

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electrotechnique  
Option: **Energies Renouvelables**

Réf: .....

**Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme :**

**MASTER**

**ETUDE D'UN SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE AVEC BATTERIE  
ET REALISATION D'UN HACHEUR BOOST**

**Présenté par :  
Zellouma Larbi  
Soutenu le : 30 Mai 2016**

**Devant le jury composé de :**

**Mme Abdeddaim Sabrina  
Mme Terki Amel  
Mr Mohamedi Messaoud**

**MCB  
MCA  
MAA**

**Président  
Encadreur  
Examineur**

**Année universitaire : 2015 / 2016**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electrotechnique  
Option : **Energies Renouvelables**

Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme :

**MASTER**

*Thème*

**ETUDE D'UN SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE AVEC BATTERIE  
ET REALISATION D'UN HACHEUR BOOST**

**Présenté par :**

*Zellouma larbi*

**Avis favorable de l'encadreur :**

Dr: Terki Amel

*Signature*

**Avis favorable du Président du Jury**

Dr: Abdeddaim Sabrina

*Signature*

**Cachet et signature**



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electrotechnique  
Option : **Energies Renouvelables**

## *Thème :*

### **ETUDE D'UN SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE AVEC BATTERIE ET REALISATION D'UN HACHEUR BOOST**

Proposé par **Dr. Terki Amel**

Dirigé par : **Dr. Terki**

#### ملخص

في هذه العمل لدينا كهدف : دراسة نظام تخزين فوطو ضوئي ببطارية الشمسية من خلال التطرق الى خصائصها ومميزاتها, ومحاكات لمختلف مكونات نظام الطاقة الشمسية المتكون من اللوح الضوئي ومحول الطاقة من تيار مستمر / الى تيار مستمر متغير , بالإضافة الى بطارية كحمولة لهذا النظام , والقيام بالعمل تجريبيا لرؤية الهدف الحقيقي للنظام الشمسي . وفي المرحلة الاخيرة تم انجاز عملي لمحول تيار مستمر / تيار مستمر (رافع).

كلمات مفتاحية: لوح الضوئي , بطارية , تخزين , محول رافع .

#### Résumé

On a commencé ce travail par l'étude du système de stockage PV basé sur la théorie de la batterie solaire puis les simulations des divers parties de ce système qui est constitué du panneau PV, du convertisseur DC / DC variable (hacheur) et la batterie comme charge. Des essais expérimentaux sont réalisés dans but de voir le comportement réel du système solaire PV. La dernière étape était la réalisation d'un convertisseur DC/DC pratique qui est un Hacheur boost (élevateur).

Mots-clés : panneau PV, batterie, stockage, Hacheur boost.

# Dédicace

---

## *Dédicace*

*A mes chers parents*

*A mon cher frère, à mes sœurs,*

*Et à tous mes amis.*



## *REMRECIEMENT*

*En premier lieu, nous tenons à remercier «**DIEU**» qui nous a aidé pour que ce modeste travail soit achevé et pour que nous avons réussi.*

*Nous adressons nos plus vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de de loin l'élaboration de ce modeste mémoire.*

*Nous tenons à remercier notre encadreur Dr. **Turki AMEL***

*Nous grands remerciant à Dr. **Zellouma Laid** aussi tous les enseignants qui ont contribué à notre formation à l'institut d'électrotechnique.*

*Nous remercions vivement nos familles **Zellouma** pour leur aide matérielle et morale durant toute la période de préparation.*

*LARBI*



### Liste des tableaux

	Page
Tableau .2.1 identification du paramètre	18
Tableau.2.2 caractéristique du système PV	30

## Liste de figure

Titre	Page
Fig.1.1 Modèle simplifié de l'accumulateur	07
Fig.1.2 État de charge cyclique d'une batterie stationnaire	09
Fig.1.3 Choix des batteries selon leurs cycles.	10
fig.1.4 État de charge et tension des batteries.	12
Fig.1.5 Association en parallèle et association en série de deux batteries 12 Vi 100 Ah.	13
Fig.1.6 Le premier régime standard de recharge des batteries.	14
Fig.1.7 Le second régime standard de recharge des batteries.	15
Fig.1.8 Régime de recharge en technique photovoltaïque.	15
Fig.2.1 Le système que nous proposons pour l'étude	17
Fig.2.2 Bloc sybsysteme Simulink représentant le GPV.	17
Fig.2.3 Modelé Simulink de panneau photovoltaïque	18
Fig.2.4 Caractéristique : $I = f(V)$ d'un générateur photovoltaïque	19
fig.2.5 Caractéristique : $P = f(V)$ d'un générateur photovoltaïque	19
Fig.2.6 convertisseur (DC-DC) élévateur de tension (type Boost)	20
Fig.2.7 Modèle Simulink du hacheur boost	20
Fig.2.8 courbe $I = f(t)$ d'un Convertisseur Boost	21
Fig.2.9 courbe : $V = f(t)$ d'un Convertisseur Boost	21
Fig.2.10 Modelé Simulink de la batterie	22
Fig.2.11. Bloc des paramètres de la batterie	23
Fig.2.12 courbe : $V = f(t)$ de la charge batterie	23
Fig.2.13 courbe : $I = f(t)$ de batterie	24
Fig.2.14 courbe : $SOC = f(t)$ de batterie	24
Fig.2.15 Modèle en Simulink du système (GPV + Hacheur boost)	25
Fig.2.16 courbe : $I = f(t)$ du système (GPV + Hacheur boost)	25
Fig.2.17 courbe : $V = f(t)$ du système (GPV + Hacheur boost)	26
Fig.2.18 courbe : $P = f(t)$ du système (GPV + Hacheur boost)	26



## Liste des figures

Fig.2.19 Modelé Simulink du système PV (GPV + convertisseur boost+ batterie)	28
Fig.2.20 courbe: rapport cyclique = f (t)	28
Fig.2.21 courbe : état de charge en fonction de temps SOC = f (t)	29
Fig.2.22 courbe : tension de charge de la batterie : V = f (t)	29
Fig.2.23 courbe : courant de sortie de convertisseur = f(t).	30
Fig.2.24 schéma synoptique du système PV	30
Fig.2.25 Régulateur de charge	32
Fig.2.26 schéma du montage	32
Fig.2.27 courbe courant de charge en fonction d'éclairement I = f (G)	33
Fig.2.28 courbe courant de panneau en fonction d'éclairement : I = f (G)	33
Fig.2.29 courbe tension de panneau en fonction d'éclairement	33
Fig.2.30 courbe tension de batterie en fonction d'éclairement	34
Fig.2.31 courbe tension de charge en fonction d'éclairement	34
fig.3.1 schéma synoptique du prototype réalisé	36
Fig. 3.2 Schéma électrique de bloc d'alimentation (15v)	37
Fig.3.3 Schéma électrique de bloc d'alimentation (05v)	37
Fig.3.4 image de régulateur de tentions	38
Fig.3.5 image de Transformateur utilisé	38
Fig. 3.6 image de Circuit d'alimentation réalisé	39
Fig. 3.7 Schéma électrique d'un optocoupleur 4n25	40
Fig. 3.8 image d'un optocoupleur	40
Fig.3.9 Schéma d'convertisseur boost	41
Fig.3.10 image de Transistor MOSFET de puissance	42
Fig.3.11 schéma cas Accumulation d'énergie	42
Fig.3.12 schéma cas Transfert d'énergie	43
Fig.3.13 image de Bloc de puissance	44
Fig.3.14 image Globale d'un convertisseur DC/DC boost	45

## Notation

- PV: panneau photovoltaïque
- SOC : tâte-of-charge
- $R_V$  : la résistance variable
- $V_C$ : Source de tension idéale,
- $V_t$ : Tension aux bornes de la batterie,
- $R_v$  : Résistance interne en série.
- Pb : batterie au plomb
- GPV : générateur photovoltaïque
- $V_{co}$  : tension de circuit ouvert
- $I_{cc}$  : courant de court-circuit
- $I_{op}$  : courant optimal
- $V_{op}$  : tension optimal
- $\alpha$  : rapport cyclique
- F : fréquence
- T : période

# Sommaire

# Sommaire

	<b>Page</b>
Introduction générale.....	02
 <b>Chapitre 01:            Système de stockage</b>  	
Introduction.....	05
1- Système de stockage .....	05
2- Caractéristique de la batterie.....	05
2.1 définition de la batterie.....	05
2.2 La résistance interne de l'accumulateur .....	05
2.3 La tension à vide .....	06
2.4 La tension nominal .....	06
2.5 La tension de fin décharge .....	06
2.6 La capacité .....	06
2.7 Le taux de décharge et recharge .....	06
2.8 Profondeur de déscharge .....	06
2.9 Influence des paramètres extérieurs .....	06
2.10 Durée de vie et nombre de jour d'autonomie. ....	07
2.11 État de charge de l'accumulateur .....	07
3. Circuit équivalent.....	07
4. Type d'accumulateurs existant.....	08
5. Le stockage dans les systèmes photovoltaïques .....	08
5.1 Capacité des batteries de stockage .....	09
5.2 Auto décharge des batteries de stockage.....	09

---

5.3 Conditions d'utilisation des batteries de stockage dans les systèmes.....	10
5.4 Effet de la température... ..	11
5.5 Rendement de charge .....	11
5.6 Stratification .....	12
5.7 Sulfatation.....	12
5.8 Densité spécifique.....	12
5.9 Tension de gazéification. ....	13
5.10 Autonomie des batteries dans les systèmes photovoltaïques .....	13
5.11 Régime standard de recharge des batteries .....	14
5.12 Régime de recharge en technique photovoltaïque .....	15
Conclusion.....	15

## *Chapitre 02: Simulation d'un système PV*

Introduction : .....	17
1. Le générateur photovoltaïque.....	17
1.1 Définition.....	17
1.2 Caractéristique d'un panneau .....	19
1.3 Simulation du générateur (GPV) à éclairement et température constante..	19
2. Simulation d'un Convertisseur Boost (Continu- Continu).....	20
3. Simulation d'une batterie au plomb.....	23
4. Simulation (GPV + convertisseur boost).....	26
5. simulation d'un GPV + hacheur boost + Batterie comme charge .....	28
6. Partie pratique .....	30
6.1 Le régulateur de charge /décharge.....	31
6.2 Choix du régulateur.....	32
6.3 Interprétation des résultats .....	34
Conclusion.....	35

---

### **Chapitre 03: Réalisation d'un convertisseur DC/DC(Boost)**

Introduction : .....	36
1. Définition d'un convertisseur DC/DC (Hacheur boost.) .....	36
2. Réalisation d'un convertisseur DC/DC .....	36
2.1.1 bloc d'alimentation 15 v.....	37
2.1.2 Bloc d'alimentation : 5 V .....	37
2.1.3 Fonctions principale des composants .....	38
2.2 Bloc de commande (optocoupleur 4n25) .....	39
2.2.1 Presentation .....	39
2.2.2 Structure optocoupleur .....	40
2.3 Bloc de puissance .....	
2.3.1 Fonction de principal composent .....	41
2.3.2 Etude en conduction continue .....	42
Conclusion.....	46
Conclusion générale.....	48
Bibliographié	
Annexe	

---

# Introduction générale

### Introduction générale

La production d'énergie est un défi de grande importance pour les années à venir. En effet, les besoins énergétiques des sociétés industrialisées ne cessent d'augmenter. Par ailleurs, les pays en voie de développement auront besoin de plus en plus d'énergie pour mener à bien leur développement. De nos jours, une grande partie de la production mondiale d'énergie est assurée à partir de sources fossiles. La consommation de ces sources donne lieu à des émissions de gaz à effet de serre et donc une augmentation de la pollution. Le danger supplémentaire est qu'une consommation excessive du stock de ressources naturelles réduit les réserves de ce type d'énergie de façon dangereuse pour les générations futures.

Poussée par un contexte favorable (volonté politique, intérêt économique...), la production décentralisée se développe dans de nombreux pays. L'observation des programmes de recherche et du développement, des opérations de démonstration actuellement en cours mettent en évidence un développement commercial dans les prochaines années de petits moyens de production inférieurs à 100 kW comme les systèmes photovoltaïques, les micro turbines à gaz associées à différents systèmes de stockage tels que les batteries d'accumulateurs, les supercondensateurs ou le stockage inertiel. Un développement significatif de ce type de production entraînerait un foisonnement important du point d'injection de puissance sur les réseaux basse tension de nature à y générer des difficultés d'exploitation.

Le soleil fournit une énergie lumineuse grandiose à la Terre. Mais le problème réside dans le fait que la forme sous laquelle nous recevons l'énergie n'est pas nécessairement celle sous laquelle cette énergie est utilisable. C'est pourquoi, nous devons utiliser des processus de conversion de l'énergie. Par exemple, les cellules solaires photovoltaïques permettent de convertir l'énergie lumineuse du soleil en énergie électrique.

Le mémoire présenté est organisé en trois chapitres.

Au premier chapitre, Nous étudions le dispositif de stockage d'énergie et la batterie de l'énergie solaire (batterie au plomb).



Le second chapitre présente la simulation du système photovoltaïque (hacheur boost, générateur photovoltaïque, batterie au plomb). Et comment gérer le dispositif de régulateur de charge avec un système d'énergie solaire.

Le troisième chapitre, c'est la réalisation du hacheur boost, dont on a donné les différentes étapes de cette réalisation.

Commençons par le cahier de charge, suivi par le circuit d'alimentation puis le circuit de commande et en fin le circuit de puissance.

Enfin le mémoire est clôturé par une conclusion générale.

# Chapitre 01

## Introduction

Notre niveau de vie et de confort nous a habitués à disposer instantanément et facilement d'énergie. Cette disponibilité a généralement été obtenue grâce à des réseaux de transport sophistiqués (électricité, gaz naturel) ou à un stockage (principalement sous forme de carburants et, à une moindre échelle, dans des batteries électrochimiques). Si les ressources énergétiques fossiles se raréfient, il est hautement probable que nous ayons davantage recours au stockage d'énergie que ce soit sous forme thermique, chimique ou électrique (stockage Stationnaire).

L'apparition de nouveaux concepts de production décentralisée d'électricité et le développement des sources renouvelables suscitent un vif intérêt pour les techniques de stockage de l'énergie. Le stockage contribue à stabiliser l'offre et la demande, à améliorer les conditions d'utilisation pour le réseau de transport et le stockage de batterie, et utilisé.

## Système de stockage

Dans une installation PV, le stockage correspond à la conservation de l'énergie produite par le générateur PV, en attente pour une utilisation ultérieure. La gestion de l'énergie solaire nécessite s'envisager des stockages suivant les conductions météorologiques et qui vont répondre à deux fonction principales :

- Fournir à l'installation de l'électricité lorsque le générateur PV n'en produit pas (la nuit ou par mauvais temps par exemple)
- Fournir à l'installation des puissances plus importantes que celles fournies par le générateur PV. [1].

## 1. Caractéristique de la batterie [1]

### 2.1 définition de la batterie

Une batterie au plomb est un ensemble d'accumulateur au plomb-acide sulfurique raccordés en série, afin d'obtenir la tension désirée, et réunis dans un même boîtier.

### 2.2 La résistance interne de l'accumulateur

La résistance peut donc être déterminée en fonction de ses composants, à savoir : la résistance de l'électrolyte, la résistance de contact entre les électrodes et les cellules, et la résistance des matériaux propre à chacune des électrodes.

### 2.3 La tension à vide

Lorsque la batterie est totalement chargée, la tension à vide équivaut environ à la tension idéale.

### 2.4 La tension nominale

La tension nominale est un paramètre important, elle représente la tension que la batterie doit recevoir en sorte qu'elle fonctionne correctement. Cette tension diffère en fonction des différents types de batteries, puisqu'elle est déterminée par le potentiel de la réaction chimique de chaque élément du couple oxydant/réducteur utilisé. Cette tension peut avoir une valeur de 6V, 12V, 24V, 48V...

### 2.5 La tension de fin décharge

Comme son nom l'indique, cette tension correspond à la valeur de la tension une fois la batterie complètement déchargée. Elle représente donc la valeur minimum que la tension doit avoir pour ne pas endommager la batterie.

### 2.6 La capacité

Ce paramètre correspond à l'énergie maximale que la batterie peut emmagasiner et donc fournir, elle est proportionnelle à la dimension de la batterie.

Et l'Énergie elle s'exprime généralement en joule, mais peut aussi s'exprimer en watt/heure.

### 2.7 Le taux de décharge et recharge

Le taux de décharge correspond au temps que la batterie met pour se décharger dans son intégralité. Par exemple, si on a un courant de décharge de 10A et une batterie de 50Ah, le taux de décharge sera égal à 5Ah. On le notera alors C/5.

### 2.8 Profondeur de décharge

Cette caractéristique est exprimée en pourcentage, elle représente l'énergie maximale qui peut être extraite de la batterie sans pour autant endommager celle-ci, ce qui permet de retarder au maximum sa durée de vie.

### 2.9 Influence des paramètres extérieurs

La température influe sur le rendement de la batterie. Afin d'avoir un rendement optimal, la température idéale est de 25 degrés.

## 2.10 Durée de vie et nombre de jour d'autonomie

Le nombre de jour d'autonomie se détermine en laissant la batterie alimenter le réseau jusqu'à sa décharge, sans la recharger. La durée de vie correspond au nombre de cycle charge/décharge que la batterie peut effectuer.

## 2.11 État de charge de l'accumulateur

L'état de charge, souvent simplifié par l'acronyme SOC (state-of-charge), est une caractéristique très importante à connaître, puisqu'elle nous renseigne, en pourcentage, sur le niveau de charge de la batterie. Être capable d'estimer l'état de charge permet d'éviter les décharges profonde ou les charges excessives qui abîmeront les batteries. Cette observation a pour objectif d'anticiper la dégradation de la batterie afin d'allonger au maximum sa durée de vie. L'état de charge peut être défini par la capacité disponible exprimée en fonction de la capacité nominale, comme le montre l'équation :

$$SOC = \frac{\text{capacité disponible (Ahr)}}{\text{capacité nominale (Ahr)}} * 100$$

## 3. Circuit équivalent

Le modèle de circuit équivalent le plus utilisé est le suivant fig.1.1 :

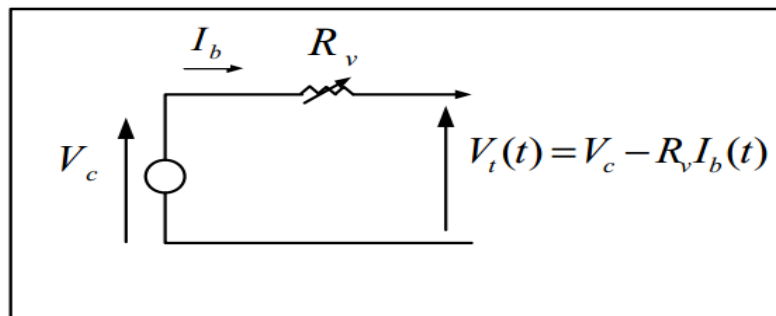


Fig.1.1 Modèle simplifié de l'accumulateur

Avec

$R_v$  : La résistance variable

$V_c$ : Source de tension idéale,

$V_t$ : Tension aux bornes de la batterie,

$R_v$  : Résistance interne en série.

#### 4. Type d'accumulateurs existants [1]

On répertorie 2 principales sortes d'accumulateurs : les primaires et les secondaires. Les primaires ont le désavantage d'avoir, au sein de la batterie, une réaction chimique irréversible, ils sont donc non rechargeable.

Ces accumulateurs sont destinés aux appareils électronique et autres produits de consommation. À l'inverse, les accumulateurs secondaires ont une réaction chimique réversible peuvent donc être rechargés, ils sont plus voués à une utilisation industrielle.

En effet les plus utilisé sont :

- l'accumulateur Pb (au plomb);
- l'accumulateur Li-ion et Li-Po (aux ions de lithium et lithium polymère);
- l'accumulateur NiMH (aux hydrures métalliques de nickel);
- l'accumulateur Ni-Cd (au nickel cadmium).

De nouvelles sortes d'accumulateurs devraient voir le jour sur le marché industriel dans un avenir proche, comme l'accumulateur à base de brome (avec comme couple : sodium-brome, zinc-brome, vanadium-brome...), où l'accumulateur Li-air. Ces prototypes sont encore au stade de la recherche.

#### 5. Le stockage dans les systèmes photovoltaïques

La plupart des systèmes photovoltaïques comportent des batteries spéciales (batteries stationnaires à alliages de Plomb) qui emmagasinent l'énergie générée par les panneaux photovoltaïques en prévision des périodes où il n'y a pas de soleil. Ces batteries sont conçues pour restituer un courant stable pendant de longues périodes en conservant leurs aptitudes à la recharge, et ceci, à un grand nombre de reprises (cycles), on parle de batteries stationnaires ou à décharge profonde. [2]

Il existe sur le marché différents types de batteries stationnaires en 2, 6 ou 12 V nominal, qu'on distingue principalement par le nombre de cycles que celles-ci peuvent fournir à une profondeur de décharge admissible déterminée, par la géométrie des plaques positives (planes ou tubulaires) et enfin par la forme de l'électrolyte (liquide, gel).

Dans le cas des systèmes photovoltaïques, on opte généralement pour des batteries à profondeur de décharge de l'ordre de 60 à 80% pendant au moins 400 cycles. On choisit les

batteries à électrolyte liquide si la maintenance du système est aisée, tandis que les batteries à électrolyte gélifié sont adaptées aux situations où le confort de l'utilisateur est souhaité (cas des petites unités) et aux systèmes à maintenance réduite. [3] La (fig. 1.2) illustre l'état de charge cyclique d'une batterie stationnaire.

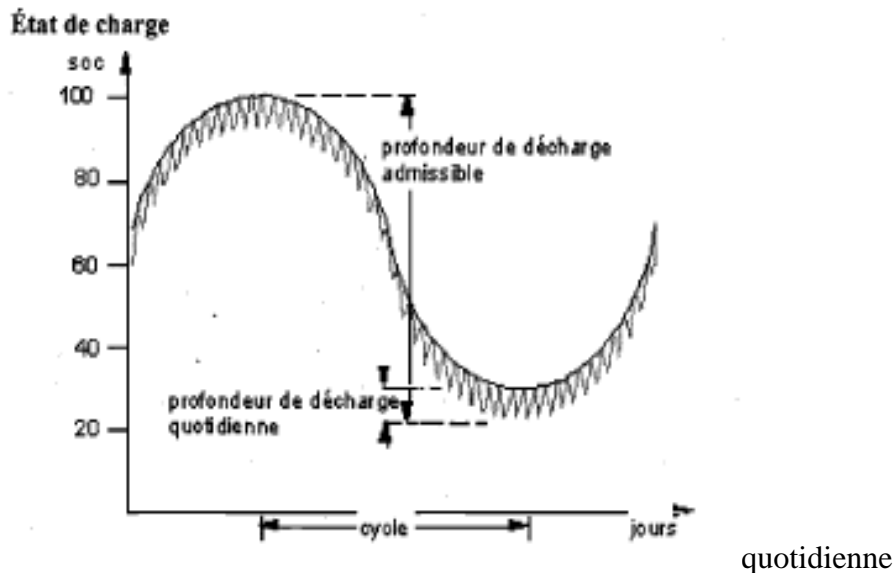


Fig. 1.2 État de charge cyclique d'une batterie stationnaire [3].

### 5.1 Capacité des batteries de stockage

La capacité d'une batterie s'exprime en ampères heures (Ah), c'est la quantité de courant qu'elle peut fournir au cours d'un nombre d'heures précis, à une température de référence. Cette capacité nominale varie dans le même sens que la température de service de la batterie. La capacité standard est déterminée en déchargeant la batterie à l'aide d'un courant constant pendant 10 heures, sans que la tension ne descende en dessous de la limite de décharge. On parle alors d'une capacité de batterie à C/10 ou C10. [4].

Dans le cas particulier des batteries destinées aux applications photovoltaïques, on parle de la capacité de décharge sur 100 heures, soit C100. Cette donnée est utile pour les situations où les batteries doivent couvrir le besoin d'énergie pendant plusieurs jours d'affilée. [5].

### 5.2 Auto décharge des batteries de stockage

En raison d'impuretés présentes dans les produits chimiques utilisés pour la fabrication des batteries, des technologies mises en œuvre et des réactions Electrochimiques qui y ont lieu, les batteries se déchargent même quand elles ne sont pas utilisées. Cette autodécharge est exprimée en pourcentage de la perte relative de capacité par mois. L'auto décharge des batteries à

décharge profonde est très faible par rapport aux autres batteries. L'auto décharge dépend de la température, de la tension et du vieillissement de la batterie. Elle est plus rapide quand la batterie est complètement chargée, elle varie très rapidement avec la température (elle double de valeur tous les 100C) et son taux augmente aussi avec le vieillissement de la batterie. [4].

### 5.3 Conditions d'utilisation des batteries de stockage dans les systèmes photovoltaïques :

Les conditions typiques d'utilisation des batteries (à décharge profonde) dans les systèmes photovoltaïques sont très différentes de celles des batteries de démarrage.

La batterie à décharge profonde oscille lentement entre des niveaux de pleine charge et de décharge maximale admissible tandis que la batterie de démarrage est rechargée immédiatement après utilisation par l'alternateur. Les plaques (électrodes) de la batterie à décharge profonde sont plus épaisses que celles de la batterie de démarrage et sont fabriquées dans un alliage plus dense et plus élaboré. [4].

Leurs surfaces sont aussi plus réduites, elles ne peuvent donc pas produire de forts courants instantanément ; ce qui justifie l'interdiction d'utiliser même occasionnellement une batterie stationnaire pour démarrer le moteur d'un véhicule (risque de détérioration dès la première utilisation). La (fig.1.3) donne la courbe des batteries selon leurs cycles. Les plaques (toujours planes et minces) d'une batterie de démarrage se dégradent à une vitesse impressionnante si elles sont soumises à des décharges profondes. Cette batterie subit des dommages dès que la décharge atteint 50% de la capacité nominale, c'est pourquoi elles ne conviennent pas aux systèmes photovoltaïques. [4].

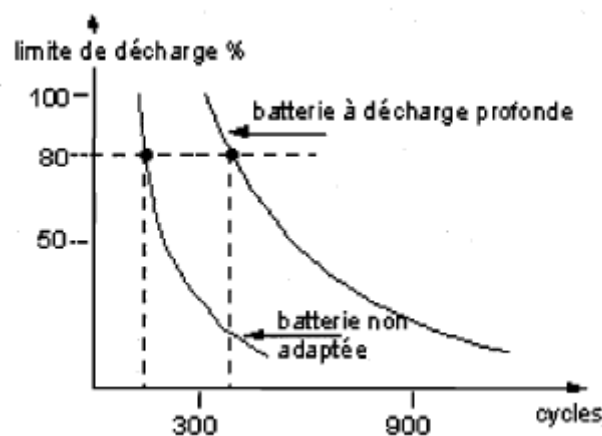


Fig.1.3 Choix des batteries selon leurs cycles [4].

Le prix avantageux de ces batteries, puisque les batteries des installations photovoltaïques sont la plupart du temps dans un état partiellement déchargé.



Si malgré tout, une batterie de démarrage est utilisée au sein d'un système photovoltaïque, et même si la profondeur maximale admissible de décharge est limitée à 40% et la profondeur de décharge quotidienne à 20% de celle-ci; elle ne pourra pas présenter plus d'une centaine de cycles.

#### 5.4 Effet de la température

La batterie étant un composant électrochimique, la température a des effets importants sur son fonctionnement interne : taux de réactions électrochimiques, tension de gazéification, tension limite de charge, tension limite de décharge, perte d'électrolyte ainsi que ses performances: capacité, auto décharge et durée de vie. En particulier, la tension de fin de charge et la tension de fin de décharge qui varie en sens inverse de la température doivent être contrôlées. On parle de compensation en température ( $-30 \text{ mv}/^{\circ}\text{C}$  moyenne pour une batterie 12 volts nominal à électrolyte liquide). Pour les basses températures, la profondeur de décharge maximale doit être encore plus limitée pour éviter le gel de la batterie. [4].

#### 5.5 Rendement de charge

Le rendement de charge d'une batterie est le rapport entre la quantité de charge fournie lors d'une décharge et la quantité de charge nécessaire pour ramener la batterie dans son état initial. Ce rapport est de l'ordre de 90% pour les batteries à décharge profonde. L'état de charge (SOC: state of charge) d'une batterie est la quantité résiduelle de charge pouvant être restituée par rapport à la capacité nominale.

L'état de charge est exprimé en pourcentage et il est de 100% quand la batterie est entièrement chargée. C'est la variable véritablement importante de la batterie en technique photovoltaïque.

La (figu.1.4) montre l'état de charge et tension des batteries. À une température donnée, la tension aux bornes d'une batterie de 12 V nominal varie selon l'état de charge et de la résistance interne qui elle-même varie selon le vieillissement. La relation qui lie les deux quantités, SOC et tension est complexe et la seule mesure de la tension n'est pas une information fiable. [4].

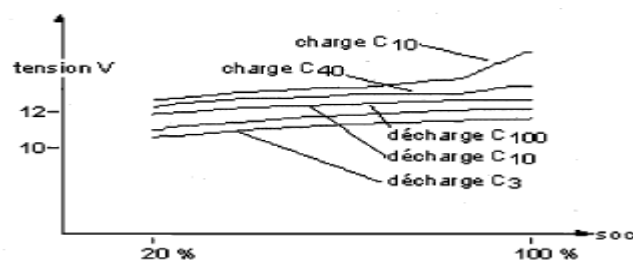


fig.1.4 État de charge et tension des batteries [4].

## 5.6 Stratification

La stratification est le mélange non homogène de l'électrolyte. Elle a pour effet de réduire la durée de vie des batteries si elle est prolongée. L'acide a tendance à se concentrer en bas en laissant de l'eau ayant une densité plus faible en haut: il existe alors des risques de congélation, d'oxydation et de corrosion de part et d'autre du plan de séparation. On y remédie par une charge d'égalisation (régénération) qui a pour effet de brasser l'électrolyte liquide. [4].

## 5.7 Sulfatation

La sulfatation est une réaction électrochimique normale qui a lieu dans les Batteries qui ont été fréquemment partiellement déchargées ou exposées à de hautes Températures. Elle a pour effet de diminuer la capacité nominale et d'élever la résistance Interne de la batterie. De même que pour la stratification, on peut y remédier Partiellement par une charge d'égalisation (régénération) périodique qui a pour effet de Forcer la réaction électrochimique inverse. [4].

## 5.8 Densité spécifique

À 25°C, la densité spécifique de l'électrolyte (solution diluée d'acide sulfurique) est typiquement dans la gamme de 1,25 à 1,28. Dans une batterie entièrement chargée, l'électrolyte est composé approximativement de 36 % d'acide sulfurique en Poids ou de 25 % en volume, le reste étant de l'eau distillée. Quand la batterie est déchargée, la densité spécifique de l'électrolyte est typiquement dans la gamme de 1,15. Si la batterie est entièrement déchargée, l'électrolyte est essentiellement de l'eau avec une densité spécifique de 1,0. Le coefficient de réajustement de la densité spécifique est de -0,0007 par °C par rapport à la température de référence (25°C). [4].

## 5.9 Tension de gazéification.

Lors de la charge d'une batterie, sa tension s'élève. Lorsque l'on atteint une tension suffisamment élevée, les réactions électrochimiques deviennent très rapides et donnent lieu à un dégagement de gaz (oxygène et hydrogène) à l'intérieur de la batterie.

C'est la tension de gazéification. On définit donc une tension de charge maximum qui doit toujours être inférieure à la tension de gazéification. [4].

## 5.10 Autonomie des batteries dans les systèmes photovoltaïques

Dans les systèmes photovoltaïques, on associe les batteries en série pour obtenir des tensions multiples de 12 Volts (24V, 48V) (fig.1.5.a) et en parallèle pour augmenter la capacité de

stockage des batteries (fig.1.5.b). La capacité de stockage est déterminée en fonction de l'autonomie désirée du système photovoltaïque.

Lors du dimensionnement d'un système photovoltaïque, une durée d'autonomie est indiquée. Il s'agit de la période comptée en jours durant laquelle les besoins énergétiques peuvent être couverts même par mauvais temps. L'apparente simplicité de la définition de cette période d'autonomie peut cependant engendrer quelques écarts. Une autonomie excessive non justifiée par les conditions météorologiques aboutit typiquement à la préconisation soit d'un parc batteries, soit d'un champ photovoltaïque surdimensionné.

Avec dans le premier cas, le risque que l'état de pleine charge n'est jamais atteint (sulfatation rapide des batteries) et dans le deuxième cas la certitude que le parc batteries est toujours à l'état de pleine charge, ce qui limite l'intérêt des batteries à décharge profonde.

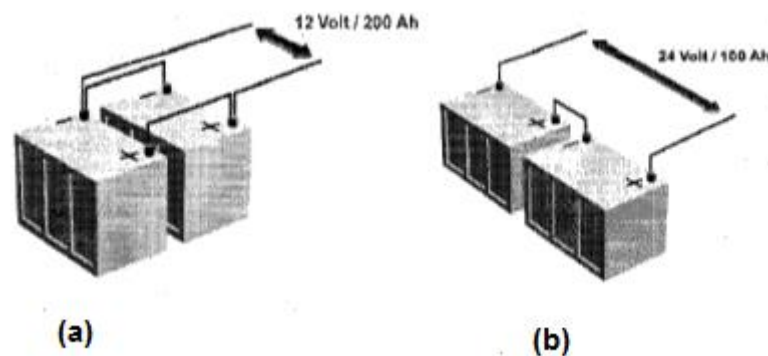


fig.1.5 (a), fig.1.5 (b) Association en parallèle et association en série de deux batteries 12 Vi 100 Ah.

### 5.11 Régime standard de recharge des batteries

Il existe deux régimes standards de recharge des batteries. Le premier régime est une succession de trois étapes nommées bulk, absorption et floating (fig.1.6). [6].

Dans l'étape bulk, on applique à une batterie, à électrolyte liquide de 12 volts nominal déchargée, un courant constant (typiquement égal à  $0,05 \times C_{10}$ ) jusqu'à ce que la tension de la batterie atteigne environ 14,4 volts. A ce moment, quelque 80% de l'état de charge de la batterie a été restauré.

Durant l'étape d'absorption, la tension est maintenue égale à 14,4 volts, alors que le courant baisse, car la batterie est de plus en plus chargée. La fin de cette étape marque le « presque » plein état de charge.

Dans l'étape de charge de finition (floating), la tension est baissée à environ 13 volts tandis que le courant de charge, devenue très faible, est de pleine charge.

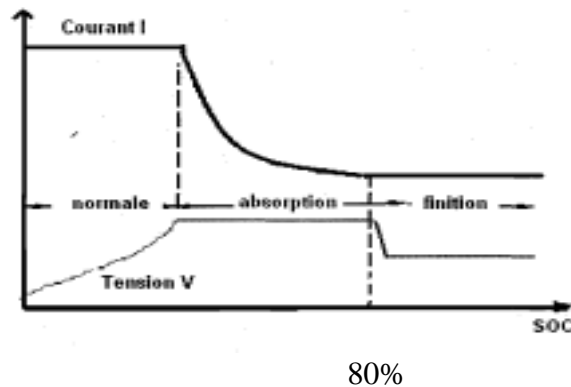


Fig.1.6 Le premier régime standard de recharge des batteries.

Le second régime est une succession de deux étapes nommées boost et floating (Fig.1.7). Dans l'étape boost, on applique à une batterie, à électrolyte liquide de 12 volts nominal déchargée, un courant constant (typiquement égal à  $0,05 \times C_{10}$ ) jusqu'à ce que la tension de la batterie atteigne environ 14 Volts. A ce moment, quelque 70% de l'état de charge de la batterie a été restauré.

Durant l'étape de charge de finition (floating), la tension est maintenue égale à 14 Volts, alors que le courant baisse et devient presque constant, car la batterie est de plus en plus chargée. On nomme cette étape «charge de finition'» parce qu'elle compense l'autodécharge des batteries.

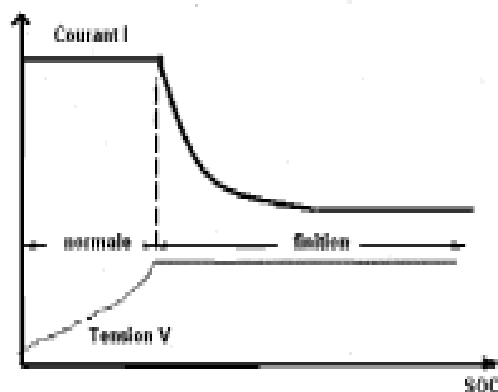


Fig.1.7 Le second régime standard de recharge des batteries.

### 5.12 Régime de recharge en technique photovoltaïque

Les constructeurs de batteries et de chargeurs de batteries se réfèrent généralement au régime classique à trois étapes ou au régime à deux étapes. Selon leur degré de sophistication, les régulateurs de charge/décharge photovoltaïque ont certains traits communs avec les régulateurs de charge à deux étapes.

Dans ce cas, on parlera de régime modifié à deux étapes, car au cours de durées changeantes, le courant disponible généré par le générateur photovoltaïque est variable, la tension de la batterie étant-elle fixée par la vigueur du régime de recharge(Fig.1.8). [6].

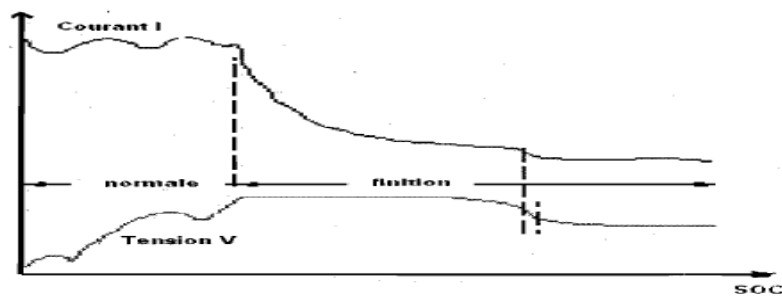


Fig.1.8 Régime de recharge en technique photovoltaïque.

### Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les différentes performances d'une batterie en bon état. Ces performances changent avec le vieillissement de la batterie et elles sont très sensibles aux conditions d'utilisation des batteries, elles peuvent même devenir gênantes et empêcher la recharge de la batterie. Les spécificités d'utilisation des batteries en technique photovoltaïque ont été aussi étudiées.

# Chapitre 02

## Introduction

Dans ce chapitre, Nous avons utilisé le logiciel Matlab pour le système de simulation consistant en GPV, et le convertisseur DC/DC type Boost Afin de faire monter la tension dans la sortie du convertisseur, En plus de la batterie solaire du type plomb (comme une charge).

Le système que nous proposons pour l'étude et la simulation est donné par la Fig.2.1

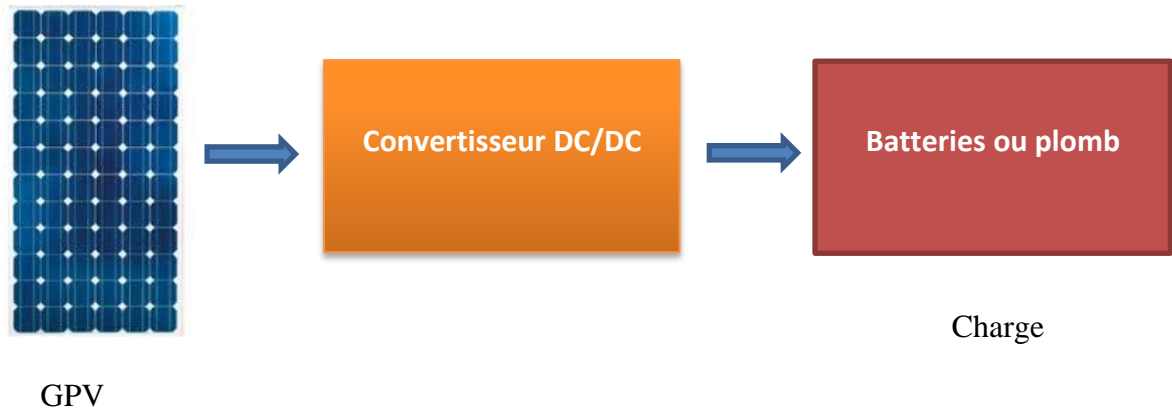


Fig.2.1 Le système d'étudié

## 1. Le générateur photovoltaïque

### 1.1 Définition

Nous appelons "générateur photovoltaïque" le sous-système énergétique situé en amont de l'ensemble convertisseur-batterie et produisant de l'énergie électrique par conversion photovoltaïque du rayonnement solaire. L'énergie produite est sous forme continue.

A la base, le générateur photovoltaïque est constitué de cellules. Ces cellules sont Assemblées entre elles pour donner naissance aux modules, qui sont eux-mêmes réunis en série et/ou en parallèle pour former le générateur dont la tension dépend de l'agencement des modules.

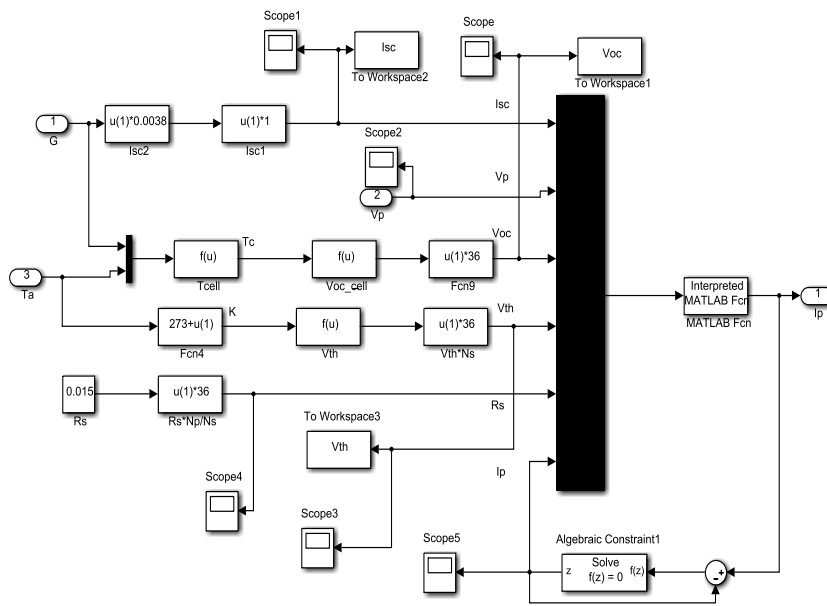


Fig.2.2 Bloc Simulink représentant le GPV.

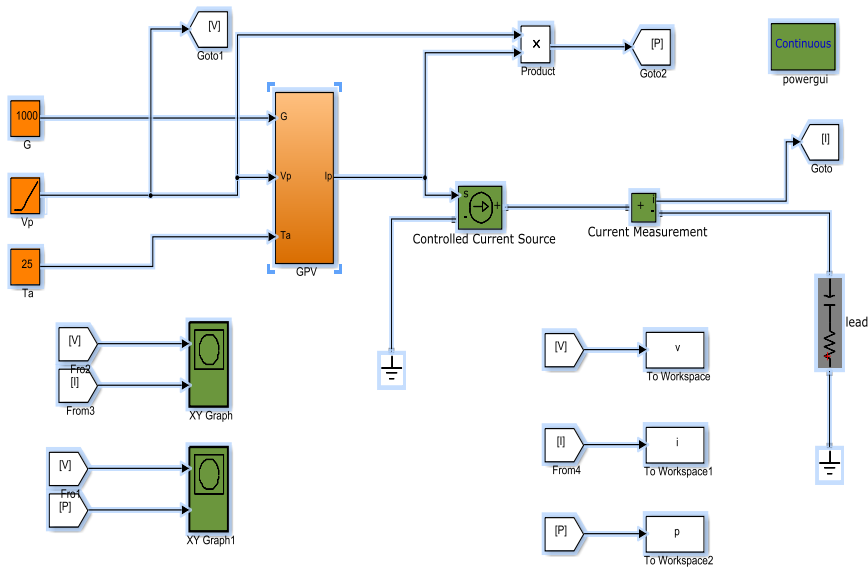


Fig.2.3 Modèle Simulink de panneau photovoltaïque



### 1. 2 Caractéristique d'un panneau photovoltaïque :

- $V_{co} = 22.50$
- $I_{cc} = 4 \text{ A}$
- $I_{op} = 3.8 \text{ A}$
- $V_{op} = 17.16 \text{ v}$

### 1. 3 Simulation du générateur (GPV) à éclairement et température constante :

- **Caractéristique :  $I = f(V)$**  : À température et éclairement constants, et particulièrement aux conditions standards ( $G = 1000 \text{ W/m}^2$ , température =  $25^\circ\text{C}$ ), la caractéristique  $I = f(V)$  est donnée par la fig.2.4.

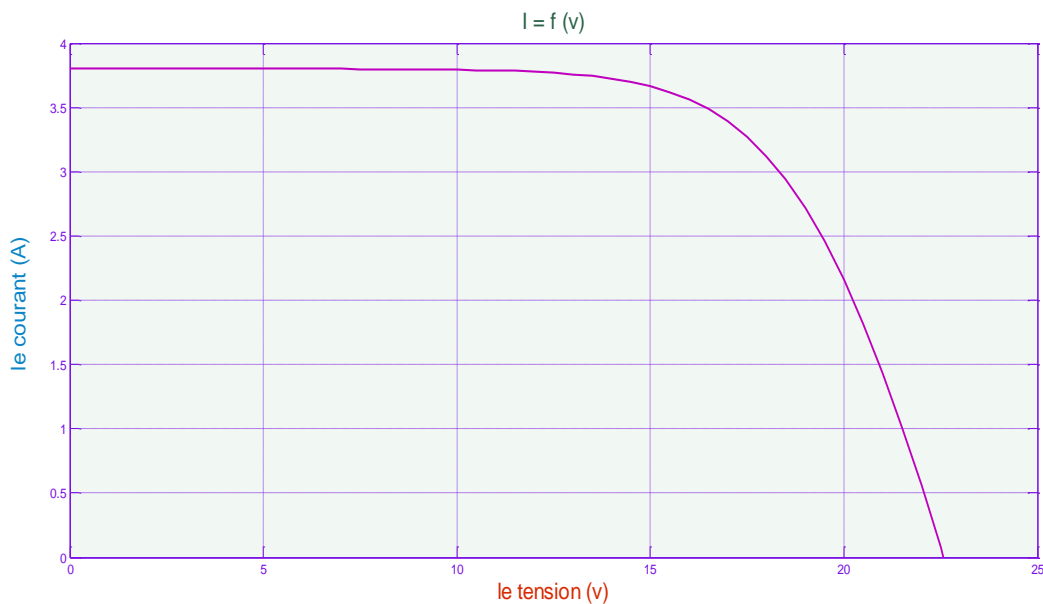


Fig.2.4 Caractéristique :  $I_{op} = f(V_{op})$  d'un générateur photovoltaïque

- **Caractéristique :  $P = f(V)$**  : À température et éclairement constants, et particulièrement aux conditions standards ( $G = 1000 \text{ W/m}^2$ , température =  $25^\circ\text{C}$ ), la caractéristique  $P = f(V)$  est donnée par la fig.2.5.

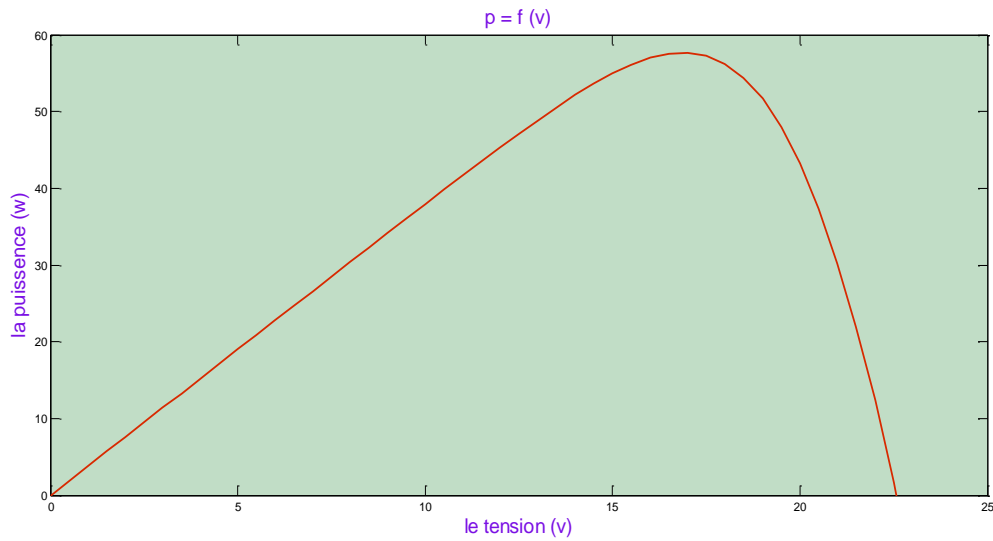


fig.2.5 Caractéristique :  $P_{op} = f(V_{op})$  d'un générateur photovoltaïque

## 2. Simulation d'un Convertisseur Boost (Continu- Continu)

Ce convertisseur est connu par le nom d'élévateur de tension, qui est l'étage d'adaptation (DC-DC) entre le (GPV) et la charge de sortie.

Cette structure correspond à un système plus communément appelé, système autonome. Il permet le plus souvent d'alimenter une batterie servant à stocker de l'énergie ou une charge qui ne supporte pas les fluctuations de la tension. **Tension de sortie =  $(1 / 1 - \alpha)$  Tension de entrée**

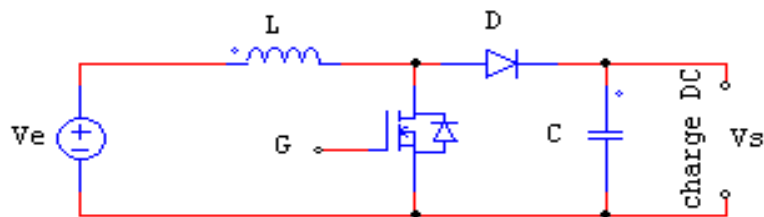


Fig.2.6 convertisseur (DC-DC) élévateur de tension (type Boost)

Les paramètres du hacheur boost :

- $L = 69 \text{ m H}$  ,  $C = 220 \text{ }\mu\text{f}$  ,  $R = 13\Omega$  ,  $V_e = 10 \text{ v}$

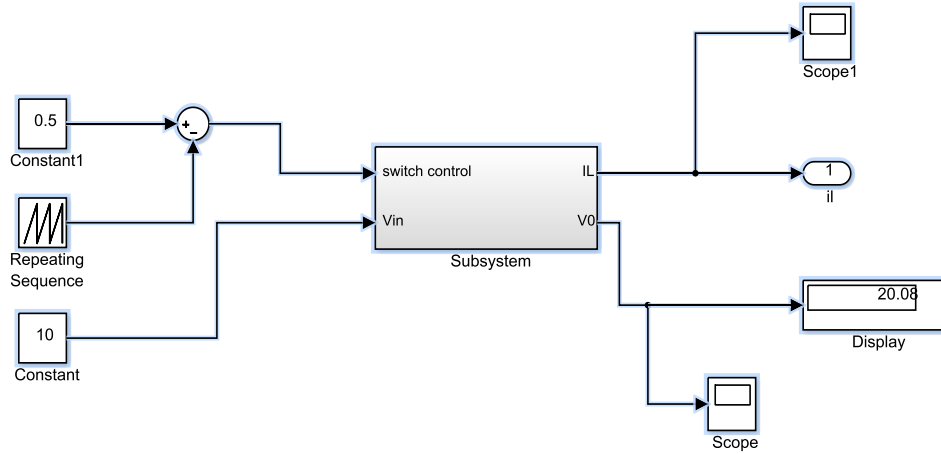


Fig.2.7 Modèle Simulink du hacheur boost

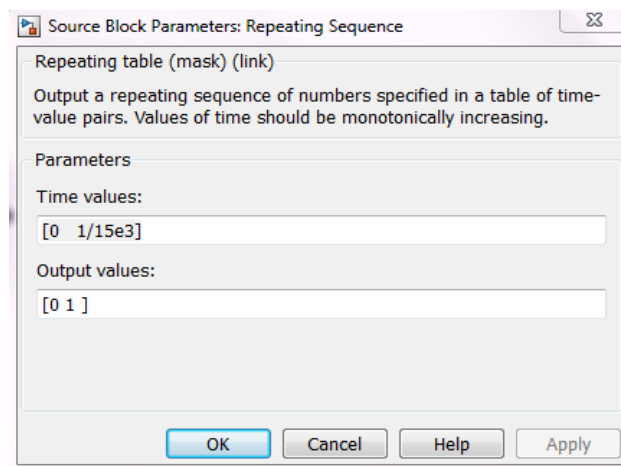
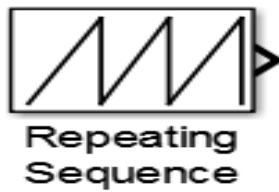


Fig.2.8 Bloc de paramètre de Repeating sequence

Les résultats de simulation pour le rapport cyclique = **0.5** :

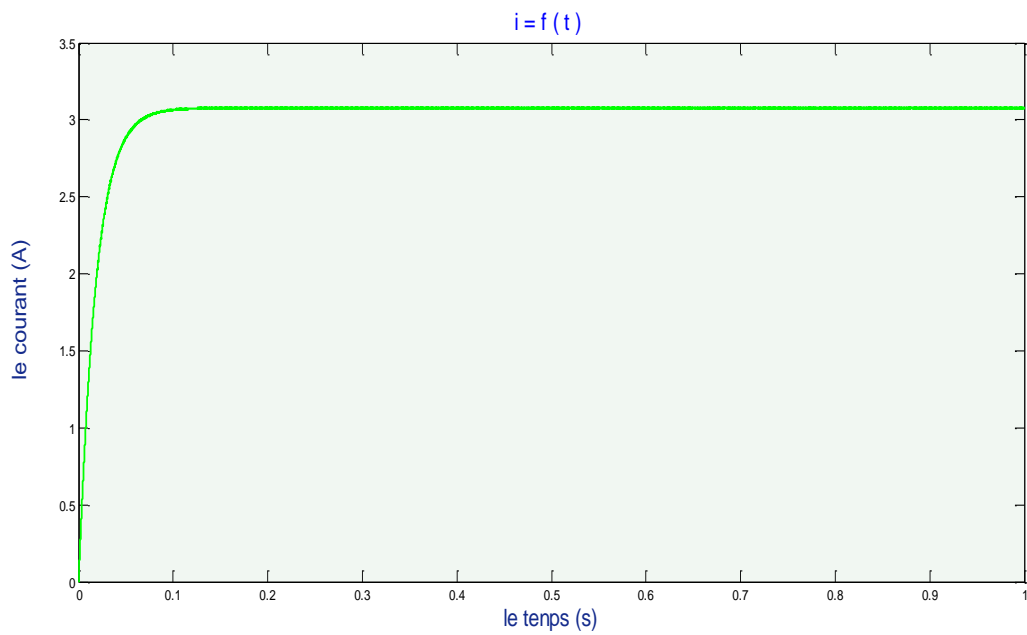


Fig.2.9 courbe courant de sortie de convertisseur =  $f(t)$  d'un Convertisseur Boost

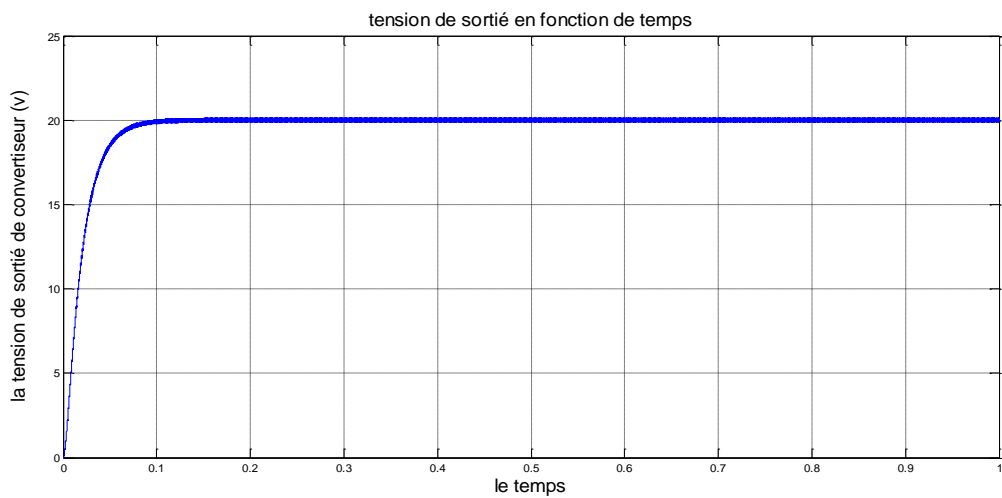


Fig.2.10 courbe : tension de sortie de convertisseur =  $f(t)$  d'un Convertisseur Boost

### 3. Simulation d'une batterie en plomb :

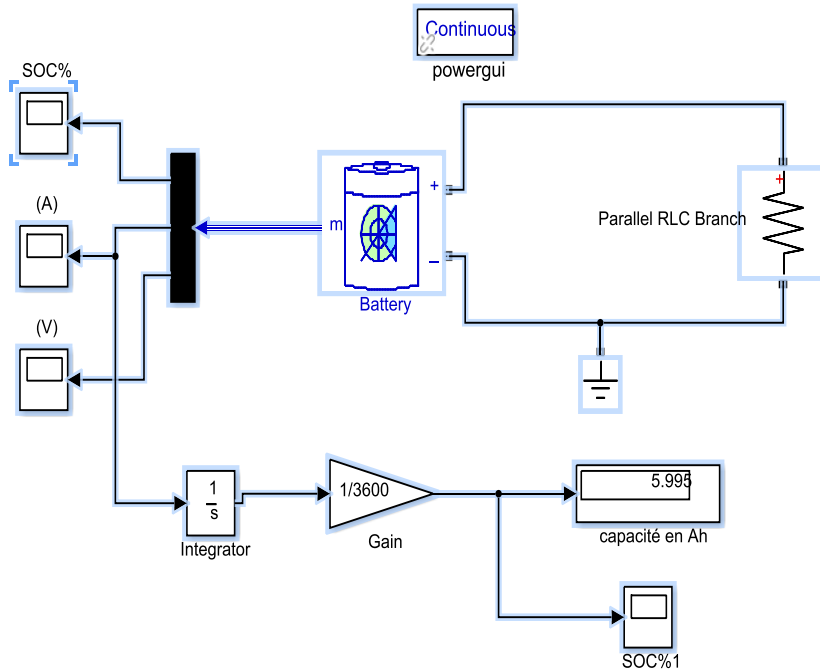


Fig.2.11 Modèle Simulink de la batterie plomb

Les caractéristiques principales de la batterie :

- La tension nominal 12 v
- Rated Capacity (Ah) 7Ah
- Initial State-Of-Charge 85 (%)
- La valeur de résistance 2.5  $\Omega$

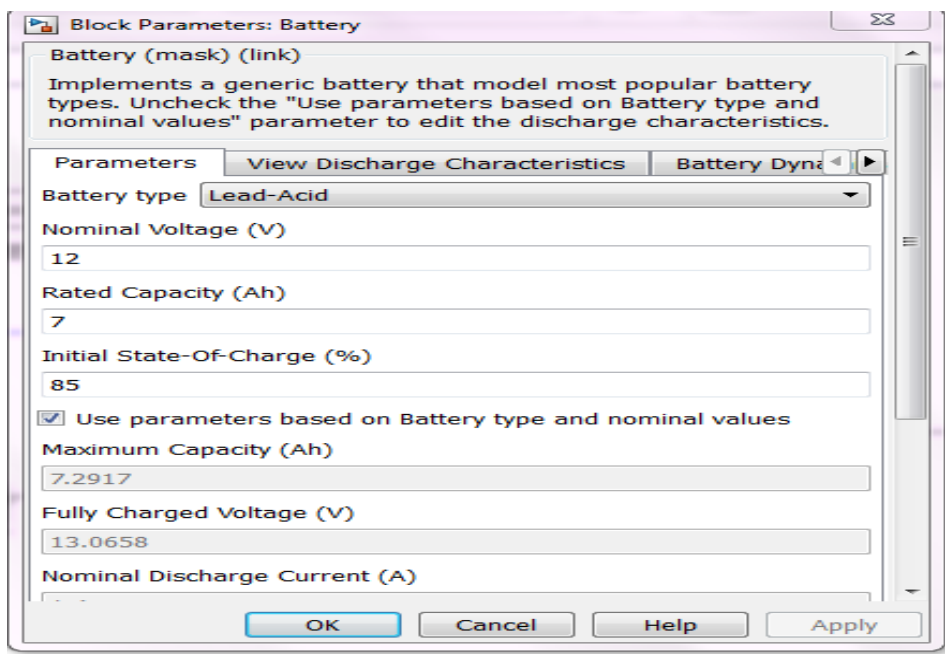


Fig.2.12. Bloc des paramètres de la batterie

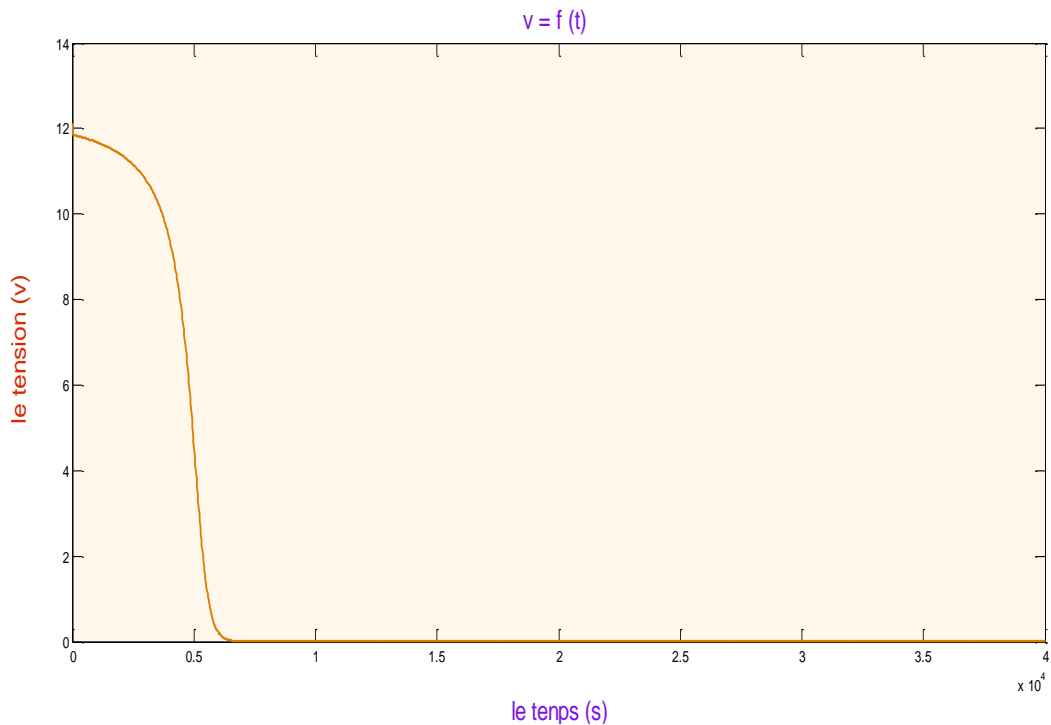


Fig.2.13 courbe : tension de décharge de batterie =  $f(t)$

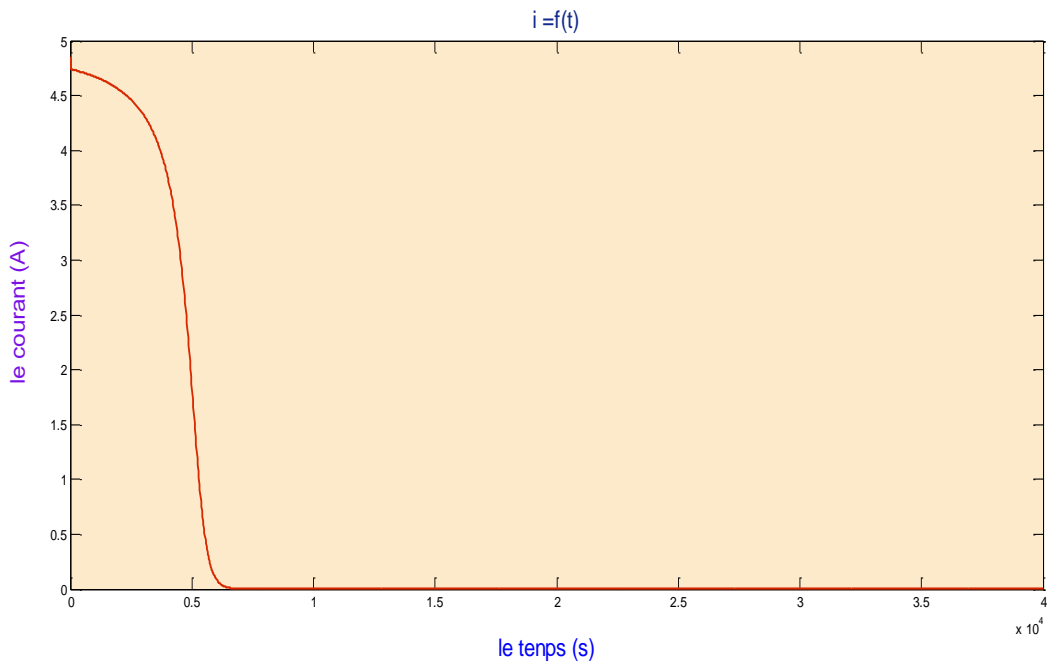


Fig.2.14 courbe : courant de décharge de la batterie =  $f(t)$  de batterie

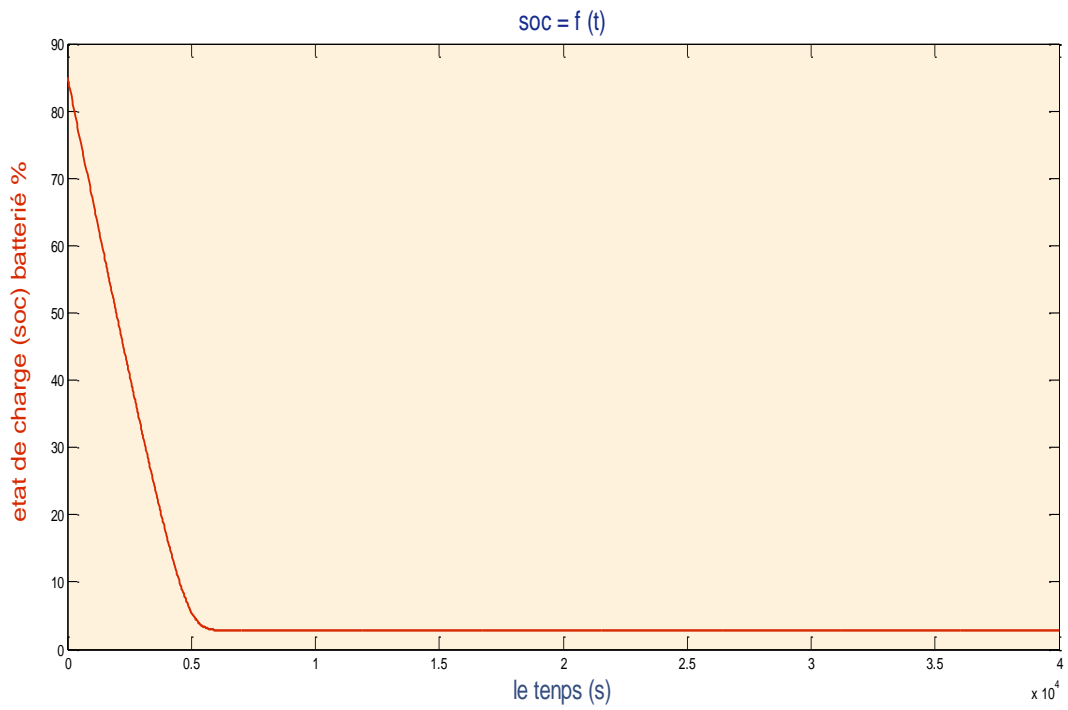


Fig.2.15 courbe : SOC =  $f(t)$  de batterie





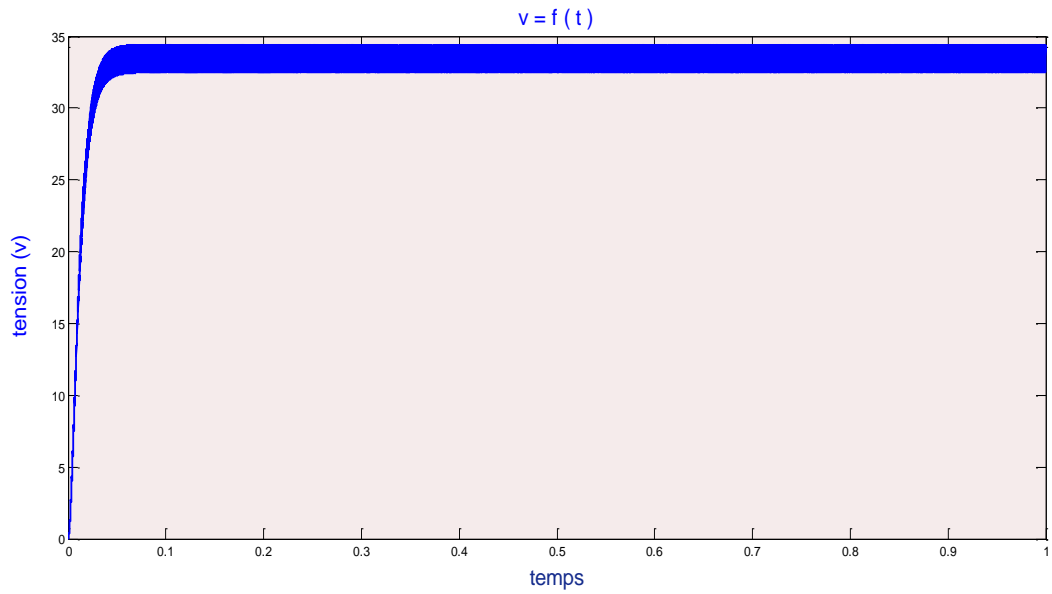


Fig.2.18 courbe : tension de sortie de convertisseur =  $f(t)$  du système (GPV + Hacheur boost)

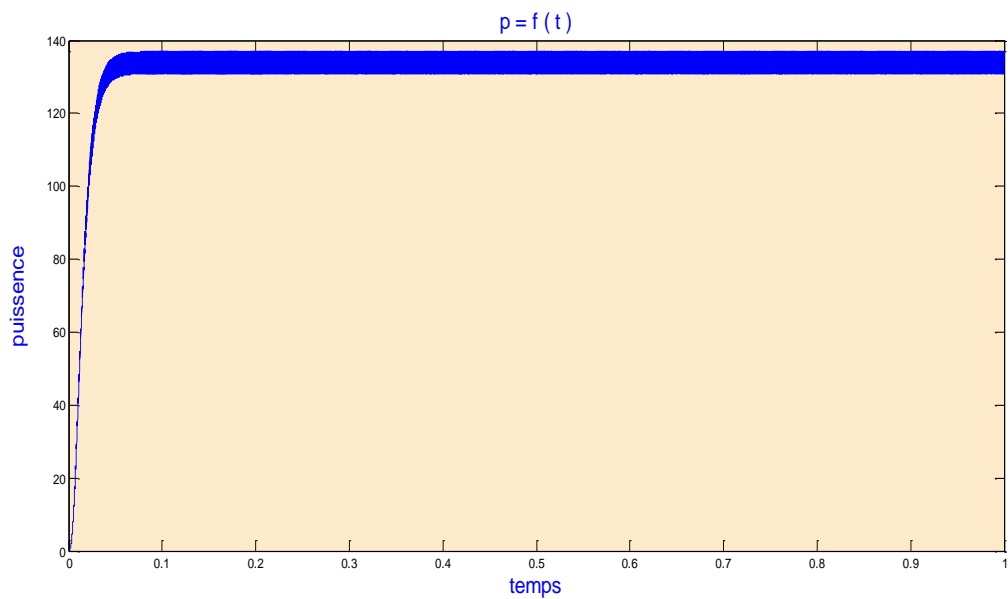


Fig.2.19 courbe :  $P = f(t)$  du système (GPV + Hacheur boost)

5. Simulation d'un GPV + hacheur boost + Batterie comme charge

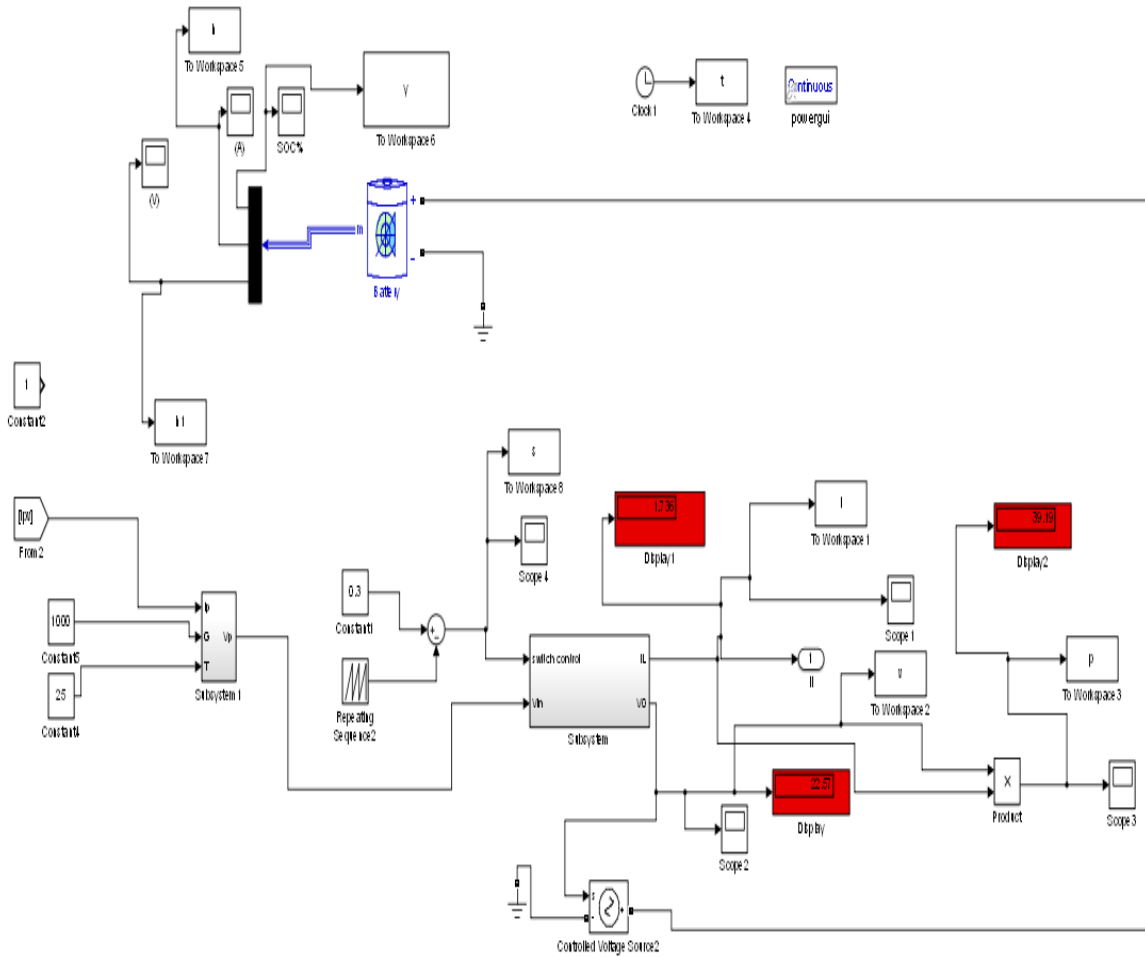


Fig.2.21 Modelé Simulink du système PV (GPV + convertisseur boost+ batterie)

Les résultats de simulation pour rapport cyclique 0.3

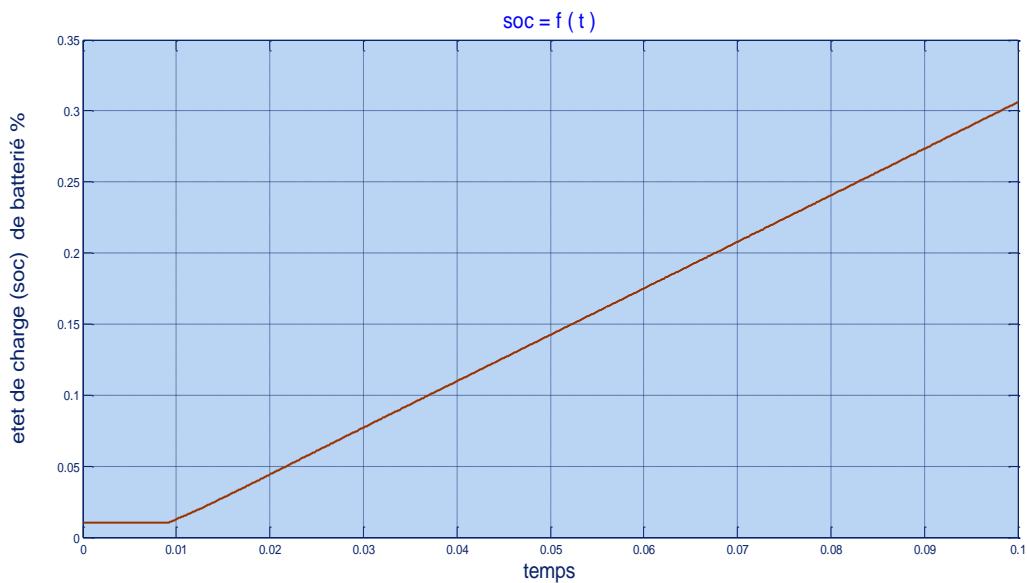


Fig.2.22 courbe : état de charge en fonction de temps SOC = f (t)

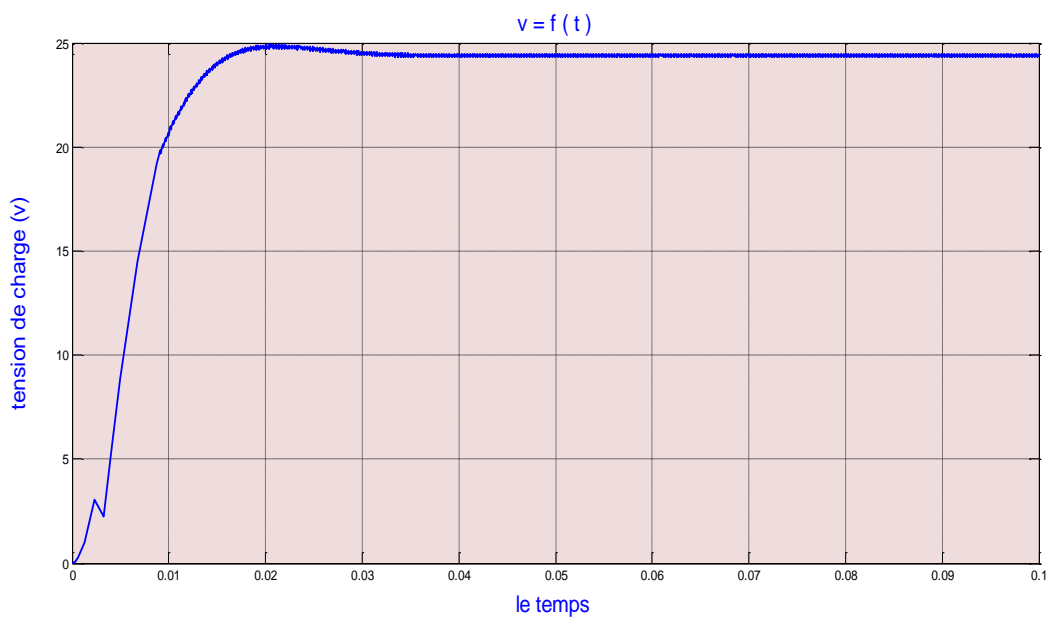


Fig.2.23 courbe : tension de charge de la batterie : V = f (t)

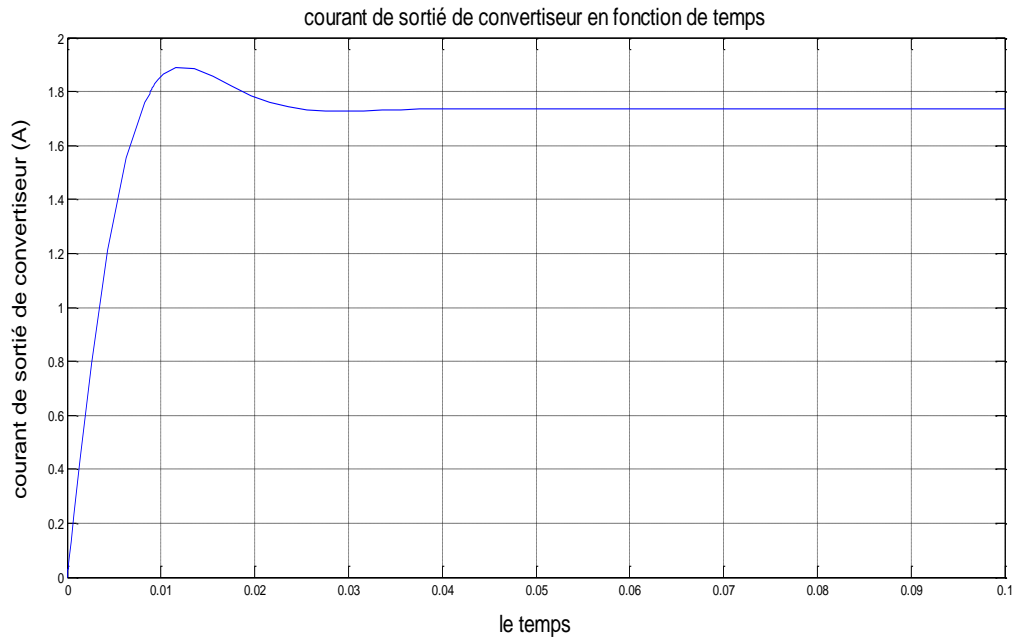


Fig.2.24 courbe : courant de sortie de convertisseur = f(t).

### 6. Partie Pratique

On a fait l'essai expérimental du système PV dont le schéma synoptique est montré sur la figure 2.25. Il comporte un panneau solaire, un régulateur de charge, Batterie et une charge résistive dont les caractéristiques sont données sur le tableau.

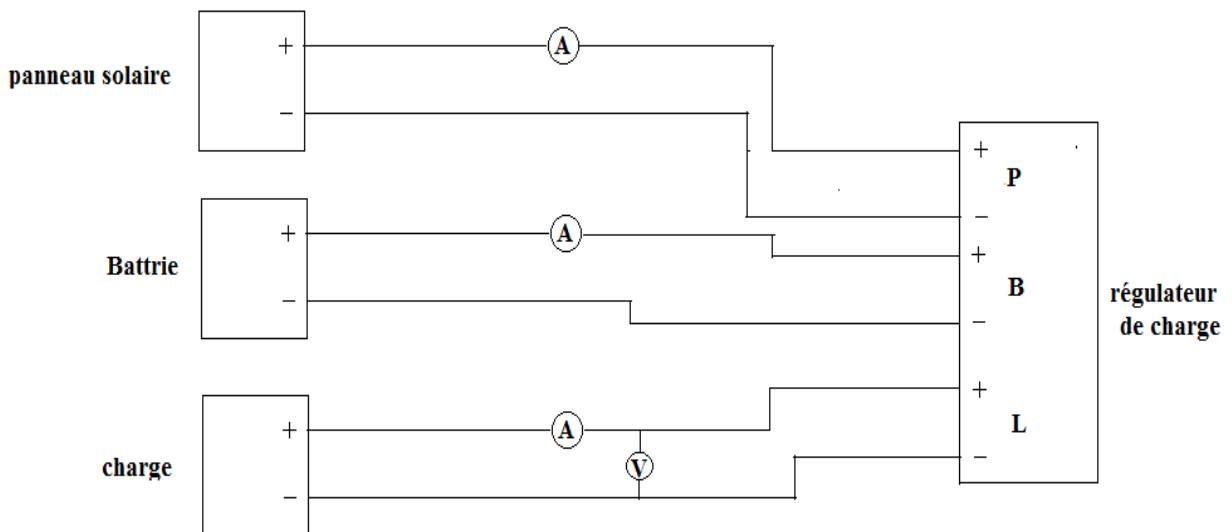


Fig.2.25 schéma synoptique du système PV

dispositif	Caractéristiques
Panneau photovoltaïque	$V_{op} = 17.14 \text{ v}$ , $V_{co} = 22.23$ , $i_{op} = 5.01 \text{ A}$ $I_{cc} = 5.43$ , le non de panneau (LAPV85-125M-36)
Batterie ou plomb	12v , 7Ah
Charge DC	12v , 5 w R = 29.5
Régulateur de charge	12v, 48v, 10A
Les appareille de mesure (la tension, le courant)	Valeur mesuré

Tableau2.1 caractéristique du système PV

### 6.1 Le régulateur de charge /décharge

Le régulateur de charge dans un système photovoltaïque est le composant de jonction entre le générateur solaire, la batterie de stockage et les consommateurs intervenant dans le système. Il a pour rôle de protéger la batterie contre les surcharges et les décharges profondes et assure de ce fait et le mieux possible le bon fonctionnement de la batterie ainsi que la gestion du système autonome solaire PV.

Donc, l'importance d'un régulateur de charge dans un système photovoltaïque autonome n'est plus à discuter. Il doit cependant être réalisé avec le plus grand soin pour répondre aux exigences de coût, de simplicité, de généralité et de fiabilité.

Comme son nom l'indique, le régulateur de charge/décharge régule les charges et les décharges de la batterie. Si la batterie était à pleine charge et que les modules continuaient de lui fournir de l'énergie, il y aurait alors surcharge et la batterie se détériorerait. De même, il est recommandé de ne pas vider entièrement une batterie. Ainsi, même s'il s'agit d'une batterie à décharge profonde, il vaut mieux ne pas descendre en dessous de 50% à 80% de décharge pour ne pas trop la dégrader. Le régulateur augmente donc sa durée de vie en lui évitant des états extrêmes. [7].

## 6.2 Choix du régulateur

Il faut installer un régulateur de charge. Pour stabiliser l'énergie solaire et protéger la batterie des surcharges. La diode anti-retour intégrée au panneau empêche l'énergie de la batterie de repartir vers celui-ci. Il existe plusieurs modèles de régulateurs de différentes puissances.

Pour bien choisir le régulateur de charge, deux points essentiels :

- la tension entre les panneaux et les batteries: le régulateur doit pouvoir accepter cette tension (en général 12V, 24V ou 48V). Les régulateurs acceptent des plages de tension plus ou moins larges.
- L'intensité maximale du régulateur : l'intensité du régulateur (exprimée en ampères) doit être supérieure à l'intensité de court-circuit du ou des panneaux solaire auquel il est relié. Cette donnée est indiquée sur la notice de chaque panneau. Il est recommandé de prendre en plus une marge de sécurité de 10% à 20 %. [7].



Fig.2.26 Régulateur de charge



Fig.2.27 schéma du montage

- Après avoir fait le travail que nous avons acquis les courbes suivantes

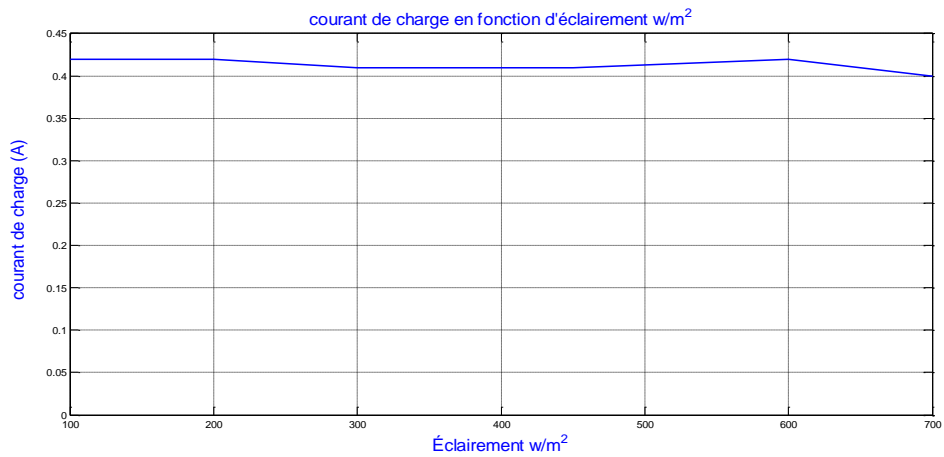


Fig.2.28 courbe courant de charge en fonction d'éclairement  $I = f(G)$

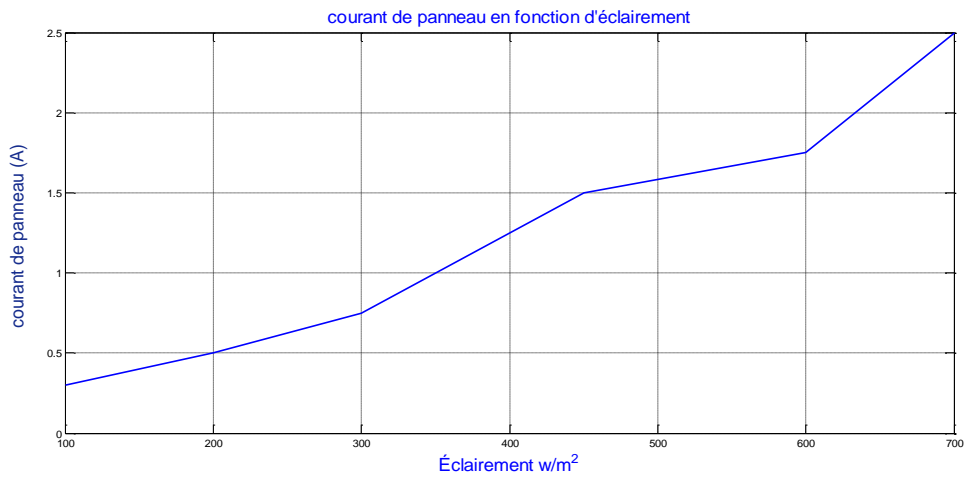


Fig.2.29 courbe courant de panneau en fonction d'éclairement :  $I = f(G)$

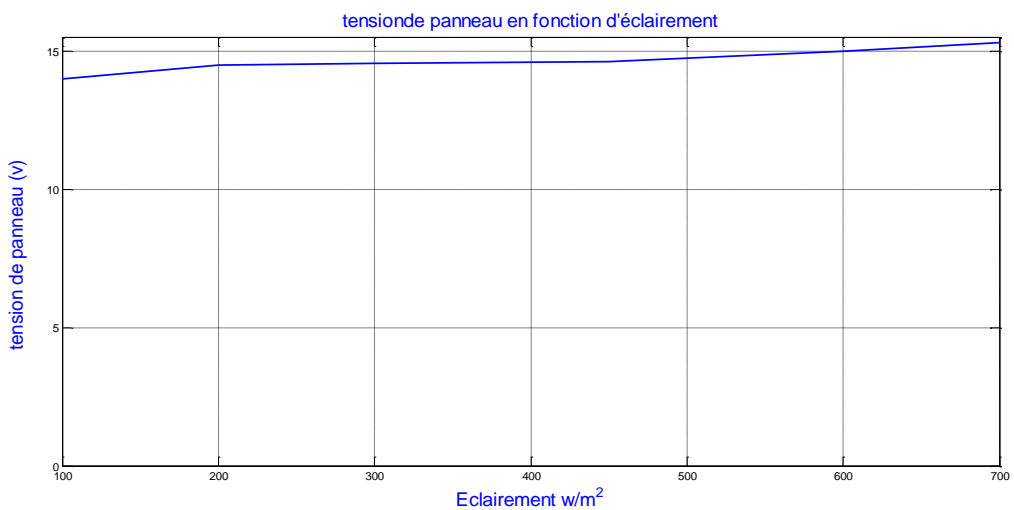


Fig.2.30 courbe tension de panneau en fonction d'éclairement

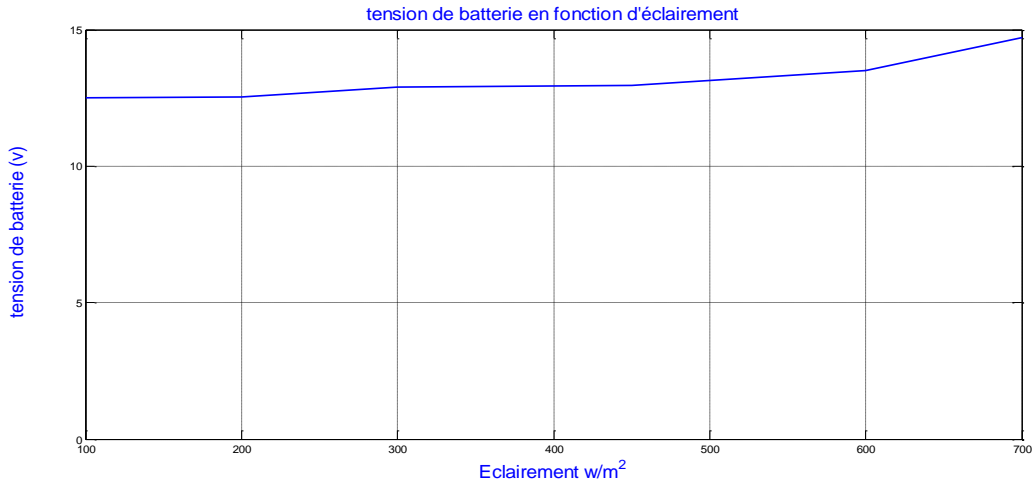


Fig.2.31 courbe tension de batterie en fonction d'éclairement

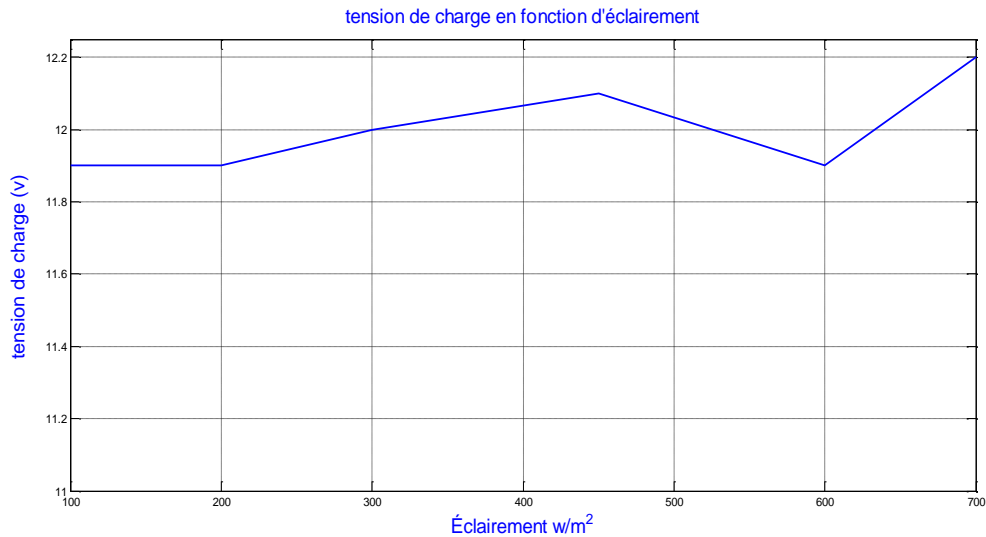


Fig.2.32 courbe tension de charge en fonction d'éclairement

### 6.3 Interprétation des résultats

- On remarque que le courant du panneau solaire a changé en variant l'éclairement car le courant PV est proportionnel à l'éclairement voir (fig.2.28) .
- La tension du panneau solaire est légèrement variable avec l'ensoleillement car ce dernier n'influe pas presque sur la tension (fig.2.29)
- La tension de la batterie est presque stable, c'est l'état de charge (fig.2.30)
- Le courant de la charge et la tension sont presque stable ceci à cause de l'existence de la batterie dans le système qui compense n'importe quel manque. voir (fig.2.27) et (fig.2.31).



## Conclusion

Le présent chapitre traite la simulation par Simulink (Matlab) du système PV avec une batterie où on a présenté le modèle en Simulink de chaque sous-système ainsi que l'association de tous. Une partie pratique qui contient des essais expérimentaux pour voir réellement le comportement du système PV avec stockage.

# Chapitre 03

## Introduction :

Dans beaucoup d'appareils portables il est utilisé un convertisseur de tension continu – continu (DC-DC) pour adapter une valeur de tension vers une charge fonctionnant avec une autre valeur de tension. Le convertisseur peut être élévateur ou abaisseur de tension. Ce circuit fonctionne par découpage d'une tension pour conserver un bon rendement. Nous utiliserons ce circuit pour élever la tension de sortie du panneau solaire.

### 1. Définition d'un convertisseur DC/DC (Hacheur boost.)

Un convertisseur boost est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une tension continue de plus grande valeur.

### 2. Réalisation d'un convertisseur DC/DC

Le prototype à réaliser peut être représenté par un schéma synoptique constitué de trois blocs de base comme la fig.3.1

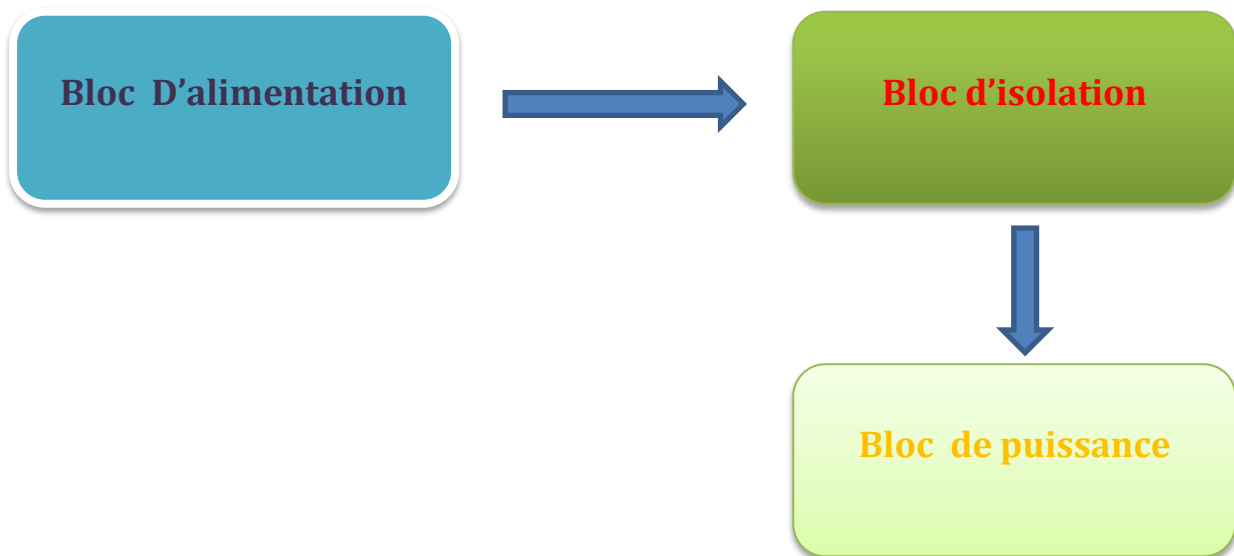


fig.3.1 schéma synoptique du prototype réalisé

## 2.1 Bloc d'alimentation

### 2.1.1 bloc d'alimentation : 12V

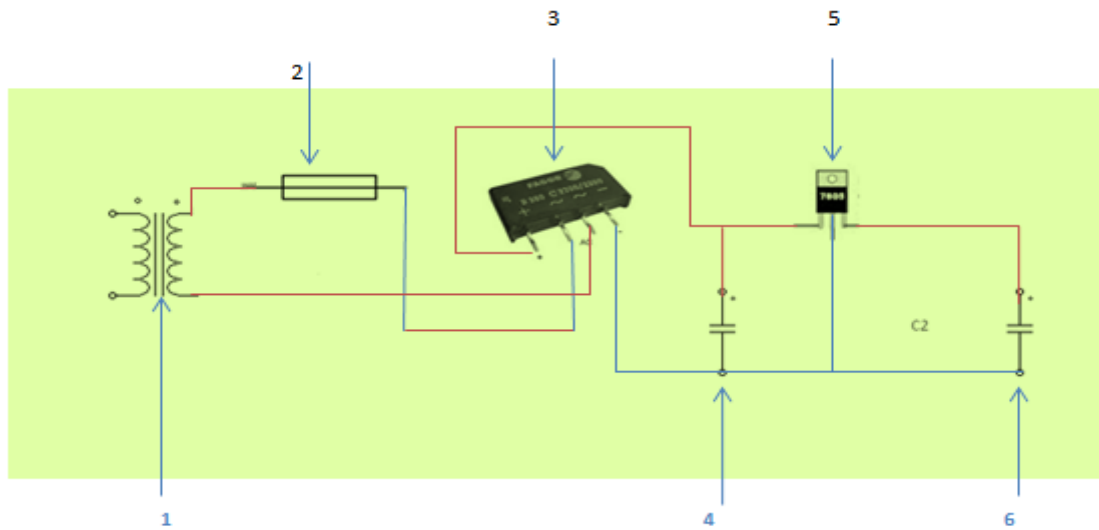


Fig. 3.2 Schéma électrique de bloc d'alimentation (12v)

Les composent :

- 1- Transformateur 220 / 12 v
- 2- Porte fusible + fusible il consomme 10A
- 3- Pont diode (pour redresser)
- 4- Capacité 50v / 100  $\mu$ f
- 5- Régulateur de tension 15 v
- 6- Capacité 25v / 2200  $\mu$ f

### 2.1.2 Bloc d'alimentation : 05 V

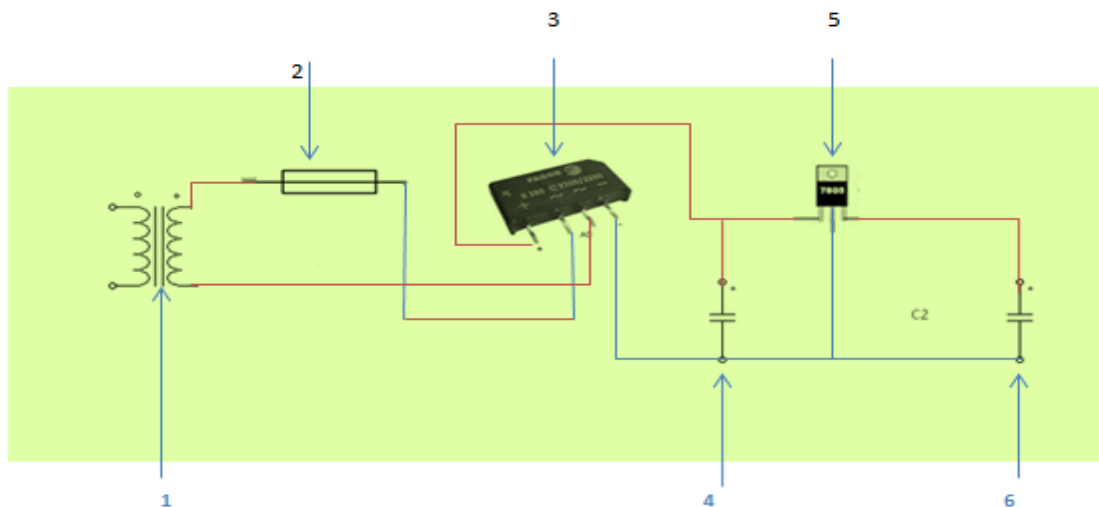


Fig.3.3 Schéma électrique de bloc d'alimentation (05v)

Les composent :

- 1- Transformateur 220 / 06 v
- 2- Porte fusible + fusible il consomme 10A
- 3- Pont diode (pour redresser)
- 4- Capacité 50v / 100  $\mu$ f
- 5- Régulateur de tension 05 v
- 6- Capacité 25v / 2200  $\mu$ f

### 2.1.3 Fonctions de principale des composants

- **Le régulateur de tentions**

Les régulateurs sont de très grande utilité dans les circuits électriques lorsque vous avez besoin d'une tension stable. En effet un régulateur permet de rendre la tension de sortie très fixe, ce qui est préférable pour des composants comme les microcontrôleurs.



Fig.3.4 image de régulateur de tentions

- **Le transformateur**

Un transformateur électrique est un convertisseur électrique qui permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme. Il effectue cette transformation avec un excellent rendement.



Fig.3.5 image de Transformateur utilisé

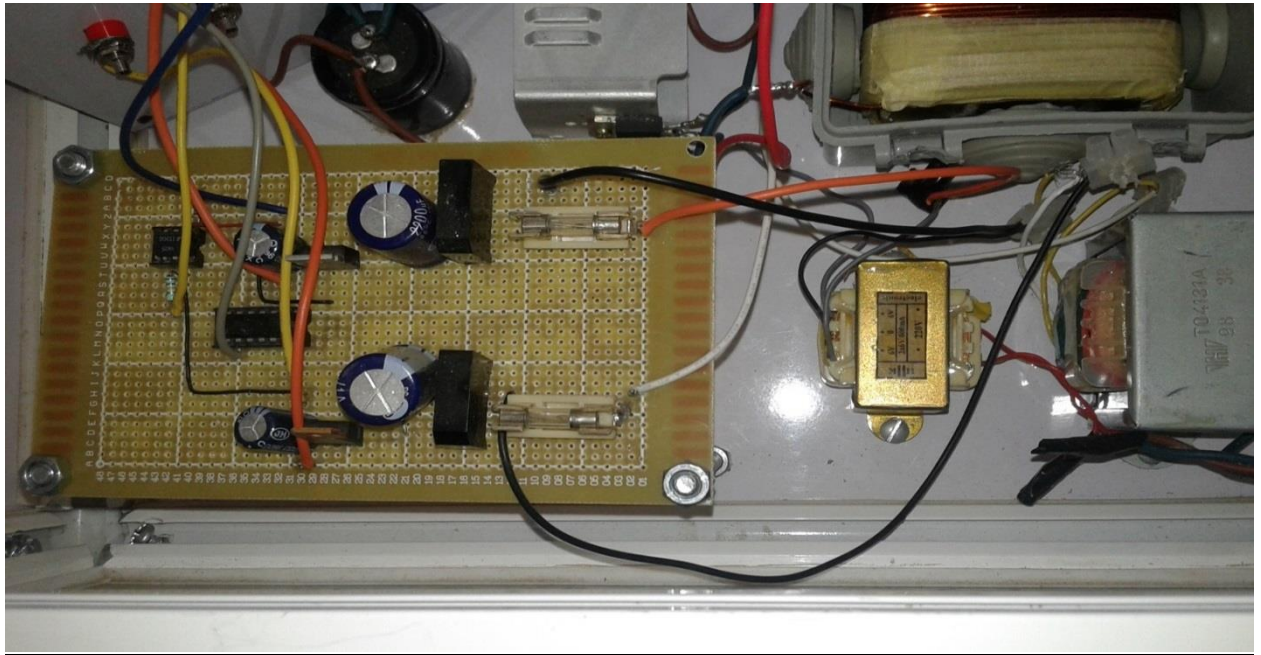


Fig. 3.6 image de Circuit d'alimentation réalisé

## 2.2 Bloc d'isolation (optocoupleur 4n25) :

Pour isoler électriquement deux parties électriques ou électroniques entre elles (on parle d'isolation galvanique), on utilise un optocoupleur.

### 2.2.1 Présentation

Un optocoupleur est un composant ou un ensemble de composants qui permet le transfert d'informations entre deux parties électroniques isolées l'une de l'autre d'un point de vue électrique. la première partie est un émetteur, et la seconde partie est un récepteur. On peut l'assimiler à un composant qui a une entrée (émetteur) et une sortie (récepteur). Quand on parle d'émission, c'est en général parce que l'on émet quelque chose. Ici , il s'agit d'une émission de lumière. D'où le préfixe opto d'optocoupleur. L'émetteur produit donc de lumière (qui peut être visible ou invisible), et le récepteur, qui est sensible à la lumière émise par l'émetteur (sensibilité maximale à la longueur d'onde utilisée pour la partie émission), réagit plus ou moins en fonction de la quantité de lumière reçue le couplage entre l'émetteur et le récepteur s'effectue donc intégralement par de la lumière.

L'intégration dans un même boîtier d'une source lumineuse et d'un récepteur photosensible peut - être assimilé à un relais, à un amplificateur, et même à une transformation .Il existe une quantité assez impressionnante d'optocoupleur, je n'en mentionnerai ici que quelques uns.

### 2.2.2 Structure optocoupleur

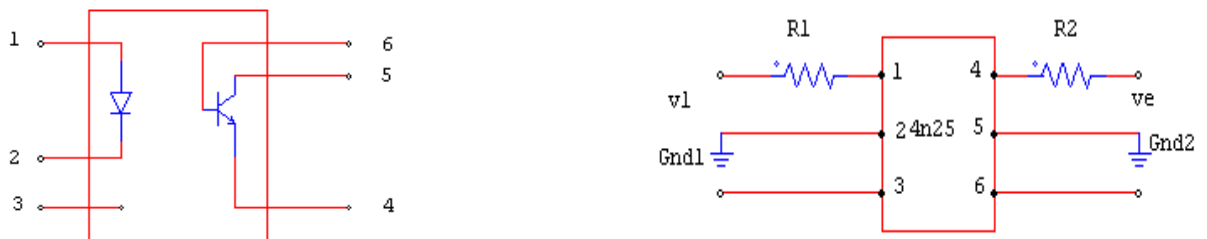


Fig. 3.7 Schéma électrique d'un optocoupleur 4n25

$R1 = 1k\Omega$       $R2 = 10k\Omega$

Pin 1. Anode / Pine 2. Cathode Pine 3 non connexion / Pine 4 émetteur

Pine 5 collecteur / Pine 6 base



Fig. 3.8 image d'un optocoupleur

### 2.3 Bloc de puissance

Les composants :

- 1- La bobine 2.6 m H
- 2- Transistor mosfet 500 v, 8 A
- 3- Diode 10 A
- 4- Capacité 400 v / 330  $\mu$ f

Sur cette carte, les éléments les plus importants sont :

- L'entrée (E)
- L'inductance (L)
- La diode (D)

- Le condensateur (C)
- Le transistor Mosfet (T)
- La sortie (S)

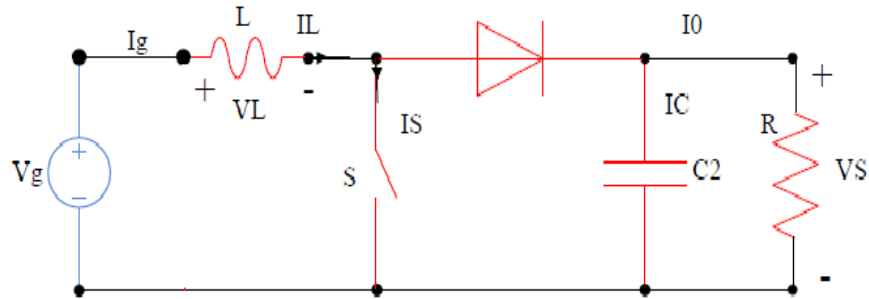


Fig.3.9 Schéma d' convertisseur boost

- **Modèle mathématique équivalent**

L'application des lois de Kirchhoff sur les deux circuits équivalents des deux phases de Fonctionnement donne :

Pour la première période  $\alpha T_s$

$$I_{C2} = C_2 \frac{dV_0}{dt} = -I_0$$

$$V_L = L \frac{dI_L}{dt} = V_g - R_L I_L$$

Pour la deuxième période  $(1-\alpha) T_s$

$$I_{C2} = C_2 \frac{dV_0}{dt} = I_L - I_0$$

$$V_L = L \frac{dI_L}{dt} = V_g - V_0 - R_L I_L$$

Le circuit est alimenté par 12 V et la sortie sera chargée par une résistance qui n'est pas

représentée ici. Le transistor MOSFET de puissance est représenté par un interrupteur G qui sera commandé périodiquement avec un rapport cyclique  $\alpha$  à la fréquence  $F=1/T$ .

- **Le Transistor Mosfet De Puissance**

Les MOSFET de puissance utilisés dans les alimentations à découpages et autres convertisseurs DC/DC, DC/AC sont généralement de type N.



Le transistor à effet de champ (**jonction field effect transistor, JFET**) est essentiellement constitué à partir d'un substrat de semi-conducteur (**silicium dopé P**) sur lequel sont développées des zones fortement dopées N constituant le **drain (D)**, la **source (S)** et une électrode de commande ou **grille (G, gate)**.

La grille du transistor MOSFET (metal oxyde semi conductor field effect transistor) se trouve être montée sur une couche isolante d'oxyde de silicium.

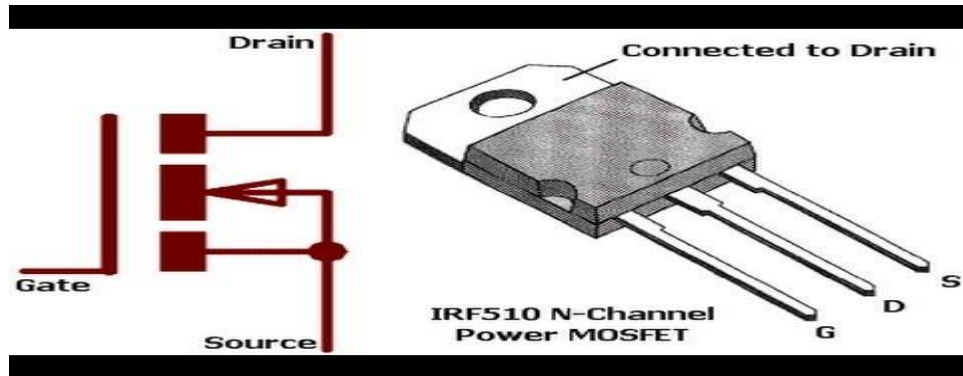


Fig.3.10 image de Transistor MOSFET de puissance

### 2.3.2 Etude en conduction continue

Le fonctionnement de ce circuit peut être divisé en deux étapes selon l'état de l'interrupteur K.

- **Accumulation d'énergie :  $0 < t < at$  avec  $\alpha \in [0, 1]$  ;**

On considère que l'interrupteur K est fermé et la diode D bloquée, le schéma équivalent est le suivant :

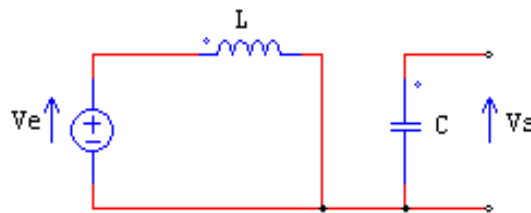


Fig.3.11 schéma cas K fermé

Nous avons :

$$V_e = L \frac{di}{dt}$$

D'où

$$i(t) = \frac{V_e}{L} t + i_0$$

$t = \alpha T$ , le courant sera maximal dans l'inductance.

$$i_{max} = \frac{V_e}{L} \alpha T + i_0 \quad (1)$$

- **Transfert d'énergie :**  $\alpha t < t < T$

On considère que l'interrupteur est maintenant ouvert, la diode D conduit. Le schéma équivalent est le suivant.

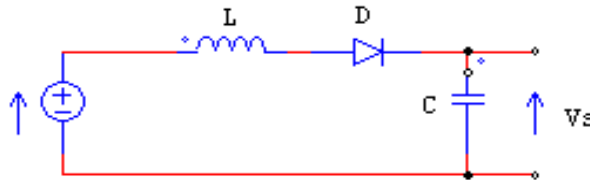


Fig.3.12 schéma cas T ouvert

$$V_e - L \frac{di}{dt} - V_s = 0 \quad \text{d'où} \quad V_s - V_e = -L \frac{di}{dt}$$

A  $t = T$ , ce courant sera minimal donc égal au courant  $i_0$

$$i_{min} = i_0 = i_{max} - \frac{V_s - V_e}{L} (1 - \alpha) T \quad (2)$$

Soit  $\Delta i$ , l'ondulation du courant dans l'inductance  $\Delta i = i_{max} - i_{min}$

De l'équation (1) on tire.

$$\Delta i = \frac{V_e}{L} \alpha t$$

De l'équation (2) on tire.

$$\Delta i = \frac{V_s - V_e}{L} (1 - \alpha) T$$

En combinant ces deux dernières équations nous obtenons :

$$V_s = \frac{V_e}{(1 - \alpha)}$$

D'après cette dernière relation, on constate que la tension de sortie dépend de la tension d'entrée et du rapport cyclique  $\alpha$ , sachant que  $\alpha$  est compris entre 0 et 1, le convertisseur est alors, un élévateur de tension.

Théoriquement la tension de sortie est indépendante de la charge, mais dans la pratique tous les composants n'étant pas parfait, il y a des disparités qui apparaissent et cela est dû aux imperfections des composants réels.

Ce convertisseur est maintenant connecté à une charge, il y a un courant de sortie  $I_s$  qui traverse cette charge. Ce courant dépend de la valeur de la charge, plus la charge est grande, plus le courant diminue. Une très faible valeur de ce courant peut faire passer le circuit à un mode de fonctionnement discontinu, c'est pourquoi on parle de limite de fonctionnement continue.

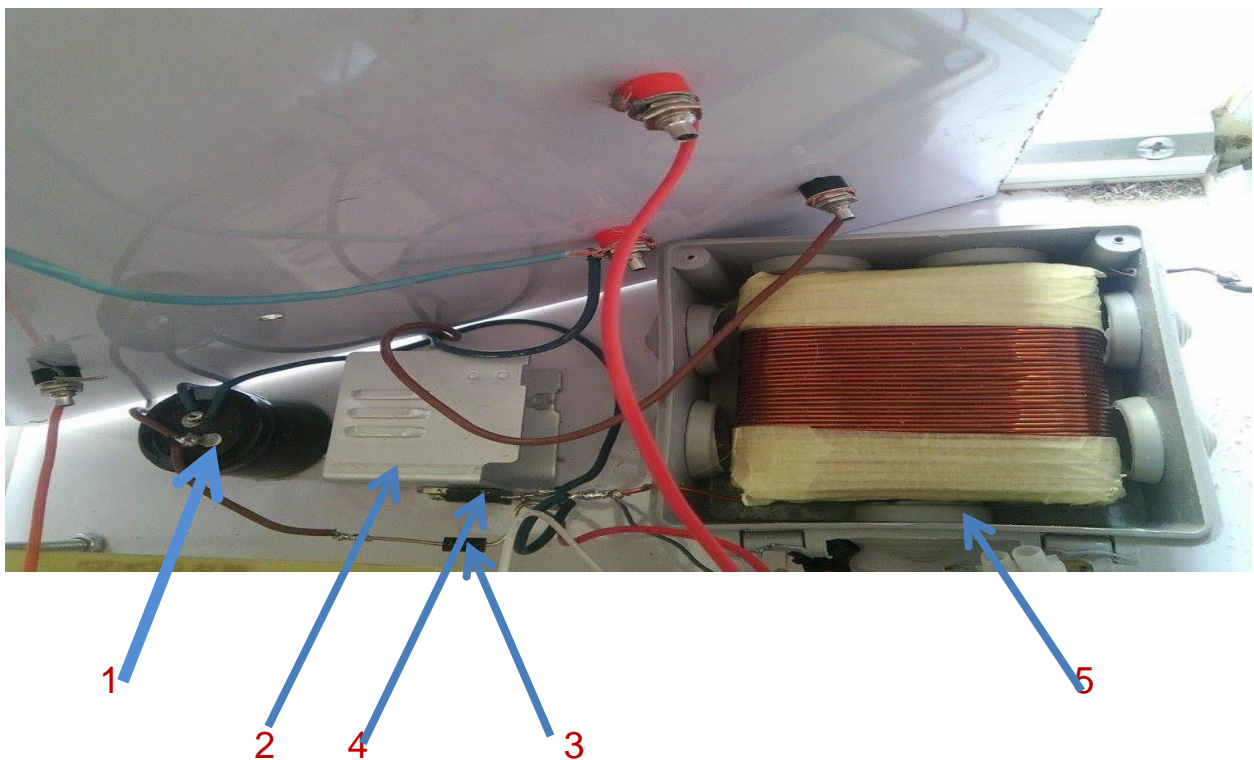


Fig.3.13 image de Bloc de puissance

1- capacité    2- radiateur    3- diode 10(A)    4- transistor    5- bobine

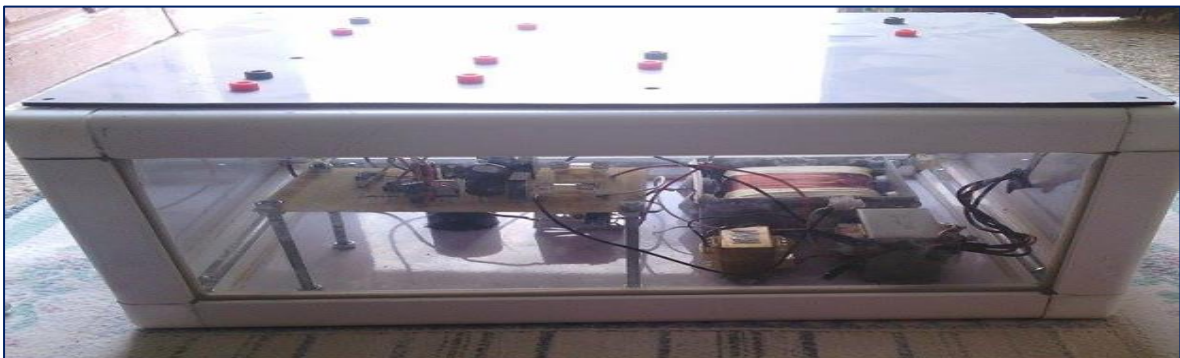


Fig.3.14 image Globale d'un convertisseur DC/DC boost

Les résultats du convertisseur réalisé

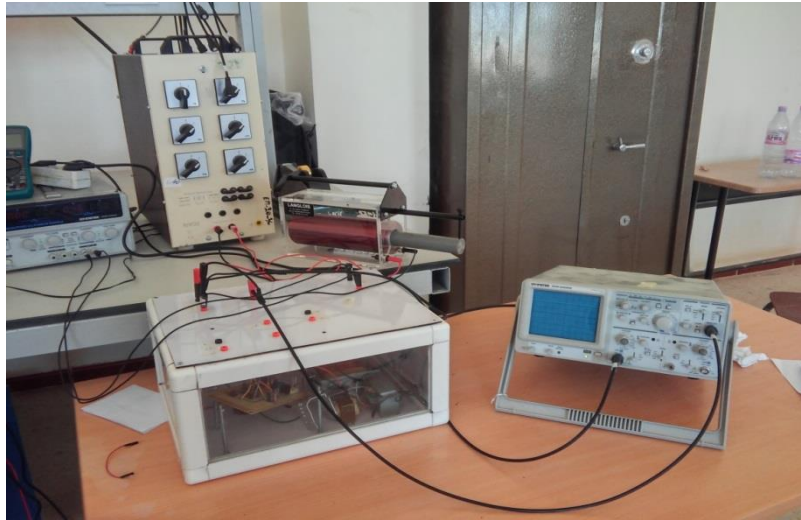


Fig.3.15 Schéma du montage

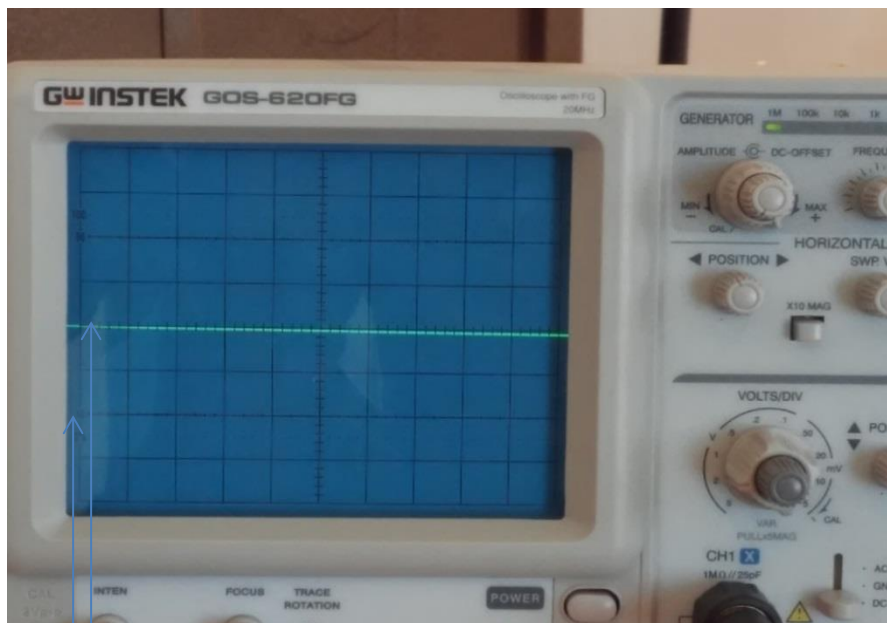


Fig.3.16 La tension d'entrer du convertisseur = 5 v

0v



Fig.3.17 La tension de sortie (ou borne de la charge = 10 v)

### Conclusion

Dans ce projet, nous agissons sur le rapport cyclique de chaque module pour avoir en sortie la même tension, sachant que ces rapports cycliques peuvent être différents du fait que les modules ne sont pas parfaitement les mêmes.

Une fois que les modules ont la même tension, ils pourront être mis en parallèle et ainsi délivrer à peu près le même courant, ce qui était la vraie problématique de notre projet.

# Conclusion générale

### Conclusion générale

L'utilisation d'énergie solaire comme source alternative d'énergie, souffre du coût élevé des cellules solaires, du faible rendement et de la puissance intermittente selon la fluctuation des conditions atmosphériques. Par conséquent, n'importe quelle conception de système d'application d'énergie solaire, devrait prendre en compte ces inconvénients.

Le stockage dans un système photovoltaïque contribue pour une part non négligeable au coût total d'exploitation par ses remplacements successifs durant la durée de vie d'un système. En effet, suivant la technologie et l'utilisation des batteries au plomb. En outre, le coût total du stockage ne suit pas la même baisse que celle obtenue sur l'autre composant d'un système PV.

Dans le premier chapitre, nous avons décrit les fondements nécessaires des différentes performances d'une batterie en bon état. Ces performances changent avec le vieillissement de la batterie et elles sont très sensibles aux conditions d'utilisation des batteries, elles peuvent même devenir gênantes et empêcher la recharge de la batterie. Les spécificités d'utilisation des batteries en technique photovoltaïque ont été aussi étudiées.

Au deuxième chapitre on a traité la simulation en Simulink (Matlab) du système PV avec une batterie où on a présenté le modèle en Simulink de chaque sous-système ainsi que l'association de tous. Une partie pratique qui contient des essais expérimentaux pour voir réellement le comportement du système PV avec stockage, est réalisé.

La réalisation d'un hacheur boost était le contexte du troisième chapitre, les différents étapes de la réalisation sont données, précédé bien sûr du cahier de charge.

#### **Perspectives :**

- En ajoute la commande MPPT pour améliorer son travail.
- Etudes des systèmes d'irrigation utilisant d'autre source d'énergie : l'énergie éolienne, ou une alimentation hybride (solaire éolienne).

# **Bibliographie**



## Bibliographie

- [1] : vincent benamara, << étude et simulation d'un panneau solaire raccordé au réseau avec périphérique de stockage >>, mémoire ingénieur, école de technologie supérieure Université du Québec, 2012.
- [2] D D. Benchemte, F. Mattera, M. Perrin, 1. Martin, O. Bach, M. Le Gall and P. Malbranche, "Optimization of charge parameters for lead--acid batteries used in photovoltaic systems" Journal of Power Sources, Volume 144, Issue 2, pp. 346-351, 15 June 2005.
- [3] P.C. Butler, J.T. Crow and P.A. Taylor, "Battery evaluation methods and results for stationary applications", Telecommunications Energy Conference, 1997. INTELEC 97, 19th International, pp.311 - 318, 19-23 Oct. 1997.
- [4] J. Robert et J. Alzieu, "Accumulateurs au plomb ", Techniques de l'Ingénieur, traité de Génie Électrique, D3351, 11/2004.
- [5] :y amina azzoug,<< commande de la charge d'une batterie dans une installation photovoltaïque >>, comme exigence partielle de la maîtrise en génie à université du Québec électrique,2008
- [6] 1.P. Dunlop, "Charge Control in Stand Alone Photovoltaic Systems Fundamentals and Applications", Cocoa, Sandia National Laboratories, 1997.
- [7] :mechouma rabiaa,<< contribution à l'étude des onduleurs dans les systèmes photovoltaïques: applications pour les charges commerciales >>, thèse de doctorat en sciences, à université hadj Lakhdar – Batna ,2015