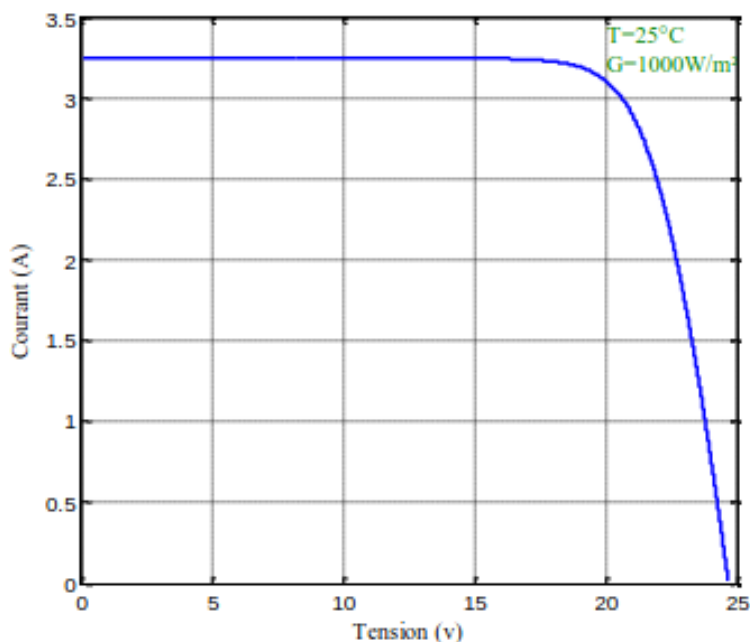


FIGURE I.8 – Caractéristique Courant –Tension d'un module photovoltaïque.

I.4.2) Caractéristique Puissance-Tension

La figure (I.9) représente la courbe $P = f(V)$ d'un module photovoltaïque typique 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 .

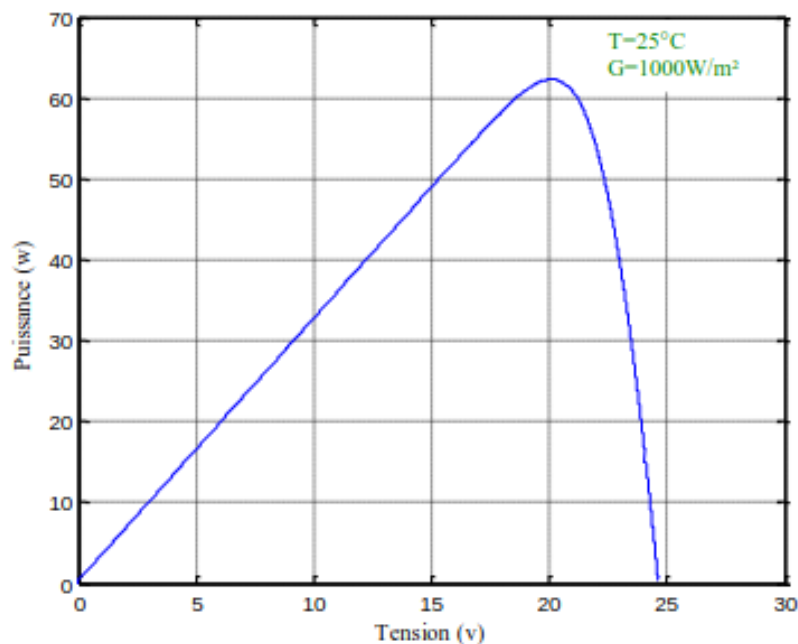


FIGURE I.9 – Caractéristique Puissance –Tension d'un module photovoltaïque.

I.5) Définition d'une batterie

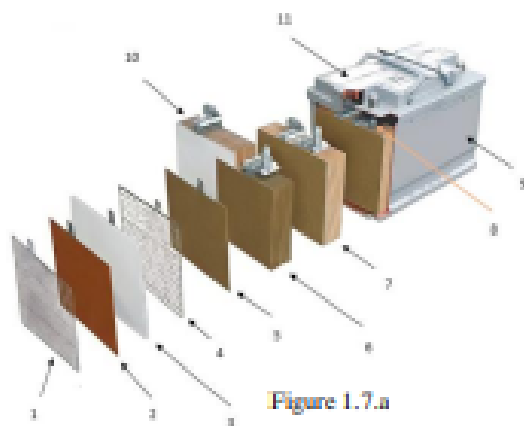
La batterie est un ensemble d'accumulateurs électrochimiques placées en série capables de convertir l'énergie électrique en énergie chimique et réciproquement [4]. On appelle respectivement ces opérations, charge et décharge. Lorsque l'on parle d'élément rechargeable on utilise le terme « accumulateur ».

Un accumulateur est un appareil accumulant de l'énergie électrique sous forme électrochimique pour la restituer ensuite suivant les besoins. Chaque accumulateur est constitué d'éléments

associés pour former des blocs (par exemple, un accumulateur au plomb est composé de 3 ou 6 éléments de 2 V, soit un bloc de 6 ou 12 V).

I.6) Structure de la batterie

Une batterie se compose d'un ensemble d'électrodes, d'un séparateur, d'un électrolyte, d'un conteneur et de bornes. Elle se compose d'une ou plusieurs cellules électrochimiques (éléments) connectées électriquement dans un montage série/parallèle approprié pour fournir la tension de fonctionnement et les niveaux de courant requis.



- 1) Grille positive
- 2) Plaque positive
- 3) Séparateur
- 4) Grille négative
- 5) Plaque négative
- 6) Faisceau négative
- 7) Bloc de plaque
- 8) Borne
- 9) Bac et couvercle
- 10) Faisceau positive
- 11) Rampe de bouchons

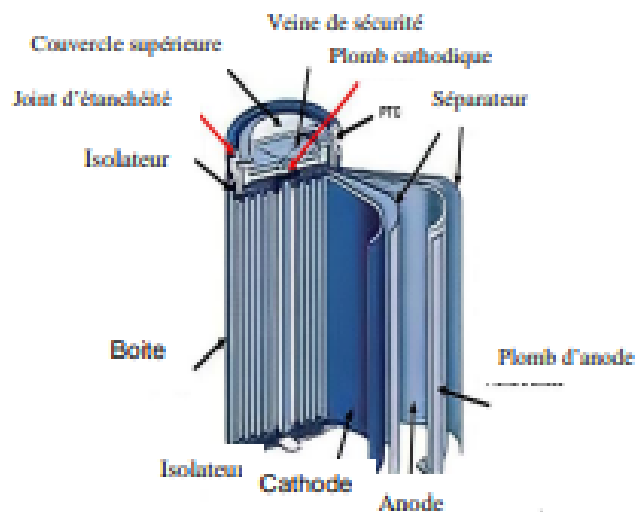


Figure 1.7.b

FIGURE I.10 – Vue éclatée des différents éléments d'une batterie : (a) structure d'une batterie au plomb classique, (b) structure cylindrique utilisée pour des cellules Li-ion.

Les constituants essentiels d'une batterie sont :

- **Les bornes** : Relient la batterie au circuit extérieur.
- **Les plaques** : qui sont les éléments de base d'une batterie, composées de grilles et de la matière active, quelquefois appelées électrodes.

- **Les Séparateurs** : Ce sont des feuilles microporeuses dont le rôle est d'empêcher les courts-circuits entre plaques de natures opposées, ils complètent le soutien de la matière active.
- **Le bac** : Fabriqué avec des matériaux, très divers, isolants résistant à l'acide, par exemple le plastique, l'ébonite (caoutchouc dur) ou autres matières.
- **L'électrolyte** : qui représente le canal conducteur dans lequel sont plongées les plaques, et qui permet les échanges ioniques entre celles-ci. Dans le cas d'une batterie au Plomb-Acide ouverte, l'électrolyte est une solution d'acide sulfurique ($30H_2SO_4$). Cet électrolyte peut être gélifié, comme c'est le cas des batteries au plombacide étanche (SLA).
- **Les bouchons** : qui permettent le remplissage de la batterie et le départ des gaz formés pendant la charge pour les batteries ouvertes.
- **Les grilles** : dont le rôle dans une batterie est de soutenir la matière active dans la plaque, ainsi elle représente le support de cette matière afin d'assurer la distribution du courant.
- **Les matières actives** : qui forment les plaques positives et négatives. L'énergie libérée lors de leurs réactions (chimique), permet la production d'énergie électrique.
- **La cellule galvanique** : qui est le bloc électrochimique de base dans une batterie, composé d'un ensemble de plaques positives et négatives divisées par des séparateurs, immergées dans la solution d'électrolyte et incluses dans un bac [8]. Chaque cellule possède une tension nominale de 3.6Volts pour une batterie au lithium-ion par exemple.
- **Le commutateur « PTC »** : Cet étage est une protection interne pour chaque cellule, montée en série [14]. Sa résistance est très faible à une température et un courant nominal. Durant une décharge excessive d'une cellule, sa température augmente et engendre une augmentation brusque de sa résistance qui limite le courant. Cette technique réversible est adoptée par des constructeurs pour certaines cellules cylindriques (Li-Ion, Ni-Cd et Ni-MH).[5][6]

I.7) Classification des batteries

Les batteries se répartissent en deux grandes catégories : les batteries primaires non rechargeables et les autres batteries secondaires rechargeables. Il existe d'autres types de classifications, basées sur des structures spécifiques (conceptions techniques) ou des domaines d'utilisation bien définis [5].

I.7.1) Batteries primaires

Ces batteries ne peuvent pas être chargées. Elles ne sont utilisées qu'une seule fois et doivent être remplacées car les réactions chimiques qui les régissent sont irréversibles, néanmoins, les piles primaires sont pratiques pour certaines applications : jouets, montre, équipements de communication, lampes de poche, appareils électroniques. [5][7][8] Les principaux avantages des batteries primaires sont leur densité énergétique très élevée, une longue durée de vie, fiabilité, facile à utiliser et un coût acceptable.

I.7.2) Batteries secondaires

Ces batteries peuvent être rechargées à leur état d'origine après décharge en faisant passer un courant à travers elles dans la direction opposée. Ce sont des dispositifs de stockage d'énergie électrique, également appelés "batteries de stockage" ou "accumulateurs".

Les applications des batteries secondaires se répartissent en deux catégories principales :

- L'application de batteries secondaires en tant que dispositifs de stockage d'énergie, généralement connectées électriquement et chargées par une source d'alimentation principale, et fournissant de l'énergie à une charge selon les besoins. Les exemples incluent les systèmes automobiles et aérospatiaux, les alimentations d'urgence et de secours (UPS) à la sécurité intégrée, les véhicules électriques hybrides et les systèmes de stockage d'énergie fixes (SES) pour l'équilibrage de charge des services publics au courant de décharge.
- Une batterie secondaire est essentiellement une application qui est utilisée ou déchargée comme batterie principale, mais chargée après utilisation plutôt que d'être jetée. Les

batteries secondaires sont utilisées de cette manière, comme dans les appareils électroniques grand public portables, les outils électriques, les véhicules électriques, etc., pour réduire les coûts (car elles peuvent être rechargées plutôt que remplacées) et doivent consommer plus que les batteries primaires. [5][7][8]

I.8) Principe électrochimique

Il est nécessaire de comprendre les phénomènes chimiques fondamentaux qui régissent le fonctionnement des batteries afin de pouvoir justifier le choix des méthodes, des modèles, et par la suite mieux expliquer les résultats de ces interactions. Le schéma de principe d'une cellule électrochimique est illustré par la Figure 1.11 [5].

Lorsque la batterie se décharge, une réaction d'oxydation à l'anode libère un ou plusieurs électrons dans le circuit externe (récepteur). Ces électrons se dirigent ensuite vers la cathode, où ils participent à la réaction de réduction (gain d'un ou plusieurs électrons).

Simultanément, les anions (les ions négatifs) et les cations (les ions positifs) migrent dans la solution d'électrolyte entre les deux électrodes pour maintenir l'équilibre des charges. Lorsque l'anode est complètement oxydée (ou que la cathode est complètement réduite), ces réactions cessent et la batterie se décharge. Quant à la charge, elle est réalisée en appliquant un courant électrique aux électrodes afin d'engendrer les réactions inverses. [5][6][8][9][10].

En décharge, l'anode est la borne négative de la batterie et la cathode est la borne positive. Par contre, en phase de charge l'électrode négative est la cathode et le positif est l'anode, les électrons circulant alors dans l'autre sens.

I.9) Différents Types de batterie

Il existe de nombreux types de batteries classifiés selon leur durée de vie, performance, l'énergie stockée, prix et leur impact sur l'environnement. Cela dû à l'effort de recherche et de développement menés pour aboutir aux besoins

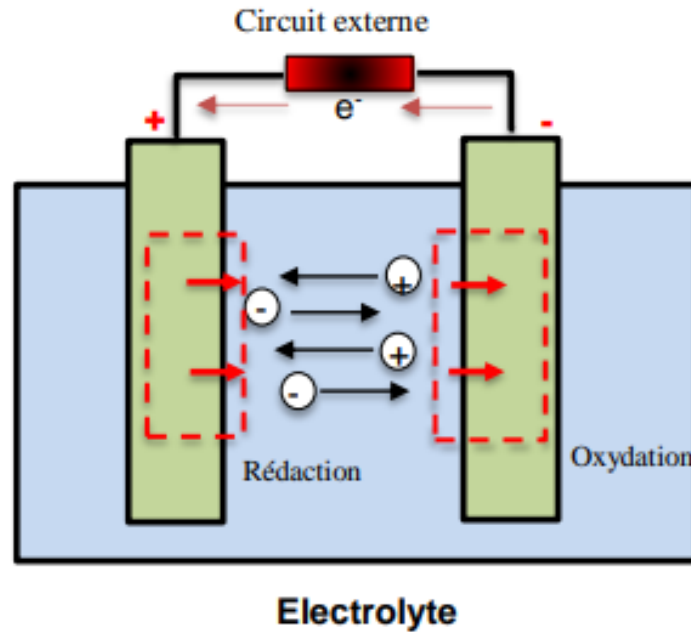


FIGURE I.11 – Cellule électrochimique de base.

I.9.1) Accumulateur au plomb acide

Les batteries de stockage au plomb sont les batteries de stockage les plus couramment utilisées aujourd'hui. La première batterie pratique, construite par Plante en 1859, est restée une curiosité de laboratoire jusqu'aux années 1880 où la plaque collée a été développée. Ce développement a permis la production économique de batteries au plomb et a favorisé leur utilisation dans la propulsion et l'éclairage des véhicules. Sa technologie est bien maîtrisée et presque entièrement recyclable.

Elle présente l'avantage non négligeable de présenter le prix de revient le plus faible parmi tous les types de batteries connus. Vu son ancienneté, elle joue le rôle d'étalon pour évaluer les caractéristiques des autres batteries à électrolyte liquide, qui se composent de deux électrodes, positive, baignant dans un électrolyte dite acide sulfurique dilué.

Ce sont des batteries conçues pour délivrer une puissance instantanée (batteries de démarrage moteur pour automobile). Une batterie au plomb est composée de plusieurs éléments d'accumulateurs montés en série. La tension normale d'un élément au plomb de 2V environ.

I.9.1.1) Batteries "classiques" ou ouvertes (FLA)

Pour ce type de batteries (voir la figure 1.7.a), la cellule n'est pas fermée, elle perd donc de l'électrolyte (composé typiquement de 65% d'eau et 35% d'acide sulfurique). En cas de gazéification, la batterie nécessite une maintenance. De plus, si cette maintenance n'est pas effectuée, une partie de la matière active peut perdre le contact avec la grille ce qui engendre une diminution de la durée de vie [11].

I.9.1.2) Batteries à soupape de régulation (VRLA)

Ce type de batteries présente un cas particulier des batteries à cellules fermées, dite batteries étanches (SLA), qui ne nécessitent pas d'entretien. L'électrolyte de ces batteries, à quantité limitée (starved batteries), est immobilisé sous forme de gel (ajout de silice à haute spécificité), ou encore retenue dans un séparateur en fibre de verre à haut pouvoir capillaire (AGM), d'où l'avantage anti-renversement (Spill-proof) tant convoité par les applications aéronautique et UPS. Les gaz produits durant la gazéification restent donc emprisonnés dans le gel et diffusent à la surface de la grille négative, par la suite ils sont recombinaés durant la décharge. Par ce système, l'épuisement d'eau et l'émission de gaz sont extrêmement faibles. Ce système n'est fonctionnel que pour une phase de surcharge dite normale où le courant de charge est dans une plage recommandée par le constructeur. Elle dispose d'un design lui permettant de récupérer, lors de décharge, la majorité de l'oxygène généré par les cellules lors de la phase de surcharge. Les VRLA sont utilisées pour des instruments portables et en télécommunication sous une forme de cellule cylindrique ou un ensemble de deux à six cellules assemblées en monobloc.

D'autres formats sont réponsus comme prismatique pour les systèmes UPS ou prismatique-plat pour des applications aux besoins spécifiques [12]

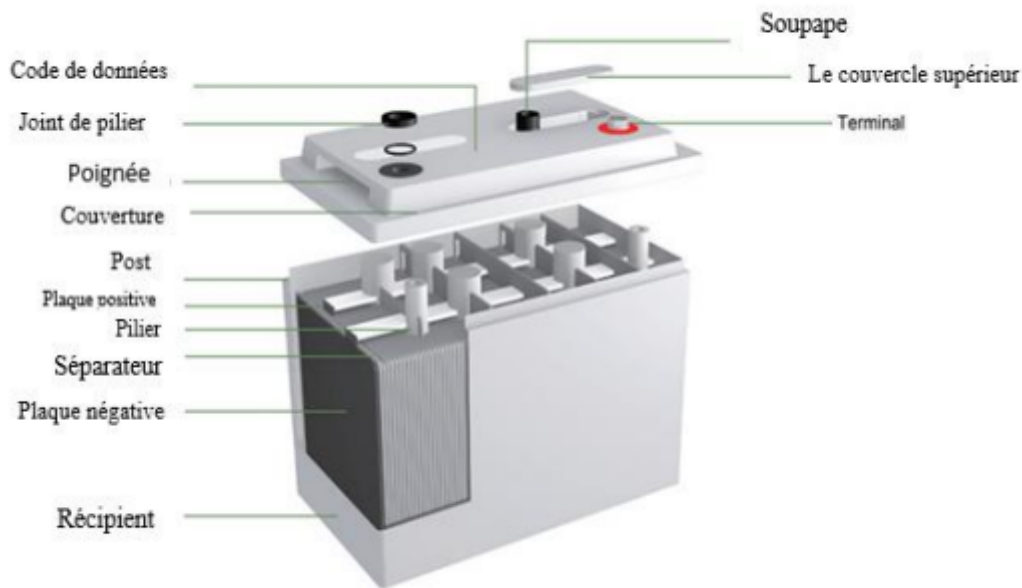


FIGURE I.12 – Structure d'une batterie au plomb acide (VRLA).

I.9.2) Accumulateur au lithium-ion (Li-Ion)

La batterie lithium-ion fonctionne sur l'échange réversible de l'ion lithium entre une électrode positive, le plus souvent un oxyde de métal de transition lithium, et une électrode négative en graphite. La tension d'un élément lithium-ion est de 3.6V.

L'électrolyte est composé l'hexafluorophosphate de lithium (LiPF₆), un sel à forte conductivité ionique, dissout dans un mélange de solvants (carbonate de propylène et le carbonate d'éthylène (PC-EC)) connues par leurs forte constante diélectrique, aussi il est ajouté à ce mélange un copolymère de poly-vinylidene fluoride (PVDF) et polyhexafluoropropylene (PHFP). Notons qu'il existe des accumulateurs lithium-ion industriels de grande puissance, ces éléments peuvent fonctionner jusqu'à 15 ans. Cependant l'utilisation de la technologie lithium-ion à ces échelles de puissance n'en est qu'à ses débuts.

I.9.2.1) Accumulateur au Nickel Cadmium

Les batteries Ni/Cd appartiennent à un groupe de cinq batteries rechargeables, par ex. Ni/Cd, Nickel–metal hydride (Ni/MH), Nickel–hydrogène (Ni/H₂), Nickel-zinc (Ni/Zn), Nickel-fer

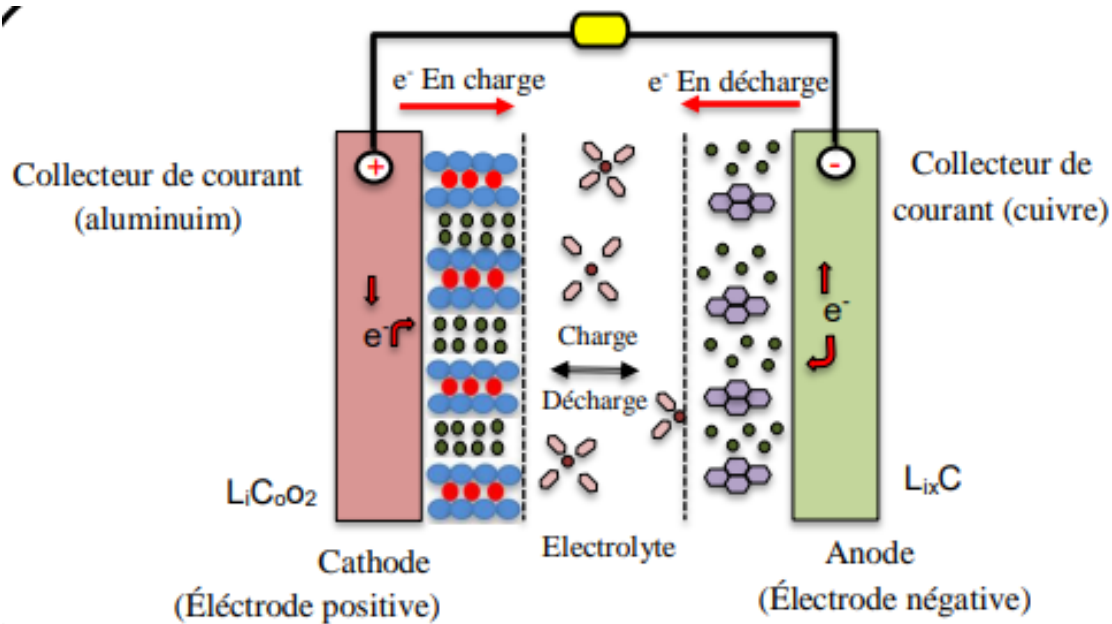


FIGURE I.13 – Structure d'un accumulateur au Li-ion.

(Ni/Fe), ayant en commun une base Ni positive électrode et une solution alcaline. Même si certains inconvénients connus peuvent être associés à la batterie Ni/Cd, particulièrement à faible densité d'énergie et impact sur l'environnement, il peut néanmoins être utilisé avantageusement dans un certain nombre d'applications industrielles. Ses caractéristiques positives seront évoquées en fonction du type de construction spécifique.

Le cadmium est utilisé comme électrode négative et le Nickel oxide hydroxide (NiOOH) comme électrode positive. L'électrolyte est une solution de KOH (22%, $d=1,2 \text{ g/cm}^3$) contenant du Lithium hydroxide (LiOH) (8-20 g/L). Ce dernier améliore la durée de vie et les performances à haute température.

On rencontre des accumulateurs ayant une résistance interne plus élevée destinée à des utilisations moins brutales comme l'alimentation des émetteurs et récepteurs. Ce type de batterie possède un effet de mémoire, ce qui impose leur stockage dans un état décharge de 0,6V. Il peut supporter des pointes de courant en décharge plus importantes et sa décharge est très lente. Un élément possède une force électromotrice nominale de 1.2V, alors 4 éléments =4.8V.

I.10) Paramètres d'une batterie

La diversité dans le domaine d'utilisation des batteries impose plusieurs types de critères permettant de déterminer les performances des batteries à travers ces paramètres afin de classer différents types de batteries selon leur conformité aux exigences.

I.10.1) Température

Quand le stockage est en service, les températures T ($^{\circ}\text{C}$) qui sont très hautes ou basses peuvent influencer fortement sur le fonctionnement de la batterie et par conséquent les autres paramètres.

I.10.2) Tension

La tension aux bornes de la batterie V_t . C'est le paramètre le plus apparent et facile à déterminer. Différentes références sont faites à la tension d'une cellule ou d'une batterie

- **Tension théorique** : C'est la fonction des matériaux d'anode et de cathode, de la composition de l'électrolyte et de la température (généralement indiquée à 25 C)
- **Tension nominale (V_n)** : La tension nominale est celle qui est généralement acceptée comme typique de la tension de fonctionnement de la batterie, par exemple, 1.5 V pour une batterie zinc-dioxyde de manganèse.
- **Tension de fin de décharge ($V_{\text{Cut-Off}}$)** : C'est la tension au-dessus de laquelle la majeure partie de la capacité de la cellule ou de la batterie a été délivrée. La tension finale peut également dépendre des exigences de l'application.
- **Tension de fin de charge (V_{full})** : lorsque la cellule (ou batterie) atteint cette tension, elle récupère toute la matière active disponible et elle est considérée comme chargée.
- **Tension à circuit ouvert (V_{OC})** : est la tension de la cellule ou batterie à vide (sous aucune charge, $I_b=0$) et est généralement proche approximative à la tension théorique.

- **Tension médiane** : est la tension centrale pendant la décharge de la cellule ou de la batterie .
- **Tension moyenne** : est la tension moyenne pendant la décharge .

I.10.3) Capacité

- **Capacité massique** : C'est une forme de l'énergie spécifique, définie comme le rapport entre l'énergie disponible d'une batterie ou d'une cellule et son poids. Elle est exprimée en Wh/Kg .
- **Capacité massique** : C'est la valeur de capacité donnée par le constructeur pour l'une des conditions de fonctionnement préconisées (température T° définie, courant I_b et $V_{Cut-Off}$. Elle peut être déterminée en intégrant la courbe du courant de décharge sur la durée de décharge. Habituellement, la capacité est signalée à une tension finale arbitraire qui représente le minimum acceptable de la tension que le système tolère.

I.11) Conclusion

Stockage d'énergie électrique et de batteries selon l'exemple précédent est presque indispensable pour un système solaire photovoltaïque. En ce qui nous concerne, contributions sur les batteries pour diverses applications photo. Beaucoup chercheurs ont contribué à divers modèles décrivant le comportement des cellules à l'intérieur des batteries. énoncés de réactions chimiques ou électriques ou de phénomènes physiques et chacun l'explique Les performances de la batterie dépendent du modèle d'utilisation. Mais le modèle est une fonction importante, notamment pour prédire avec précision le comportement de la batterie. systèmes sans fil tels que les applications photovoltaïques.

Chapitre



Le différent type de conversion

II.1) INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons examiner le problème de la connexion entre une GPV (génératrice photovoltaïque) et la nécessité d'un étage d'adaptation. Cet étage doit être ajouté entre la source et la charge. Il peut s'agir d'un convertisseur DC/DC (hacheur) : boost, buck ou buck-boost. Même en cas de besoin en courant alternatif, un étage d'adaptation (DC/AC) peut être mis en place. Tous ces aspects seront étudiés dans ce chapitre.

Des lois de commandes spécifiques existent pour amener des dispositifs à fonctionner à des points maximums de leurs caractéristiques sans qu'a priori ces points soient connus à l'avance, ni sans que l'on sache à quel moment ils ont été modifiés ni qu'elles sont les raisons de ce changement. Pour le cas de sources énergétiques, cela se traduit par des points de puissance maximum. Ce type de commande est souvent nommé dans la littérature «Recherche du Point de Puissance Maximum » ou bien « Maximum Power Point Tracking » en anglais (MPPT). Le principe de ces commandes est d'effectuer une recherche du point de puissance maximal (PPM) tout en assurant une parfaite adaptation entre le générateur et sa charge de façon à transférer le maximum de puissance.

II.2) Constitution d'un système photovoltaïque :

La sensibilité du module photovoltaïque aux conditions météorologiques et ses caractéristiques non linéaires engendrent des pertes énergétiques. Pour remédier à ce problème, un étage d'adaptation est utilisé pour optimiser la production de l'énergie à chaque instant [13]

Cas d'un étage d'adaptation DC-DC :

En courant continu, un système photovoltaïque est principalement constitué d'un GPV, d'un étage d'adaptation DC-DC muni d'une commande MPPT et d'une charge. Cette structure autonome permet généralement d'alimenter une charge à courant continu ou une batterie qui sert pour le stockage d'énergie [13].

La conception d'un étage d'adaptation DC-DC permet de relier aisément un générateur photovoltaïque GPV à une charge de type continu (DC) avec un rendement de conversion assez important. En fait, La conception d'un étage d'adaptation DC-DC correspond à la modélisation des fonctions de base d'un convertisseur DC-DC (ou hacheur), à travers la notion de conservation de la puissance transférée par un convertisseur statique, correspondant aux relations entre les quatre grandeurs électriques sur les ports d'entrée et de sortie qui sont ses courants et ses tensions d'entrée et de sortie [13]

Le rôle du convertisseur DC-DC est de faire l'adaptation entre le GPV et une charge DC pour avoir un transfert de puissance maximal. Le point de fonctionnement est donc maintenu au voisinage du PPM quelles que soient les conditions de fonctionnement (ensoleillement, température, variation de charge, etc.) [13]

Les types de convertisseurs DC-DC généralement utilisés sont : le convertisseur élévateur de tension (hacheur parallèle ou boost), abaisseur de tension (hacheur série ou buck) et élévateurabaisseur de tension (hacheur série-parallèle ou buck-boost). Dans ce qui suit nous rappelons brièvement leur principe de fonctionnement en mode de fonctionnement continu [13]

II.2.1) Les types de convertisseur (DC/DC)

II.2.1.1) Convertisseur boost :

Un convertisseur boost, ou hacheur parallèle, est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de valeur plus forte. La figure 2.1 représente le schéma de base d'un convertisseur boost [13] Le principe de fonctionnement d'un convertisseur boost est divisé en deux phases distinctes selon l'état de l'interrupteur S :

Lorsque l'interrupteur S est fermé (état passant), le courant dans l'inductance augmente, et de l'énergie sous forme d'énergie magnétique est stockée. La diode est donc bloquée, et la charge est déconnectée. L'expression de V_i est donc :

$$V_i = L \cdot \frac{dI_L}{dt} \quad (\text{II.1})$$

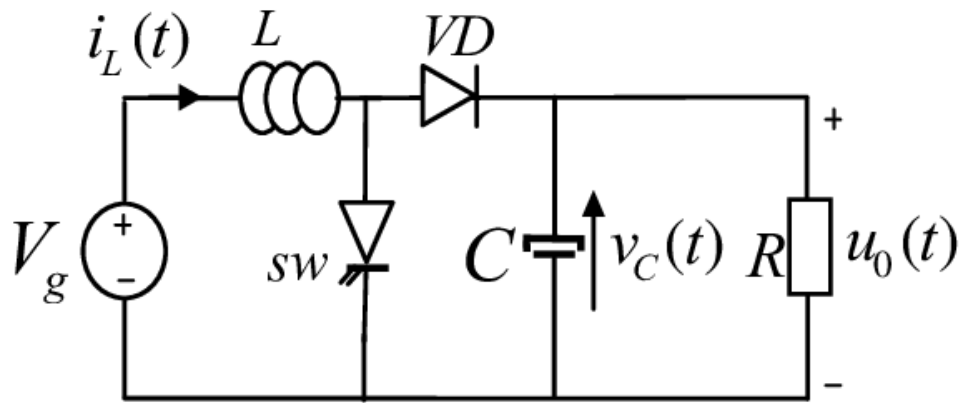


FIGURE II.1 – Schéma de base d'un convertisseur boost

À la fin de l'état passant, le courant I_L a augmenté de ΔI_L cette variation étant exprimée par :

$$\Delta I_{L_{on}} = \int_0^{DT} dI_L = \int_0^{DT} \frac{V_i dt}{L} = \frac{V_i \cdot D \cdot T}{L} \quad (\text{II.2})$$

D est le rapport cyclique, représentant la fraction de la période T pendant laquelle l'interrupteur S est fermé. Il est compris entre 0 et 1.

Lorsque l'interrupteur est ouvert, l'inductance se trouve en série avec le générateur et sa tension s'ajoute à celle du générateur, créant ainsi un effet de surtension. L'énergie accumulée dans l'inductance est alors transférée vers le condensateur.

L'expression de V_i est alors :

$$V_i = L \frac{dI_L}{dt} \quad (\text{II.3})$$

À la fin de la phase où l'interrupteur est conducteur, le courant I_L a augmenté de $\Delta I_{L_{on}}$, ce qui est exprimé par :

$$\Delta I_{L_{on}} = \int_0^{DT} \frac{V_i dt}{L} = \frac{V_i \cdot D \cdot T}{L} \quad (\text{II.4})$$

- Lorsque l'interrupteur est ouvert, l'inductance se trouve en série avec le générateur, ce qui entraîne l'effet de survolte où sa tension s'ajoute à celle du générateur. L'énergie stockée dans l'inductance est alors transférée vers la capacité.

L'expression de V_i dans ce cas est :

$$V_i - V_0 = L \frac{dI_L}{dt} \quad (\text{II.5})$$

La variation de IL durant l'état bloqué sera donc égale à :

$$\Delta I_{Loff} = \int_0^{(1-D)T} dI_L = \int_0^{(1-D)T} \frac{(V_i - V_0) dt}{L} = \frac{(V_i - V_0)(1 - D) \cdot T}{L} \quad (\text{II.6})$$

La quantité d'énergie emmagasinée dans chacun de ces composants est la même au début et à la fin d'un cycle de fonctionnement. Par conséquent, le courant I_L est le même au début et à la fin de chaque cycle de commutation. Ce qui permet d'écrire :

$$\Delta I_{Lon} + \Delta I_{Loff} = \frac{V_i \cdot D \cdot T}{L} + \frac{(V_i - V_0)(1 - D) \cdot T}{L} = 0 \quad (\text{II.7})$$

Le rapport entre V_i et V_0 sera donc :

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{1}{1 - D} \quad (\text{II.8})$$

II.2.1.2) Convertisseur buck :

Un convertisseur buck, ou hacheur série, est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de valeur plus faible. Le schéma de base d'un

convertisseur buck est représenté par la figure 2.2 [13]

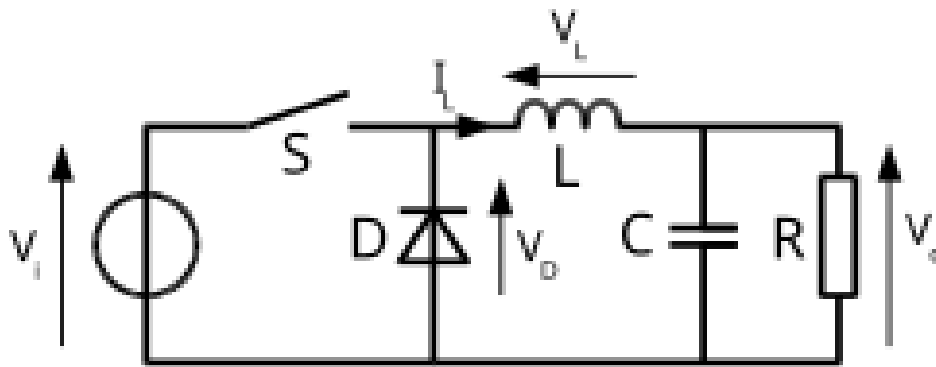


FIGURE II.2 – Schéma de base d'un convertisseur buck

Le principe de base du fonctionnement de ce type de convertisseur est le suivant

- Lorsque l'interrupteur S est fermé, la tension aux bornes de l'inductance est égale à $V_L = V_i - V_0$ Le courant I_L croît linéairement et la diode se trouve bloquée

La tension aux bornes de l'inductance L est :

$$V_L = L \cdot \frac{dI_L}{dt} \quad (\text{II.9})$$

L'augmentation du courant I_L est donné par :

$$\Delta I_{L_{on}} = \int_0^{DT} dI_L = \int_0^{DT} \frac{V_L dt}{L} = \frac{(V_i - V_0) \cdot D \cdot T}{L} \quad (\text{II.10})$$

Lorsque l'interrupteur S est ouvert, La diode devient alors passante pour assurer la continuité du courant I_L . La tension V_L est donc égale à $V_L = -V_0$ et le courant I_L décroît. La diminution du courant I_L dans l'inductance est :

$$\Delta I_{L_{off}} = \int_{DT}^T dI_L = \int_{DT}^T \frac{V_L dt}{L} = -\frac{V_0(T - DT)}{L} \quad (\text{II.11})$$

Vu que l'énergie emmagasinée dans les composants et le courant I_L ont les mêmes valeurs au début et à la fin de chaque cycle de commutation, on peut écrire :

$$\Delta I_{Lon} + \Delta I_{Loff} = \frac{(V_i - V_0) \cdot D \cdot T}{L} - \frac{V_0(T - DT)}{L} = 0 \quad (\text{II.12})$$

D'où l'expression de V_0 :

$$V_0 = D \cdot V_i \quad (\text{II.13})$$

II.2.1.3) Convertisseur buck-boost

Le convertisseur buck-boost est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de valeur plus faible ou plus grande, mais de polarité inverse. Le schéma de principe d'un convertisseur buck-boost est représenté par la figure 2.3 Le

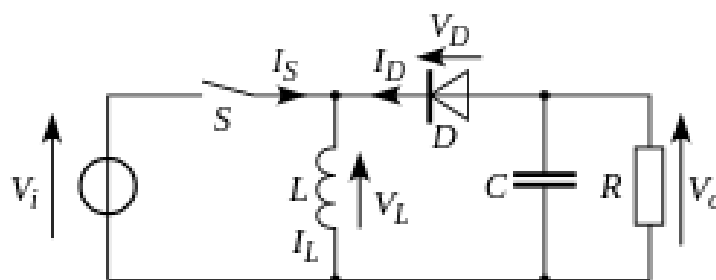


FIGURE II.3 – Schéma électrique d'un hacheur buck- boost

principe de fonctionnement du convertisseur buck-boost dépend selon la position de l'interrupteur K ouvert ou fermé :

$$V_{pv} = V_L = L \frac{dI_L}{dt} \quad (\text{II.14})$$

L'augmentation du courant I_L à la fin de l'état passant est définie par :

$$\Delta I_{LON} = \int_0^{DT} dI_L = \frac{V_{pv} dt}{L} = \frac{V_{pv} D \cdot T}{L} \quad (\text{II.15})$$

L'interrupteur K est ouvert pendant la durée $\alpha \in [\alpha.T, T]$, l'inductance se trouve alors reliée à la charge et à la Capacité. L'énergie stockée dans l'inductance va être transférée vers la capacité et la charge et le courant décroît linéairement. La valeur de la tension V_c est alors :

$$V_c = L \frac{dI_L}{dt} \quad (\text{II.16})$$

Par conséquent, la variation de I_L durant l'état bloqué est alors :

$$\Delta I_{Loff} = \int_0^{(1-D)T} dI_L = \int_0^{(1-D)T} \frac{V_c dt}{L} = \frac{V_c(1-D)T}{L} \quad (\text{II.17})$$

Si on considère que l'énergie stockée dans chaque composant et le courant I_L ont la même valeur au début et à la fin de chaque cycle de commutation, on peut donc écrire :

$$\Delta I_{LON} + \Delta I_{Loff} = \frac{V_{pv} D \cdot T}{L} + \frac{V_c(1-D)T}{L} = 0 \quad (\text{II.18})$$

Le rapport entre la tension de sortie et la tension d'entrée est alors

$$\frac{V_c}{V_{pv}} = \frac{-D}{(1-D)} \quad (\text{II.19})$$

Par comparaison aux convertisseurs boost et buck, la tension V_o est de polarité inverse par rapport à V_{in} , en plus elle peut varier de 0 à $-\infty$.

II.2.2) Méthode de perturbation et d'observation (P&O)

La méthode de désintégration et d'observation (P&O) est la méthode la plus couramment utilisée. dans la recherche MPPT car c'est simple et ne nécessite qu'une mesure de tension avec panneaux photovoltaïques pour V_{PV} et I_{PV} .

respectivement peuvent surveiller les points Puissance maximale de , même en cas de stress thermique

Comme son nom l'indique, la méthode (P&O) fonctionne avec suppression de tension. V_{pv} et voyez l'effet de ce changement sur la tension de sortie photos.

La figure 2.4 montre l'algorithme de la méthode P&O. V_{pv} et I_{pv} s'appliquent à chaque étape ont été mesurés pour calculer la $P_{pv}(k)$. La valeur $P_{pv}(k)$ est comparée à la valeur $P_{pv}(k-1)$ calculée le mois dernier.

À mesure que la puissance de sortie augmente, V_{pv} change dans la même direction que : Le mois précédent était . Si la tension de sortie diminue, V_{pv} change dans le sens opposé par rapport à la phase précédente. Par conséquent, V_{pv} fluctue dans chaque phase du MPPT. V_{pv} fluctue autour de la valeur idéale lorsque la puissance maximale est atteinte V_{op} . Il en résulte une perte d'énergie qui augmente avec l'augmentation de la vitesse. chocs. L'algorithme MPPT répond rapidement si la taille de ce pas est grande pour les changements soudains de performances.

D'autre part, si le pas est petit, les pertes, lors des conditions de changements atmosphériques lents ou stables, seront inférieures mais le système ne pourra pas répondre rapidement aux

changements rapides de la température ou de l'éclairement.

Le pas idéal est déterminé expérimentalement en fonction des besoins [15]

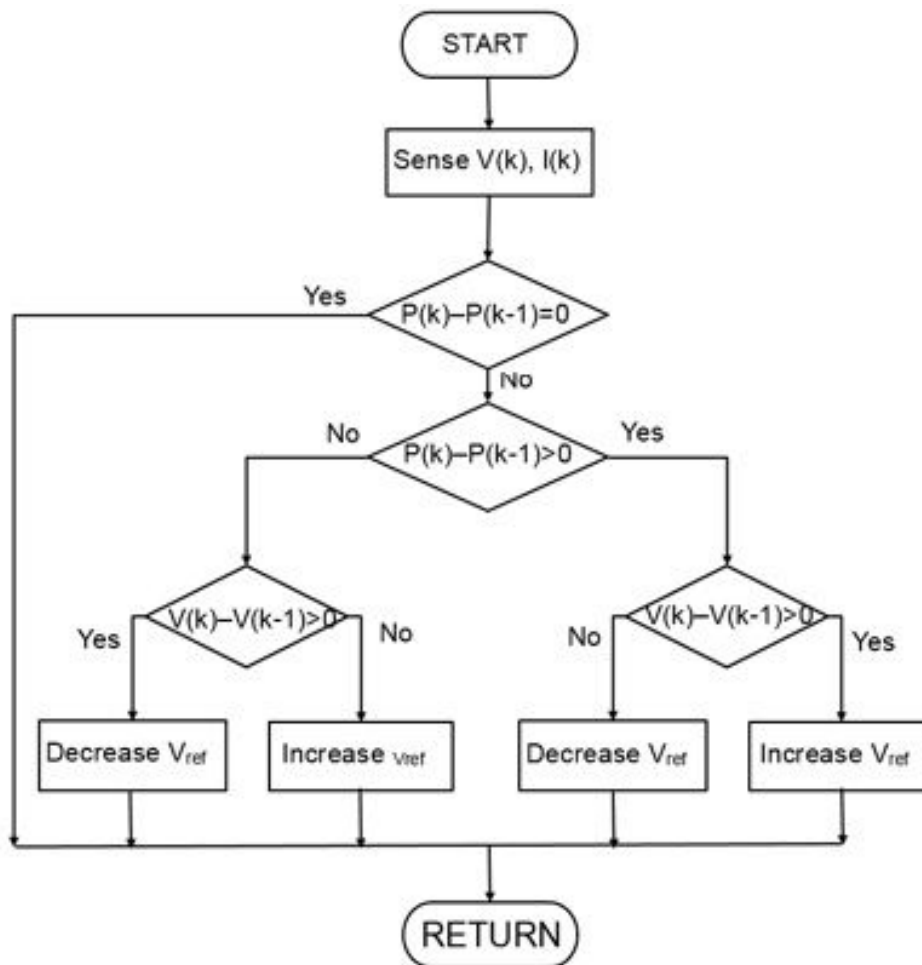


FIGURE II.4 – Organigramme de l’algorithme MPPT de la perturbation & observation

S’il y a une augmentation soudaine de la lumière solaire, il y aura une augmentation. le pouvoir de l’espace.

Le premier algorithme agit comme si cette augmentation était causée par Premier choc, puis continuation dans la même direction négative direction s’écartant de la limite maximale réelle. Cela entraîne un retard dans la réponse aux changements soudains de performances et perte de puissance. Pour remédier à l’inconvénient majeur de la déviation de cette méthode lors de la recherche du MPP durant l’augmentation rapide des niveaux d’insolation, une version améliorée de cet algorithme est proposée, où on introduit une nouvelle condition dans la branche « Oui » de condition $P(k) > 0$ dans la structure de l’organigramme de l’algorithme de P&O [15]

II.2.3) MPPT à base de Réseaux de Neurones Artificiels (RNA)

La technique de réseaux de neurones est elle aussi, de plus en plus utilisée, car elle offre une grande alternative pour résoudre des problèmes complexes. Ces dernières années, l'utilisation de cette méthode dans divers domaines d'application ne cesse d'augmenter car elle fonctionne à partir d'une boîte noire qui n'exige pas d'informations détaillées sur le fonctionnement du système. Elle établit des relations entre les variables d'entrée et de sortie en analysant les précédentes données mémorisées. Un autre avantage est qu'elle peut traiter des problèmes d'une grande complexité grâce à des paramètres interdépendants

II.2.4) L'architecture des Réseaux de Neurones Artificiels

La structure du réseau neuronal est définie pour trouver la bonne solution au problème. systèmes non linéaires et complexes ou variables aléatoires. Parmi les types La distribution interne (alimentation de canal interne) est la plus courante car les signaux se propage uniquement dans le sens direct de l'entrée à la sortie sorties, résultats d'ARN déterminés par la diversité structurelle La structure simple du type se compose de trois parties, comme le montre la figure 2.5

La couche d'entrée reçoit les données externes, la deuxième couche (couche cachée) contient plusieurs neurones cachés qui reçoivent des données à partir de la couche d'entrée et les envoyer à la troisième couche (couche de sortie) [10]

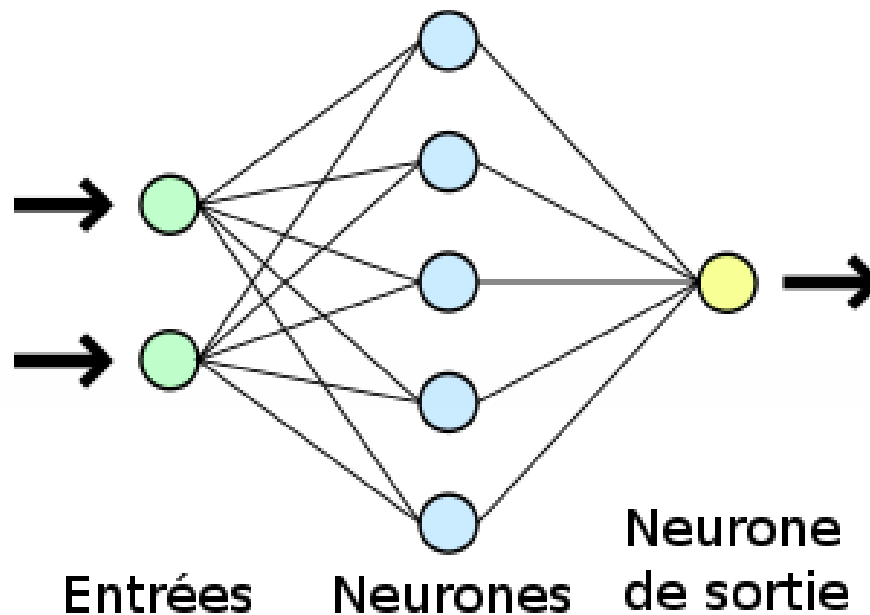


FIGURE II.5 – Architecture de réseau de neurones de la propagation avant (feed-forward)

Comme le montre la figure III.6. Le nombre de noeuds au niveau des différentes couches est variable en fonction du degré d'apprentissage souhaité et de la précision de la commande souhaitée. La sortie de l'unité de neurone peut être exprimée comme suit [10] :

$$y = \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (\text{II.20})$$

II.2.5) La méthode de rétro propagation

L'avant du réseau de distribution a été utilisé avec succès pour résoudre le problème quelques questions stimulantes et variées pour la pratique contrôlée est un algorithme populaire connu sous le nom d'algorithme de rétropropagation (BP).

L'algorithme d'apprentissage BP est un algorithme de gradient itératif conçu pour minimiser l'erreur quadratique moyenne entre la sortie réelle et la sortie désirée. Le vecteur de sortie calculé par le réseau est comparé au vecteur de sortie désiré. On calcule ensuite une fonction d'erreur correspondant généralement l'écart quadratique entre la sortie réelle et la sortie désirée. Puis on modifie le coefficient synaptique (poids) de chaque connexion de façon à réduire cette erreur. L'opération est répétée jusqu'à ce que le comportement désiré soit obtenu [10]

II.2.6) Le schéma proposé du MPPT

Le diagramme schématique du MPPT est présenté à la figure 2.6 RAN dans ce diagramme a été utilisé pour trouver la meilleure tension. Un réseau est constitué d'un ensemble de données Les entrées et sorties sont bien conçues.

Pour cette commande MPPT, les variables d'entrées sont les paramètres caractéristiques des données atmosphériques (la température et l'irradiation). La sortie est la tension optimale de référence, en comparant avec la tension de GPV afin de produire le signal du rapport cyclique permettant de commander le CS pour fonctionner le plus souvent possible au PPM [10]

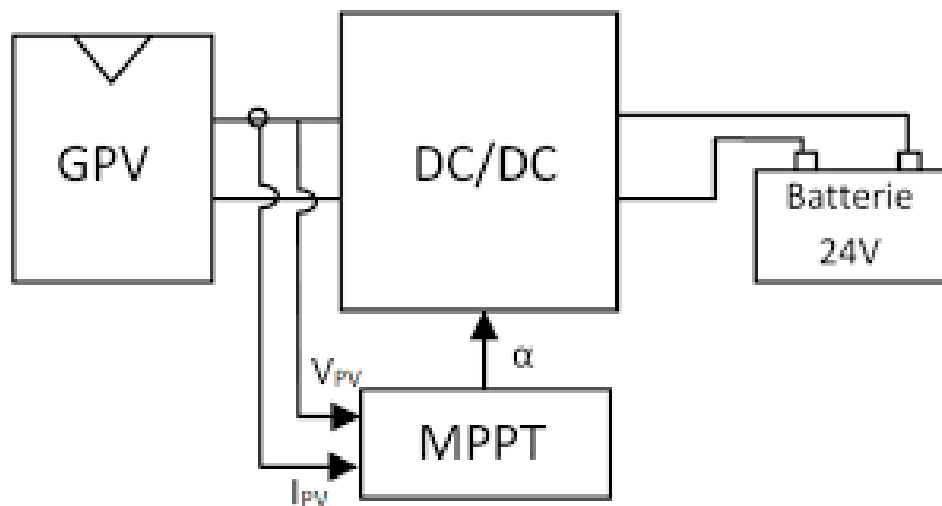


FIGURE II.6 – Le schéma du MPPT proposé.

II.3) Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence les problèmes dus à la connexion directe entre GPV et la charge. Dans ce sens, et dans le but d'optimiser la puissance fournie par le GPV, un étage d'adaptation doit être introduit entre la source et la charge. Cet étage d'adaptation doit être associé à une commande de recherche du point de puissance maximum.

Dans un second lieu, nous avons présenté la constitution du système photovoltaïque pour le cas d'un étage d'adaptation DC-DC puis pour le cas d'un étage d'adaptation DC-AC. Pour cela,

nous avons défini les différentes topologies utilisées dans les deux cas. Les convertisseurs DC- DC les plus utilisés comme étage d'adaptation sont les convertisseurs boost, buck et buck-boost.

Une brève description de ces convertisseurs a été faite dans ce chapitre. Pour les convertisseurs DC-AC, les différentes architectures pour monter les onduleurs dans ces installations sont présentées. Nous utilisons dans cette étude, le convertisseur Boost.

Chapitre



Simulation et évaluation des résultats

III.1) INTRODUCTION

III.2) L'outil Matlab/Simulink

Simulink est un système de simulation et de modélisation multi-réseaux Puissance . Elle propose des services de conception graphique et de bibliothèque. Comprend diagrammes schématiques, schémas, simulations, Implémentation et contrôle des systèmes de communication et de traitement du signal . Simulink s'intègre à MATLAB et offre un accès direct à ses nombreux outils Développement algorithmique, visualisation et analyse de données pour MATLAB. OMS Le s'intègre bien dans tout :

Différents types d'outils spéciaux (Toolbox).

- Simulink, un environnement puissant de modélisation basée sur les schémas-blocs et de simulation des systèmes dynamiques linéaires et non linéaires.
- Des bibliothèques de blocs Simulations spécialisés (Blocksets).
- D'autres modules dont un Compilateur, un générateur de code C, un accélérateur.
- Un ensemble d'outils intégrés dédiés au Traitement du Signal : le DSP Workshop.

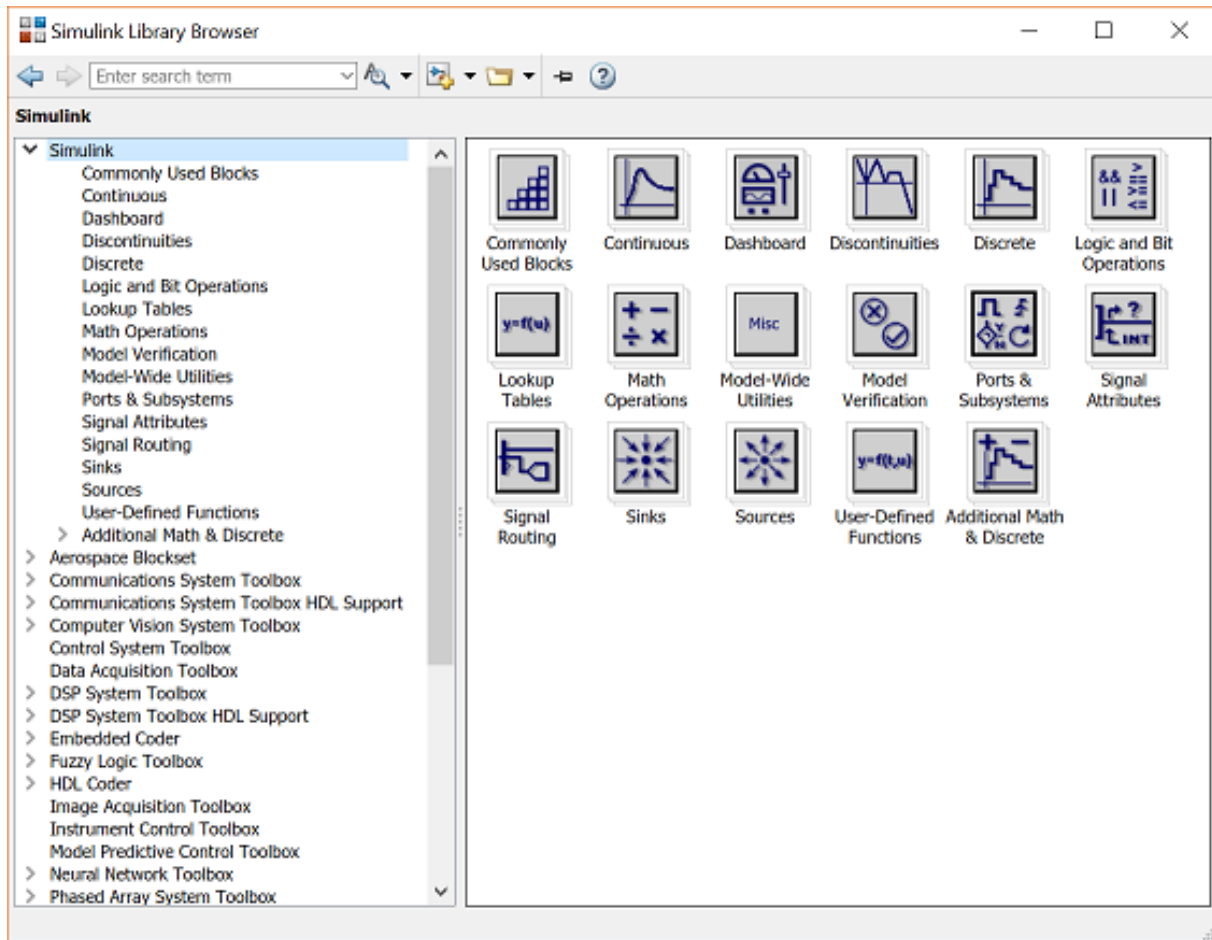


FIGURE III.1 – Bibliothèque SIMULINK.

III.2.1) Système photovoltaïque proposée

Le module PV est constitué de silicium monocristallin et se compose de 52 cellules photos de base. Peut être offert lors des tests communs (CST) Puissance 200.112 W, courant 8.21 A, sous tension positive 32.9 V. L'harmonie est le pouvoir de changer de pouvoir Le programme nécessite une tension supérieure à 26.4V.

Le contrôleur MPPT (Maximum Power Point Tracking) est une partie active du système. Les systèmes PV vous aident également à trouver les meilleures performances de votre générateur PV dépend des conditions météorologiques et du tarif. Son principe directeur est basé sur le changement automatique de la fonction de processus à la valeur correcte consommation d'énergie continue pour la production photovoltaïque.

III.2.2) Simulation du générateur PV

Conception photovoltaïque dans l'environnement Matlab-Simulink est représenté par :

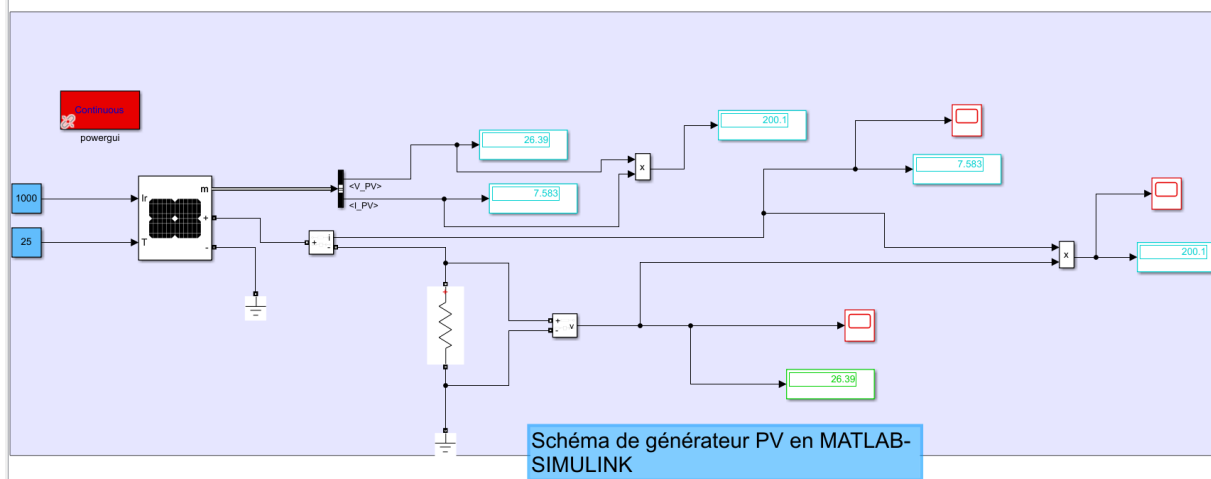


FIGURE III.2 – Schéma de générateur PV en MATLAB-SIMULINK

III.2.2.1) Influence de la température sur les courbes $I=f(V)$ et $P=f(V)$

Nous présentons la figure 3.3 la caractéristique I-V et la caractéristique P-V dans la figure 3.3 d'un module photovoltaïque pour un niveau d'ensoleillement G donné et pour différentes températures :

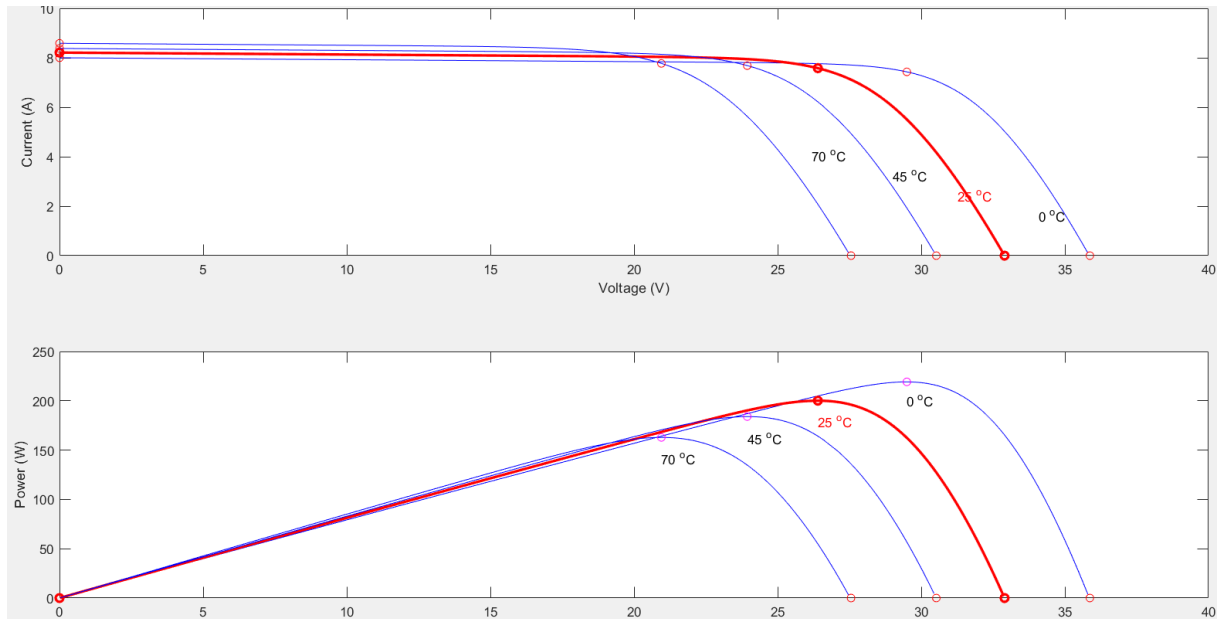


FIGURE III.3 – Caractéristique courant-tension et puissance-tension pour différentes valeurs de la température

III.2.2.2) Influence de l'éclairement sur les courbes $I=f(V)$ et $P=f(V)$

Nous présentons la figure 3.4 la caractéristique I-V et la caractéristique P-V dans la figure IV.6 d'un module photovoltaïque pour un niveau de température T donné et pour différentes éclairement :

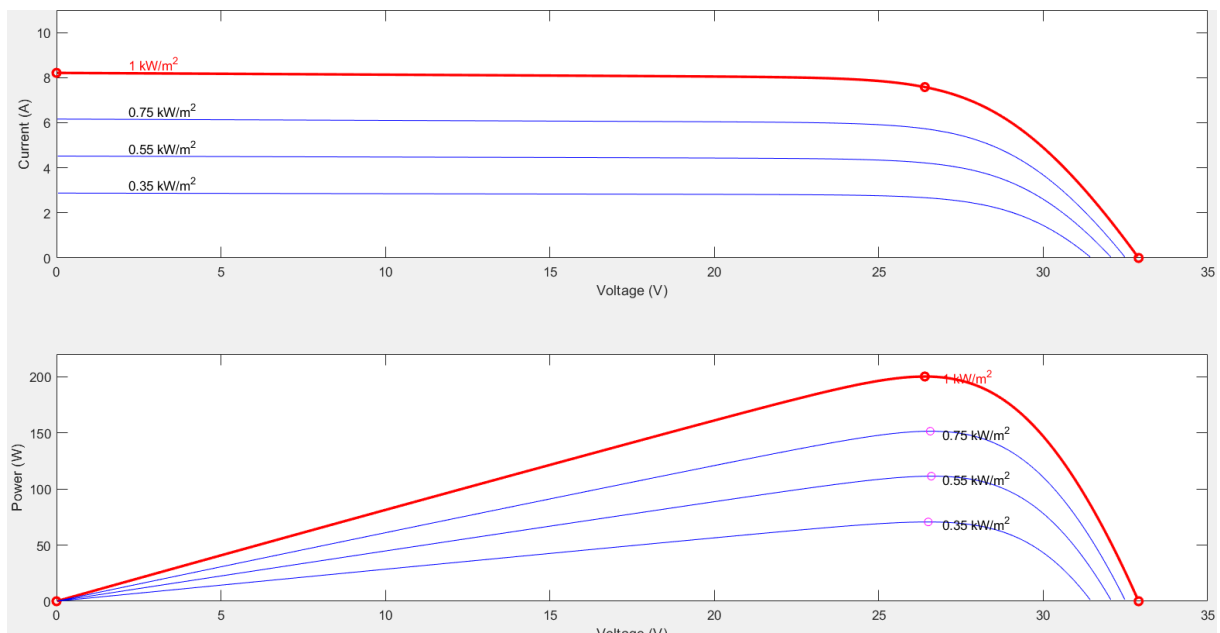


FIGURE III.4 – Caractéristique courant-tension et puissance-tension pour différentes valeurs d'éclairement

III.2.3) la commande MPPT (P&O)

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 qui dépend des conditions climatiques et de la charge fixe. Son principe de régulation est basé sur la variation automatique du rapport cyclique à la valeur adéquate de manière à maximiser invariablement le produit du courant et la tension à la sortie du panneau PV

III.2.4) Simulation de la commande MPPT (P&O)

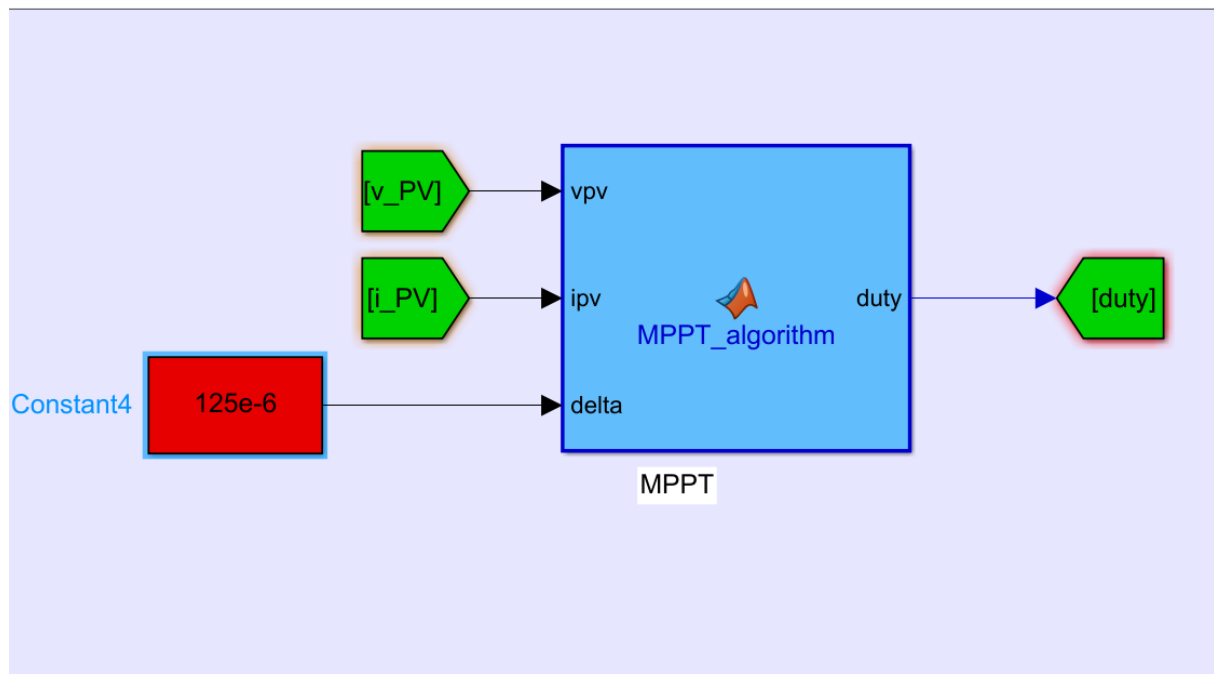


FIGURE III.5 – Schéma MATLAB SIMULINK la commande MPPT (P&O).

La figure ci dessous représente le signal de commande du rapport cyclique :

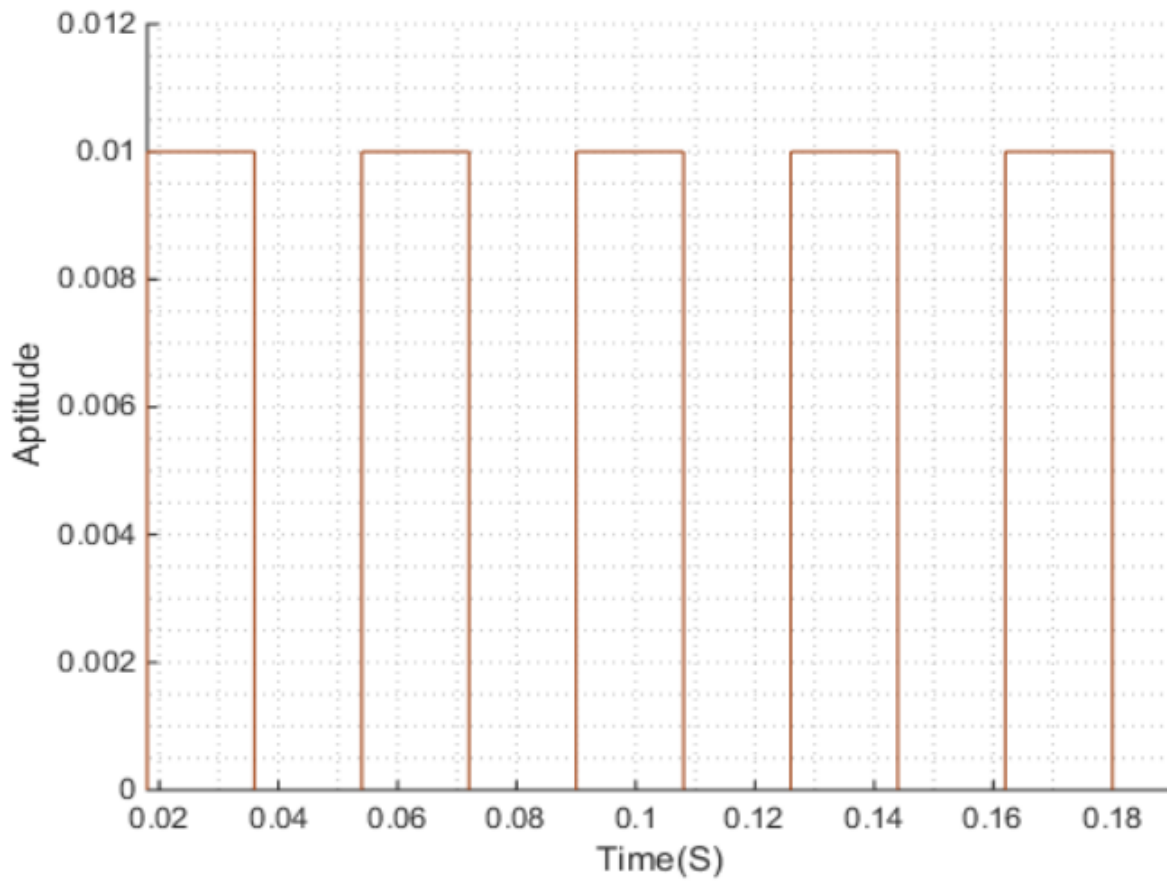
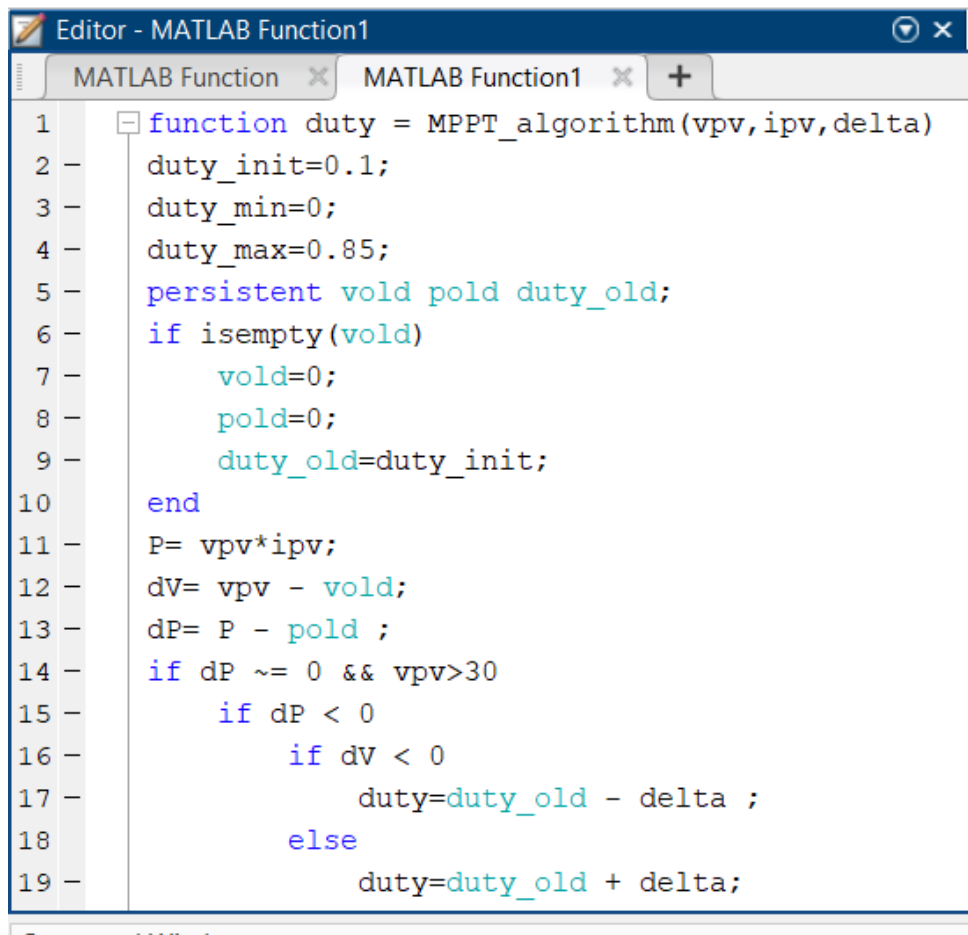


FIGURE III.6 – courbe de signal de la commande du rapport cyclique.

III.2.4.1) Algorithme la commande MPPT (P&O)

La figure 3.7 représente Algorithme la commande MPPT (P&O) :



```
1 function duty = MPPT_algorithm(vpv,ipv,delta)
2     duty_init=0.1;
3     duty_min=0;
4     duty_max=0.85;
5     persistent void pold duty_old;
6     if isempty(void)
7         void=0;
8         pold=0;
9         duty_old=duty_init;
10    end
11    P= vpv*ipv;
12    dV= vpv - void;
13    dP= P - pold ;
14    if dP ~= 0 && vpv>30
15        if dP < 0
16            if dV < 0
17                duty=duty_old - delta ;
18            else
19                duty=duty_old + delta;
```

FIGURE III.7 – Schéma MATLAB SIMULINK Algorithmes la commande MPPT (P&O).

III.2.5) Simulation de hacheur survolteur (Boost) :

La figure 3.8 représente le schéma block d'un convertisseur boost :

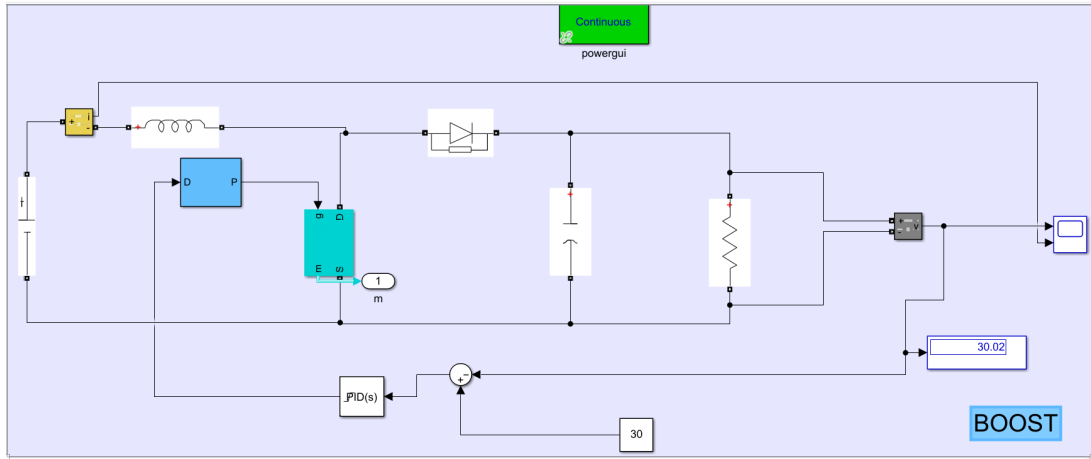


FIGURE III.8 – Schéma block d’un convertisseur boost.

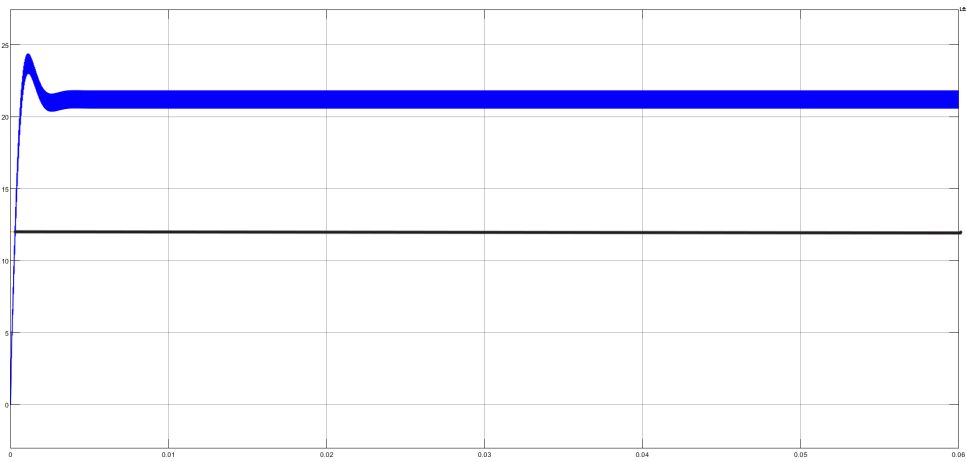


FIGURE III.9 – Résultats de simulation de la tension d’entrée et de sortie du hacheur boost.

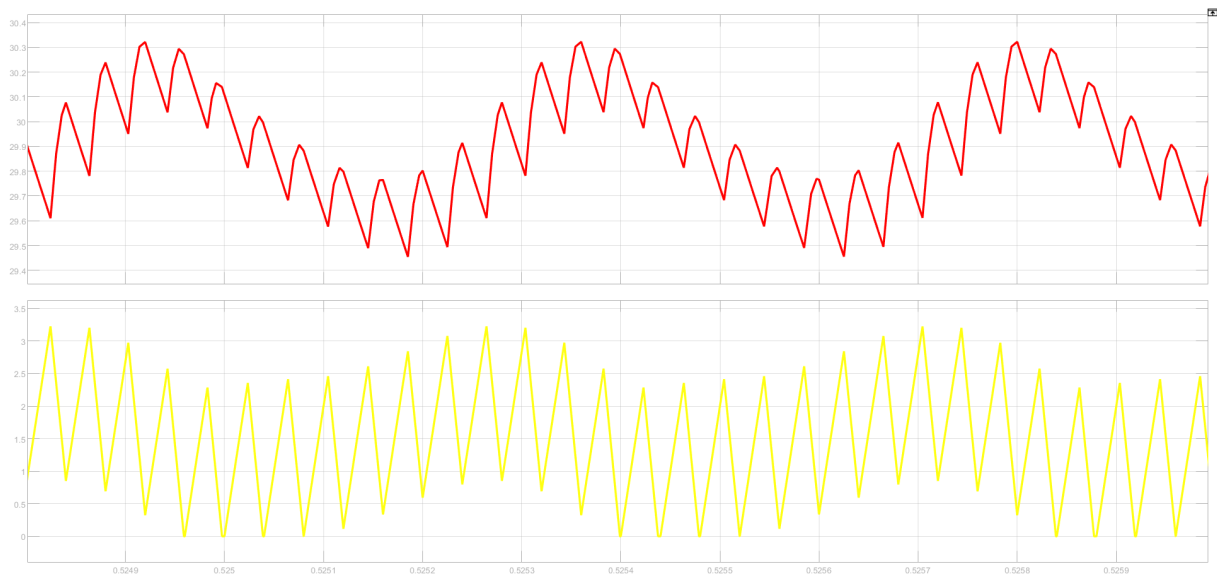


FIGURE III.10 – Résultats de simulation de la tension et le courant de sortie du hacheur boost.

Ces résultats montrent que la tension de sortie $V_0 = 30\text{v}$ d'hacheur survolteur est supérieur à celle d'entrée $V_i = 12\text{v}$. Donc l'hacheur boost effectue correctement son rôle

III.2.6) Simulation de convertisseur dans le cas central

La figure 3.10 représente le schéma block globale des trois générateurs PV avec convertisseur central unique avec commande MPPT.

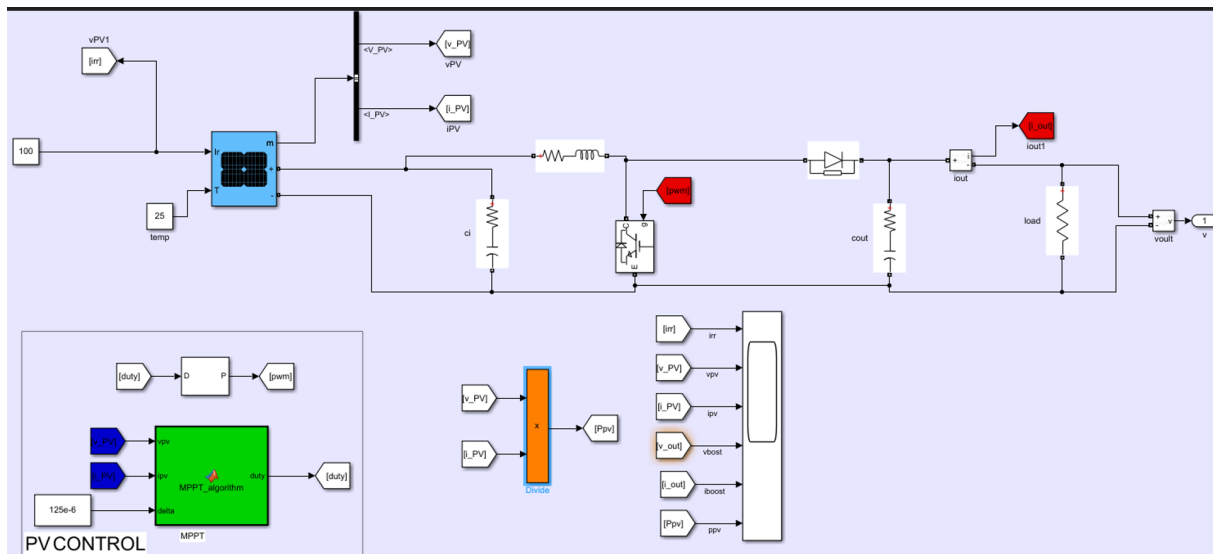


FIGURE III.11 – Schéma MATLAB SIMULINK PV avec convertisseur central.

Les résultats de simulation du convertisseur central avec générateur photovoltaïque est une intensité rayonnante de 1000 W/m^2 et une température de 25°C . Représentent par les figures ci-dessous. Ces figures représentent la tension de sortie et la tension d'entrée, le courant de sortie, la puissance de sortie et la puissance d'entrée de convertisseur central

La tension de sortie augmentée de $0\text{s} < t < 4,15.104\text{ s}$ est (0v à 177v), et d'après $4,15.104\text{ s}$ la tension de sortie est stable (177v) dans cette valeur par apport la tension d'entrée augmentée de 0s jusqu'à $0,58.104\text{ s}$ est instable et d'après $0,58.104\text{ s}$ la tension d'entrée est stable ($30,12\text{v}$).

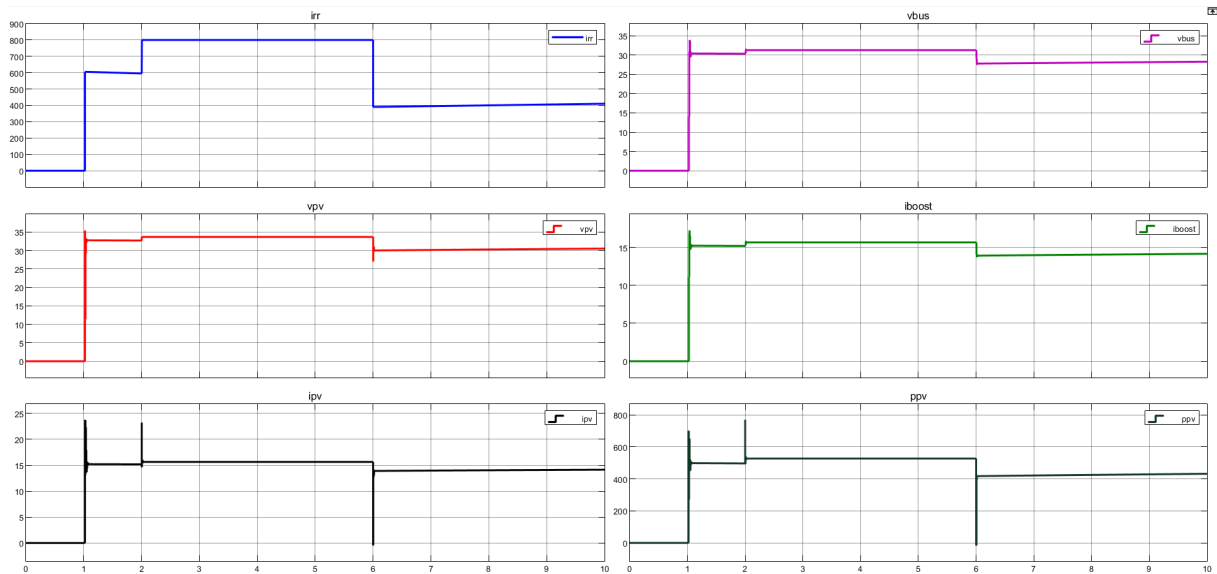


FIGURE III.12 – Résultats de simulation de la tension d’entrée et de sorti le courant d’entrée et de sortie du système.

III.2.7) Résultat de simulation :

représente le circuit de simulation d’un GPV, et associé aussi avec une batterie lithium un hacheur élévateur (boost) commandé par le bloc de la simulation de la commande MPPT réalisée par Méthode de perturbation et observation (P&O) améliorée, selon l’algorithme de la figure 3.13 :

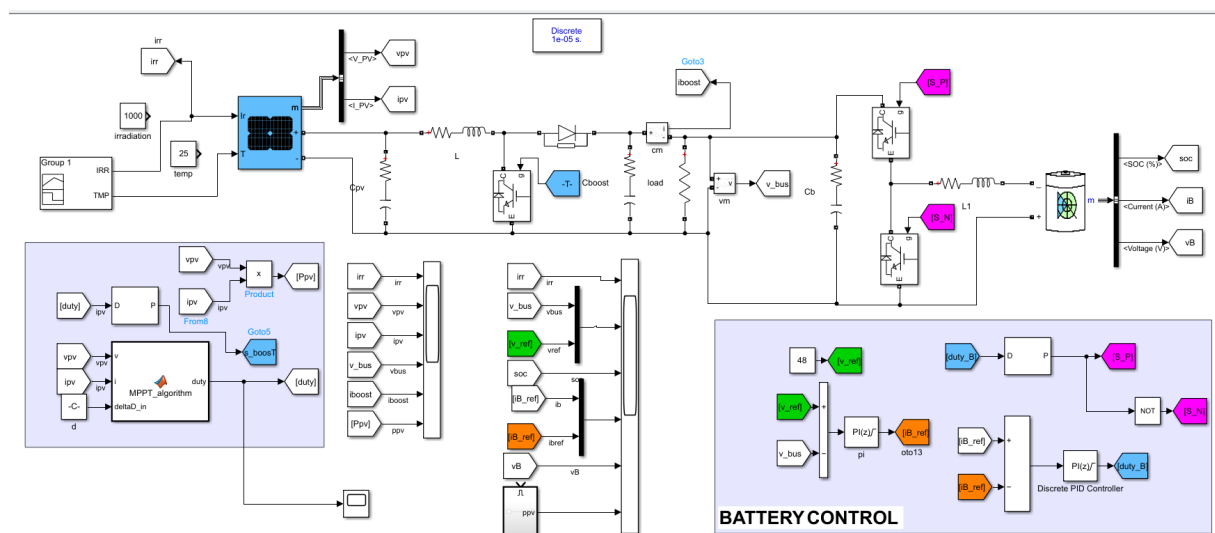


FIGURE III.13 – Schéma de simulation d’une GPV associé avec un hacheur boost commandé par MPPT d’un algorithme P&O améliorée et une batterie pour le stockage.

Effet de la variation de Irradiation :

La figure 3.14 représente les Irradiations d'entre du système pv avec l'intervalle suivant [0 300 600 800 1000 800 500 0] :

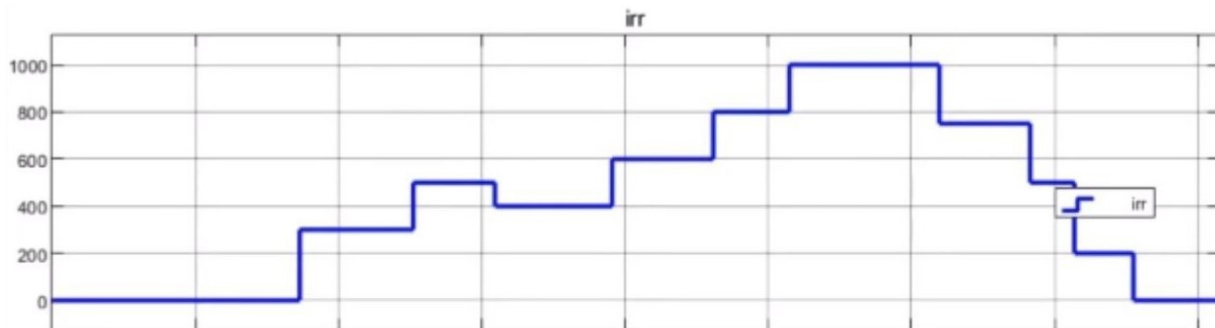


FIGURE III.14 – Variation de la Irradiation utilisée

Les figures (3.15, I3.16 et 3.17) montrent que de 0s jusqu'à 0.5s toutes les grandeurs P, I et V augmentent jusqu'à la valeur maximale à $t=0.5s$; l'irradiation diminue de $1000w/m^2$ à $200w/m^2$, la puissance, courant et la tension diminuent par rapport à cette variation. Après 2s, lorsque la variation s'annule les courbes reprennent leurs valeurs maximales.

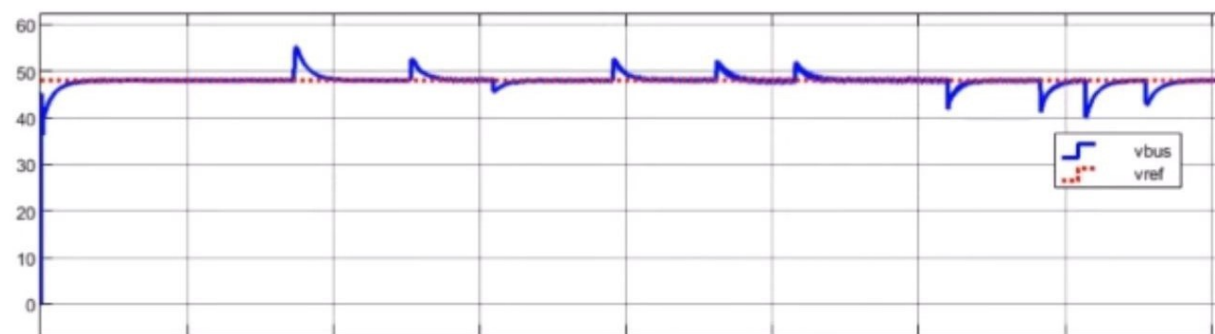


FIGURE III.15 – Tension de sortie

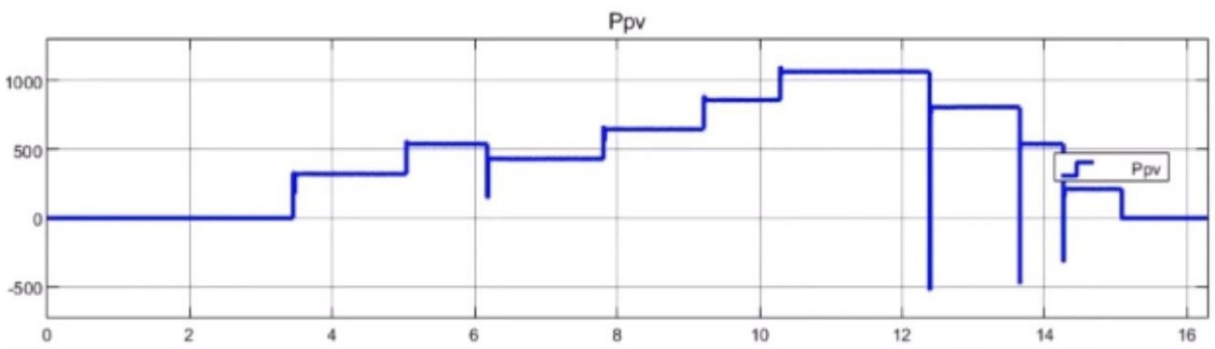


FIGURE III.16 – Puissance de sortie

batterie dans charge et décharge :

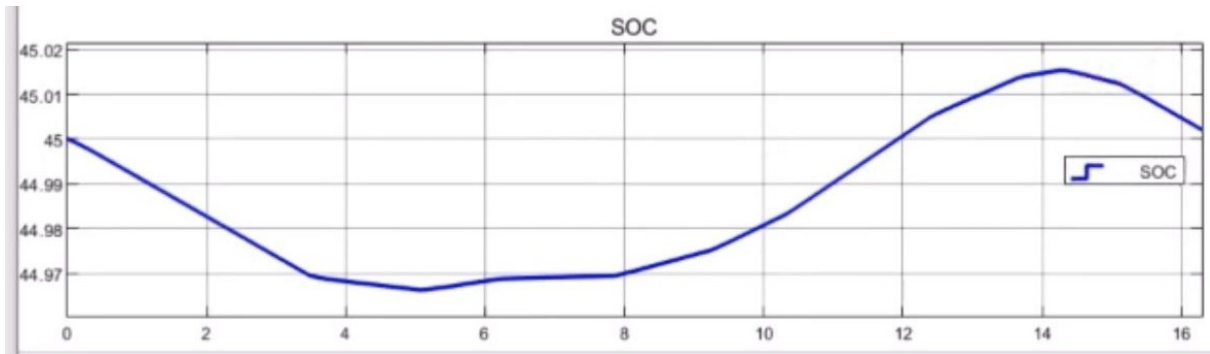


FIGURE III.17 – charge et décharge

Cette ligne compare différentes charges et décharges de la batterie GPV et amélioration de la puissance en fonction du temps. Deux composantes d'énergie sont libérées pendant la transition [0s, 2,1s] augmente avec le temps jusqu'à ce qu'il apparaisse Valeurs maximales (SOC=45%, SOC = 43%), parfois (t = 0s, t =2,1s). Au temps [2,1 s, 50 s] les deux lignes électriques de sortie sont arrêtées. Valeurs maximales.

Tension de sortie de la batterie au lithium :

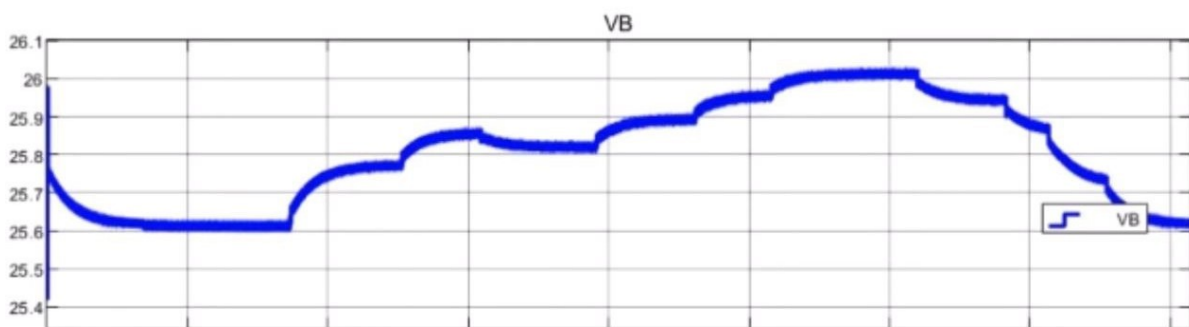


FIGURE III.18 – Tension de sortie

Ceci représente une courbe des différentes tensions de sortie d'une connexion GPV à un convertisseur BOOST en fonction du temps. Dans la période transitoire du régime [0s, 1,8s], les deux courbes de tension de sortie , augmente proportionnellement aux oscillations jusqu'à Leurs valeurs maximales sont respectivement ($V_s=27V$, $V_s=18,2V$). Après cet intervall

III.2.8) CONCLUSION

D'après les résultats obtenus de la simulation, on remarque :

L'étude a démontré l'importance de l'optimisation des systèmes GPV pour maximiser l'efficacité énergétique et garantir une alimentation continue et stable. L'intégration d'un hacheur boost commandé par un MPPT PO amélioré et l'utilisation d'une batterie de stockage représentent une solution viable et efficace pour les systèmes énergétiques photovoltaïques, surtout dans les applications isolées ou connectées au réseau. Ces résultats encouragent la poursuite des recherches et du développement pour améliorer encore plus les algorithmes de MPPT et la gestion des batteries, contribuant ainsi à une transition énergétique durable et efficace.



CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans ce projet, l'amélioration du stockage d'énergie dans les batteries et l'augmentation de l'efficacité de production du générateur hybride ont été abordées en utilisant des systèmes de suivi du point de puissance maximale (MPPT) et des convertisseurs DC-DC dans les systèmes photovoltaïques de manière détaillée.

Amélioration du stockage d'énergie dans les batteries :

- Systèmes MPPT : Ces systèmes augmentent l'efficacité de conversion de l'énergie solaire en électricité en ajustant la tension de fonctionnement des panneaux solaires pour correspondre au point de puissance maximale. Cela garantit l'extraction maximale d'énergie des panneaux solaires dans diverses conditions environnementales.
- Convertisseurs DC-DC : Ils convertissent le courant continu produit par les panneaux solaires en une tension adaptée pour charger la batterie avec une haute efficacité. Cette conversion assure que la batterie reçoive la tension correcte pour un chargement optimal, augmentant ainsi son efficacité et sa durée de vie prévue.

Augmentation de l'efficacité de production du générateur hybride :

- Intégration efficace de MPPT et des convertisseurs DC-DC : Cette intégration améliore l'efficacité du système photovoltaïque dans son ensemble. MPPT améliore l'extraction d'énergie des panneaux solaires, tandis que les convertisseurs DC-DC garantissent que cette énergie est stockée efficacement dans la batterie.
- Réduction des pertes d'énergie : L'utilisation de MPPT réduit les pertes dues à l'incompatibilité de la tension de fonctionnement des panneaux solaires avec le point de puissance maximale. De plus, les convertisseurs DC-DC réduisent les pertes lors de la conversion de tension, assurant une utilisation optimale de l'énergie.

Résultats et avantages :

- Utilisation optimale de l'énergie solaire stockée : Le système contribue à maximiser l'utilisation de l'énergie solaire disponible, améliorant ainsi l'efficacité de l'utilisation des ressources naturelles.
- Augmentation de la durée de vie des batteries : Grâce à une charge efficace des batteries par les convertisseurs DC-DC, la santé des batteries est préservée plus longtemps, réduisant ainsi les coûts de remplacement et de maintenance.
- Amélioration de l'efficacité du système photovoltaïque : L'intégration de MPPT et des convertisseurs DC-DC améliore l'efficacité globale du système, ce qui se traduit par une augmentation de la production d'électricité à partir de l'énergie solaire.

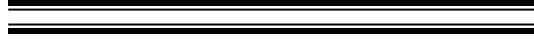
En résumé, d'importantes améliorations ont été réalisées dans le stockage d'énergie des batteries et l'augmentation de l'efficacité du générateur hybride en utilisant des systèmes MPPT et des convertisseurs DC-DC, assurant ainsi une haute efficacité et une meilleure durabilité du système photovoltaïque.



BIBLIOGRAPHIE

- [1] S. M. Ait-Cheikh, «Etude, Investigation et conception d’algorithmes de commande appliqués aux systèmes photovoltaïques», Thèse de Doctorat d’état, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 2007.
- [2] Salim ABOUDA «Contribution à la commande des systèmes photovoltaïques : Application aux systèmes de pompage», Thèse de Doctorat d’état, L’Ecole Nationale d’Ingénieurs de Sfax Tunisie le 14 avril 2015
- [3] DZIRI Lazhari Salim et GAHGOUHI Soufiane «Implémentation d’une commande MPPT sur un PIC 16F876 appliquée à un Générateur photovoltaïque GPV», MEMOIRE DE FIN D’ETUDES Université Amar TELIDJI Laghouat , Algérie Juin 2013
- [4] F. Chekired, « Etude et implémentation d’une commande MPPT neuro-floue sur FPGA», mémoire de magister, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 2008.
- [5] D. Linden et T. Reddy, HandBook of Batteries, 3 éd., New York : McGraw-Hill, 2002.
- [6] Battery Univesity.com, CADEX, 2006.
- [7] M. Broussely et G. Pistoia, Industrial Applications of Batteries, From Cars to Aerospace and Energy Storage, Oxford : Elsevier, 2007.
- [8] P. Bauer, Batteries for Space Power Systems, Washington, D.C : NASA, 1968.
- [9] Jean-Loup PRENSIER – Cédric Lusseau, Principe de fonctionnement et constituants d’une batterie. Les vélos à assistance électrique au pédalage,01/01/2004.
- [10] T. R. Crompton, Battery Reference Book, Oxford : Newnes, 2000.
- [11] D. Rand et al, Valve-regulated Lead–Acid Batteries, Amsterdam : Elsevier, 2004.
- [12] T. R. Crompton, Battery Reference Book, Oxford : Newnes, 2000.

- [13] Salim ABOUDA «Contribution à la commande des systèmes photovoltaïques : Application aux systèmes de pompage», Thèse de Doctorat d'état, L'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax Tunisie le 14 avril 2015
- [14] Seif Eddine NAFFOUTI, Dimensionnement et commande d'un hacheur parallèle alimenté par une source photovoltaïque. Mémoire D'INGENIEUR. Université de Monastir 2012.
- [15] Bensaci Wafa «Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque adapté par une commande MPPT», projet de fin d'études, Université Kasdi Merbah–Ouargla, Algérie, 2011/2012



Résumé :

Notre objectif dans ce travail est d'améliorer le stockage de l'énergie dans les batteries et d'augmenter la productivité du générateur hybride en utilisant des systèmes de suivi du point de puissance maximale (MPPT) et des convertisseurs DC-DC dans les systèmes photovoltaïques. Le MPPT augmente l'efficacité de la conversion de l'énergie solaire en électricité en ajustant la tension de fonctionnement des panneaux solaires pour correspondre au point de puissance maximale. Le convertisseur DC-DC transforme la tension continue produite par les panneaux en une tension appropriée pour charger la batterie de manière efficace. Cette intégration assure une utilisation optimale de l'énergie solaire stockée, prolonge la durée de vie de la batterie et réduit les pertes d'énergie.

Mots clés :

Modélisation de la batterie, Batterie aux ions lithium, Système photovoltaïque, Simulink/Matlab

Abstract :

Our goal in this work is to improve energy storage in the battery and enhance the productivity of the hybrid generator by using Maximum Power Point Tracking (MPPT) systems and DC-DC converters in photovoltaic systems. The MPPT increases the efficiency of converting solar energy into electricity by adjusting the operating voltage of the solar panels to match the maximum power point. The DC-DC converter transforms the DC voltage produced by the panels into an appropriate voltage for efficiently charging the battery. This integration ensures optimal use of stored solar energy, extends battery life, and reduces energy losses

Keywords

Battery modeling, Lithium ion battery, Photovoltaic system, Simulink/Matlab

تلخيص:

هدفنا في هذا العمل هو تحسين تخزين في بطارية و كذا انتاجية مولد الهجين و يكون ذلك باستخدام أنظمة تتبع نقطة القدرة القصوى (MPPT) ومحولات DC-DC في الأنظمة الكهروضوئية لتحسين تخزين الطاقة في البطاريات. يقوم MPPT بزيادة كفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء عن طريق ضبط جهد التشغيل للألواح الشمسية لتتوافق مع نقطة القدرة القصوى. يعمل محول DC-DC على تحويل الجهد المستمر الناتج من الألواح الشمسية إلى جهد مناسب لشحن البطارية بكفاءة عالية. هذا التكامل يضمن استفادة مثلى من الطاقة الشمسية المخزنة ويزيد من عمر البطارية ويقلل من فقدان الطاقة.

الكلمات المفتاحية:

نمذجة البطارية، بطارية ليثيوم أيون، النظام الكهروضوئي، Simulink/Matlab,dc-dc