

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



Université de Ghardaia

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département des Sciences et Technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : Génie Electrique

Spécialité : Automatique

Par :

M^r : Bordj Ibrahim El Khalil

Thème

***REALISATION D'UN CONVERTISSEUR DC-DC POUR
LA CARACTÉRISATION D'UN PANNEAU
PHOTOVOLTAIQUE***

Soutenu publiquement le : 05/06/2017

Devant le jury :

Mr: CHOUIA Fayçal

Maître assistant A

Président

M^r : BACHAOUTTE Mohcene

Maître assistant B

Examineur

M^r : HACENE Nacer

Maître assistant B

Examineur

M^r : FIHA KHAIR Amine Mehdi

Maître assistant B

Encadreur

Année universitaire : 2016/2017

Dédicace

*Avant tout, je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné
Le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail ; que je dédie :*

À la mémoire de ma grand-mère

*Ma mère et mon père ; sans eux je n'aurai pas abouti à ce stade d'étude,
que Dieu m'aide à les honorer, les servir et les combler.*

*À ceux que j'aime et que j'adore : mon frère sid ali, et ma sœur, tous les
BORDJ du monde.*

À mes enseignants.

*À ceux que j'ai passé avec des moments inoubliables : Ishak, idris,
bouamama, yousef, houcine ;*

À tous mes amis

Enfin, à tous ceux qui m'aiment...

*BORDJ Ibrahim El
Khalil.*

Remerciements

Toute notre parfaite gratitude, grâce et remerciement sont à *Allah* le plus puissant, clément et Miséricordieux qui nous a donné la force, le courage et la volonté d'élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et une considération particulière que nous remercions notre promoteur *FIHA Khair Amine* pour nous avoir encadré et notamment sa disponibilité de tous les instants ainsi que ses conseils avisés qui ont rendu ce travail possible.

Nous remercions également *HAMDAN Bakar* pour sa disponibilité et ses conseils valeureux qui ont été très bénéfiques dans la conduite et l'évolution de ce modeste travail.

Nos remerciements s'adressent également :

A tous nos enseignants de génie électrique qui nous ont enrichi nos connaissances et notre savoir pendant les cinq ans de formation.

Nous exprimons notre plus profonde reconnaissance à nos familles pour nous avoir encouragés et soutenus pendant toutes ces années et particulièrement à nos très chers parents, qui nous ont apporté leurs soutiens en toutes circonstances. Leurs générosités inestimables.

Nous n'oublierons pas les membres du jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

A tous ceux qui nous ont assistés de près ou de loin dans la réalisation de ce projet de fin d'étude.

Nos vifs remerciements à tous nos collègues de spécialités pour l'ambiance amicale et sympathique qu'ils ont su présenter durant la durée de nos études.

BORDJ Ibrahim Elkhalil.

ملخص:

تعتبر الكهرباء الشمسية من أهم مصادر الطاقات المتجددة. الألواح الشمسية تعطي استطاعة عظمي في نقطة محددة توافق توتر محدد. آلية تتبع الاستطاعة القصوى هي مهمة لمولد الطاقة الشمسية مع قدر أكبر من الكفاءة. الهدف من هذه المنكرة التغيير في توتر المولد باستعمال محول مستمر -مستمر لأشعة مختلفة من اليوم ومن ثم نحدد التوتر الموافق للاستطاعة القصوى لكل إشعاع. كلمات مفتاحية: محول مستمر -مستمر، تعقب الاستطاعة القصوى.

Abstract:

Solar electricity is an important source of renewable energy. The photovoltaic panel gives its maximum power in a well-determined point corresponds to a specified voltage. A tracking mechanism (MPPT) is then essential for the photovoltaic generator to work with better efficiency.

The purpose of this thesis is the variation of the PV voltage by buck for different sunshine of the day and see the votage of the maximum power point (MPP) for each sunshine.

Key words: *DC-DC converter, Photovoltaic characterization, MPPT.*

Résume :

L'électricité solaire est une impétrante source d'énergie renouvelable. Le panneau photovoltaïque donne son puissance maximum dans un point bien déterminé correspond a une tension spécifié. un mécanisme de tracking (MPPT) s'avère alors indispensable pour que le générateur photovoltaïque travail avec une meilleure efficacité.

Le but de ce mémoire est la variation de la tension de PV par un hacheur buck pour différents ensoleillement de la journée et déterminer la tension correspondant a la puissance max de puissance (MPP) pour chaque ensoleillement.

Mots clés : *Convertisseur DC-DC, caractérisation Photovoltaïque, MPPT.*

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure (I.1) : Normes de mesures du spectre d'énergie lumineuse émis par le soleil, notion d'air masse AM .	4
Figure (I.2) : Spectres solaires relevés selon différentes valeurs d'air masse AM.	4
Figure (I.3) : Représentation schématique d'une cellule solaire .	5
Figure (I.4) : Types de cellules photovoltaïques. (A) silicium monocristallin, (B) silicium poly cristallin, (C) silicium amorphe .	6
Figure (I.5) : Courbe I(V) à T=25 et un éclairement de 1000W/m ² [2].	7
Figure (I.6): Les différentes zones de Caractéristique I(V) d'un générateur photovoltaïque	9
Figure (I.7) : Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque.	10
Figure (I.8) : Modèle simplifié de diode d'une cellule solaire.	11

CHAPITRE II

Figure(II.1): Symbole et signaux du convertisseur DC/DC.	13
Figure(II.2) : Schéma de convertisseur élévateur « Boost »	14
Figure(II.3) : Circuit équivalent pour T _{ON} .	15
Figure(II.4) : Circuit équivalent pour T _{OFF} .	15
Figure (II.5) : Rapport de conversion $M(D) = U_s/U_e$, en fonction de R_L/Z .	17
Figure (II.6) : Le rendement $\eta(D)$ d'un circuit Boost en fonction de R_L/Z .	18
Figure (II.7) : Schéma électronique de convertisseur abaisseur « Buck » .	18
Figure (II.8) : Convertisseur Buck Durant L'état on	19
Figure (II.9) : Convertisseur Buck durant l'état off	19
Figure (II.10) : Rapport de conversion $V_L/V_{PV}(D)$ d'un convertisseur Buck en fonction de R_L/Z .	22

Figure (II.11) : Le rendement η d'un convertisseur Buck en fonction de R_L/Z .	22
Figure (II.12) : Schéma de convertisseur inverseur « Buck-Boost »	23
Figure (II.13) : Convertisseur Buck-Boost Durant L'état on	24
Figure(II.14) : Convertisseur Buck-Boost durant l'état off	24
Figure (II.15) : Rapport de conversion d'un convertisseur Buck-Boost en fonction de D pour différents RL/Z .	26
Figure (II.16): Le rendement $\eta(D)$ d'un circuit Buck-Boost en fonction de R_L/Z .	27

CHAPITRE III

Figure (III.1) : le page ISIS sur proteus.	29
Figure (III.2) : le page ARES sur proteus.	29
Figure (III.4): L'environnement <i>IDE</i> du compilateur <i>micro C PRO</i> .	31
Figure (III.5) : Les pins du 16F877.	32
Figure (III.6) : schéma représentant un signal PWM.	32
Figure (III.7):schémas du hacheur sur Isis.	33
Figure (III.8) :test1 sur Proteus.	35
Figure (III.9): test2 sur Proteus.	36
Figure (III.10) Test3 sur Proteus.	37
Figure (III.11) : L'organigramme de algorithme perturbation et observation.	38
Figure (III.12) : Schéma de simulation de l'algorithme MPPT.	39
Figure (III.13) :Signe de dP/dV pour différentes zones de fonctionnement.	40
Figure (III.14) : Organigramme de l'algorithme incrémental conductance.	40

CHAPITRE IV

Figure(IV.1) : circuit imprimé.	42
Figure(IV.2) : schéma sur PCB.	42

Figure (IV.3) : Réalisation du hacheur.	43
Figure (IV.4) : driver HCNW31.	44
Figure (IV.5) : MOSFET.	44
Figure (IV.6) : La diode.	44
Figure (IV.7) : La résistance.	44
Figure (IV.8) : La capacité.	45
Figure (IV.9) : photos réel de l'hacheur.	45
Figure (IV.10) : le Montage des tests.	46
Figure (IV.11): Un générateur de fréquence.	46
Figure (IV.12) : Un générateur de tension.	46
Figure(IV.13) : résultat avec $\alpha= 20\%$.	47
Figure(IV.14) : résultat avec $\alpha= 80\%$.	47
Figure(IV.15) : Caractéristiques du PV.	48
Figure (IV.16) : PV utilisé dans teste.	49
Figure(IV.17) : Composantes principales du teste.	49
Figure(IV.18) : Branchement matériel du teste.	50
Figure (IV.19) : Caractéristique $I \sim f(V)$ d'un panneau solaire à 9h:00 .	51
Figure (IV.20) : Caractéristique $I \sim f(V)$ d'un panneau solaire à 10h:00 .	52
Figure (IV.21) : Caractéristique $I \sim f(V)$ d'un panneau solaire à 11h:00 .	53
Figure (IV.22) : Caractéristique $I \sim f(V)$ d'un panneau solaire à 12h:00 .	54
Figure (IV.23) : Caractéristique $I \sim f(V)$ d'un panneau solaire à 13h:00 .	55
Figure (IV.24) : Caractéristique $I \sim f(V)$ d'un panneau solaire à 14h:00 .	56

Figure (IV.25) : Caractéristique $I \sim f(V)$ d'un panneau solaire à 15 h:00.	57
Figure (IV.26) : Caractéristique $I \sim f(V)$ d'un panneau solaire à 16h:00 .	58
Figure (IV.26) : Caractéristique $I \sim f(V)$ d'un panneau solaire à 9 :00 jusque a16 :00.	58

LISTE DES TABLE

CHAPITRE IV

Tableau (IV.1): Caractéristique I et V du PV à 9h:00	50
Tableau (IV.2) : Caractéristique I et V du PV à 10h:00 .	51
Tableau (IV.3) : Caractéristique I et V du PV à 11h:00 .	52
Tableau (IV.4) : Caractéristique I et V du PV à 12h:00 .	53
Tableau (IV.5) : Caractéristique I et V du PV à 13h:00 .	54
Tableau (IV.6) : Caractéristique I et V du PV à 14h:00	55
Tableau (IV.7) : Caractéristique I et V du PV à 15h:00	56
Tableau (IV.8) : Caractéristique I et V du PV à 16h:00	57

LISTE DES ABREVIATIONS

E_p : L'énergie photonique.

h : La constante de Planck.

C : La vitesse de la lumière.

λ : Longueur d'onde.

α : l'élévation du soleil sur l'horizon.

PV : Photovoltaïque.

I_{ph} : Le courant photonique.

α, β : Indices axes de référentiel satirique.

P_{max} : puissance crête électrique fournie par le module dans les conditions standard.

S_m : surface du module.

P_{sol} : puissance de l'éclairement qui est en moyenne égale à 1000 W/m^2 .

TABLE DES MATIERES

Dédicace.....	I
Remerciements.....	II
Résumé.....	III
Liste les tableaux.....	V
Liste des figures.....	VII
Liste des abréviations.....	VII
Table des matières.....	IX
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : Etude et modélisation d'un système photovoltaïque	
I.1. Introduction.....	3
I.2. Rayonnement solaire.....	3
I.3.Générateur photovoltaïque.....	5
I.3.1.Cellule photovoltaïque.....	5
I.3.2.Les Différents Types de Cellules Photovoltaïques.....	6
I.3.3.Paramètre des cellules photovoltaïques.....	6
I-4.Les zones de caractéristique I(V) d'un générateur photovoltaïque.....	8
I.5.Avantages.....	9
I.5.1. Inconvénients.....	10
I.6. Modélisation d'une cellule photovoltaïque.....	10
I.7. Conclusion.....	12
CHAPITRE II : convertisseur DC-DC	
II.1. Introduction.....	13
II.2. LES CONVERTISSEURS DC -DC (HACHEURS).....	13
II.3. Les types des convertisseurs de tension DC/DC « HACHEUR ».....	13
II.3.1 Le Convertisseur «Boost».....	14
II.3.1.1. Principe de fonctionnement.....	14
II.3.1.2 Modèle mathématique équivalent du hacheur Boost.....	15
II.3.1.3 Les ondulations des courants et des tensions.....	16
II.3.1.4. Etude en régime continu.....	17

II.3.1.5.Rapport de conversion et rendement	17
II.3.2 Convertisseur abaisseur « BUCK ».....	18
II.3.2.1 Principe de fonctionnement	18
II.3.2.2.Modèle mathématique équivalent du hacheur Buck	19
II.3.2.3. Les ondulations des courants et des tensions	20
II.3.2.4. Etude en régime continu	21
II.3.2.5.Rapport de conversion et rendement	21
II.3.3. Le Convertisseur «Buck-Boost »	23
II.3.3.1 Principe de fonctionnement.....	23
II.3.3.2. Modèle Mathématique équivalent	24
II.3.3.3. Les ondulations des courants et des tensions.....	25
II.3.3.4. Etude eu régime continu	26
II.3.3.5. Rapport de conversion et rendement	26
II.4. Conclusion.....	27

CHAPITRE III: réalisation sùr programme Proteus

III.1.Introduction.....	28
III.2.Présentation générale.....	28
III.2.1.Proteus (ISIS et ARES).....	28
III.2.2.ISIS.....	28
III.2.3.ARES.....	29
III.3.Langage et Programmation pour pic <i>mikroc</i>	29
III.3.1. Compilateur <i>mikroC PRO</i> pour PIC.....	31
III.4.Les composants utilisés et réalisation de l'hacheur.....	31
III.5. Le signal de commande PWM(MLI) PWM	32
III.6. PIC 16F887.....	33
III.6.1 .Le port d' E/S PORTA	33
III.6.2. Le port d'E/S PORTB	34
III.6.3. Le port d'E/S PORTC	34
III.6.4. Le port d'E/S PORTD	34
III.6.5. Le port d'E/S PORTE	34

III.7. Quelques Simulation sur Proteus et MikroC.....	35
III.7.1.Le 1 ^{ere} test	35
III.7.2.Le 2 ^{eme} test	35
III.7.3.Le 3 ^{eme} test	36
III.8.Implémentation de l’algorithme MPPT sur le microcontrôleur PIC.....	37
III.8.1.Le 1 ^{ere} mécanisme : algorithme de perturbation et observation	37
III.8.1.1.Partie 1	38
III.8.1.2.Partie 2	38
III.8.1.3.Partie 3	38
III.8.1.4.Partie 4	38
III.8.2.Le 2 ^{eme} mécanisme : l’algorithme incrémental conductance.....	39
III.9.Conclusion.....	41
CHAPITRE IV : réalisation et résultat	
IV.1 Introduction.....	42
IV.2 La réalisation de la carte hacheur	42
IV.3. Les composants utilisés.....	43
IV.4 Teste de l’hacheur	45
IV.4.1 Matériels utilisé	45
IV.4.2 Procédé du test.....	45
IV.4.3 Le résultat du test.....	47
IV.5. Caractérisations du PV par le convertisseur DC-DC pour différents ensoleillement	48
IV. 5.1 Matériels utilisés	48
IV. 5.2 Installation du panneau	48
IV.5. 3 relèvement de V et I du PV pour différent ensoleillement.....	50
IV.6 Conclusion.....	59
CONCLUSION ET DISCUSSION DES RESULTATS	60
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXE	



Introduction générale



L'électricité solaire est vue comme étant une importante énergie renouvelable qui pourra être une alternative aux autres sources classiques d'énergie pour satisfaire les larges besoins en énergie dans le futur. L'électricité solaire trouve tout son avantage dans des applications de petite et moyenne consommation dans des régions isolées et loin des lignes de distribution électrique. Il est en train de s'imposer depuis que les panneaux solaires sont devenus moins chers avec un rendement acceptable. En parallèle, la technologie des composants semi-conducteurs de grande puissance a nettement progressé par l'introduction de composants très performants du point de vue rendement et puissance de fonctionnement [1].

L'extraction du maximum de puissance c'est le défi essentiel pour améliorer le rendement des installations solaire. Pour cela les experts ont développé un algorithme qui sert à réaliser ce travail appelé le MPPT (*Maximum Power Point Tracking*).

La commande *MPPT* (*Maximum Power Point Tracking*) est un organe fonctionnel du système *PV* et permet de chercher le point de fonctionnement optimal du générateur *PV* dans des conditions météorologiques et de charge stables. Que ce soit une commande analogique ou digitale, le principe de régulation est basé sur la variation automatique du rapport cyclique D à la valeur adéquate de manière à maximiser la puissance à la sortie du panneau *PV* [2].

Le but de ce mémoire étant de réaliser un convertisseur DC/DC qui permet de caractériser un PV et voir le point maximum de puissance pour différents ensoleillements pendant toute la journée.

Le principe est de varier la tension d'entrée du Convertisseur (Côté générateur) jusqu'à l'obtention de la valeur optimale de la tension en jouant sur le rapport cyclique α .

La deuxième phase du projet est de développer un programme avec un PIC Microcontrôleur pour le tracking de ce point (MPP).

Ce mémoire se présente comme suit :

-Dans le premier chapitre nous introduirons les différents composants d'un système photovoltaïque avec son Modélisation.

-Dans le second chapitre nous rappellerons les différents types des convertisseurs DC-DC.

-Le troisième chapitre est consacré à la réalisation de la carte d'hacheur sur le programme Proteus avec quelques tests de simulation.

-Dans le quatrième chapitre nous présenterons les étapes de la réalisation d'un hacheur avec le test de caractérisation du PV pendant la journée (différents ensoleillement).

-Et on terminant par une conclusion générale et les futures perspectives de ce travail.



Chapitre I

Etude et modélisation d'un système photovoltaïque



I.1. Introduction

La conversion photovoltaïque est l'un des modes les plus intéressants d'utilisation de l'énergie solaire. Elle permet d'obtenir de l'électricité de façon directe et autonome à l'aide d'un matériel fiable et de durée de vie relativement élevée, permettant une maintenance réduite. Les pays à fort ensoleillement pourraient devenir les grands bénéficiaires de cette forme d'énergie [3].

Ce chapitre présente un état de l'art sur les énergies renouvelables et principalement l'énergie solaire et modalisation du système de photovoltaïque.

I.2. Rayonnement solaire

Le soleil, notre plus grande source d'énergie, est une étoile située à une distance moyenne de 149 598 000 Km de la terre. Elle émet un rayonnement électromagnétique compris dans une bande de longueur d'onde variant de 0,22 à 10 μm . Ce rayonnement est composé de grains de lumière appelés photons. L'énergie de chaque photon est directement liée à la longueur d'onde λ par la relation suivante [4].

$$E_p = h * c / \lambda \quad (\text{I.1})$$

Où

h : est la constante de Planck,

c : est la vitesse de la lumière et λ sa longueur d'onde.

Le rayonnement solaire subit une atténuation et une modification de son spectre en traversant l'atmosphère. Ceci est dû essentiellement à l'absorption partielle du rayonnement par les gaz atmosphériques et la vapeur d'eau. Le flux énergétique reçu au sol ne dépasse pas $1200\text{W}/\text{m}^2$. Pour tenir compte de la position relative du soleil qui modifie l'épaisseur de l'atmosphère traversée, on introduit un coefficient appelé nombre d'air masse AM. La figure ci-dessous illustre ce principe [4].

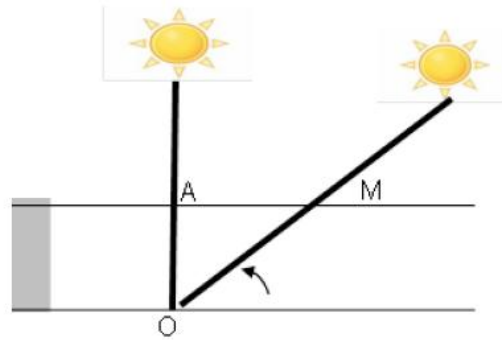


Figure (I.1) : Normes de mesures du spectre d'énergie lumineuse émis par le soleil, notion d'air masse AM [4].

Le nombre d'air masse est obtenu par la relation suivante:

$$AM = 1 / \sin(\alpha) \quad (I.2)$$

Avec : α ($^\circ$) l'élévation du soleil sur l'horizon.

Le concept de nombre d'air masse caractérise la puissance transportée par le rayonnement solaire (par exemple 1 353 W/m² pour AM0); d'autre part, il sert à définir un spectre de référence pour calibrer les cellules étalons destinées à qualifier les performances des dispositifs photovoltaïques. La figure ci-dessous montre le spectre solaire relevé dans plusieurs conditions selon différentes valeurs d'air masse [4].

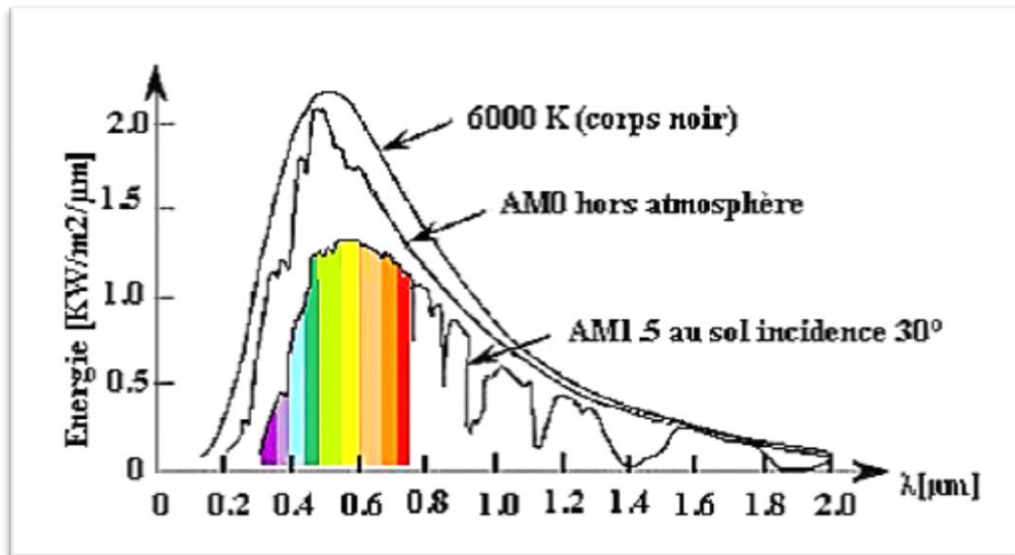


Figure (I.2) : Spectres solaires relevés selon différentes valeurs d'air masse AM [2].

Ainsi les conditions standards de qualification des cellules sont un spectre AM1.5, une puissance incidente de 1 000 W/m² et une température de 25°C. Ces conditions sont appelées STC (Standard Test Conditions) [4].

I.3.Générateur photovoltaïque

I.3.1.Cellule photovoltaïque

Le fonctionnement de la photopile est basé sur les propriétés électroniques acquises par le silicium quand des atomes étrangers en petit nombre (des impuretés) sont substitués dans un réseau cristallin. Cette action est appelée dopage. Si l'atome d'impureté contient plus d'électrons que le silicium, le matériau contiendra des électrons libres en excès : il sera dit de type N (exemple: silicium dopé au phosphore). Si au contraire, l'atome d'impureté contient moins d'électrons que le silicium, le matériau sera déficitaire en électrons: il sera dit de type P (exemple: silicium dopé au bore) [5].

La fabrication des cellules s'effectue à partir de lingots de silicium. Ces lingots sont découpés en fines couches de type P ou N en y diffusant du brome ou du phosphore. Une cellule solaire est alors obtenue en constituant une jonction de deux zones de type opposé (jonction PN) [3].

Au voisinage de la jonction apparaît un champ électrique qui maintient la séparation des charges positives et négatives. Des contacts métalliques en formes de grille, contacts avant et arrière, sont déposés Figure (I.1) [5].

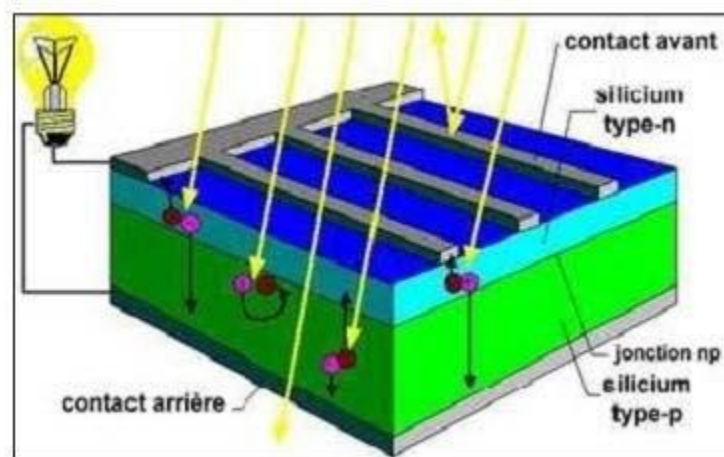


Figure (I.3) : Représentation schématique d'une cellule solaire [5].

Une cellule photovoltaïque donc est un dispositif qui permet de transformer l'énergie solaire en énergie électrique. Cette transformation est basée sur les trois mécanismes suivants : Absorption des photons (dont l'énergie est supérieure au gap) par le matériau constituant le dispositif ; Conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création des paires électrons/trous dans le matériau semi-conducteur ; Collecte des particules générées dans le dispositif.

Le matériau constituant la cellule photovoltaïque doit donc posséder deux niveaux d'énergie et être assez conducteur pour permettre l'écoulement du courant: d'où l'intérêt des semi conducteurs pour l'industrie photovoltaïque.

Afin de collecter les particules générées, un champ électrique permettant de dissocier les paires électrons / trous créés est nécessaire. Pour cela on utilise le plus souvent une jonction P-N [5].

I.3.2. Les Différents Types de Cellules Photovoltaïques

Les cellules photovoltaïques sont constituées de semi-conducteurs à base de silicium (Si), de germanium (Ge), de sélénium (Se), de sulfure de cadmium (CdS), de tellure de cadmium (CdTe) ou d'arséniure de gallium (GaAs). Le silicium est actuellement le matériau le plus utilisé pour fabriquer les cellules photovoltaïques, car il est très abondant dans la nature. On le trouve dans la nature sous forme de pierre de silice. La silice est un composé chimique (dioxyde de silicium) et un minéral de formule SiO_2 . Il est le principal constituant des roches sédimentaires détritiques (sables, grès) [6].

Les différents types de cellules PV existants sont :

- Cellule en silicium amorphe (rendement : 6 à 10%)
- Cellule en silicium monocristallin (rendement : 13 à 17%)
- Cellule en silicium poly cristallin (rendement : 11 à 15%)
- Cellule Tandem
- Cellule en matériaux organiques (rendement : 3.6%)

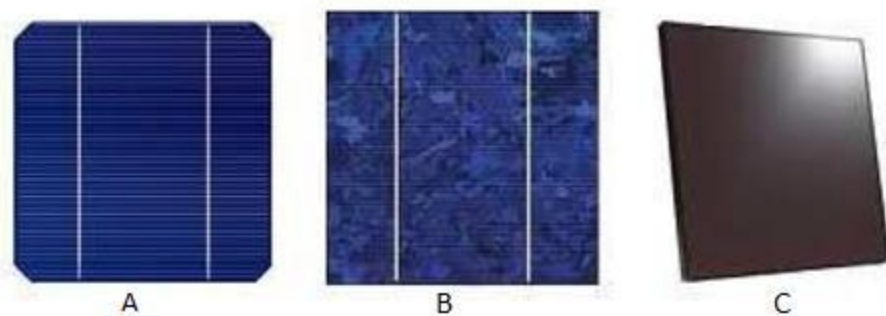


Figure (I.4) : Types de cellules photovoltaïques. (A) silicium monocristallin, (B) silicium poly cristallin, (C) silicium amorphe [6].

I.3.3. Paramètre des cellules photovoltaïques [2] :

Les paramètres des cellules photovoltaïques (I_{cc} , V_{co} , P_{max} , A , ff et η), extraits des caractéristiques courant-tension, permettent de comparer différentes cellules éclairées dans des conditions identiques.

a) Courant de court-circuit I_{cc} :

Il s'agit du courant obtenu en court-circuitant les bornes de la cellule ($V = 0$) Il croît linéairement avec l'intensité d'illumination de la cellule et dépend de la surface éclairée, de la longueur d'onde du rayonnement, de la mobilité des porteurs et de la température.

On peut écrire : $I_{cc}(V = 0) = I_{ph}$

b) Tension à circuit ouvert V_{co} :

La tension à circuit ouvert est obtenue quand le courant qui traverse la cellule est nul. Elle dépend de la barrière d'énergie et de la résistance shunt. Elle décroît avec la température et varie peu avec l'intensité lumineuse :

$$V_{co}(I = 0) = AU_T \ln \left(\frac{I_{ph}}{I_s} + 1 \right) \quad (I.3)$$

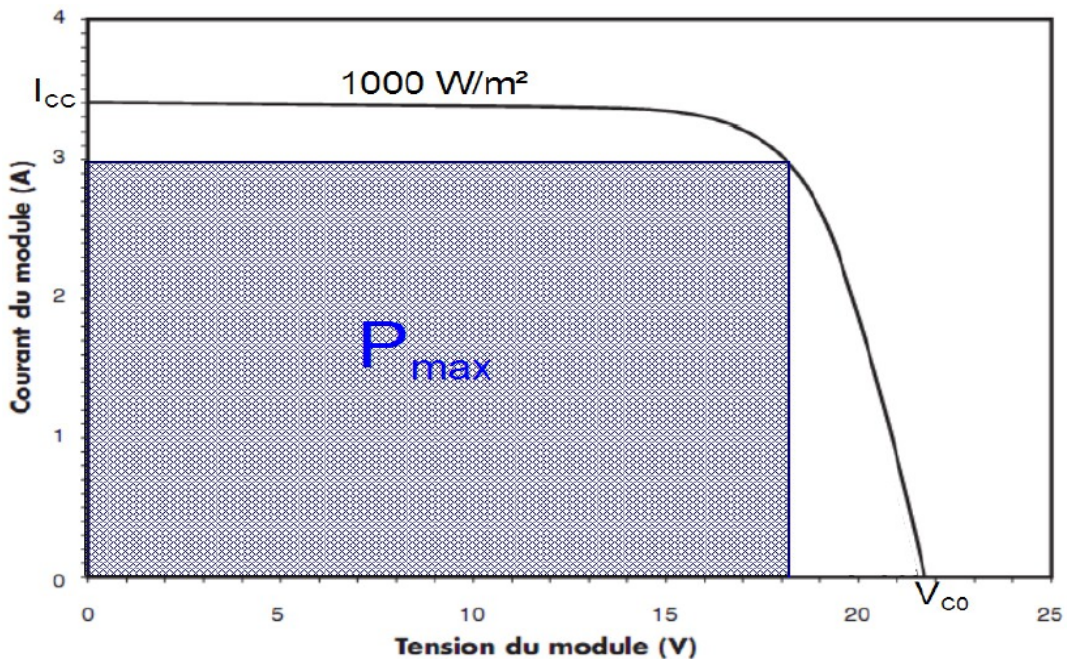


Figure (I.5) : Courbe I(V) à $T=25$ et un éclairement de 1000W/m^2 [2].

c) Puissance maximale :

La puissance fournie au circuit extérieur par une cellule photovoltaïque sous éclairement dépend de la résistance de charge (résistance externe placée aux bornes de la cellule). Cette puissance est maximale (notée P_{max}) pour un point de fonctionnement $P_{max}(I_{max}, V_{max})$ de la courbe courant-tension (courants compris entre 0 et I_{cc} et tension comprise entre 0 et V_{co}).

d) Rendement d'une cellule :

On définit le rendement énergétique d'une cellule par le rapport entre la puissance maximum et la puissance incidente

$$\text{Avec :} \quad \eta_c = \frac{V_{max} \cdot I_{max}}{P_{solaire}} \quad (I.4)$$

P s: est la puissance maximum mesurée dans les conditions STC (Standard Test Conditions), c'est-à-dire sous un spectre AM1., une température de **25°C**, et un éclairement de **1000W/ m²**.

e) Le facteur de remplissage :

Le facteur de remplissage ou facteur de forme, encore souvent appelé par sa dénomination anglaise (Fill Factor) correspond à la puissance maximum délivrée par la cellule, divisée par le produit **V_{cc}*I_{cc}**, correspondant à la puissance maximale idéale.

$$ff = \frac{P_{max}}{V_{c0} \cdot I_{cc}} \quad (I.5)$$

Le rendement d'une cellule photovoltaïque est dans le cas général assez faible, de l'ordre de **10 à 20%**. Des rendements plus importants ont été obtenus à l'aide de nouveaux matériaux (en laboratoire, l'arséniure de gallium **AsGa** donne des rendements supérieurs à 25%) ou de techniques expérimentales (technologies multicouches), souvent difficiles et coûteuses à mettre en œuvre. Cependant, le matériau photovoltaïque le plus utilisé est le silicium, qui représente une solution économique. Pour de telles cellules, le rendement énergétique ne dépasse pas les 15%. D'après les caractéristiques courant-tension et puissance-tension, on peut déduire d'autres paramètres :

- Le courant de court circuit **I_{cc}**, soit le courant débité par la cellule quand la tension à ses bornes est nulle. En pratique ce courant est très proche de la photo courant **I_{ph}**.
- La tension de circuit ouvert **V_{co}**, soit la tension qui apparaît aux bornes de la cellule quand le courant débité est nul.
- Entre ces deux extrêmes, il existe un optimum donnant la plus grande puissance **P_{max}** ou **MPP** (Maximum Power Point) [2].

I-4. Les zones de caractéristique I(V) d'un générateur photovoltaïque :

La caractéristique fondamentale du générateur photovoltaïque donnée pour un éclairement et une température donnée, n'impose ni le courant ni la tension de fonctionnement, seule la courbe **I = f(v)** est fixée. C'est la valeur de la charge aux bornes du

générateur qui va déterminer le point de fonctionnement du système photovoltaïque. Figure (I.6) : représente trois zones essentielles :

a) La zone (1) : où le courant reste constant quelle que soit la tension, pour cette région, le générateur photovoltaïque fonctionne comme un générateur de courant.

b) La zone (2) : correspondant au coude de la caractéristique, la région intermédiaire entre les deux zones précédentes, représente la région préférée pour le fonctionnement du générateur, où le point optimal (caractérisé par une puissance maximale) peut être déterminé.

c) La zone (3) : qui se distingue par une variation de courant correspondant à une tension presque constante, dans ce cas le générateur est assimilable à un générateur de tension[2].

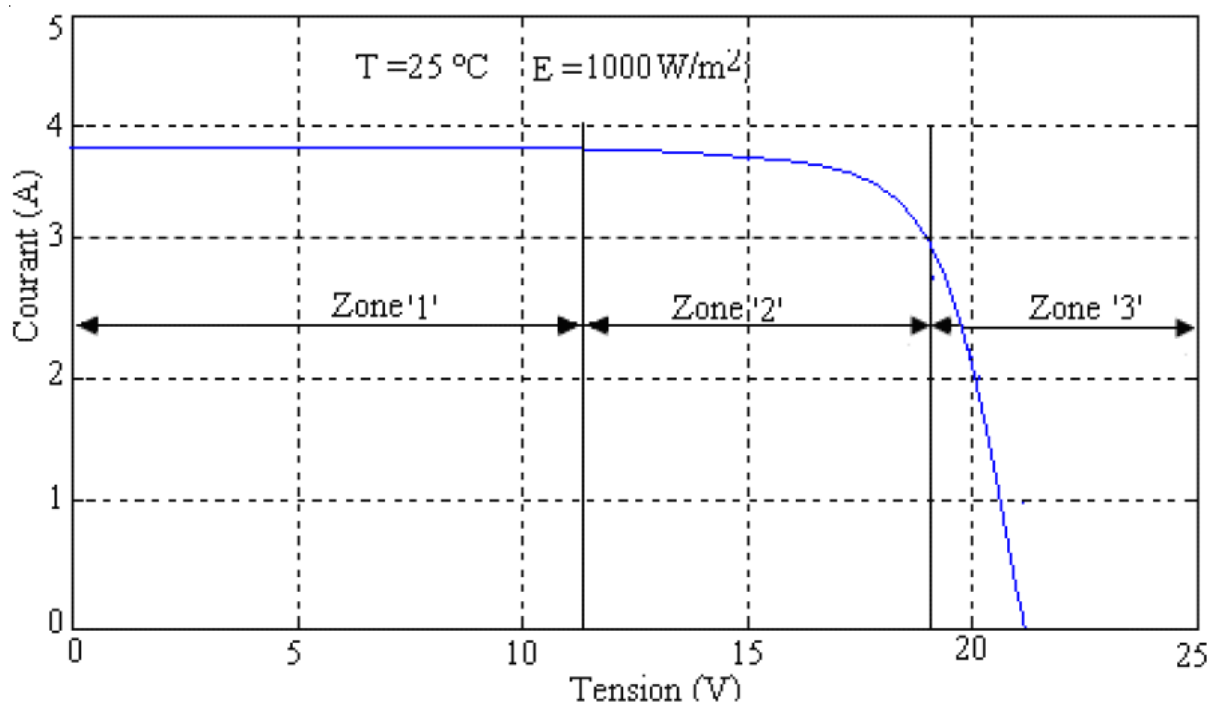


Figure (I.6): Les différentes zones de Caractéristique I(V) d'un générateur photovoltaïque [2].

I.5. Avantages [4]

1- Le soleil est une source d'énergie propre et renouvelable, qui ne produit ni le gaz ni le déchet toxique par son utilisation.

2- Le processus photovoltaïque est complètement à semi-conducteurs et d'un seul bloc.

Il n'y a aucune pièce mobile et aucun matériau n'est consommé ou émis.

3- Les systèmes photovoltaïques ont les avantages suivants par rapport aux options de concurrence de puissance:

- ils ne font pas de pollution, sans émissions ou odeurs discernables.

- ils peuvent être des systèmes autonomes qui actionnent sûrement sans surveillance pendant de longues périodes.
- ils ne consomment aucun carburant, leur carburant est abondant et libre.
- ils peuvent être combinés avec d'autres sources d'énergie pour augmenter la fiabilité de système.
- ils n'exigent aucun raccordement à une source d'énergie ou à un approvisionnement en carburant existant.

I.5.1. Inconvénients [4]

- prix: les cellules solaires sont encore lointaines pour produire une fraction significative de l'énergie du monde requise en raison de la charge de placement initiale. rayonnement du soleil: l'intensité d'irradiante du rayonnement du soleil en un jour, toujours, change et flotte.
- le rendement réel d'un module photovoltaïque est de l'ordre de 10 à 15 %
- ils sont tributaires des conditions météorologiques.
- l'énergie issue du générateur photovoltaïque est continue et de faible voltage (< à 30V)

Donc il doit être transformé par l'intermédiaire d'un onduleur.

- beaucoup des appareils vendus sur le marché fonctionnent avec du 230 V alternatif.

I.6. Modélisation d'une cellule photovoltaïque [7]

Le schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque à une diode est représenté par la figure(I.7).

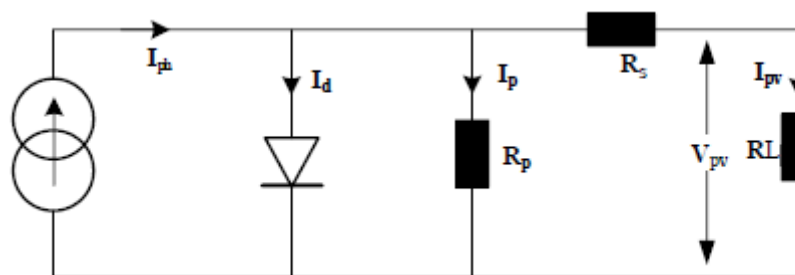


Figure (I.7) : Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque.

Pour une cellule idéale, le courant électrique débité par la cellule s'exprime par :

$$I(V) = I_{ph}(\varnothing) - I_d(V) \quad (I.6)$$

Avec,

$$I_d(V) = I_s e^{\frac{qV-1}{JKT}} \quad (I.7)$$

Où,

- $I(V)$: courant disponible ;
- V : tension aux bornes de la jonction ;
- \emptyset : flux lumineux ;
 - I_{ph} : courant produit par la photopile, ce courant est proportionnel à \emptyset ;
 - kT/q vaut 26 mV à 300 K pour le silicium ;
 - J : coefficient d'idéalité de la diode ;
 - I_s : courant de polarisation de la diode.

Cette représentation schématique de la photopile est idéalisée. Une photopile comporte, en Réalité, une résistance série (R_s) et une résistance en parallèle ou shunt (R_p). Ces résistances auront une certaine influence sur la caractéristique I-V de la photopile :

- la résistance série est la résistance interne de la cellule ; elle dépend principalement de la Résistance du semi-conducteur utilisé, de la résistance de contact des grilles collectrices et De la résistivité de ces grilles ;
- la résistance shunt est due à un courant de fuite au niveau de la jonction ; elle dépend de la façon dont celle-ci a été réalisée.

Cependant, pour la modélisation d'une telle cellule, on considère que la résistance shunt est Négligée. Donc, le modèle simplifié est montré par la figure (I.8).

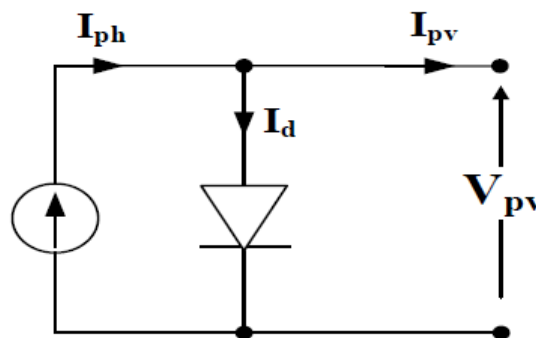


Figure (I.8) : Modèle simplifié de diode d'une cellule solaire.

La relation du courant en fonction de la tension peut être approximativement exprimée par les équations (I.8) à (I.13) .

$$I = I_{SC} \left[1 - C_1 \left(\exp\left(\frac{V}{C_2 V_{oc}} \right) - 1 \right) \right] \quad (I.8)$$

$$C_1 = \left(1 - \frac{I_{mp}}{I_{sc}} \right) \exp\left(-\frac{V_{mp}}{C_2 V_{oc}} \right) \quad (I.9)$$

$$C_2 = \frac{\frac{V_{mp}}{V_{oc}} - 1}{\ln\left(1 - \frac{I_{mp}}{I_{sc}}\right)} \quad (I.10)$$

Pour d'autres niveaux d'ensoleillement G (W/m²) et des températures T (°C), le modèle décale n'importe quel point (V_{ref} , I_{ref}) des courbes de référence (I - V) à un nouveau point (V , I) sur la base des équations (I.8) à (I.12).

$$\Delta T = T - T_{ref} \quad (I.11)$$

$$\Delta I = \alpha \left(\frac{G}{G_{ref}} \right) \Delta T + \left(\frac{G}{G_{ref}} - 1 \right) I_{sc} \quad (I.12)$$

Où, α : est défini comme un coefficient courant de changement de la température à la référence Ensoleillement [Amp/°C].

$$\Delta V = -\beta \Delta T - R_s \Delta I \quad (I.13)$$

Et, β : est défini en tant que coefficient de tension de changement de la température [V/°C].

$$I_{new} = I_{ref} - \Delta I \quad (I.14)$$

$$V_{new} = V_{ref} - \Delta V \quad (I.15)$$

I.7. Conclusion

L'énergie solaire photovoltaïque est une énergie renouvelable qui provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein des matériaux bien particuliers tels que les semi-conducteurs. Dans ce chapitre, nous avons étudié la caractérisation du modèle de la photopile parait intéressant, et les caractéristique $I(V)$, $P(V)$, et le principe d'une cellule photovoltaïque, et Les différentes modèles électriques d'une cellule photovoltaïque, et Groupement de générateur photovoltaïque.



Chapitre II

Convertisseur DC-DC



II.1. Introduction

Dans cette partie nous présentons le principe des trois types des convertisseurs à découpage (Buck, Boost et mixte), utilisés fréquemment dans les systèmes photovoltaïques pour générer les tensions et les courants souhaités ainsi que pour l'adaptation des panneaux solaires avec les différentes charges. Ce type de convertisseurs n'est constitué que par des éléments réactifs (Selfs, Capacités) qui dans le cas idéal, ne consomment aucune énergie. C'est pour cette raison qu'ils sont caractérisés par un grand rendement [1].

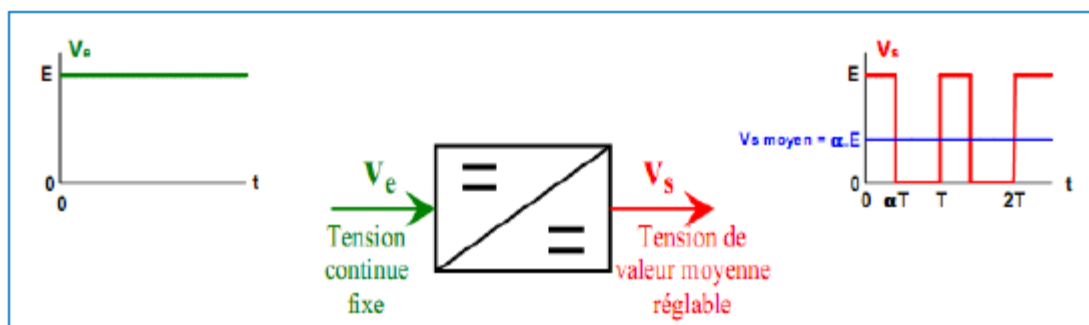
II.2. LES CONVERTISSEURS DC -DC (HACHEURS)

Les hacheurs sont des convertisseurs du type continu-continu qui permettent de contrôler la puissance électrique dans des circuits fonctionnant en courant continu avec une très grande souplesse et un rendement élevé.

Le hacheur se compose de condensateurs, d'inductance et de commutateurs. Dans le cas idéal, tous ces dispositifs ne consomment aucune puissance active, c'est la raison pour laquelle on a de bons rendements dans les hacheurs [8].

II.3. Les types des convertisseurs de tension DC/DC « HACHEUR »

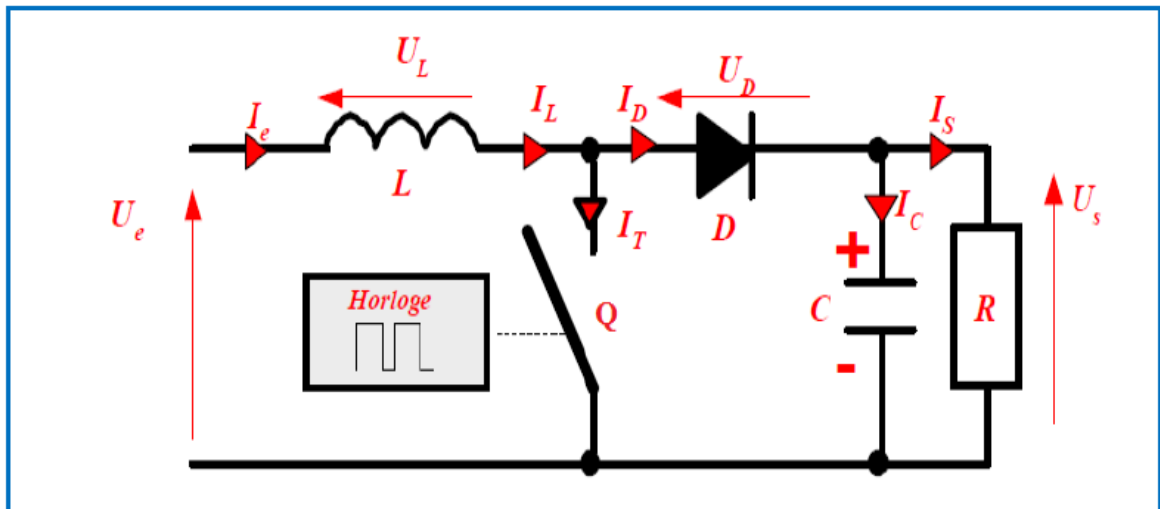
Elles permettent d'abaisser, élever et inverser une tension continue avec de très faibles pertes (Figure II.1). Par conséquent ils ont un très bon rendement, peu d'énergie à dissiper par le transistor [8].



Figure(II.1): Symbole et signaux du convertisseur DC/DC. [8]

II.3.1 Le Convertisseur «Boost»

Le schéma suivant représente le modèle générale du Boost.



Figure(II.2) : Schéma de convertisseur élévateur « Boost »[8]

II.3.1.1. Principe de fonctionnement

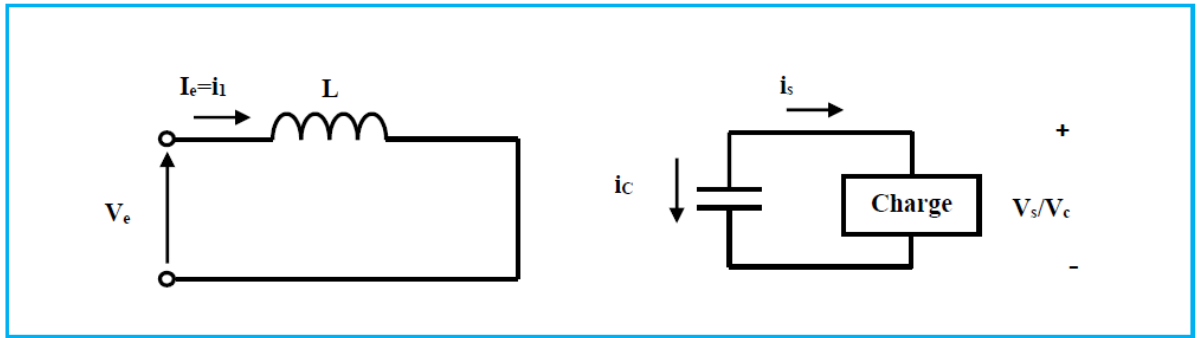
Le convertisseur peut alors travailler suivant deux modes de fonctionnement dépendant de sa capacité de stockage d'énergie et de la période H de commutation. Ces deux modes de fonctionnement sont :

Mode continu : dans ce cas, l'énergie emmagasinée dans l'inductance L est transférée partiellement et donc le courant dans celle-ci ne s'annule pas.

Mode discontinu : dans ce cas, au contraire, l'énergie emmagasinée dans l'inductance L est transférée totalement et donc le courant dans celle-ci s'annule.

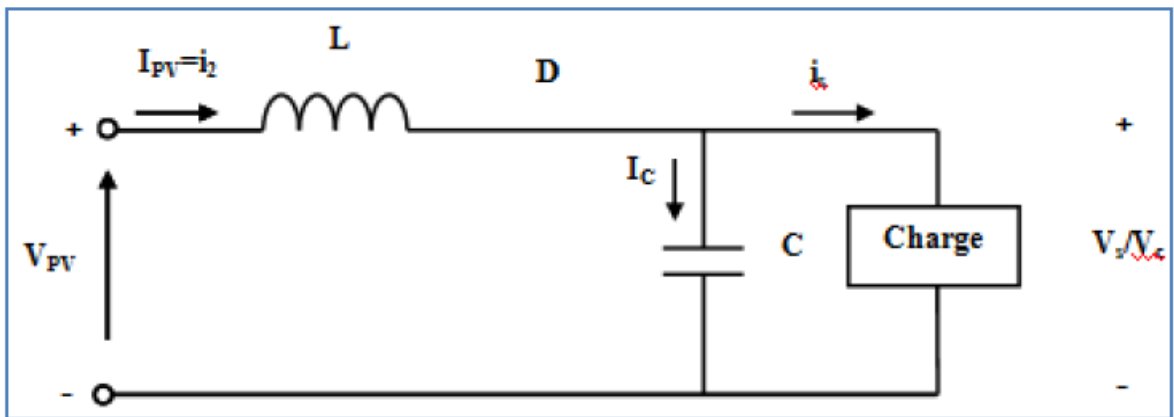
Dans notre travail, l'étude de fonctionnement est basé sur le mode de conduction continu, le fonctionnement du circuit peut se diviser en deux selon l'intervalle de commutation (T_{ON} , T_{OFF}).

L'intervalle T_{ON} commence quand on ferme le transistor Q à $t = 0$. Le courant d'entrée, qui s'élève, traverse l'inductance L et le transistor. L'intervalle T_{OFF} commence quand on ouvre le transistor Q à $t = t1$. Le courant de l'inductance diminue car l'énergie emmagasinée dans l'inductance L est transférée à la charge [8].



Figure(II.3) : Circuit équivalent pour T_{ON}. [8]

L'intervalle T_{OFF} commence quand on ouvre le transistor *Q* à t = t₁. Le courant de l'inductance diminue car l'énergie emmagasinée dans l'inductance L est transférée à la charge. [1]



Figure(II.4) : Circuit équivalent pour T_{OFF}. [8]

II.3.1.2 Modèle mathématique équivalent du hacheur Boost

On montre dans ce qui suit le modèle mathématique du hacheur pour le mode de fonctionnement continu [9].

$$\begin{aligned}
 i_{C_e} &= C_e \frac{du_e}{dt} = i_e - i_L \\
 i_{C_s} &= C_s \frac{du_s}{dt} = i_L - i_s \quad 0 < t < DT \\
 u_L &= L \frac{di_L}{dt} + R_L i_L = u_e - u_s
 \end{aligned}
 \tag{II.1}$$

$$\begin{aligned}
 i_{C_e} &= C_e \frac{de}{dt} = i_e \\
 i_{C_s} &= C_s \frac{du_s}{dt} = i_L - i_s \quad DT < t < Ts \\
 u_L &= L \frac{di_L}{dt} + R_L i_L = -u_s
 \end{aligned}
 \tag{II.2}$$

Pour pouvoir présenter la dynamique du système on suppose que la variation des grandeurs dynamiques i_L, u_e, u_s est linéaire. On trouve donc [9]:

$$\begin{aligned} I_l &= I_e - C_e \frac{dU_e}{dt} \\ I_s &= (1 - D)I_L - C_s \frac{dU_{I_s}}{dt} \\ U_e &= L \frac{dI_L}{dt} + (1 - D)U_s \end{aligned} \quad (\text{II.3})$$

II.3.1.3 Les ondulations des courants et des tensions

Comme pour le circuit Buck La pente de courant i et des tensions U_e et U_s pendant La première période de fonctionnement est donnée par [1]:

$$\begin{aligned} \frac{dI_L}{dT} &\approx \frac{U_L}{L} = \frac{U_e - R_L I_L}{L} \\ \frac{dU_{C_e}}{dT} &\approx \frac{I_{C_e}}{C_e} = \frac{I_e - I_L}{C_e} \\ \frac{dU_{C_s}}{dT} &\approx \frac{I_{C_s}}{C_s} = \frac{-I_s}{C_s} \end{aligned} \quad (\text{II.4})$$

Les valeurs crête à crête des courants et des tensions sont :

$$\begin{aligned} I_{L_{CC}} &= 2\Delta I_L = \frac{U_e - R_L I_L}{L} DT_s \\ U_{e_{CC}} &= 2\Delta U_e = \frac{I_e - I_L}{C_e} DT_s \\ U_{s_{CC}} &= 2\Delta U_s = \frac{-I_s}{C_s} DT_s \end{aligned} \quad (\text{II.5})$$

Les valeurs des composants à choisir pour des ondulations données sont :

$$\begin{aligned} L &= \frac{V_i - R_L I_L}{2\Delta I_L} DT_s \\ C_e &= \frac{I_e - I_L}{2\Delta V_e} DT_s \\ C_s &= \frac{-I_s}{2\Delta V_s} DT_s \end{aligned} \quad (\text{II.6})$$

II.3.1.4. Etude en régime continu

en remplaçant les dérivées des signaux par des zéros, on peut remplacer les signaux du convertisseur par leurs grandeurs moyennes, cela simplifier ainsi le système d'équations (II.3)[1] :

$$\begin{aligned} I_e &= I_L \\ I_s &= (1 - D)I_L \\ U_e &= (1 - D)U_s + R_L I_L \end{aligned} \quad (\text{II.7})$$

II.3.1.5. Rapport de conversion et rendement :

En utilisant les relations (II.3), on peut calculer le rapport de conversion U_s/U_e :

$$M(D) = \frac{U_s}{U_e} = \frac{1}{(1-D) + \frac{R_L I_L}{V_s}} = \frac{1}{1 + \frac{R_L I_s}{(1-D)^2 U_s}} \frac{1}{1-D} = \frac{1}{1 + \frac{R_L}{(1-D)^2 Z}} \frac{1}{1-D} = \eta \frac{1}{1-D} \quad (\text{II.8})$$

On remarque que le rendement η ne dépend pas seulement de la charge Z du convertisseur et des résistances parasites des composants, mais dépend aussi du rapport cyclique D . Ainsi il est recommandé pour que le Boost travaille avec un bon rendement de ne pas dépasser certaines valeurs de rapports cycliques D , fixes par la qualité de l'inductance et la charge utilisée, (Figure (II.5), (II.6)) [7].

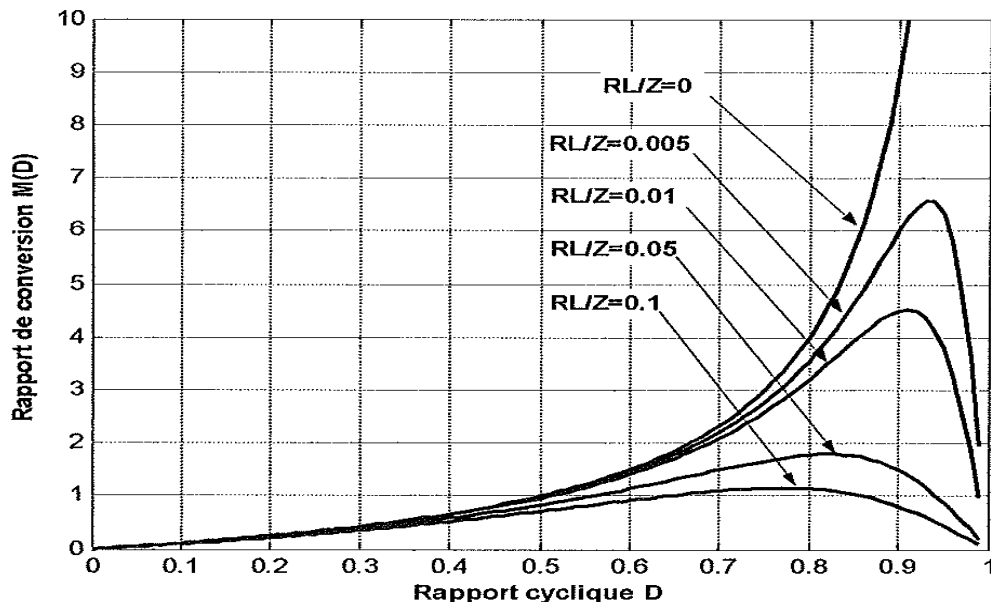


Figure (II.5) : Rapport de conversion $M(D) = U_s/U_e$, en fonction de R_L/Z . [1]

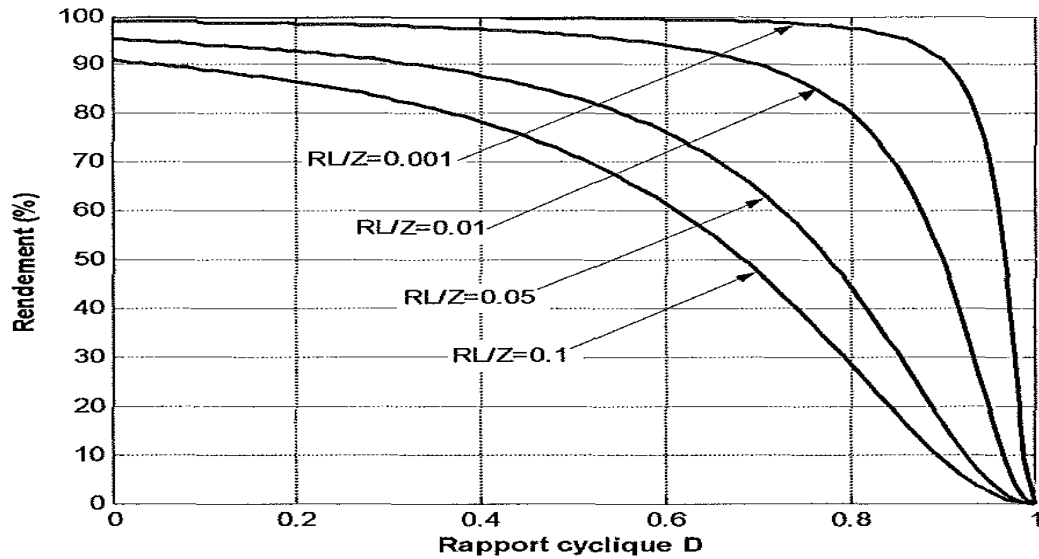


Figure (II.6) : Le rendement $\eta(D)$ d'un circuit Boost en fonction de R_L/Z . [1]

II.3.2 Convertisseur abaisseur « BUCK »

Le schéma suivant représente le modèle générale du Buck.

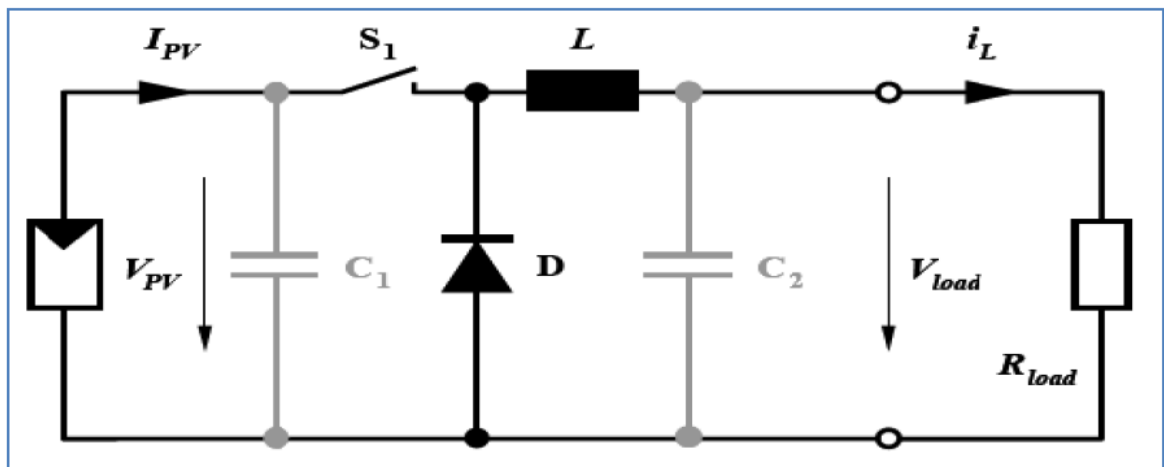


Figure (II.7) : Schéma électronique de convertisseur abaisseur « Buck » [8].

II.3.2.1 Principe de fonctionnement

Convertisseur dévolteur (Buck converter), un convertisseur Buck, ou hacheur série, est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de plus faible valeur. Ce type de convertisseur peut être utilisé comme adaptateur source charge, lorsque le point de fonctionnement en couplage direct est à gauche du MPP. Si le commutateur S_1 est activé à t_0 , un courant circule dans le circuit, mais ne passe pas par la diode D puisqu'elle est inversement polarisée. Le courant i_L n'augmente pas

immédiatement, mais plutôt linéairement avec un taux d'accroissement imposé par l'inductance L [8] .

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_{pv} - V_{load}}{L} \tag{II.9}$$

$$I_L = \left(\frac{V_{pv} - V_{load}}{L} \right) t + I_m \tag{II.10}$$

Pendant ce temps, l'inductance emmagasine de l'énergie sous forme magnétique. Si S_1 est désactivé après $t = tI$, la charge est déconnectée de son alimentation. Le courant est toutefois maintenu par l'énergie stockée dans l'inductance L et circule à travers la diode D appelée «diode de roue libre». Cette dernière permet d'évacuer l'énergie emmagasinée dans l'inductance à l'ouverture du commutateur sans créer de surtension. Selon l'équation (II.9), le courant décroît, puisque [8] :

$$\frac{di_L}{dt} = - \frac{V_{Load}}{L} \tag{II.11}$$

$$I_L = \left(\frac{-V_{load}}{L} \right) t + I_m \tag{II.12}$$

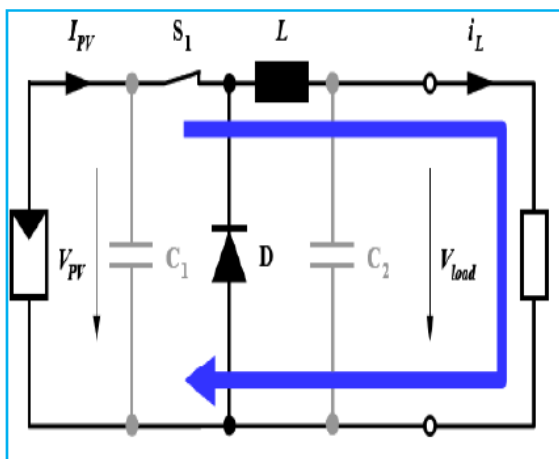


Figure (II.8) : Convertisseur Buck
Durant L'état on [8]

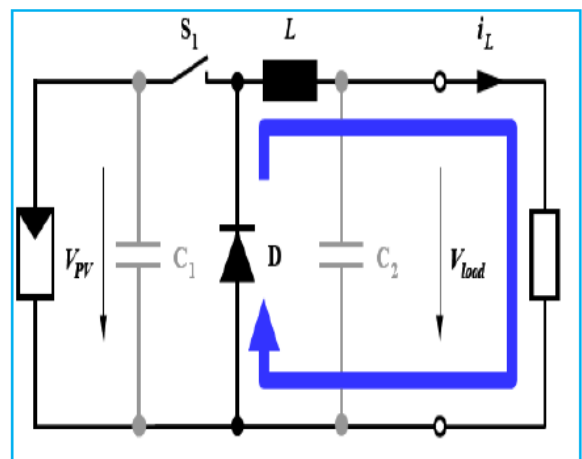


Figure (II.9) : Convertisseur Buck
durant l'état off [8]

II.3.2.2. Modèle mathématique équivalent du hacheur Buck

On montre dans ce qui suit le modèle mathématique du hacheur pour le mode de fonctionnement continu [9]

$$\begin{aligned} i_{C_1} &= C_1 \frac{dpv}{dt} = I_{p_v} - i_L \\ i_{C_2} &= C_2 \frac{dv_L}{dt} = i_L - i_s \\ u_L &= L \frac{di_L}{dt} + R_L i_L = V_{p_v} - v_L \end{aligned} \quad 0 < t < DT \tag{II.13}$$

$$\begin{aligned}
i_{C_1} &= C_1 \frac{dpv}{dt} = I_{pv} \\
i_{C_2} &= C_2 \frac{dv_L}{dt} = i_L - i_s \quad DT < t < Ts \quad (\text{II.14}) \\
u_L &= L \frac{di_L}{dt} + R_L i_L = -v_L
\end{aligned}$$

Pour pouvoir présenter la dynamique du système on suppose que la variation des grandeurs dynamiques i_L, v_L, V_{pv} , est linéaire. On trouve donc [9] :

$$\begin{aligned}
I_l &= I_{pv} - C_1 \frac{dpv}{dt} \\
I_s &= (1 - D)I_L - C_2 \frac{dv_l}{dt} \quad (\text{II.15}) \\
v_{pv} &= L \frac{dI_L}{dt} + (1 - D)v_l
\end{aligned}$$

II.3.2.3. Les ondulations des courants et des tensions

Pour le dimensionnement des différents composants du circuit afin de diminuer les Ondulations des courants et des tensions sans faire un surdimensionnement ce qui accroîtrait le poids et le prix des circuits, un calcul de ces composants en fonction des ondulations voulues est nécessaire. Cette remarque est très importante pour le dimensionnement de l'inductance L afin de respecter le courant admissible par le transistor MOSFET S, ou dans le cas pratique les ondulations du courant I_L sont plus impéetrantes par rapport aux autres ondulations[1].

En appliquant la relation $u_L = L \frac{di_L}{dt}$, et par l'approximation des segments d'exponentielles par des droites, la pente du courant I_L pendant la première période d fonctionnement est donnée par[7] :

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{UL}{L} \approx \frac{V_{pv} - V_l - R_L I_L}{L} \quad (\text{II.16})$$

A partir de la relation (II.8), la valeur crête à crête du courant I_L est :

$$I_{CC} = 2\Delta I_L = \frac{V_{pv} - V_l - R_L I_L}{L} DTs \quad (\text{II.17})$$

La valeur de l'inductance L choisie pour certaine ondulation ΔI_L est :

$$L = \frac{V_{pv} - V_l - R_L I_L}{2\Delta I_L} DTs \quad (\text{II.18})$$

Pour le calcul des capacités C_1 et C_2 on a :

$$\frac{dU_{c1}}{dt} = \frac{I_{c1}}{C_1} \approx \frac{I_{pv} - I_L}{C_1} \quad (\text{II.19})$$

$$\frac{dV_L}{dt} = \frac{I_{c2}}{C_2} \approx \frac{I_L - I_s}{C_2} \quad (\text{II.20})$$

Les valeurs des ondulations crête à crête des tensions d'entrées et de sorties sont:

$$V_{PVcc} = \frac{I_{pv} - I_L}{C_e} DT_s \quad (\text{II.21})$$

$$V_{Lcc} = \frac{I_L - I_s}{C_2} DT_s \quad (\text{II.22})$$

Les valeurs des capacités C_1 et C_2 sont respectivement données par :

$$C_1 = \frac{I_{pv} - I_L}{2\Delta U_e} DT_s \quad (\text{II.23})$$

$$C_2 = \frac{I_L - I_s}{2\Delta V_L} DT_s \quad (\text{II.24})$$

II.3.2.4. Etude en régime continu

Le régime continu est obtenu en éliminant les dérivées des variables dynamiques, et en remplissant ces signaux par leurs valeurs moyennes[1].

Le système d'équations (II.25) donne:

$$\begin{aligned} I_{pv} - DI_L &= 0 \\ I_s - I_L &= 0 \\ DV_{pv} - V_L - R_L I_L &= 0 \end{aligned} \quad (\text{II.25})$$

II.3.2.5. Rapport de conversion et rendement :

Le rapport de conversion M est défini comme étant le rapport entre la tension de sortie et la tension d'entrée comme suit :

$$M(D) = \frac{V_L}{V_{pv}} \eta \cdot D \quad (\text{II.26})$$

Ou η est le rendement du convertisseur défini comme étant le rapport entre la puissance de sortie sur la puissance d'entrée :

$$\eta = \frac{P_s}{P_{pv}} = \frac{V_L I_s}{V_{pv} I_{pv}} \quad (\text{II.27})$$

La relation (II.27) donne :

$$M(D) = \frac{V_L}{V_{pv}} = \frac{1}{1 + \frac{R_L I_s}{V_L}} D = \frac{1}{1 + \frac{R_L}{Z}} D = \eta D \quad (\text{II.28})$$

Avec
$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{R_L}{Z}} \tag{II.29}$$

Avec Z l'impédance complexe de la charge.

A partir des relations (II.28) et (II.29) on conclue que le rapport de conversion M reste linéaire en fonction de D et reste confine entre zéro et la valeur du rendement. Et des charges Z faible causent une grande perte dans le transfert de puissance à travers le convertisseur ainsi qu'une tension de sortie faible[1].

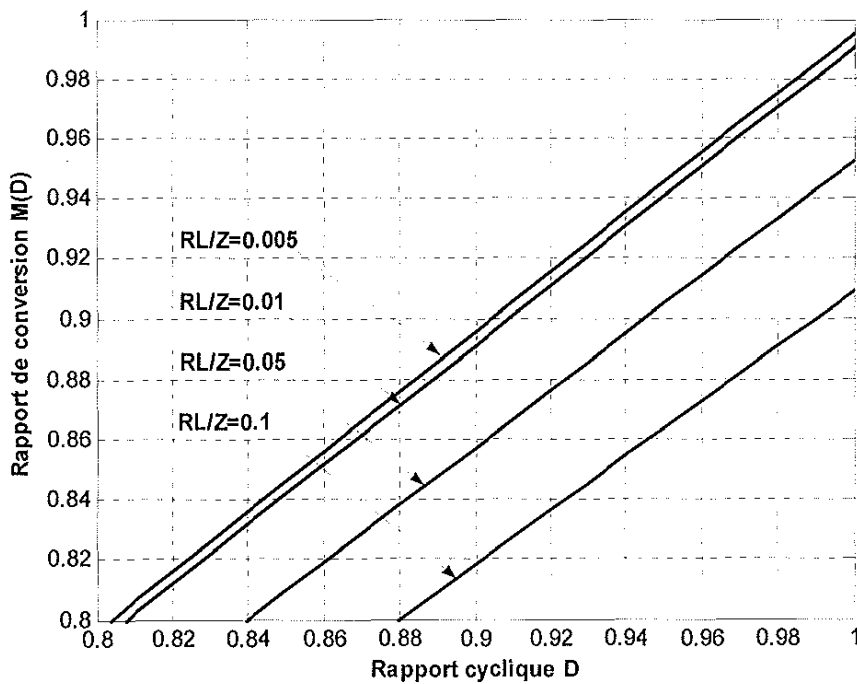


Figure (II.10) : Rapport de conversion $V_L/V_{PV}(D)$ d'un convertisseur Buck en fonction de $R_L/Z.[1]$

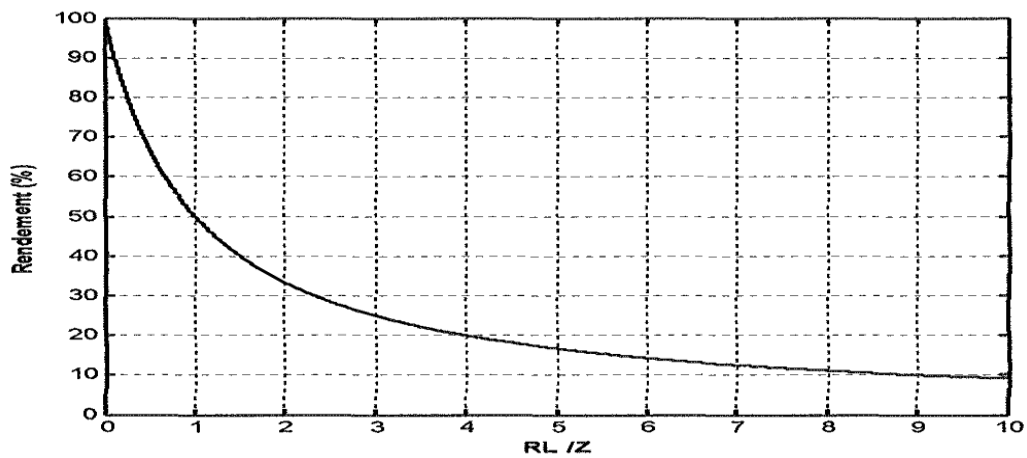


Figure (II.11) : Le rendement η d'un convertisseur Buck en fonction de $R_L/Z.[1]$

II.3.3. Le Convertisseur «Buck-Boost »

Le schéma suivant représente le modèle générale du Buck-Boost.

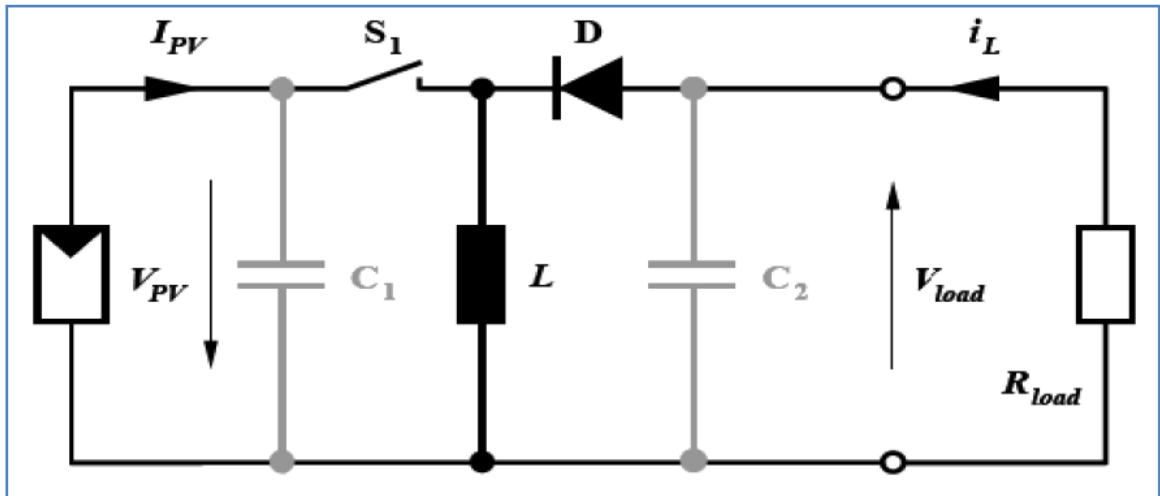


Figure (II.12) : Schéma de convertisseur inverseur « Buck-Boost » [8].

II.3.3.1 Principe de fonctionnement

Un convertisseur Buck-Boost est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de plus faible ou plus grande valeur mais de polarité inverse.

Durant l'état «on», l'énergie apportée par la source (générateur PV) est stockée dans l'inductance L (figure II.13). L'énergie stockée dans l'inductance L est livrée ensuite à la charge pendant l'état «off» (Figure II.14). En raison de la présence de la diode D , le courant circule à travers l'inductance L seulement dans une direction durant les deux états. Par conséquent, V_{load} a une polarité opposée à V_{PV} . Pour cette raison, ce circuit est aussi appelé convertisseur inverseur. Les équations décrivant ce circuit peuvent être obtenues de la même manière qu'au paravent. Comme indiqué précédemment, le condensateur C_1 soutient la tension d'alimentation V_{PV} , C_2 lisse la tension de la charge. En conclusion, l'amplitude de V_{load} peut être inférieure ou supérieure à V_{PV} suivant la valeur de t_{ON} et t_{OFF} [8] :

$$V_{load} = -\frac{t_{ON}}{t_{OF}} V_{PV} = \frac{D}{1-D} V_{PV} \quad (\text{II.30})$$

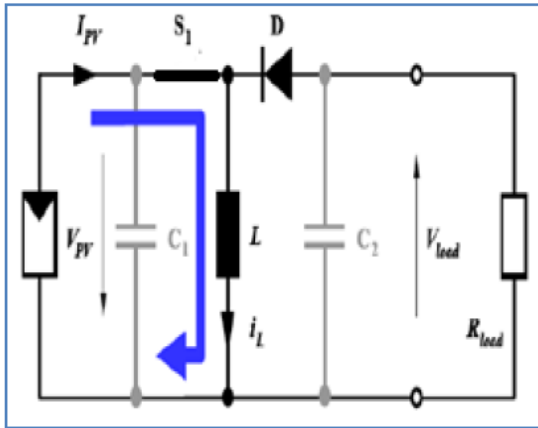
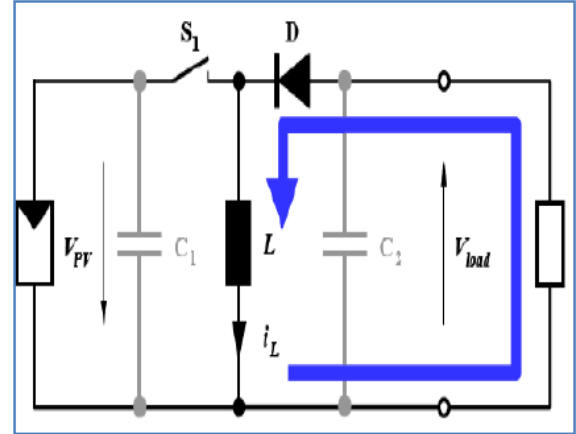


Figure (II.13) : Convertisseur Buck-Boost
Durant L'état on [8].



Figure(II.14) : Convertisseur Buck-Boost
durant l'état off[8].

Dans les trois cas cités en haut, l'adaptation entre la source et la charge est réalisée en choisissant des valeurs adéquates du rapport cyclique. Généralement, pour les convertisseurs DC/DC, l'interrupteur est commandé par un signal PWM (Pulse Width Modulation) ou MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion).

Un signal PWM est un signal rectangulaire de fréquence fixe, mais dont le rapport cyclique α est variable. La valeur du rapport cyclique permet de contrôler la quantité d'énergie transmise[8].

II.3.3.2. Modèle Mathématique équivalent

En appliquant les lois de Kirchhoff sur les circuits équivalents précédents, on obtient :
Pour la première période $DTs[1]$:

$$\begin{aligned} i_{C1} &= C_1 \frac{dv_{pv}}{dt} = i_{pv} - i_L \\ i_{C2} &= C_2 \frac{dv_l}{dt} = -i_s \\ u_L &= L \frac{di_l}{dt} = v_{pv} - R_L i_L \end{aligned} \tag{II.31}$$

Et pour la deuxième période $\{1-D\}Ts$:

$$\begin{aligned} i_{C1} &= C_1 \frac{dv_{pv}}{dt} = i_{pv} \\ i_{C2} &= C_2 \frac{dv_l}{dt} = -i_s - i_L \\ u_L &= L \frac{di_l}{dt} = v_l - R_L i_L \end{aligned} \tag{II.32}$$

appliquant La relation $\langle \frac{dx}{dt} \rangle Ts = \frac{dx}{dt(DTs)} \cdot DTs \frac{dx}{dx((1-D)Ts)} \cdot (1-D)Ts$ sur les systèmes d' équations (II.31) et (II.32), on trouve le modèle approxime du convertisseur Buck-Boost:

$$\begin{aligned} C_1 \frac{dv_{pv}}{dt} Ts &= DTs(i_{pv} - i_L) + (1-D)Ts i_{pv} \\ C_2 \frac{dv_l}{dt} Ts &= -DTs i_s + (1-D)Ts(-i_s - i_L) \\ L \frac{di_L}{dt} Ts &= DTs(v_{pv} - R_L i_L) + (1-D)Ts(v_l - R_L i_L) \end{aligned} \quad (II.33)$$

En arrangeant les termes des équations précédentes, on obtient la modélisation dynamique du Buck Boost[1] :

$$\begin{cases} i_L = \frac{1}{D} \left[i_{pv} - C_1 \frac{dv_{pv}}{dt} \right] \\ i_s = -(1-D)i_L - C_2 \frac{dv_s}{dt} \\ v_{pv} = \frac{1}{D} \left[-(1-D)V_l + R_L i_L + L \frac{di_L}{dt} \right] \end{cases} \quad (II.34)$$

II.3.3.3. Les ondulations des courants et des tensions

En suivant les mêmes procédures précédentes, on trouve les mêmes résultats que pour le circuit Boost, les valeurs crête à crête des courants et des tensions sont :

$$\begin{aligned} I_{L_{CC}} &= 2\Delta I_L = \frac{V_{pv} - R_L I_L}{L} DTs \\ V_{pv_{CC}} &= 2\Delta V_{C1} = \frac{I_{pv} - I_L}{C_1} DTs \\ V_{l_{CC}} &= 2\Delta V_{C2} = -\frac{I_s}{C_2} DTs \end{aligned} \quad (II.35)$$

Les valeurs des composants à choisir pour des ondulations données sont :

$$\begin{aligned} L &= \frac{V_{pv} - R_L I_L}{2\Delta I_L} DTs \\ C_1 &= \frac{I_{pv} - I_L}{2\Delta V_{pv}} \\ C_2 &= -\frac{I_s}{2\Delta V_l} DTs \end{aligned} \quad (II.36)$$

II.3.3.4. Etude en régime continu

Comme précédemment, en annulant les dérivées des variables dynamiques, on peut remplacer les signaux temporaires par leurs grandeurs moyennes, ce qui donne :

$$\begin{aligned} I_{pv} &= DI_L \\ I_s &= -(1-D)I_L \\ DV_{pv} &= -(1-D)V_s + R_L I_L \end{aligned} \quad (\text{II.37})$$

II.3.3.5. Rapport de conversion et rendement :

A partir des relations (II.37), on peut calculer le rapport de conversion V_l/V_{pv} ; comme suit:

$$M(D) = \frac{V_l}{V_{pv}} = \frac{V_l D}{-(1-D)V_l + R_L I_L} = \frac{1}{1 + \frac{R_L}{Z(1-D)^2}} \left(-\frac{D}{1-D} \right) = \eta M(D) \quad (\text{II.38})$$

Où $\eta = \frac{1}{1 + \frac{R_L}{Z(1-D)^2}}$ représente le rendement du convertisseur, et M le rapport de conversion dans le cas idéal ; ils sont similaires pour le convertisseur Boost, mais avec un rapport de conversion négatif [1].

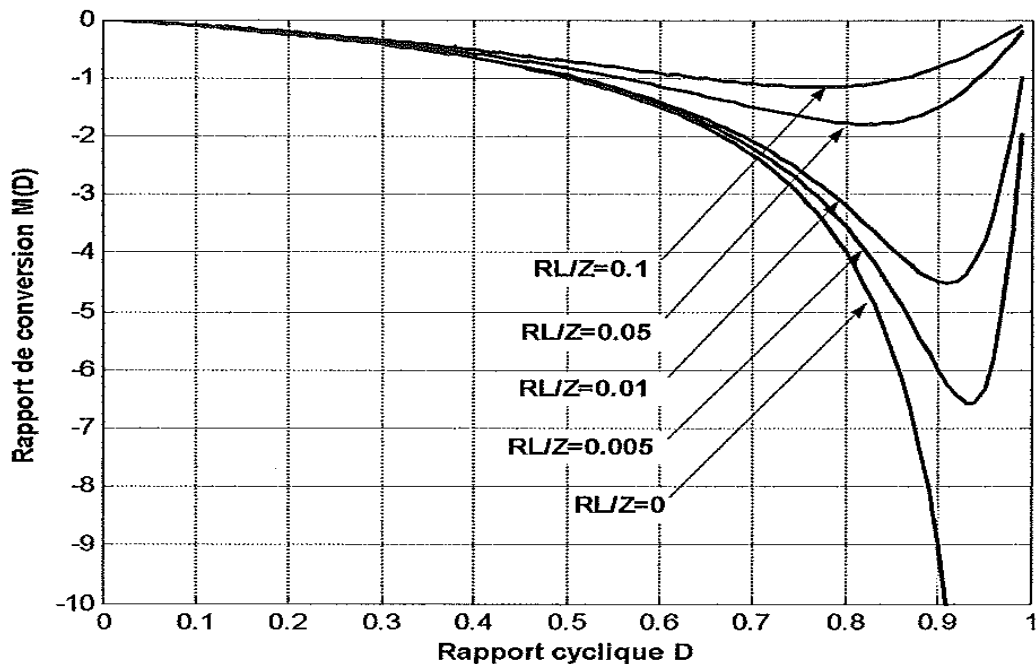


Figure (II.15) : Rapport de conversion d'un convertisseur Buck-Boost en fonction de D pour différents RL/Z . [1]

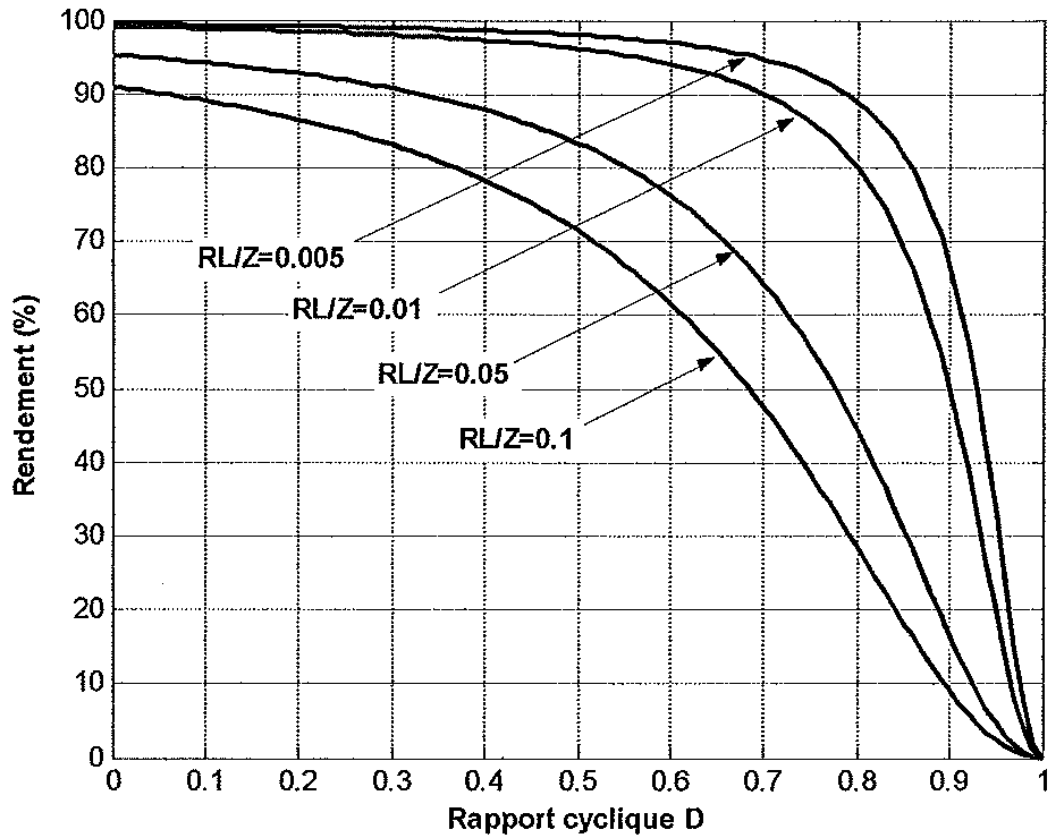


Figure (II.16): Le rendement $\eta(D)$ d'un circuit Buck-Boost en fonction de $R_L/Z[1]$.

II.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié les trois types essentiels du convertisseur DC-DC (abaisseur, élévateur et mixte), pour notre étude le convertisseur abaisseur (Buck) nous arrange pour pouvoir baisser la tension du panneau pour la plage de 22v à 12v (tension de la batterie).



Chapitre III
Réalisation sûr logiciel
Proteus



III.1.Introduction

Le convertisseur DC-DC est l'élément le très important pour la caractérisation des panneaux photovoltaïque.

Pour la réalisation du convertisseur DC-DC, on a utilisé le logiciel Proteus (isis Proteus), le logiciel Proteus et un logiciel dédié à la simulation et la réalisation des schémas électriques, il contient différentes composantes électriques et outils de simulation et visualisation.

Pour la programmation du MPPT on peut utiliser microcontrôleur PIC avec son logiciel MikroC.

III.2.Présentation générale

Logiciel PROTEUS est un logiciel très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation (incluant lycée et université) utilisent cette suite logicielle. Outre la popularité de l'outil, Proteus possède d'autres avantages logiciels facile et rapide à comprendre et utiliser.Le support technique est performant.

L'outil de création de prototype virtuel permet de réduire les coûts matériel et logiciel lors de la conception d'un projet

III.2.1.Proteus (ISIS et ARES)

Le logiciel Proteus comporte deux parties : schématique capture "ISIS" et "PCB" Layout ARES

III.2.2.ISIS

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisé dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.

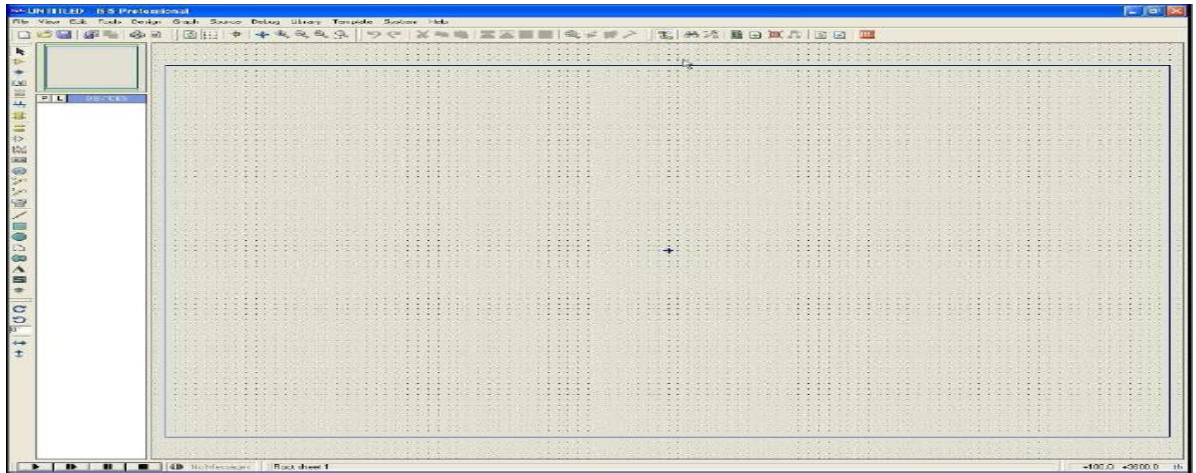


Figure (III.1) : le page ISIS sur proteus.

III.2.3.ARES

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complètement parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement.

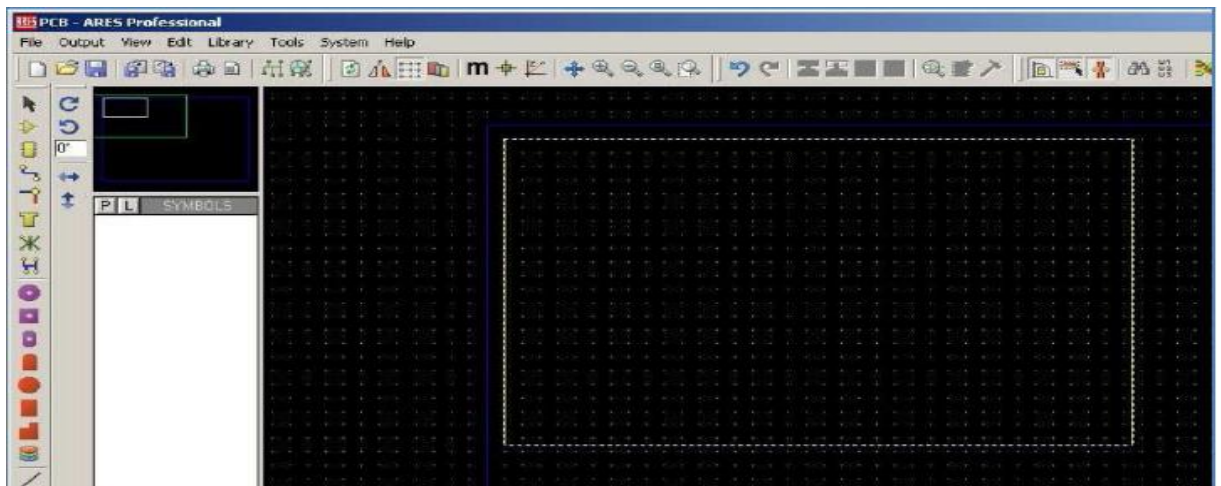


Figure (III.2) : le page ARES sur proteus.

III.3.Langage et Programmation pour pic *mikroc*

Le langage *mikroC* pour PIC a trouvé une large application pour le développement de systèmes embarqués sur la base de microcontrôleur. Il assure une combinaison de l'environnement de programmation avancée *IDE* (Integrated Development Environment) , et

d'un vaste ensemble de bibliothèques pour le matériel, de la documentation complète et d'un grand nombre des exemples.

Le compilateur *mikroC* pour PIC bénéficie d'une prise en main très intuitive et d'une ergonomie sans faille. Ses très nombreux outils intégrés (mode simulateur, terminal de communication Ethernet, terminal de communication USB, gestionnaire pour afficheurs 7 segments, analyseur statistique, correcteur d'erreur, explorateur de code, mode Débug ICD...) associé à sa capacité à pouvoir gérer la plupart des périphériques rencontrés dans l'industrie (Bus I2C™, 1Wire™, SPI™, RS485, Bus CAN™, USB, gestion de cartes compact Flash et SD™/MMC™, génération de signaux PWM, afficheurs LCD alphanumériques et graphiques, afficheurs LEDs à 7 segments, etc...) en font un outil de développement incontournable pour les systèmes embarqués, sans aucun compromis entre la performance et la facilité de débogage.

III.3.1. Compilateur *mikroC PRO* pour PIC

La nouvelle version appelée *mikroC PRO* dispose de très nombreuses améliorations du compilateur *mikroC* : nouvelles variables utilisables, nouvelle interface IDE, amélioration des performances du linker et de l'optimisateur, cycle de compilation plus rapide, code machine généré plus compact (jusqu'à 40 % suivant les cas), nouveaux PIC supportés, environnement de développement encore plus ergonomique, nouveaux exemples d'applications, etc...[10]

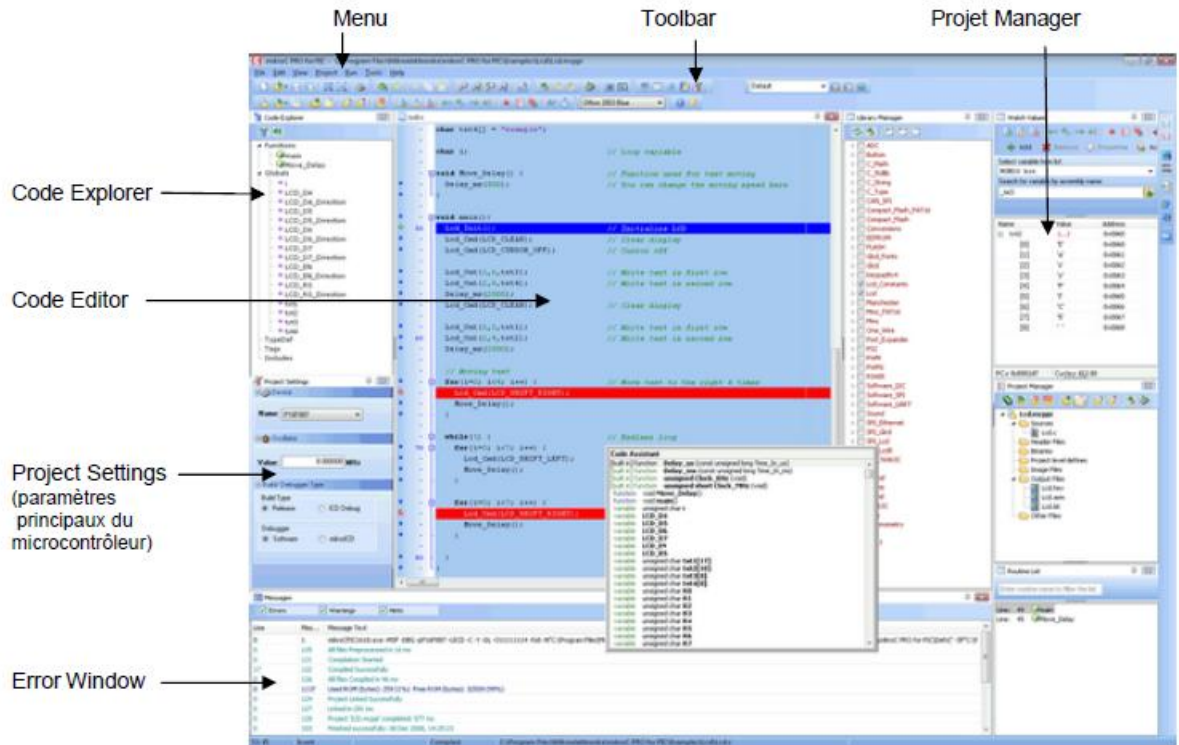


Figure (III.3): L'environnement *IDE* du compilateur *micro C PRO*.

III.4. Les composants utilisés et réalisation de l'hacheur

4 contacteurs (J1 J2 J3 J4) (2input 2output) pour contacter les 4 fils du panneau et de batterie.

Un contacteur à 4 branches (J5).

6 résistances 4 (R1 R2 R3 R4) pour réaliser 2 diviseurs de tension pour la mesure de la tension, une résistance (R5) pour limiter le courant du Mosfetet une autre(R6) est conseillée par le constructeur du driver.

1 inductance (C1) (on la remplacé par une capacité au schematiccar on n'a pas trouvé le composant correspondant).

Une diode du hacheur (D1).

2 capacités ; une pour le hacheur(C2) et l'autre pour le driver (C3).

Un driver HCNW3120 pour assurer l'isolation du circuit de puissance et le circuit de commande et pour adapter les tensions de Mosfet avec celles du microcontrôleur.

Un transistor (MOSFET Q1) IRF4905

Une source de courant et une batterie (B1) (ils ne sont pas utilisés sur PCB)

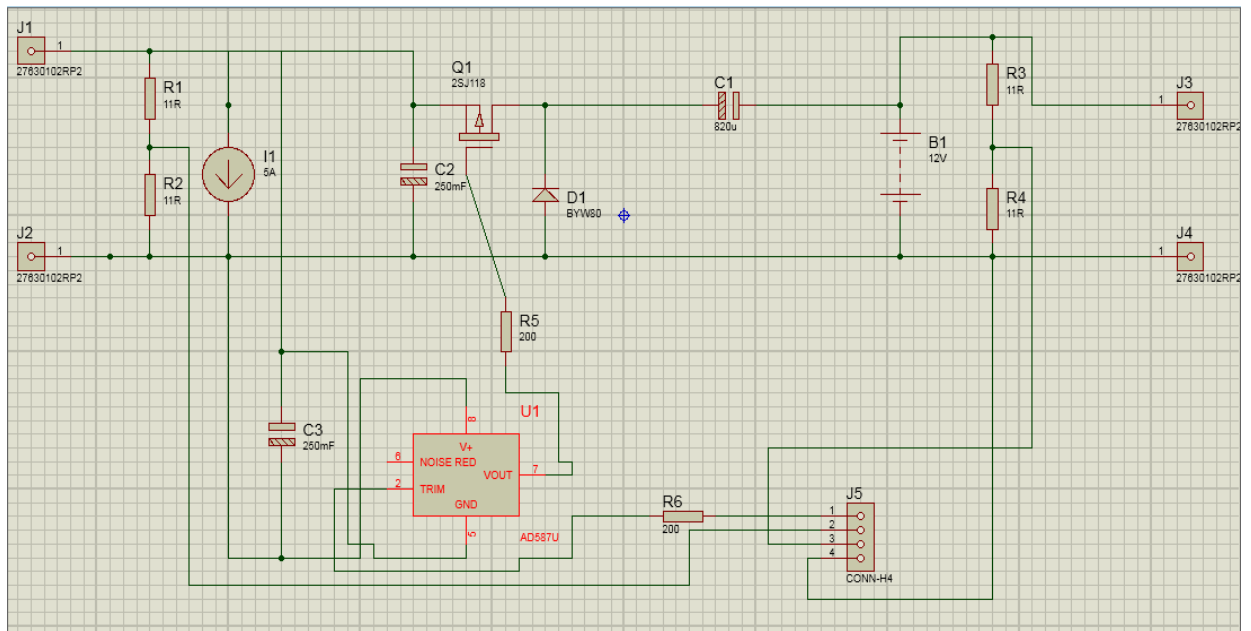


Figure (III.4):schémas du hacheur sur Isis.

III.5. Le signal de commande PWM

Veut dire **P**ulse **W**idth **M**odulation ou en français **MLI** Modulation à **L**argeur d'**I**mpulsion est un signal auquel on fait varier la tension sans modifier ni l'amplitude ni la fréquence mais la largeur de l'impulsion. En fait le signal PWM n'est pas continu, c'est un signal à impulsions (ressemble au signal carré). Il possède un état haut (un 1 logique) et un état bas (un 0 logique). Voici un schéma représentant un signal PWM :

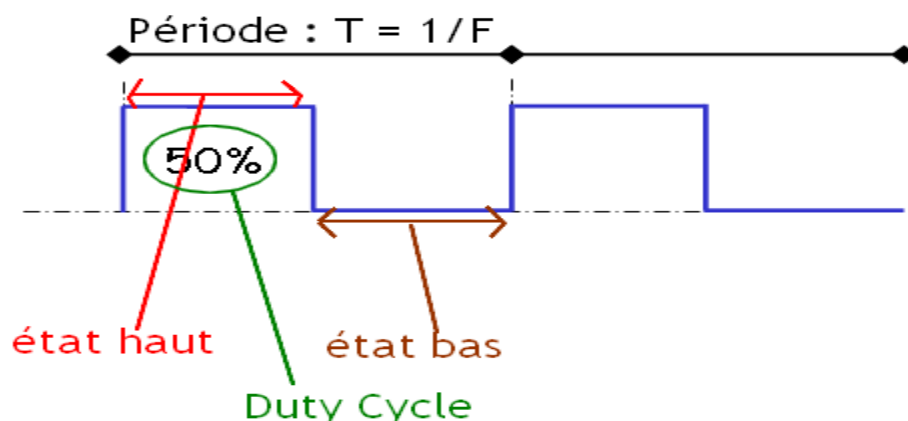


Figure (III.6) : schéma représentant un signal PWM.

Dans notre montage Le module Capture/Compare/PWM (*CCP*) en mode *PWM de PIC16F887A* permet de générer un signal numérique pouvant être utilisé afin de reproduire un signal analogique situé entre 0 et 5V en faisant varier la durée du "Duty Cycle" et en se basant sur le *Timer2*. Cette tension active et désactive à son tour le pont *H* faisant varier analogiquement la tension d'alimentation des moteurs de 0 à 9V.

III.6. PIC 16F887:

Le pic 16F887 est un circuit intégré contenu dans un boîtier nommer « DIL 40 », il présente 40 broches, 20 de chaque côté. Les broches sont virtuellement numérotées de 1 à 40. La 1ere broche est placé dans le coin situé à gauche de l'encoche de repérage.

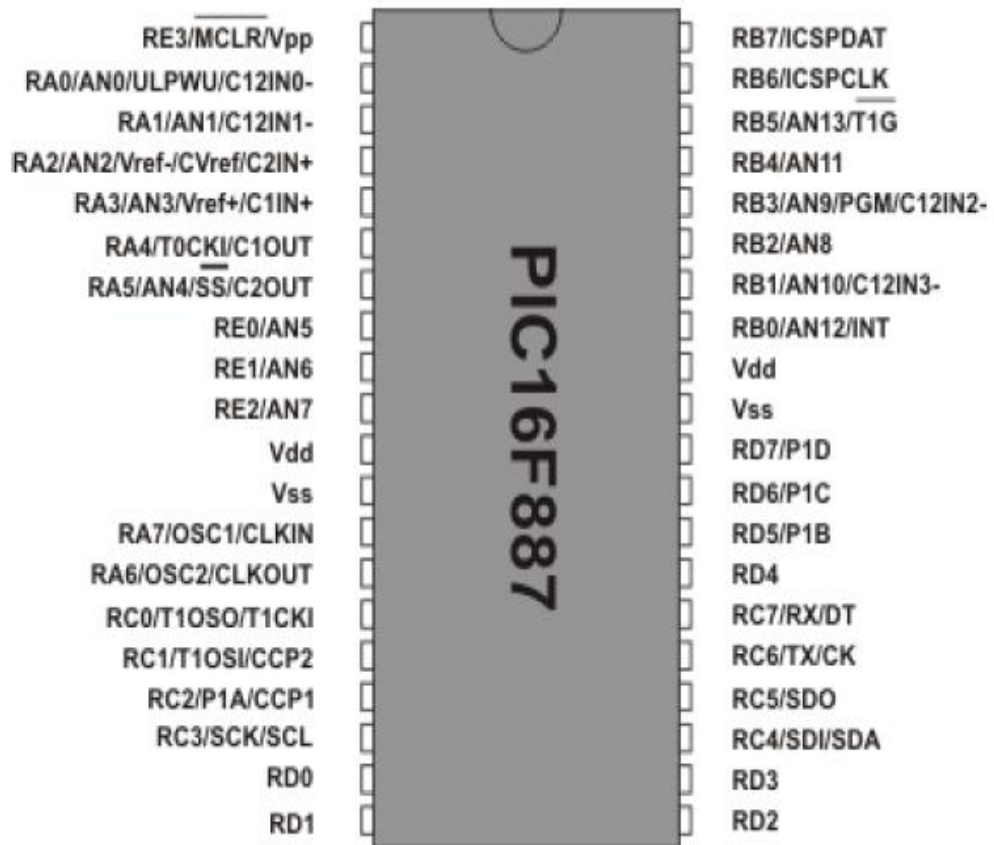


Figure (III.5) : Les pins du 16F887[11].

III.6.1 .Le port d' E/S PORTA

Le port A désigné par **PORTA** est un port bidirectionnel de 8 bits RA0 A RA7.

La direction de chaque bit est contrôlée par le bit correspondant du registre TRISA

RA6 et RA7 peuvent être configurées en E/S numérique ou peuvent être affectées au générateur d'horloge.

RA4 est une E/S numérique. En sortie, RA4 a une structure drain ouvert. Pour l'utiliser comme sortie, il faut ajouter une résistance de pull-up externe.

RA0,RA1,RA2,RA3 et RA5 peuvent être utilisées soit comme E/S numériques soit comme entrées analogiques. Quand elles sont configurées en entrée { l'aide de TRISA, le choix entre entrée Analogique ou Numérique se fait à l'aide de bits ANS0, ANS1, ANS2, ANS3 et ANS4 du registre ANSE (bank3)

III.6.2. Le port d'E/S PORTB

Le port B désigné par PORTB est un port bidirectionnel de 8 bits RB0 à RB7 .

La direction de chaque bit est contrôlée par le bit correspondant du registre TRISB.

RB6 et RB7 fonctionnent toujours en E/S numériques.

RB0,RB1,RB2,RB3,RB4 et RB5 peuvent être utilisées soit comme E/S Numériques soit comme entrées Analogiques.

Quand elles sont configurées en entrée { l'aide de TRISB , le choix entre entrée Analogique ou Numérique se fait { l'aide des bits ANS8, ANS9, ANS10, ANS11, ANS12 et ANS13 du registre ANSELH (bank3).

III.6.3. Le port d'E/S PORTC

Le port C désigné par PORTC est un port bidirectionnel de 8 bits RC0 à RC7 .

Ce port fonctionne toujours en numérique. La direction de chaque bit est contrôlée par le bit correspondant du registre TRISC .

III.6.4. Le port d'E/S PORTD

Le port D désigné par PORTD est un port bidirectionnel de 8 bits RD0 à RD7.

Ce port fonctionne toujours en numérique. La direction de chaque bit est contrôlée par le bit correspondant du registre TRISD

III.6.5. Le port d'E/S PORTE

Le port E désigné par PORTE est un port bidirectionnel de 4 bits RE0 à RE3.

La direction de chaque bit est contrôlée par le bit correspondant du registre TRISE .

RE3 peut fonctionner soit en Entrée numérique soit comme entrée de Reset MCLR .

Le choix se fait à l'aide du switch MCLRE du registre de configuration CONFIG1.

RE0,RE1, et RE2 peuvent être utilisées soit comme E/S numériques soit comme entrées analogiques.

Le contrôle se fait { l'aide des bits ANS5 , ANS6 et ANS7 du registre ANSEL (bank3)[11].

III.7. Quelques Simulation sur Proteus et MikroC

III.7.1.Le 1^{ère} test

On utilise le microcontrôleur PIC16F887 et un afficheur LCD pour afficher un texte, en parallèle, une LED s'allume et s'éteindre chaque seconde voici le schéma sur isis figure(III.5).

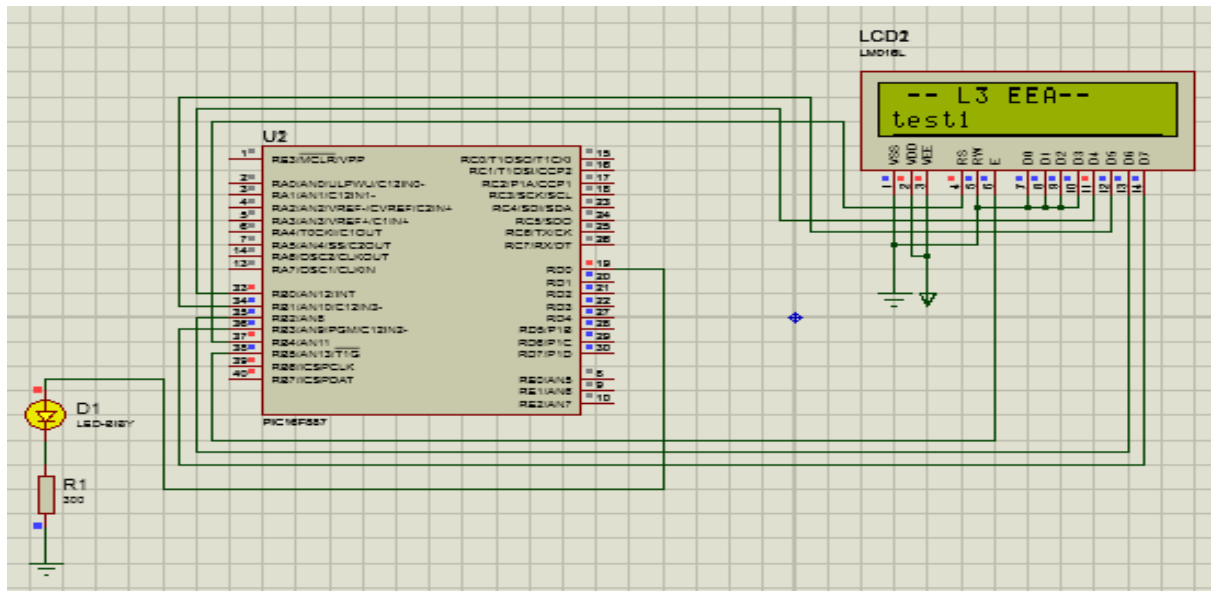


Figure (III.7) :test1 sur Proteus.

III.7.2.Le 2^{ème} test

Identique au 1^{er} mais cette fois ci, on ajoute un bouton poussoir qui ajoute à chaque fois que l'on appuis sur, un temps de retard d'allumage de la LED voici le schéma en figure (III.6).

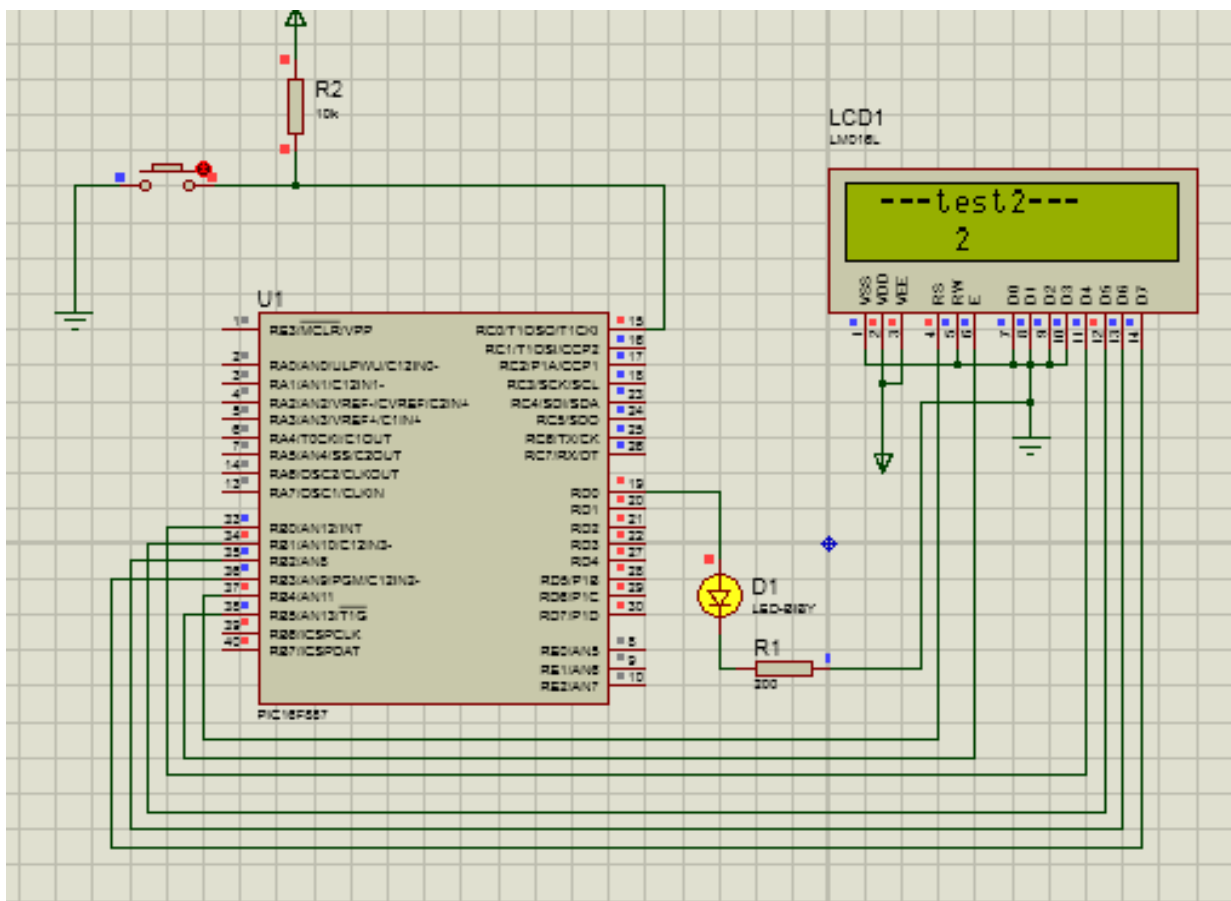


Figure (III.8): test2 sur Proteus.

III.7.3. Le 3^{ème} test

Le but est de lire des valeurs d'une entré analogique variable (tension) et d'afficher la tension correspondante sur un l'écran LCD, le bouton n'est pas utilisé cette fois ci, voici le schéma sur la figure (III.7).

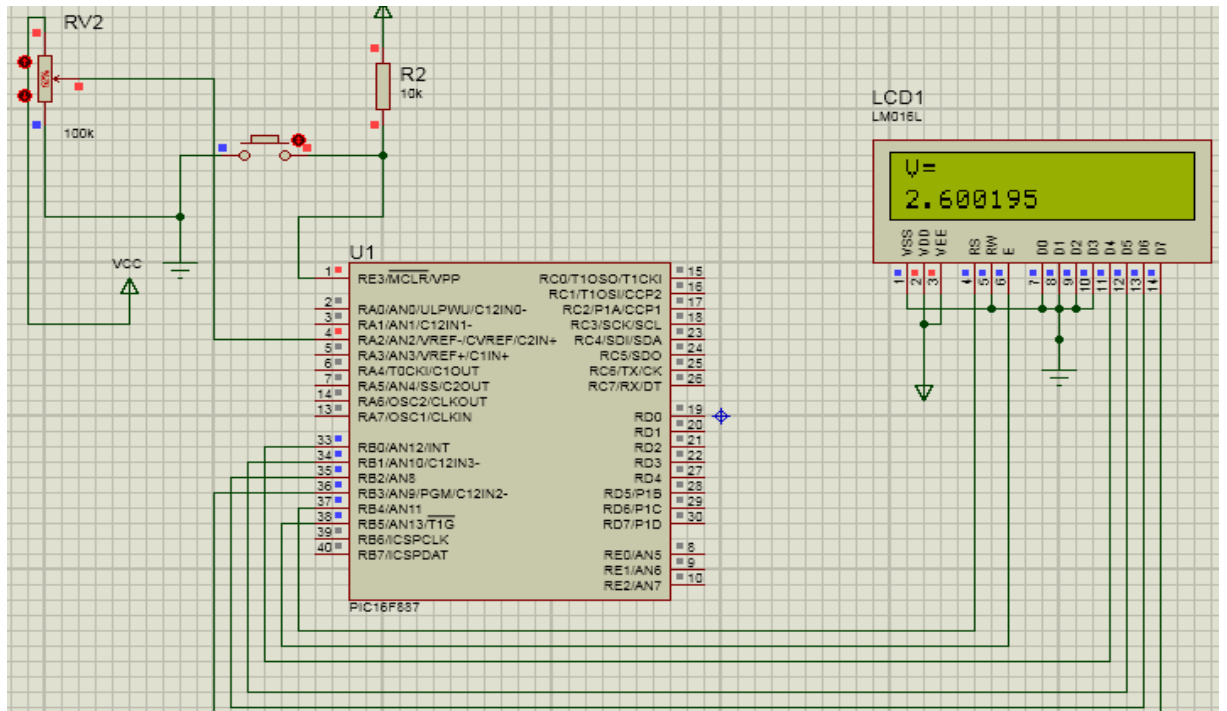


Figure (III.9) Test 3 sur Proteus.

III.8.Implémentation de l’algorithme MPPT sur le microcontrôleur PIC

A cause de la variation de l’ensoleillement et de la température, la courbe de puissance du panneau est toujours variante ainsi que point MPP, alors on utilise un mécanisme qui va gérer toute les situations et les variations et qui permet d’atteindre toujours le point MPP.

III.8.1.Le 1^{ere} mécanisme : algorithme de perturbation et observation

Cet algorithme est basé sur la variation du rapport cyclique puis l’observation de l’effet sur la puissance de sortie du panneau. Si la valeur de la puissance actuelle $P(k)$ du panneau est supérieure à la valeur précédente $P(k-1)$ on garde la même direction de perturbation précédente sinon on inverse la perturbation du cycle précédent. Voici l’organigramme de cet algorithme en Figure (III.8)[1] .

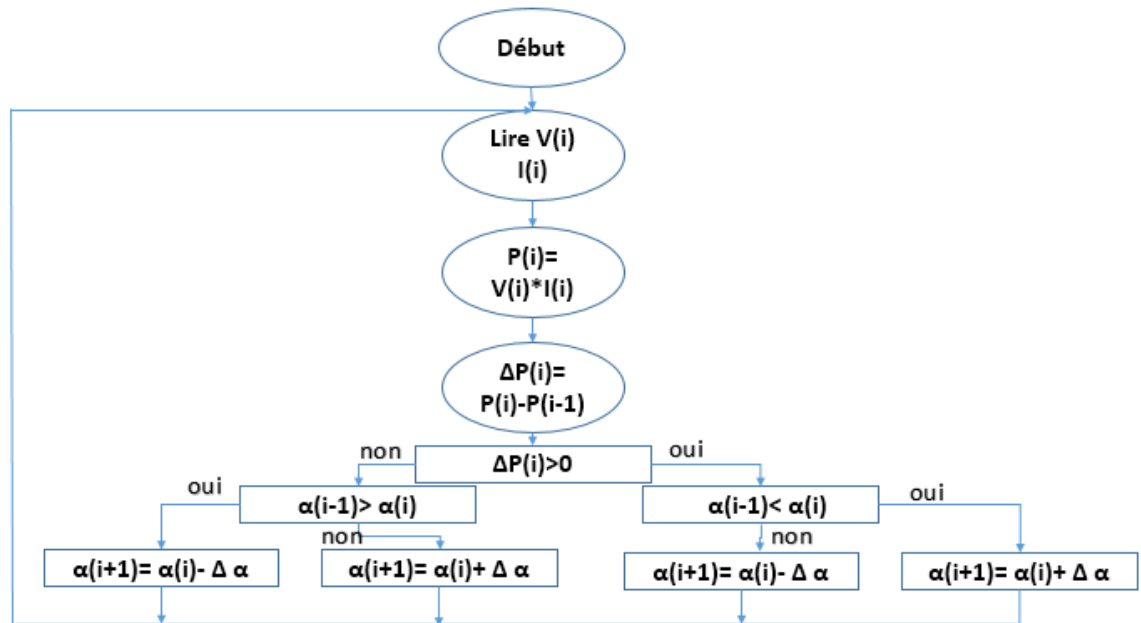


Figure (III.10) : L'organigramme de l'algorithme perturbation et observation.[12]

L'algorithme programmé sur microC est divisé en 4 parties essentielles vous trouvez le code en annexe (code 1).

III.8.1.1.Partie 1

Comporte la partie configuration de l'afficheur, la déclaration des variables, la configuration de toutes les portes, une boucle infinie pour 3 choix (la sélection du choix se fait par les boutons).

III.8.1.2.Partie 2

Si on fait un clic sur le bouton 1 (choix 1) le programme va exécuter une partie qui sert à contrôler et visualiser le rapport cyclique α sur l'oscilloscope (le signal carré) ainsi que pour visualiser la tension du panneau correspondante.

III.8.1.3.Partie 3

Si on clique sur le bouton 2 (choix 2) le programme va afficher les valeurs du courant et de la tension pour qu'on puisse les comparer avec les valeurs réelles pour s'assurer du bon fonctionnement du processus de lecture des valeurs.

III.8.1.4.Partie 4

Si on a cliqué sur le bouton 3 (choix 3) le programme va exécuter la partie du MPPT.

La simulation, on la fait sur isis Proteus voici le schéma utilise en figure (III.9).

Pour les entrées analogique on a utilisé des sources de tensions avec des résistances variables pour remplacer le panneau (courant tension), un oscilloscope pour visualisé le signal d'attaque et trois boutons poussoir avec ces résistances de protection.

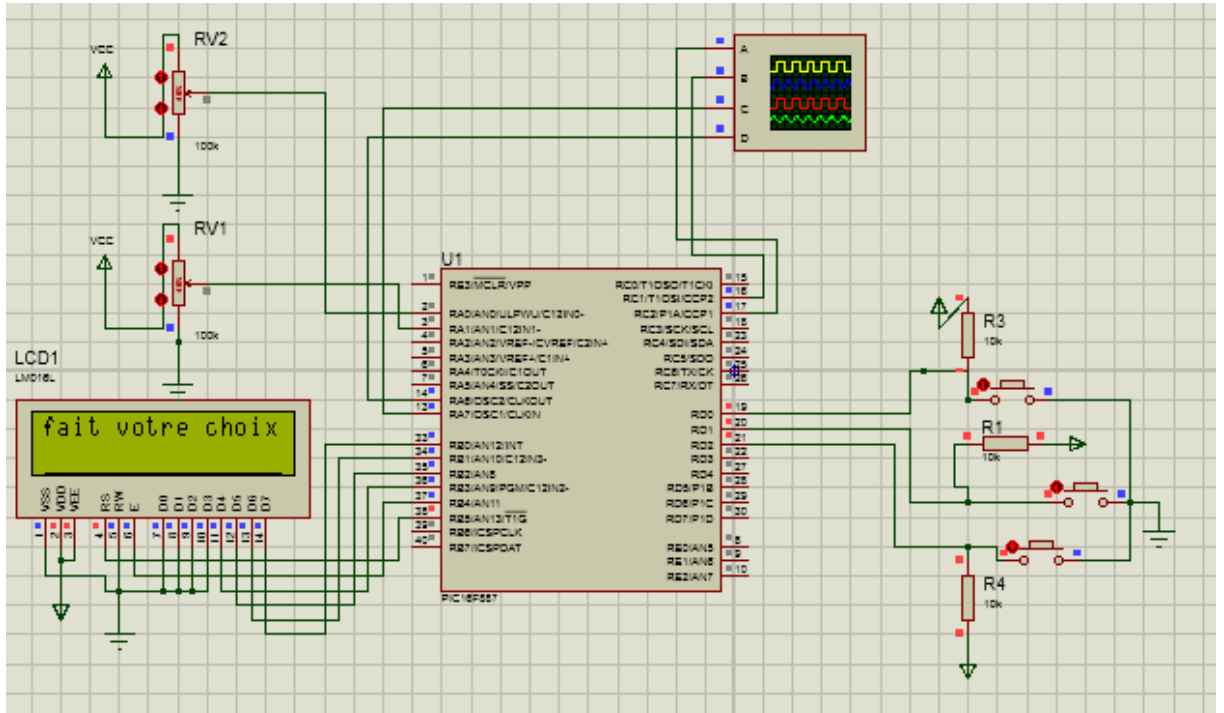


Figure (III.11) : Schéma de simulation de l’algorithme MPPT.

III.8.2.Le 2^{ème} mécanisme : l’algorithme incrémental conductance

Dans cet algorithme la puissance maximale du panneau est calculée en fonction de la tension et le courant et ses dérivées, cette dérivée est nulle au point de puissance maximale

$$P = VI \rightarrow \frac{dP}{dV} = \frac{VdI}{dV} + I \rightarrow \text{Ondivise par } V \text{ alors } \frac{1}{V} * \frac{dP}{dV} = \frac{dI}{dV} + \frac{I}{V}$$

On prend la conductance $G = \frac{I}{V}$ l’incrémentale conductance $\Delta G = \frac{dI}{dV}$

La figure (III.12) illustre le signe de $\frac{dP}{dV}$ pour différentes zones de fonctionnement [1].

Les différentes conditions de l’algorithme sont représentées en figure (III.11).

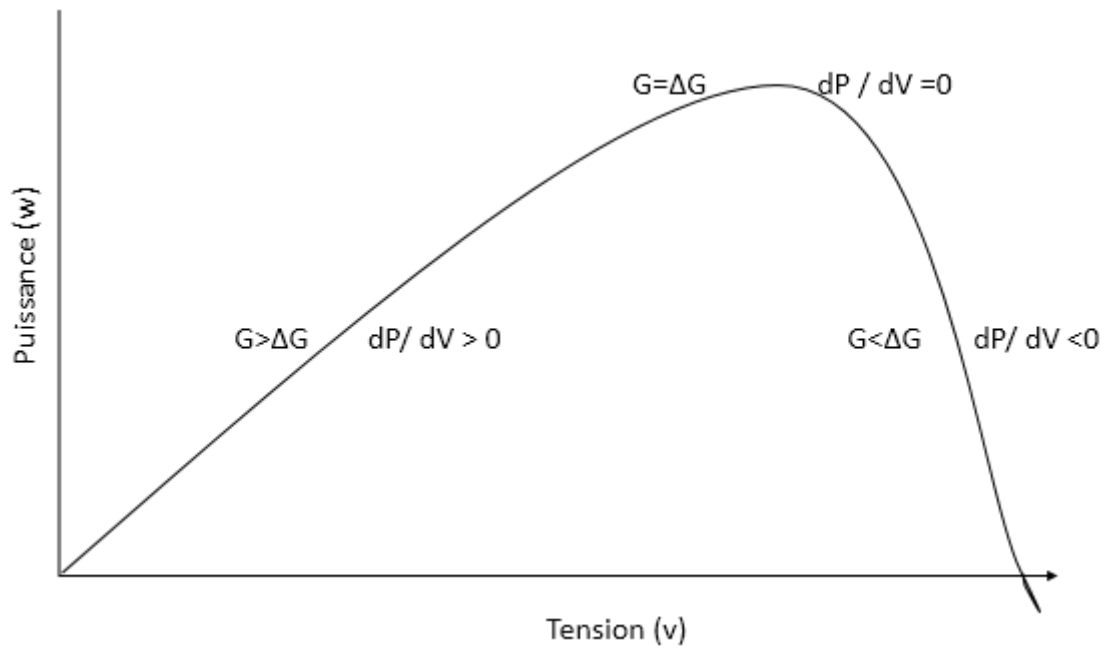


Figure (III.12) : Signe de dP/dV pour différentes zones de fonctionnement.

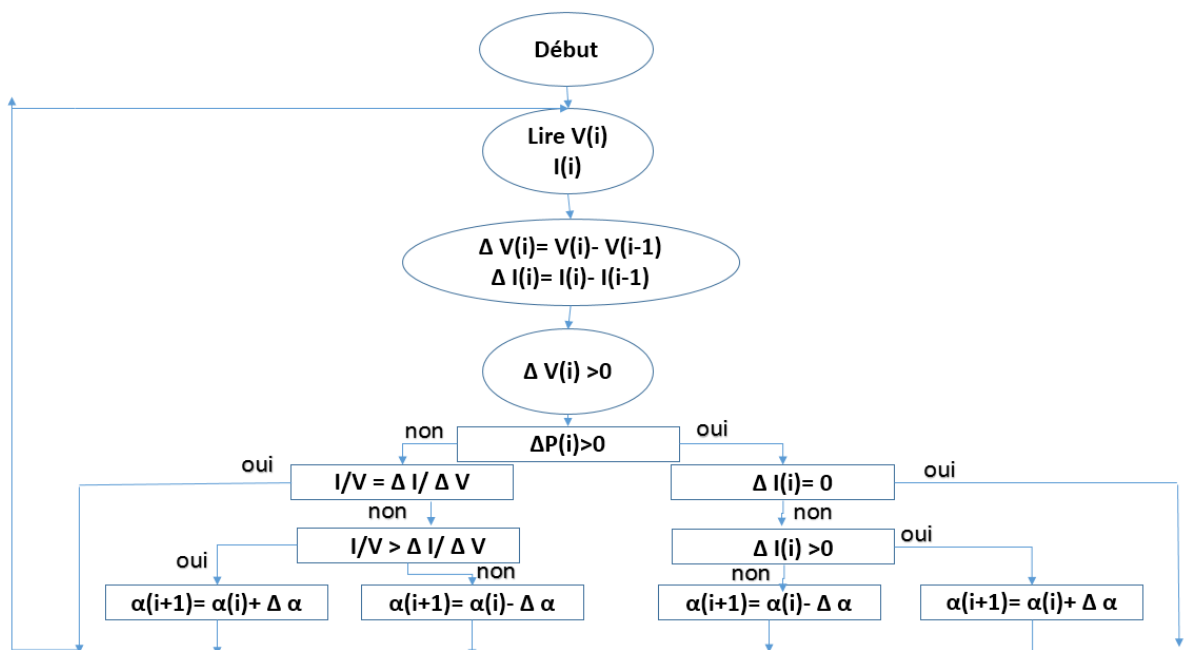


Figure (III.13) : Organigramme de l'algorithme incrémental conductance[12].

Le programme sur microC est divisé comme l'algorithme de perturbation et observation sauf qu'au 4^{ème} partie qui décrit l'organigramme de cet algorithme. Vous trouvez le code en annexe (code 2).

III.9.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présentés le dessin de la carte du convertisseur DC-DC sur le Proteus "partie ISIS"avec quelques simulations a base du PIC16887 utilisant le lien entre le MikroC et le Proteus.

En fin deux mécanisme de l'algorithme MPPT ont été présentés avec simulations proteus du premier.

La caractérisation du PV avec la validation expérimental de ce mécanisme est fait l'objet de la quatrième chapitre.



Chapitre IV

Réalisation et résultat



IV.1 Introduction

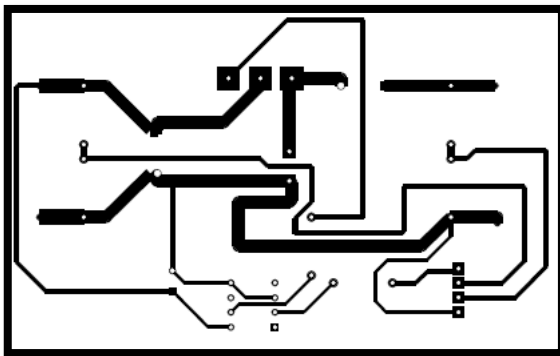
L'énergie en sortie d'un système photovoltaïque n'est pas automatiquement adaptée à la Charge. Donc, un étage d'adaptation, comprenant un ou plusieurs convertisseurs statiques, permet de transformer les grandeurs électriques continues en grandeurs adaptées à celle-ci. En générale, cet étage est contrôlé par une MPPT qui permet de faire fonctionner PV de façon à produire en permanence le maximum de sa puissance.

Dans ce chapitre on a fait une caractérisation de PV afin de déterminer le point max de puissance pendant tout la journée.

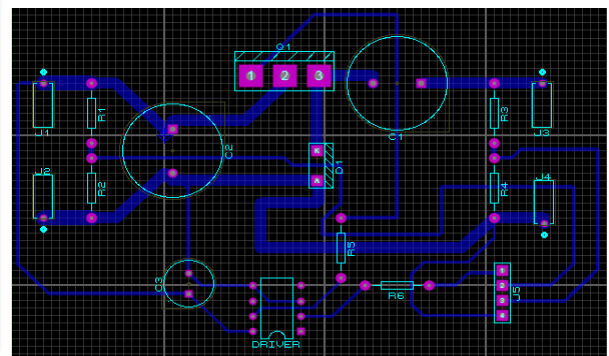
IV.2 La réalisation de la carte hacheur

Da le chapitre précédent nous avons dessiné l'hacheur sur ISIS (partie schématique de PROTEUS).avant de réaliser la carte réel il faut d'abord tracer e schéma sur la partie PCB Layot.

Sur PCB, il faut positionner les composantes pour occuper le minimum possible d'espace d'une façon à ne pas avoir des files qui se touchent entre eux ou qui passent en dessus(les lignes de puissance, on les fait avec des lignes de largeur T100 pour pouvoir transporter un courant équivalent à 5A et les lignes de commande avec T30) après ça, on imprime le schéma sur un papier transparent (circuit imprimé).



Figure(IV.1) : circuit imprimé.



Figure(IV.2) : schéma sur PCB.

On coupe un morceau d'une maquette pour faire graver le circuit en dessus, Le morceau de la maquette est constituée d'une couche de plastique (Epoxy), une autre du cuivre une autre couche de résine pré sensibilisée au rayons U.V.

On a utilisé un appareil qui lance des lumières ultraviolet durant 40s, cette lumière se décompose toute la couche du résine de la maquette sauf pour les zones cachés par les lignes noires du papier transparent, et dont lesquels l'ultraviolet ne peut passer.

Après ça, on nettoie la maquette avec NAOH pour enlever cette couche.

On met la plaquette une autre fois dans une autre solution FeCl_3 (Chlorure de fer) durant 40min pour faire décomposés la couche du cuivre, et à la fin on obtient une plaque avec un circuit en cuivre.

On perse la plaque ou on va placer les composants puis on renforce les lignes de puissance.

Ces composant seront soudé au circuit, et enfin on vérifie la continuité et l'absence des courts circuits [19].



Figure (IV.3) : Réalisation du hacheur.

IV.3. Les composants utilisés

Pour la réalisation Nous avons utilisé les composants suivants come indiqué au chapitre précédent

1. driver HCNW31

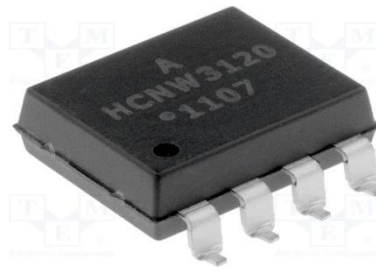


Figure (IV.4) : driver HCNW31

2. MOSFET IRF840

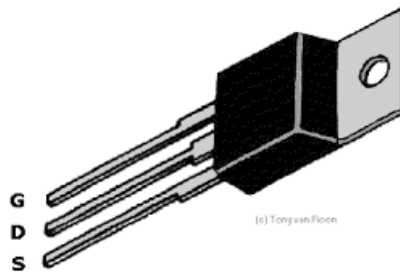


Figure (IV.5) : MOSFET.

3. La diode

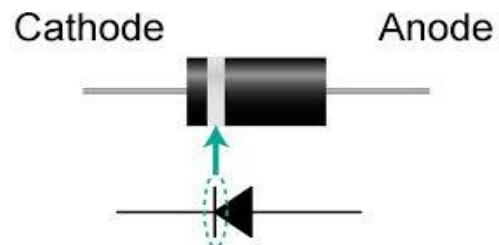


Figure (IV.6) : La diode.

4. La résistance

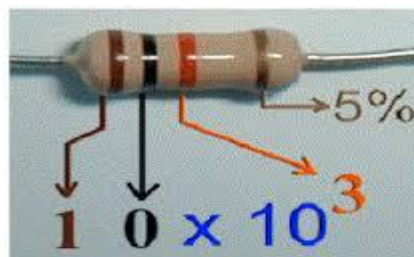


Figure (IV.7) : La résistance.

5. La capacité



Figure (IV.8) : La capacité.

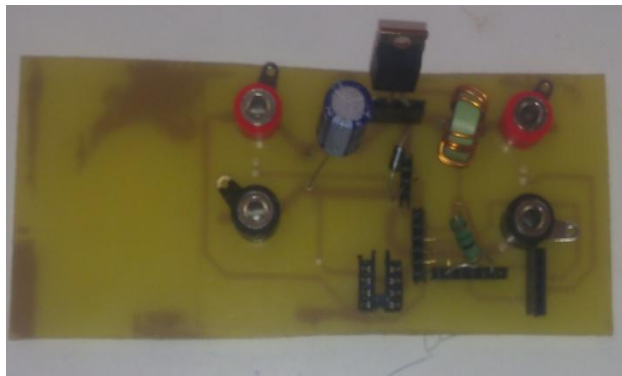


Figure (IV.9) : photos réel de l'hacheur.

IV.4 Teste de l'hacheur

Avant de passer à l'expérience de caractérisation de panneau un test de l'hacheur a été faite pour assurer le bon fonctionnement de l'hacheur.

IV.4.1 Matériels utilisé

- Un générateur de basses fréquences GBF
- Un générateur de basses tensions GBT
- Un oscilloscope
- Un hacheur

IV.4.2 Procédé du test

On attaque l'entrée de l'hacheur par une source de tension (un GBT) et la gâchette de MOSFET par un signal PWM généré par générateur de fréquence GBF.

On utilise deux sondes pour visualiser les signaux de PWM et de la sortie de l'hacheur par un oscilloscope numérique.



Figure(IV.10) : le Montage des tests.



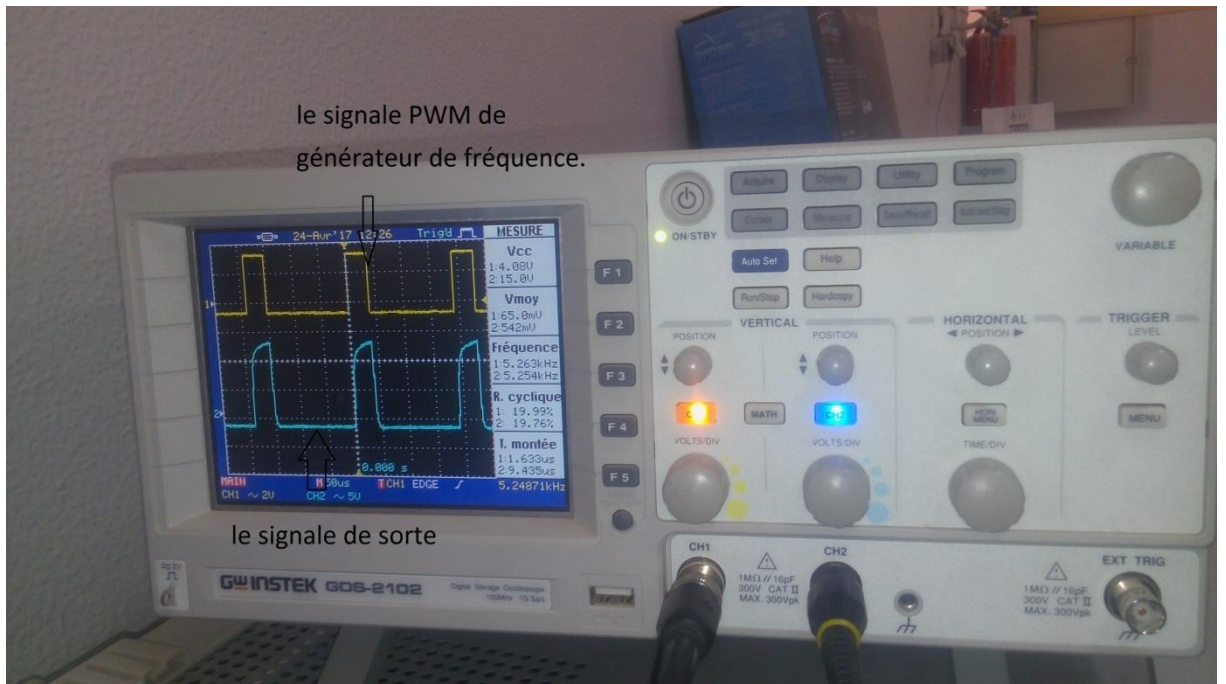
Figure(IV.11): Un générateur de fréquence.



Figure(IV.12) : Un générateur de tension.

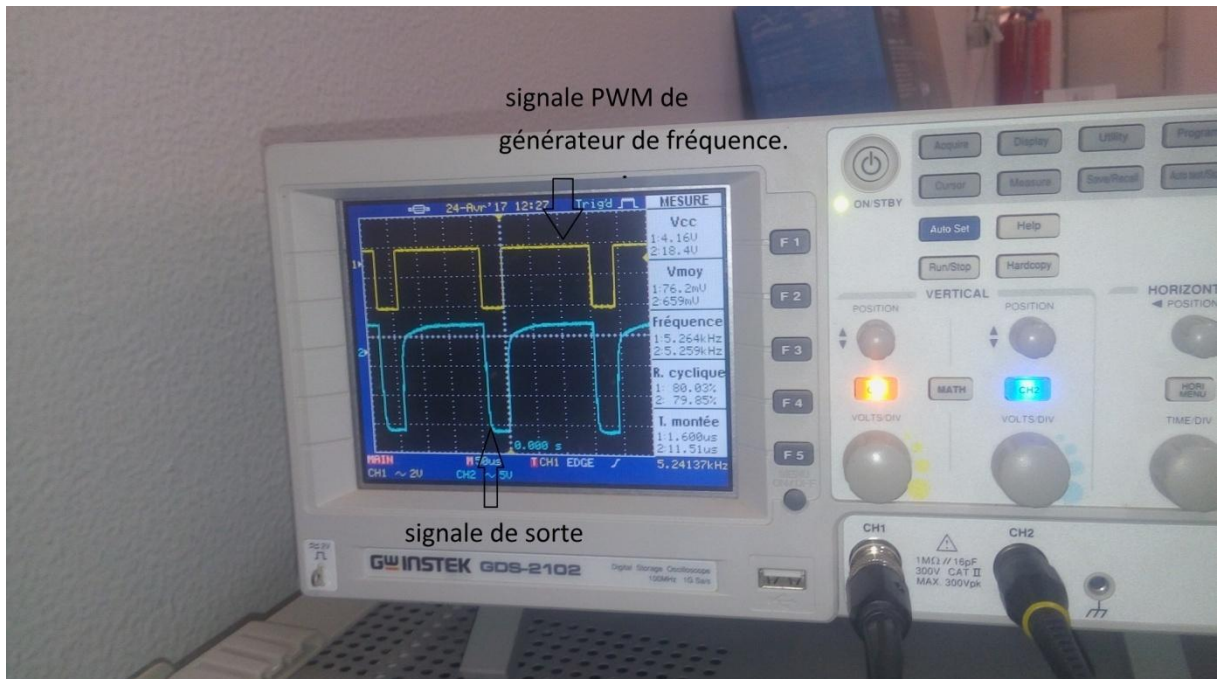
IV.4.3 Le résultat du test

Pour le rapport cyclique $\alpha= 20\%$



Figure(IV.13) : résultat avec $\alpha= 20\%$.

Pour un rapport cyclique $\alpha= 80\%$



Figure(IV.14) : résultat avec $\alpha= 80\%$.

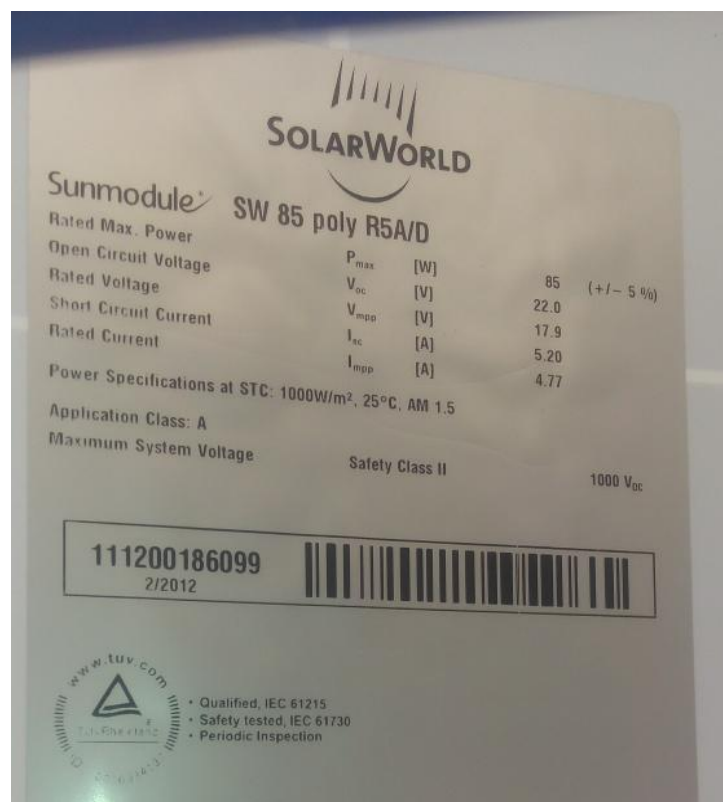
IV.5. Caractérisations du PV par le convertisseur DC-DC pour différents ensoleillement

IV. 5.1 Matériels utilisés

- Un panneau photovoltaïque (PV).
- Un hacheur dévolteur.
- Une batterie.
- Un générateur de fréquence GBF.
- Multimètre.
- Ampèremètre.

IV. 5.2 Installation du panneau

Le panneau utilisé est un panneau de 85 w avec 22 v en sortie avec les caractéristiques dans la figure suivant



Figure(IV.15) : Caractéristiques du PV.

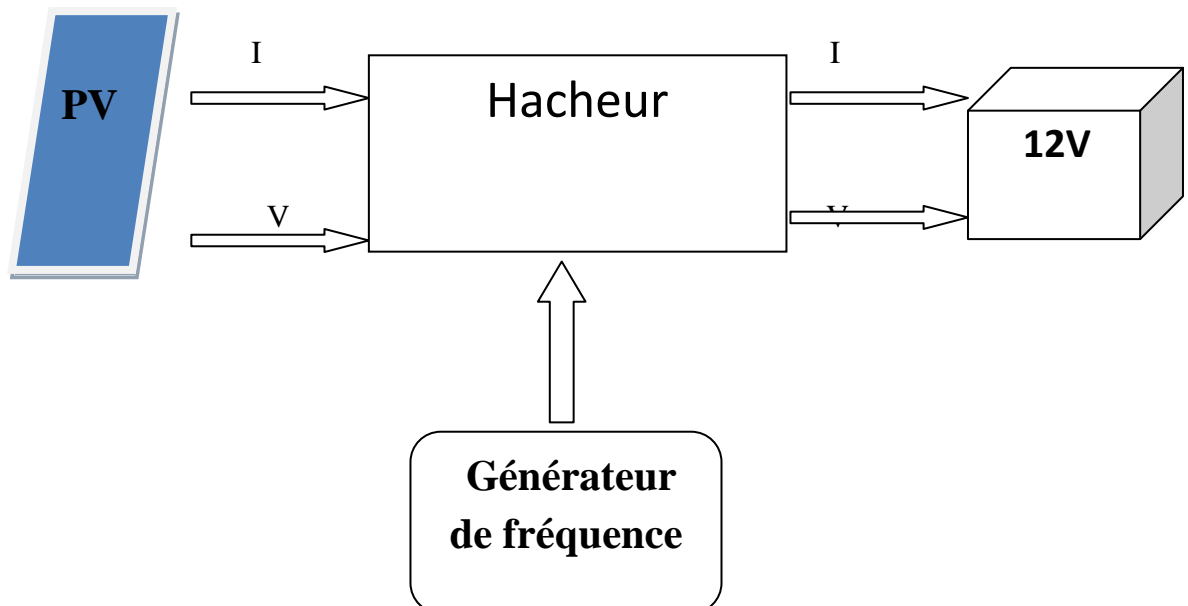
La meilleure orientation est plein sud. Cependant, un azimut à plus ou moins 30 degrés par rapport au sud est acceptable, 30 degrés vers l'est ou vers l'ouest diminue la production d'environ 10% par rapport à plein sud.

Pour notre test nous avons incliné le PV à 30 degrés vers le sud comme montrer la figure suivante.

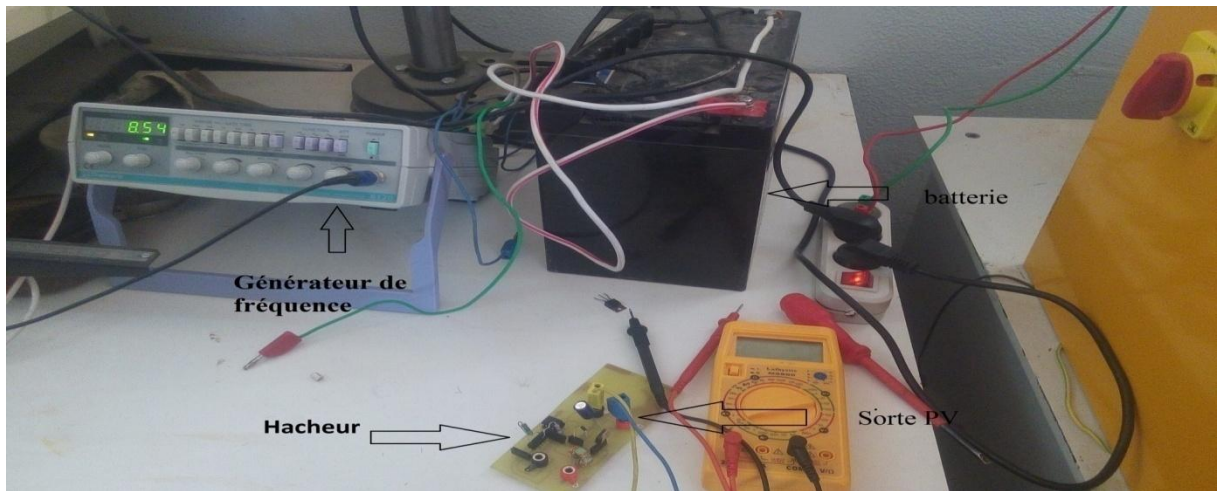


Figure(IV.16) : PV utilisé dans teste.

La synoptique du test est la suivante :



Figure(IV.17) : Composantes principales du teste.



Figure(IV.18) : Branchement matériel du teste.

IV.5. 3.relèvements de V et I du PV pour différent ensoleillement

Pour varier la tension de PV Nous attaquons la gâchette de hacheur avec un signal PWM généré par le GBF pour différents rapport cyclique α .

On mesurer la tension V et courant I du panneau .l'opération se répète chaque heur

Les résultats trouvés ont été mentionnés sur les tableaux suivant.

1- Caractéristique du PV à 9h:00

Tableau (IV.1): Caractéristique I et V du PV à 9h:00

Courent	tension	Puissance
1.6	18.5	29.6
1.8	18.4	33.12
2	18.37	36.74
2.1	18.16	38.13
2.5	17.85	44.62
2.8	17.30	48.44
3.2	16.39	52.44
3.7	14.1	52.17
3.85	12	46.2
3.95	7.4	29.23

On Remarque que la puissance max est égale a 52.44 correspondant a la tension du PV $v=16.39$ qui peut être trouve en attaquant le système par un rapport cyclique $\alpha =74\%$

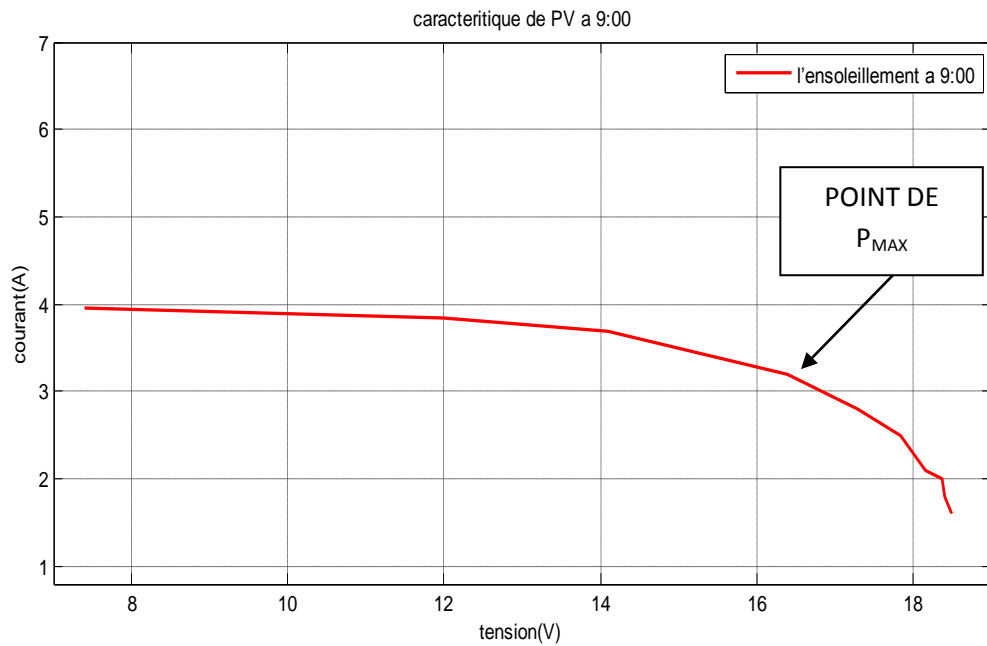


Figure (IV.19) : Caractéristique $I=f(V)$ d'un panneau solaire à 9h:00 .

2- Caractéristique du PV à 10:00 :

Tableau (IV.2) : Caractéristique I et V du PV à 10h:00 .

Courent	tension	Puissance
1.6	18.60	29.76
1.75	18.49	32.35
1.9	18.39	34.94
2.2	18.08	39.77
2.45	17.78	43.56
2.8	17.36	48.6
3.4	16.54	56.23
4.2	14.8	62.16
4.5	12.5	56.25
4.6	7.06	32.47

On Remarque que la puissance max est égale a 62.16 correspondant a la tension du PV $v=14.88$ qui peut être trouve en attaquant le système par un rapport cyclique $\alpha = 67.6\%$

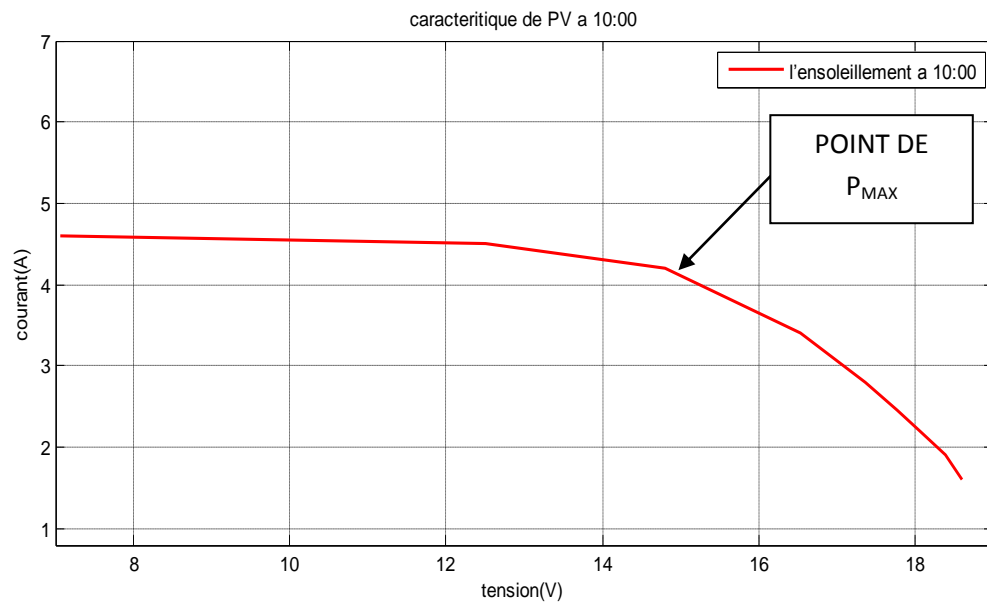


Figure (IV.20) : Caractéristique $I=f(V)$ d'un panneau solaire à 10h:00 .

3- Caractéristique du PV à 11:00 :

Tableau (IV.3) : Caractéristique I et V du PV à 11h:00 .

Courent	tension	Puissance
1.6	18.39	29.42
1.7	18.29	31.09
1.9	18.09	34.37
2.15	17.86	38.39
2.45	17.60	43.12
2.85	17.21	49.04
3.4	16.62	56.5
4.4	14.57	64.10
4.8	12.16	58.36
5.1	10.11	51.56

On Remarque que la puissance max est égale a 64.10 correspondant a la tension du PV $v=14.57$ qui peut être trouve en attaquant le système par un rapport cyclique $\alpha =66\%$

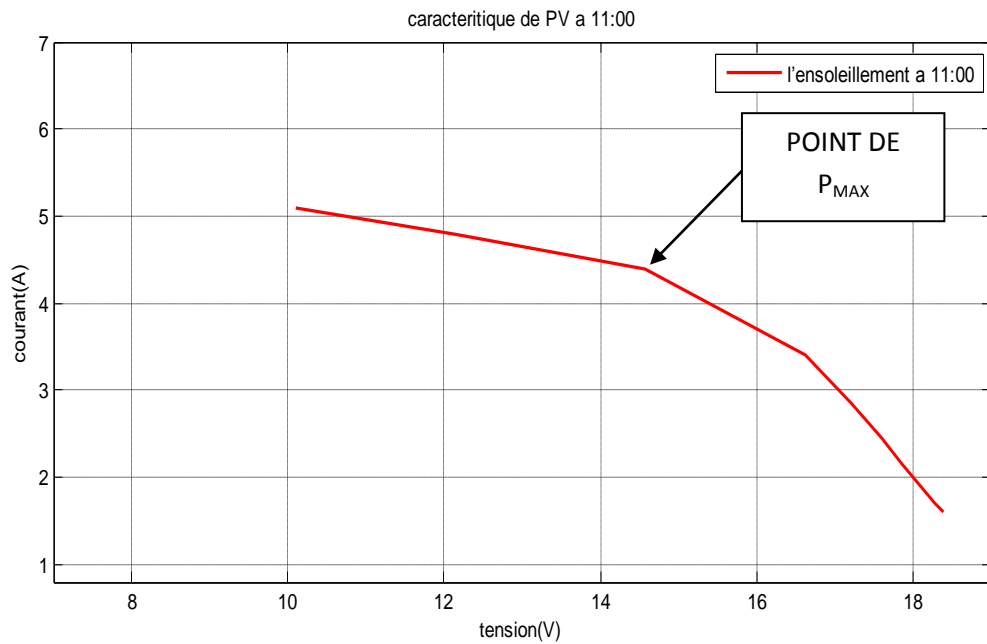


Figure (IV.21) : Caractéristique $I \sim f(V)$ d'un panneau solaire à 11h:00 .

4- Caractéristique du PV à 12:00 :

Tableau (IV.4) : Caractéristique I et V du PV à 12h:00 .

Courent	tension	Puissance
1.5	18.15	27.22
1.7	17.05	28.98
1.9	17.96	34.12
2.2	17.72	42
2.45	17.45	42.75
2.8	16.98	47.54
3.5	16.00	56
4.2	14.16	59.47
4.9	11.25	55.12
5.1	7.11	36.26

On Remarque que la puissance max est égale a 59.47 correspondant a la tension du PV $v=14.16$ qui peut être trouve en attaquant le système par un rapport cyclique $\alpha =64\%$

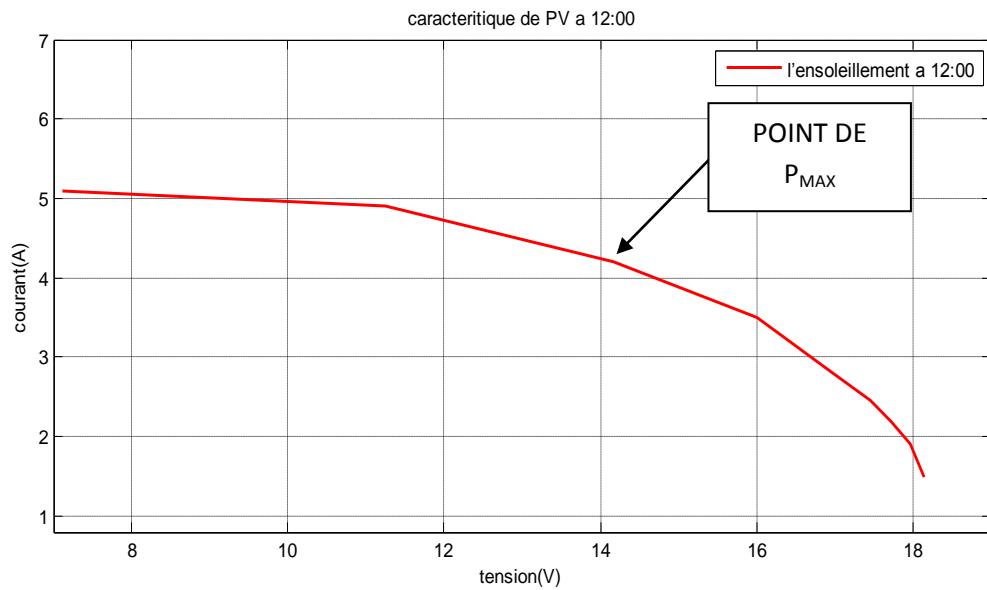


Figure (IV.22) : Caractéristique $I \sim f(V)$ d'un panneau solaire à 12h:00 .

5- Caractéristique du PV à 13 :00 :

Tableau (IV.5) : Caractéristique I et V du PV à 13h:00 .

Courent	tension	Puissance
1.4	18.4	25.72
1.5	18.3	27.45
1.6	18	28.8
1.8	17.91	32.23
2	17.8	35.6
2.8	17.2	48.16
3	16.7	50.1
4	15.2	60.8
4.2	15	63
5	7.8	39

On Remarque que la puissance max est égale a 63 correspondant a la tension du PV $v=15$ qui peut être trouve en attaquant le système par un rapport cyclique $\alpha =68\%$

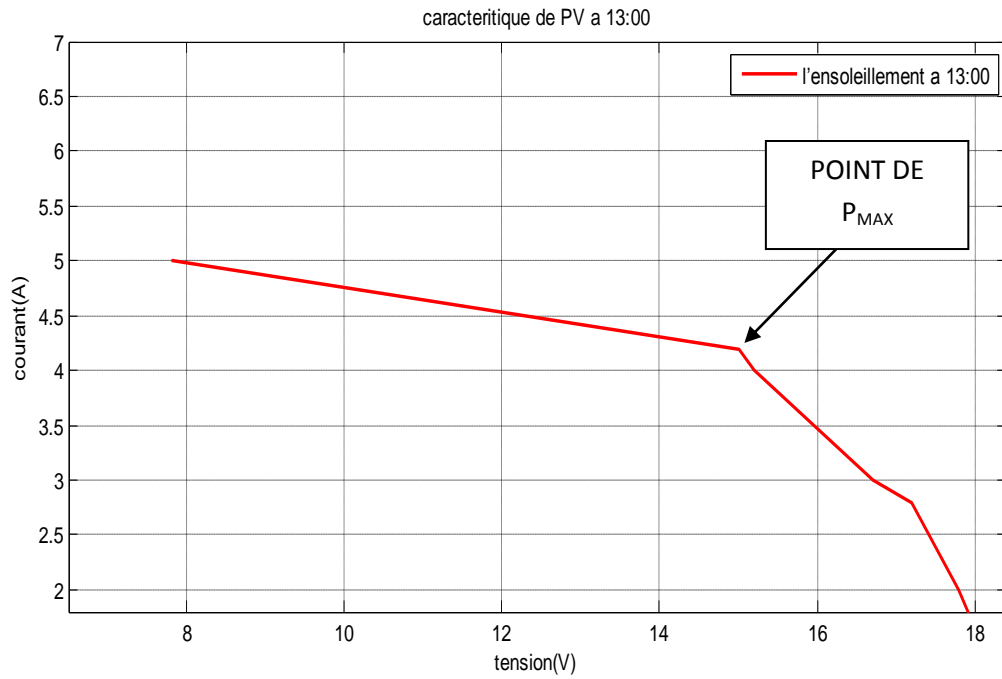


Figure (IV.23) : Caractéristique I~ f(V) d'un panneau solaire à 13h:00 .

6. Caractéristique du PV à 14 :00 :

Tableau (IV.6) : Caractéristique I et V du PV à 14h:00 .

Courent	tension	Puissance
1.5	17.91	26.85
1.6	17.70	28.32
1.9	17.50	33.25
2.1	17.47	36.68
2.4	16.96	40.70
2.7	16.43	44.36
3.3	16.30	53.79
4.1	15	61.5
4.3	14.	68.08
4.5	7.5	37.5

On Remarque que la puissance max est égale a 67.08 correspondant a la tension du PV $v=14$ qui peut être trouve en attaquant le système par un rapport cyclique $\alpha =0.63\%$

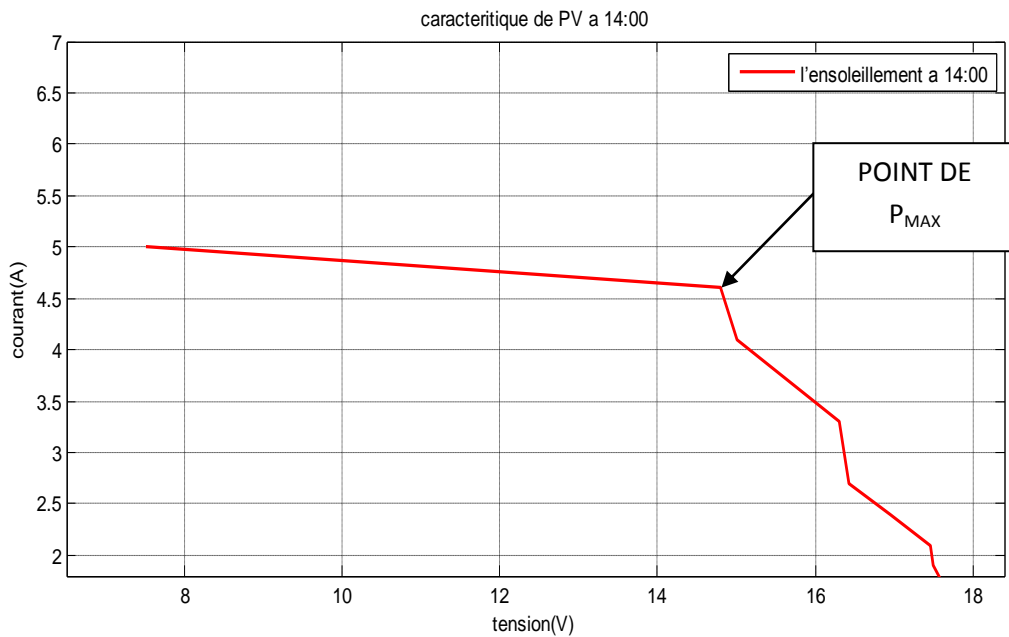


Figure (IV.24) : Caractéristique $I=f(V)$ d'un panneau solaire à 14h:00 .

7. Caractéristique du PV à 15 :00 :

Tableau (IV.7) : Caractéristique I et V du PV à 15h:00

Courent	tension	Puissance
1.5	17.87	26.8
1.65	17.65	29.12
1.85	17.56	32.48
2.05	17.25	35.42
2.3	16.88	38.82
2.6	16.25	42.25
2.7	13.40	36.18
2.5	10	25
2.6	7.33	19.05
3	6.93	20.75

On Remarque que la puissance max est égale a 42.25 correspondant a la tension du PV $v=16.25$ qui peut être trouve en attaquant le système par un rapport cyclique $\alpha =73\%$

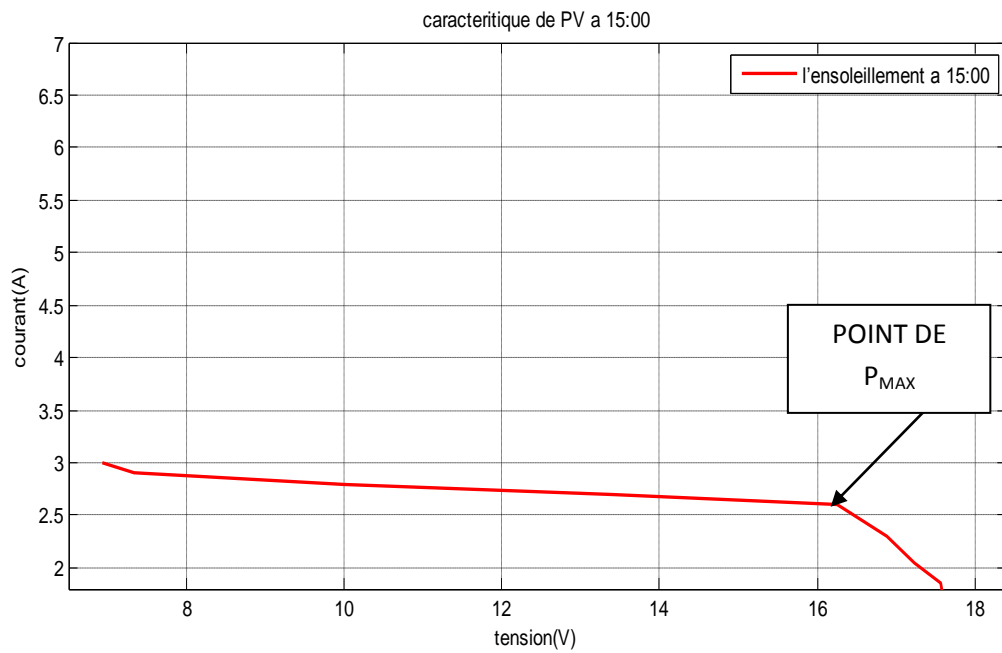


Figure (IV.25) : Caractéristique $I=f(V)$ d'un panneau solaire à 15 h:00 .

8. Caractéristique du PV à 16 :00 :

Tableau (IV.8) : Caractéristique I et V du PV à 16h:00

Courent	tension	Puissance
0.8	10.5	8
0.9	9.47	8.55
0.95	8.67	8.2
1	8.55	8.55
1.1	8.4	9.24
1.3	8.28	10.76
1.45	8	11.6
1.8	7.67	13.806
2.05	6.85	13.8
2.1	4.74	9.87

On Remarque que la puissance max est égale a 13.8 correspondant a la tension du PV $v=7.67$ qui peut être trouve en attaquant le système par un rapport cyclique $\alpha = 34\%$

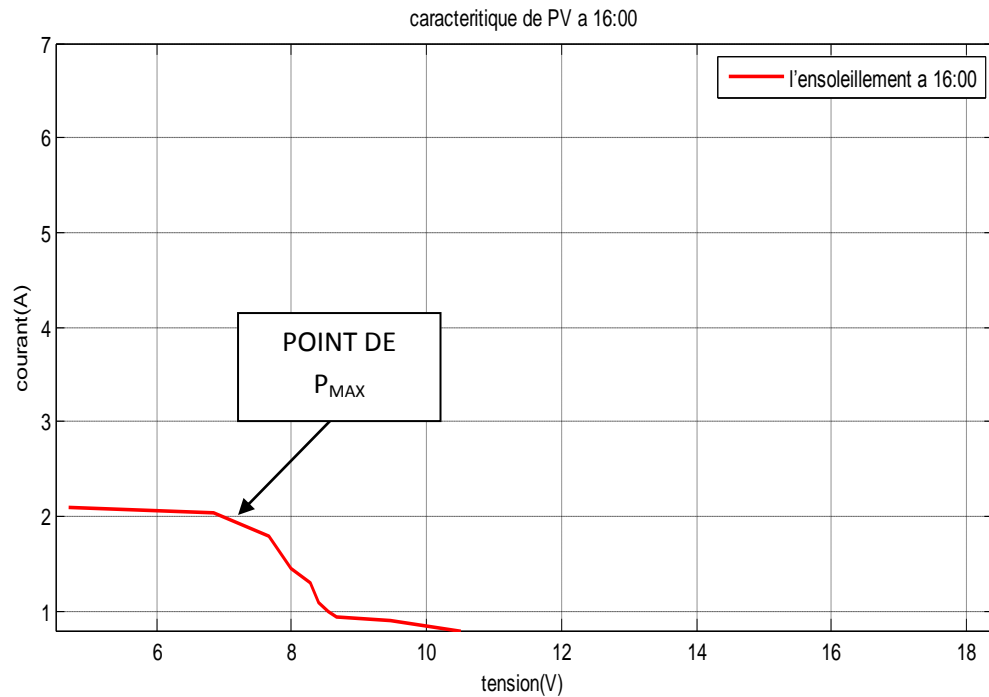


Figure (IV.26) : Caractéristique $I=f(V)$ d'un panneau solaire à 16h:00 .

9. Caractéristique du PV à 9 :00 jusque 16 : 00

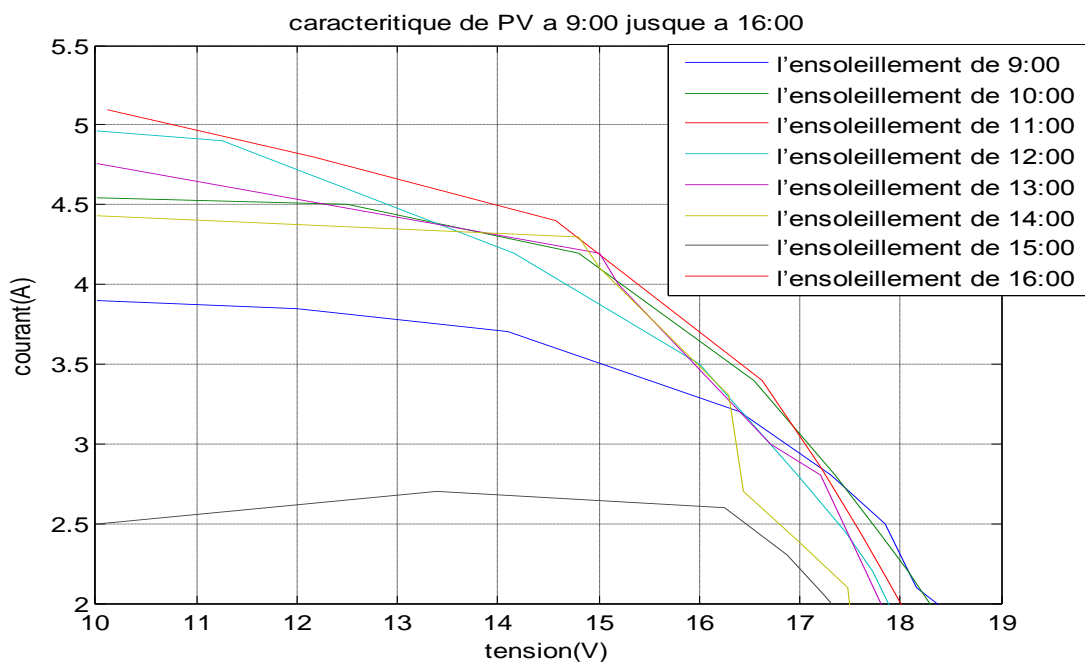


Figure (IV.26) : Caractéristique $I=f(V)$ d'un panneau solaire à 9 :00 jusque 16 :00

La courbe ci-dessus montre que la Caractéristique courant tension d'un panneau photovoltaïque se diffère pour chaque ensoleillement ce qui donne des puissances max différents.

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre une étude des caractéristiques tensions courant d'un panneau photovoltaïque a été fait e a l'aide d'un convertisseur DC-DC pour différents ensoleillement.

Les résultats obtenus nous ont donné une idée générale sur la variation des points max de la puissance avec la tension du panneau c.à.d. et le rapport cyclique correspondant pour les différents ensoleillements, ce qui nous a permet de suivre ce rapport pour aboutir un meilleur rendement de puissance.



***CONCLUSION
GÉNÉRALE***



CONCLUSION GENERALE

L'énergie photovoltaïque devient progressivement une source d'énergie à part entière ; de plus en plus sollicitée pour produire de l'énergie électrique allant du domestique à de grandes centrales connectées au réseau. Cependant, il reste encore pas mal de freins à son développement en termes de manques de production, de taux de pannes ou bien même de couts prohibitifs rendant cette source d'énergie chère et peu fiable.

La modélisation et la conception d'un module ou générateur PV est une manière d'étude très importante pour analyser le fonctionnement du système PV et voir l'influence de différents facteurs sur le module surtout la variation de l'éclairement et de la température. La contribution de ce projet étant de réaliser un convertisseur DC/DC qui permet d'extraire le maximum de puissance à partir du générateur photovoltaïque.

Le principe est de varier la tension d'entrée du Convertisseur (Coté générateur) jusqu'à l'obtention de la valeur optimale de la tension en jouant sur le rapport cyclique α .

Une étude sur le convertisseur abaisseur (Buck) et les algorithmes MPPT a été établie. Un dimensionnement du convertisseur DC-DC a été établi avant de passer à l'étape de réalisation du Hacheur, en fin, l'implémentation de deux Algorithmes MPPT sur un Microcontrôleur Pic c'est la perspective de ce travail.

Références bibliographiques

- [1] SOBAlHI Khaled, 'Etude et réalisation d'un hacheur de Tracking du Point de Puissance Maximale (MPPT) a contre réaction de tension', mémoire magister, 2003.
- [2]. Bendjamâa Ibrahim. <<Modélisation et commande d'un système De stockage photovoltaïque>>mémoire de magister. UNIVERSITE ABOU-BAKR BELKAID – TLEMCEN-
- [3]. K .TAHRI, B. BENYOUCEF <<Etude de Modélisation d'un Générateur Photovoltaïque>> Séminaire International sur la Physique Energétique Université Abou Bakr BELKAÏD- B.P. : 119 TLEMCEN 13000
- [4]. AOUI Saliha<< Modélisation et commande d'un système de pompage photovoltaïque>> Magister UNIVERSITE FERHAT ABBAS — SETIF-1 UFAS (ALGERIE)
- [5]. CHEBANA Abdelkrim<<control d'un système photovoltaïque connecte au réseau>>MASTER Université Mohamed Khider Biskra.
- [6]. Mr. BELKACEM Mourad<<Etude et optimisation du transfert d'énergie électrique en conversion photovoltaïque par la recherche du point de puissance maximale (MPPT)>> Mémoire de master UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID DE TLEMCEN.
- [7]. BOUZERIA HAMZA<<MODELISATION ET COMMANDE D ' UNE CHAINE DECONVERSION PHOTOVOLTAÏQUE>>DOCTORAT. Université Hadj Lakhdar Batna
- [8]. Mr. BELKACEM Mourad<<Etude et optimisation du transfert d'énergie électrique en conversion photovoltaïque par la recherche du point de puissance maximale (MPPT). Mémoire de master. UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID DE TLEMCEN
- [9]. Mlle Ayache Khedidja<<Modélisation et Simulation d'un Générateur Photovoltaïque Couplé à un Réseau Électrique>>Mémoire de Magister. Université Mohamed Chérif Messaâdia de Souk-Ahras
- [10]TOURCHINE, *Programmation en mikroC. Application pour les microcontrôleurs de la famille PIC* Manuscrit .BOUMERDES – 2012
- [11].Abdelmajid OUMNADhttps LES MICROCONTROLEURS Par la pratique Etude détaillée du PIC® 16F887 ://ar.scribd.com/doc/187761375/Polycop-PIC16F887-2011-2012
- [12] Monsieur DALI .Ali Monsieur Alain. Rakotomamonjy Etude et réalisation d'un hacheur pour letracking du point de puissance maximale (MPPT).2016

Annexe

Code 1 :

```
//////partie 1//////
#define delta 2
#define Bp 120
#define Bm 2
// Connections de LCD
sbit LCD_RS at RB5_bit;
sbit LCD_EN at RB4_bit;
sbit LCD_D4 at RB3_bit;
sbit LCD_D5 at RB2_bit;
sbit LCD_D6 at RB1_bit;
sbit LCD_D7 at RB0_bit;
sbit LCD_RS_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB3_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB0_bit;
// Fin de connections
char *text;
unsignedint choix;
char *t="a=";
unsignedintadc_rdU;
unsignedintadc_rdI;
double tlongU;
double tlongI;
double P0;
double P1;
short current_duty1;
float a;
shortcurrent_duty=15;

void main() {
ANSEL = 0x03; /* Broche RA0; RA1 est
configurée comme une
entrée analogique */
//TRISA = 0x03;
ANSELH = 0; /* Reste de broches sont
configurées
comme numériques */
Lcd_Init(); // Initialisation d'affichetur
LCD
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); //
Commande LCD (curseur OFF)

Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Commande
LCD (effacer l'écran LCD)
text = "fait votre choix "; // Définir le
premier message
Lcd_Out(1,1,text); /* Ecrire le premier
message dans lapremière ligne */
Delay_ms(1000);
TRISA = 0xFF; /* Toutes les broches du
PORTA sont
configurées en entrées */
PORTD = 255;
TRISD = 255; // configure
PORTA pins as input
PORTC = 0xff; // set
PORTC to 0
TRISC = 0xff; // designate
PORTC pins as output

PWM1_Init(5000); // Initialize
PWM1 module at 5KHz
current_duty = 15; // initial
value for current_duty
current_duty1=15+delta;
PWM1_Start(); // start
PWM1
PWM1_Set_Duty(current_duty); //
Set current duty for PWM1
portd=0xff;
trisd=0xff;
choix=0;
while(choix==0) {
if (Rd0_bit) choix=1;
if (Rd1_bit) choix=2;
if (Rd2_bit) choix=3;
}

//////partie 2//////
if (choix==1){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out (1,3,"choix 1");
Delay_ms(3000);
while(1){
if (Rd0_bit) { // button on RA0
pressed
Delay_ms(40);
```

```

if( (current_duty)>=Bm )
current_duty--;          //
dincrementcurrent_duty
PWM1_Set_Duty(current_duty);
    }
if (Rd1_bit) {          // button on RA1
pressed
Delay_ms(40);
if((current_duty)<=Bp )
current_duty++;        // decrement
current_duty
PWM1_Set_Duty(current_duty);
    }
ShortToStr(current_duty,text);
Lcd_Out (2,3,text);
    }
}
/// ///partie 3//////////
if (choix==2){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out (1,3,"choix 2");
Delay_ms(1000);
while(1){
adc_rdU = ADC_Read(0); // Conversion
A / D. Pin RA2 est une entrée. //source de
tension qui entre au micro alors il faut
chercher la tension reel
adc_rdI = ADC_Read(1); // source de
courant sur isis en a fait une source de
te,sion alors il faut faire un capteur de
courant
tlongU = (long)adc_rdU * 5000; //
Convertir le résultat en millivolts
tlongU = tlongU / 1023; // 0 ..
1023 -> 0-5000mV
tlongU = tlongU / 1000; /*
Extrait volts (en milliers de millivolts) à
partir du résultat */
tlongU=61*tlongU/11; // diviseur de
tension avec R1 R2
tlongI = (long)adc_rdI * 5000; //
Convertir le résultat en millivolts
tlongI = tlongI / 1023; // 0 ..
1023 -> 0-5000mV
tlongI = tlongI / 1000;
tlongI=(100*tlongI-250)/5; //capter de
courant
FloatToStr(tlongU,text);
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out (1,3,"U=");

```

```

Lcd_Out (1,3,text);
FloatToStr(tlongI,text);
Lcd_Out (2,3,"I=");
Lcd_Out (2,1,text);
Delay_ms(1000);
    }
}
/// ///partie 4//////////
if (choix==3){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out (1,3,"choix 3");
Delay_ms(1000);
// old value
//////////
//////////
// en mesure la tension et le courant pour
la 1ere fois
adc_rdU = ADC_Read(0); // Conversion
A / D. Pin RA2 est une entrée. //source de
tension qui entre au micro alors il faut
chercher la tension reel
adc_rdI = ADC_Read(1); // source de
courant sur isis en a fait une source de
te,sion alors il faut faire un capteur de
courant
tlongU = (long)adc_rdU * 5000; //
Convertir le résultat en millivolts
tlongU = tlongU / 1023; // 0 ..
1023 -> 0-5000mV
tlongU = tlongU / 1000; /*
Extrait volts (en milliers de millivolts) à
partir du résultat */
tlongU=61*tlongU/11; // diviseur de
tension avec R1 R2
//Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
tlongI = (long)adc_rdI * 5000; //
Convertir le résultat en millivolts
tlongI = tlongI / 1023; // 0 ..
1023 -> 0-5000mV
tlongI = tlongI / 1000;
tlongI=(100*tlongI-250)/5; //capteur de
courant
tlongU=tlongU*tlongI;
P0= tlongU;
FloatToStr(P0,text);
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out (1,3,"P=");
Lcd_Out (1,3,text);
Lcd_Chr_CP('W');

```

```

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
while (1)
{
// mesure la tension et le courant pour la
2eme fois
adc_rdU = ADC_Read(0);
adc_rdI = ADC_Read(1);
tlongU = (long)adc_rdU * 5000;
tlongU = tlongU / 1023;
tlongU = tlongU / 1000;
tlongU=61*tlongU/11;
tlongI = (long)adc_rdI * 5000;
tlongI = tlongI / 1023;
tlongI = tlongI / 1000;
tlongI=(100*tlongI-250)/5;
tlongU=tlongU*tlongI;
    P1= tlongU;
FloatToStr(P1,text);
Lcd_Out (1,3,text);
Lcd_Out(1,11,'W');
if( (current_duty+delta)<=Bp&&
(current_duty+delta)>=Bm )
    { //ALPHA REEL
        a=(4*current_duty1-4);

Lcd_Out(2,1,t);
floatToStr(a,text);
Lcd_Out(2,3,text);
if(P1>P0){
if(current_duty<current_duty1)

current_duty1=current_duty1+delta;
else
current_duty1=current_duty1-delta;
        }
else {if (P1<P0) {
if(current_duty>current_duty1)
            current_duty1=current_duty1-
delta;
else
current_duty1=current_duty1+delta;
        }
        }
    }
    p0=p1;
if( (current_duty1)<=Bm&&
(current_duty1)>= Bp)
current_duty=current_duty1;
else

```

```

        current_duty1=current_duty;
Delay_ms(1000);
    }
}

*****

Le code 2
/////partie 1/////
#define delta 2
#define Bp 120
#define Bm 2
// Connections de LCD
sbit LCD_RS at RB5_bit;
sbit LCD_EN at RB4_bit;
sbit LCD_D4 at RB3_bit;
sbit LCD_D5 at RB2_bit;
sbit LCD_D6 at RB1_bit;
sbit LCD_D7 at RB0_bit;
sbitLCD_RS_Direction at TRISB5_bit;
sbitLCD_EN_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB3_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB0_bit;
// Fin de connections
    char *text;
unsignedint choix;
    char *t="a=";
unsignedintadc_rdU;
unsignedintadc_rdI;
double tlongU,tlongU1;
    double tlongI,tlongI1;
double P0;
double P1;
short current_duty1;
float a;
shortcurrent_duty=15;

void main() {
ANSEL = 0x03; /* Broche RA0; RA1 est
configurée comme une
entrée analogique */
//TRISA = 0x03;
ANSELH = 0; /* Reste de broches sont
configurées
comme numériques */
Lcd_Init(); // Initialisation d'affichesur
LCD

```

```

Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); //
Commande LCD (curseur OFF)
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Commande
LCD (effacer l'écran LCD)
text = "fait votre choix "; // Définir le
premier message
Lcd_Out(1,1,text); /* Ecrire le premier
message dans lapremière ligne */
Delay_ms(1000);
  TRISA = 0xFF; /* Toutes les broches du
PORTA sont
configurées en entrées */
  PORTD = 255;
  TRISD = 255;          // configure
PORTA pins as input
  PORTC = 0xFF;        // set
  PORTC to 0
  TRISC = 0xFF;        // designate
PORTC pins as output
  PWM1_Init(5000);     // Initialize
PWM1 module at 5KHz
current_duty = 15;     // initial
value for current_duty
current_duty1=15+delta;
  PWM1_Start();        // start
PWM1
  PWM1_Set_Duty(current_duty); //
Set current duty for PWM1
portd=0xFF;
trisd=0xFF;
choix=0;
while(choix==0) {
if (Rd0_bit) choix=1;
if (Rd1_bit) choix=2;
if (Rd2_bit) choix=3;
}
//////////partie 2//////////
if (choix==1){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out (1,3,"choix 1");
Delay_ms(3000);
while(1){
if (Rd0_bit) {          // bouton on RA0
pressed
Delay_ms(40);
if( (current_duty)>=Bm )
current_duty--;        //
dincrementcurrent_duty
PWM1_Set_Duty(current_duty);
}

```

```

if (Rd1_bit) {          // bouton on RA1
pressed
Delay_ms(40);
if((current_duty)<=Bp )
current_duty++;        // decrement
current_duty

        PWM1_Set_Duty(current_duty);
        }
ShortToStr(current_duty,text);
Lcd_Out (2,3,text);
        }
        }
        /// ///partie 3//////////
if (choix==2){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out (1,3,"choix 2");
Delay_ms(1000);
while(1){
adc_rdU = ADC_Read(0); // Conversion
A / D. Pin RA2 est une entrée. //source de
tension qui entre au micro alors il faut
chercher la tension reel
adc_rdI = ADC_Read(1); // source de
courant sur isis en a fait une source de
te,sion alors il faut faire un capteur de
courant
tlongU = (long)adc_rdU * 5000; //
Convertir le résultat en millivolts
tlongU = tlongU / 1023;          // 0 ..
1023 -> 0-5000mV
tlongU = tlongU / 1000;          /*
Extrait volts (en milliers de millivolts) à
partir du résultat */
tlongU=61*tlongU/11; // diviseur de
tension avec R1 R2
tlongI = (long)adc_rdI * 5000; //
Convertir le résultat en millivolts
tlongI = tlongI / 1023;          // 0 ..
1023 -> 0-5000mV
tlongI = tlongI / 1000;
tlongI=(100*tlongI-250)/5; //capter de
courant
FloatToStr(tlongU,text);
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out (1,1,"U=");
Lcd_Out (1,3,text);
FloatToStr(tlongI,text);
Lcd_Out (2,1,"I=");
Lcd_Out (2,3,text);

```

```

Delay_ms(1000);
    }
}
    /// ////partie 4//////////
if (choix==3){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out (1,3,"choix 3");
Delay_ms(1000);
// old value
    // en mesure la tension et le courant pour
    la 1ere fois
adc_rdU = ADC_Read(0); // Conversion
A / D. Pin RA2 est une entrée. //source de
tension qui entre au micro alors il faut
chercher la tension reel
adc_rdI = ADC_Read(1); // source de
courant sur isis en a fait une source de
te,sion alors il faut faire un capteur de
courant
tlongU = (long)adc_rdU * 5000; //
Convertir le résultat en millivolts
tlongU = tlongU / 1023; // 0 ..
1023 -> 0-5000mV
tlongU = tlongU / 1000; /*
Extrait volts (en milliers de millivolts) à
partir du résultat */
tlongU=61*tlongU/11; // diviseur de
tension avec R1 R2

tlongI = (long)adc_rdI * 5000; //
Convertir le résultat en millivolts
tlongI = tlongI / 1023; // 0 ..
1023 -> 0-5000mV
tlongI = tlongI / 1000;
tlongI=(100*tlongI-250)/5; //capteur de
courant
P0=tlongU*tlongI;

while (1){
    // mesure la tension et le courant
    pour la 2eme fois
adc_rdU = ADC_Read(0);
adc_rdI = ADC_Read(1);
tlongU1 = (long)adc_rdU * 5000;
tlongU1 = tlongU1 / 1023;
tlongU1 = tlongU1 / 1000;
tlongU1=61*tlongU1/11;
tlongI1 = (long)adc_rdI * 5000;
tlongI1 = tlongI1 / 1023;
tlongI1 = tlongI1 / 1000;

```

```

tlongI1=(100*tlongI1-250)/5;
P1=tlongU1*tlongI1;
FloatToStr(P1,text);
Lcd_Out (1,1,"P=");
Lcd_Out (1,3,text);
Lcd_Chr_CP('W');
/*****calcul de
a*****/
a=(4*current_duty1-4)/10;
Lcd_Out(2,1,t);
floatToStr(a,text);
Lcd_Out(2,3,text);
current_duty=current_duty1;
/////les condition/////
if(tlongU1==tlongU){
if(tlongI1!=tlongI){
if(tlongI1>tlongI)
current_duty1=current_duty1-delta; //
+delta
else current_duty1=current_duty1+delta;
//-delta
        }
    }
else {
if ((tlongI1/tlongU1)!=-((tlongI1-
tlongI)/(tlongU1-tlongU))) {
if((tlongI1/tlongU1) > -((tlongI1-
tlongI)/(tlongU1-tlongU)))
current_duty1=current_duty1-delta; //
+delta
else current_duty1=current_duty1+delta;
//-delta
        }
    }
if( (current_duty1<=Bp) &&
(current_duty1>= Bm))
PWM1_Set_Duty(current_duty1);
else {
    PWM1_Set_Duty(current_duty);
    current_duty1=current_duty;
    }
Delay_ms(1000);
}
}
}
}

```

