

Introduction générale

Un des plusieurs champs d'utilisation des robots est la sécurité et la surveillance. En effet, on cherche toujours à avoir une alternative qui simule exactement ou presque, le comportement humain dans ce sens. C'est dans ce cadre que furent créés les robots de surveillance et c'est donc le thème de notre projet.

L'idée de ce projet est nouvelle, en fait on se propose de réaliser un robot de surveillance domestique, capable de faire une vidéosurveillance permanente, commandé à distance depuis n'importe quel lieu, et le plus important, c'est qu'on aura recours à l'énergie renouvelable, vu l'importance de cette énergie et surtout l'énergie solaire, il est simple de concevoir ce robot avec des batteries rechargeables via un panneau solaire. En effet, on veut garder un rythme de fonctionnement permanent, permettant d'exploiter le robot le plus de temps possible sans qu'il n'ait besoin de s'arrêter pour charger ses batteries depuis une source d'alimentation.

Il nous a fallu passer par plusieurs étapes pour enfin réaliser notre robot, des étapes qu'on détaillera dans les chapitres qui suivent.

Après une présentation générale du projet, nous aborderons les différents travaux auxquels on a pu participer tout au long de notre Projet de Fin d' Année.

On va ensuite réaliser une étude approfondie du système photovoltaïque où on donnera les différentes parties nécessaire pour le bon fonctionnement de ce système.

Le troisième chapitre, sur lequel est basée la partie la plus importante du projet, qui relie l'étude à la réalisation, va contenir tous les détails de la conception des compartiments du robot.

Enfin, on va concrétiser les idées et les études citées précédemment, en réalisant toutes les parties nécessaires pour le bon fonctionnement du robot.

CHAPITRE 1: ETUDE GÉNÉRALE DU PROJET

Introduction

Dans ce chapitre, on va définir les robots, plus particulièrement ceux de surveillance et on présentera son nécessité dans le domaine de sécurité. On citera aussi les critères de notre robot imposés par le cahier des charges.

1) Définition de la Robotique

L'origine du mot robot est issue du mot tchèque « robota » qui signifie travail forcé. Le terme de robotique est apparu en 1942 dans le cycle universellement connu rédigé par Isaac Asimov est intitulés « Nous les robots » ou « The robots of Dawn » (en Anglais).

Un robot est une machine programmable qui imite des actions d'une créature intelligente. Isaac Asimov a écrit les 3 lois fondamentales de la robotique, qui permettent d'éviter que cette science amène l'apocalypse avec elle :

- 1ère loi : Un robot ne peut porter atteinte à un être humain ni, en restant passif, laisser cet être humain exposé au danger.
- 2ème loi : Un robot doit obéir aux ordres donnés par les êtres humains, sauf si de tels ordres sont en contradiction avec la première loi.
- 3ème loi : Un robot doit protéger son existence dans la mesure où cette protection n'est pas en contradiction avec la première ou la deuxième loi.

Les robots prennent actuellement une place importante dans notre vie, on les trouve dans toutes les entreprises pour accélérer la production ou pour agir là où l'homme ne peut pas travailler à cause du danger, à la maison pour aider à la cuisine et aux tâches ménagères, à la guerre (un missile téléguidé peut être considéré comme un robot), dans les services publics comme les hôpitaux, casernes de pompiers, la police.

Le premier type de machine que l'on peut appeler robot correspond aux « Automates ». Ceux-ci sont généralement programmés à l'avance et permettent d'effectuer des actions répétitives.

Le second type de robot correspond à ceux qui sont équipés de capteurs. On trouve des capteurs de température, photo électronique, à ultrasons pour par exemple éviter les obstacles et/ou suivre une trajectoire. Ces capteurs vont permettre au robot une relative adaptation à son environnement afin de prendre en compte des paramètres aléatoires qui n'aurait pu être envisagés lors de leur programmation initiale. Ces robots sont donc bien plus autonomes que

les automates mais nécessitent un investissement en temps de conception et en argent plus conséquent.

Le dernier type de robot existant est caractérisé par une intelligence dite « artificielle » et reposant sur des modèles mathématiques complexes tels que les réseaux de neurones.

Ces robots peuvent prendre des décisions beaucoup plus complexes et ils sont capables d'effectuer un apprentissage de leurs erreurs comme peut le faire l'être humain.

Mais plus simplement, un robot est un superordinateur logé dans un corps mobile, capable de fonder ses actions de manière raisonnée sur ce qu'il perçoit du monde extérieur.

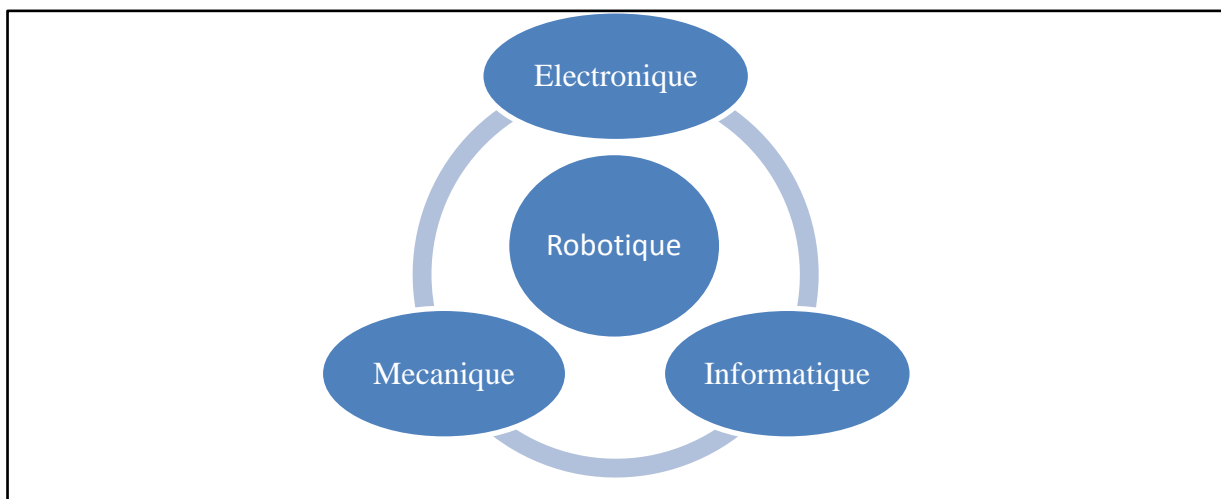


Figure 1.1 : définition de la robotique

2) Qu'est-ce qu'un robot de surveillance ?

Le mot « Surveillance et gardiennage » concerne la robotique pour des applications de surveillance de zones ou périmètres délimités, aussi bien pour le marché des professionnels avec la surveillance d'entrepôts ou zones industrielles, pour le marché de la robotique domestique avec la surveillance du domicile, ou encore pour la sécurité des États et du public à travers la surveillance de sites sensibles ou le contrôle des frontières.

3) Analyse du cahier des charges

3.1) Description de projet

Le but final de notre projet est de réaliser un robot de surveillance. Notre étude consiste à concevoir et réaliser un robot commandé à distance alimenté par l'énergie solaire à travers un panneau photovoltaïque.

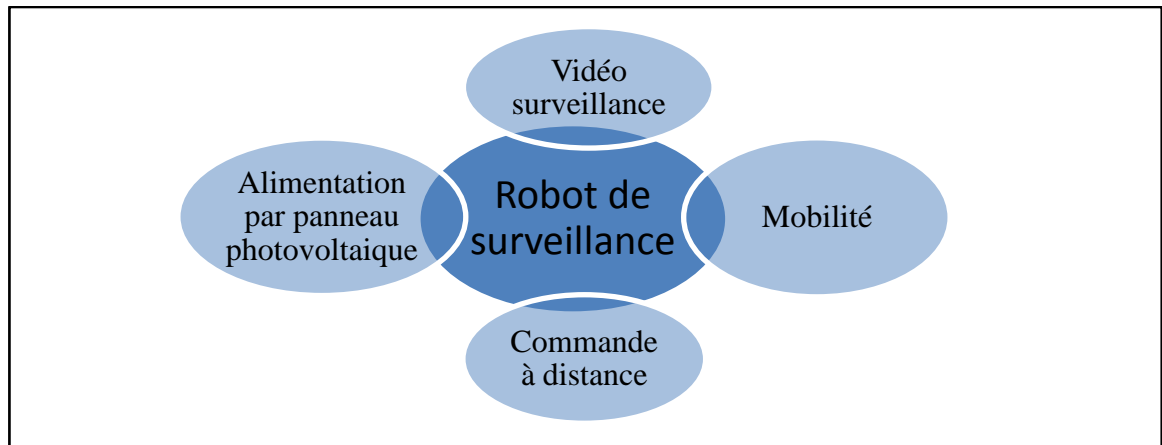


Figure1.2 : Décomposition du robot

3.1.1) La vidéo surveillance

La vidéo surveillance est un système de caméras et de transmission d'images, disposé dans un espace public ou privé pour le surveiller. Les images obtenues avec ce système, peuvent être traitées automatiquement et/ou visionnées puis archivées ou détruites. La surveillance a pour but de contrôler les conditions de respect de la sécurité, de la sûreté ou de l'exécution d'une procédure particulière, la surveillance d'un local privé dans notre cas.

Il existe plusieurs catégories de caméras :

- Intérieur ou extérieur.
- Fixes ou mobiles.
- Couleur, ou noir et blanc.

Par l'utilisation de circuits amplificateurs de lumière ou par traitement infrarouge, certaines caméras sont capables aujourd'hui de filmer de jour comme de nuit, selon leur sensibilité.

La caméra peut être attachée à un objet fixe (mur) ou bien mobile (automobile, drone). De nos jours, les caméras vidéos sont mobiles (rotatives et contrôlables à distance). Certains logiciels seraient capables de compter le nombre de véhicules passant dans le champ de vision d'une caméra, de lire les plaques d'immatriculation et même de pratiquer la reconnaissance faciale en temps réel.

Dans notre cas, la camera mobile sera encastré au top du robot pour avoir un champ de vision clair, et elle est capable de tourner à 360° sur l'axe vertical et 120° sur l'horizontal.

3.1.2) La commande à distance

La commande à distance est utilisée chaque fois que l'on ne veut ou que l'on ne peut pas manœuvrer directement un appareil. On y fait appel principalement si celui-ci est loin, inaccessible ou mobile, si la manœuvre de commande ou si différentes actions appliquées en des points dispersés doivent être coordonnées.

La commande à distance offre de plus la possibilité d'une transmission pour agir à distance et pour, simultanément, être toujours informé de la situation afin de prendre les décisions convenables.

Très tôt, dès le début du 20^{ème} siècle, les scientifiques se sont intéressés à cette technologie, la commande à distance.

En effet, la commande électrique évolue tous les jours avec les techniques. La commande à distance peut être réalisée par signal lumineux, courant électrique ou par ondes. On va la technique de transmission par ondes, Wifi dans notre cas, qui fera l'affaire de liaison entre l'interface de commande (Ordinateur distant) et le robot à commander.

3.1.3) L'avantage de l'utilisation de l'énergie solaire

Même si actuellement l'énergie solaire reste une source d'énergie renouvelable encore peu développée, son avenir semble assuré à cause de l'augmentation des prix des énergies fossiles. Cette énergie présente, en effet, beaucoup d'avantages surtout dans l'utilisation des panneaux solaires :

- D'un point de vue écologique, les panneaux solaires sont une énergie propre, non polluante pour l'environnement. Aucun gaz à effet de serre n'est rejeté et il n'y a aucun déchet radioactif produit.
- L'énergie solaire est inépuisable, contrairement aux énergies fossiles comme le charbon ou le pétrole qui sont pourtant encore plus utilisés que le solaire.
- Pour les endroits isolés ou les petites installations, rien de tel que les panneaux solaires pour les rendre autonomes.
- Les panneaux solaires, une fois installés, demandent très peu d'entretien et l'énergie est produite sans action de l'homme.
- Les panneaux solaires restent silencieux et non dérangeants pour les riverains voisins, ce qui n'est pas le cas de toutes les sources d'énergie.

On va utiliser un panneau avec des dimensions bien déterminées en fonction des batteries du robot, pour fournir un maximum de puissance capable d'alimenter le robot pendant un bout de temps.

3.2) Objectifs du projet

Plusieurs obligations et certains critères ont été posés, nous ont permis d'extraire ces objectifs, qui sont mentionnés ci-dessous :

Alimentation de robot:

- Le robot assure l'autonomie de son fonctionnement
- Le robot est équipé par un dispositif de stockage d'énergie
- Alimentation est équipée par panneau photovoltaïque

Le robot de surveillance est capable d'exécuté des tâches multiples :

- Détection de mouvement.
- Avertissement par alarme sonore.
- Avertissement par envoi d'e-mails.
- Donner la possibilité de visionnage à distance.
- Enregistrement des images.
- Enregistrement vidéo continu ou préprogrammé.

Le robot de surveillance donne la possibilité de :

- Programmer la trajectoire à suivre.
- Commander par WIFI ou radio.
- Configurer online et offline.
- Communiquer par WIFI.

Conclusion

En conclusion dans ce chapitre, on peut dire que la surveillance à distance est devenue quelque chose d'important de nos jours, surtout pour les familles qui ne trouvent plus le temps de garder un œil sur leurs enfants ou leurs maisons. On veut alors réaliser un robot équipé d'un panneau photovoltaïque, commandé à distance et qui peut rouler librement tout en permettant le visionnage du local à surveiller.

Pour assurer cet objectif, On réalise des procédures qu'on va détailler dans les chapitres qui suivent, voir une partie mécanique, électrique et une partie programmation. Pour cela on a jugé nécessaire de consacrer le chapitre suivant pour présenter le panneau photovoltaïque puisqu'il jouera un rôle essentiel dans notre système.

CHAPITRE 2:

ETUDE ET ANALYSE D'UN SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE

Introduction

Dans ce chapitre, on va étudier les systèmes, voir les cellules photovoltaïques [1] et ses différents types, les caractéristiques électriques du panneau solaire utilisé, ainsi que l'étude de la commande « MPPT » [2] adoptée pour notre circuit, suivie par une modélisation et une simulation sous l'environnement « PSIM ». Cette étude contribuera par la suite à la conception et la réalisation de la chaîne de conversion photovoltaïque.

1) La Cellule Photovoltaïque

1.1) Description

Une cellule photovoltaïque est principalement basée sur la nature d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse et la transforme directement en courant électrique, c'est l'effet photovoltaïque [2].

La cellule PV est composée de plusieurs couches minces :

- une couche antireflet sur la face avant dont le but est de faciliter la pénétration d'un maximum de photons à travers la surface et de réduire les pertes par réflexion [2] .
- une grille conductrice avant, ayant une bonne résistance à la corrosion.
- une couche dopée N avec porteurs de charge libres négatifs (électrons).
- une couche dopée P avec porteurs de charge positifs (trous).
- une surface conductrice de contact en métal, ayant une bonne conductivité ainsi qu'un bon accrochage sur le silicium.

La *figure2.1* est une représentation de la constitution physique d'une cellule PV.

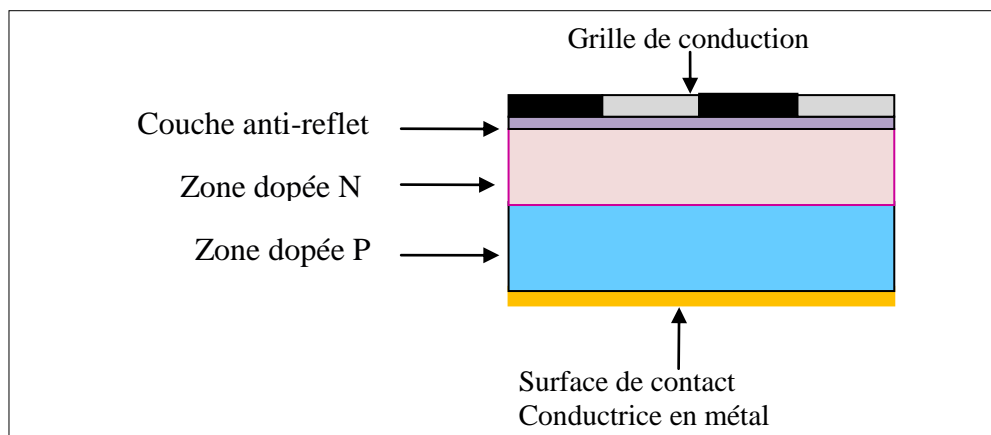


Figure2.1 cellule photovoltaïque

Il existe plusieurs types de cellules PV selon leur nature physique et leur rendement, on peut citer:

1.1.1) Types de Cellules PV

Les cellules en silicium monocristallin représentent la première génération des générateurs photovoltaïques. Elles se présentent sous forme de plaquettes rondes, carrées ou pseudo carrées. Leur rendement varie de 12 à 16%, mais elles ont un prix élevé. La figure (2.2.a) représente une photo de la cellule [4].

La cellule poly cristallin est d'aspect bleuté, mais pas uniforme. On distingue des motifs créés par les différents cristaux. Elles ont un rendement de 11 à 13%, et leur coût de production est moins élevé que les cellules monocristallines. La figure (2.2.b) représente une photo de la cellule [4].

Le silicium lors de sa transformation, produit un gaz, qui est projeté sur une feuille de verre. La cellule est grise très foncée. C'est la cellule des calculatrices et des montres dites "solaires". Leur rendement est de l'ordre de 5 à 10%. La figure (2.2.c) représente une photo de la cellule [4].



Figure2.2.a: Cellule monocristallin



Figure2.2.b: Cellule poly cristallin

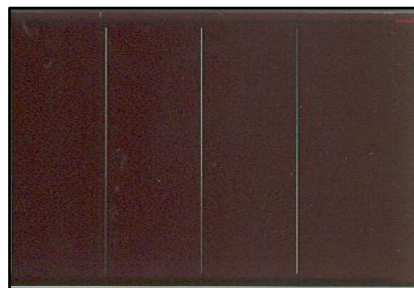


Figure2.2.c. Cellule amorphe

2) Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement de la cellule PV fait appel aux propriétés du rayonnement et à celles des semi-conducteurs.

2.1) Généralité sur les semi-conducteurs

2.1.1) Le semi-conducteur

Un semi-conducteur est un matériau qui a une concentration très faible à charge libre par rapport aux métaux et sa résistivité est intermédiaire entre celle des conducteurs et celle des isolants.

Les principaux semi-conducteurs sont le silicium, le germanium, le sélénium et le séléniure de zinc.

2.1.2) Semi-conducteur en silicium

Le spectre du rayonnement solaire est la distribution des photons en fonction de leur énergie.

Le rayonnement qui arrive sur la cellule solaire se distribue en trois parties : une partie réfléchi, une partie absorbée et le reste passe à travers l'épaisseur de la cellule. Seule la quantité absorbée peut donner un effet PV [1] (se transforme en énergie électrique). Donc, il faut que le matériau ait la capacité d'absorber la lumière visible. Le matériau le plus répandu dans la fabrication des cellules solaires est le silicium.

Un atome de silicium possède 4 électrons sur sa couche externe, deux atomes voisins peuvent mettre en commun chacun un électron et doivent être liés par une liaison covalente. On distingue alors :

- **Le dopage de type N :**

Le dopage de type N consiste à introduire dans la structure cristalline semi-conductrice des atomes étrangers qui ont la propriété de donner chacun un électron excédentaire (charge négative), libre de se mouvoir dans le cristal. C'est le cas du phosphore (P) dans le silicium (Si). En effet, l'ajout de phosphore (cinq électrons de valence) au silicium (quatre électrons de valence) se traduit par un excès d'électrons dans le réseau (conduction assurée par des charges négatives). Dans un matériau de type N, on augmente fortement la concentration en électrons libres [2].

- **Le dopage de type P :**

Le dopage de type P utilise des atomes dont l'insertion dans le réseau cristallin donnera un trou excédentaire. C'est le cas de l'aluminium (Al) dans le silicium (Si). En effet l'ajout d'aluminium (trois électrons de valence) au silicium se traduit par un défaut d'électrons formant des trous dans le réseau (conduction assurée par des charges positives).

Lorsque le semi-conducteur dopé de type P est mis en contact avec celui dopé de type N, une jonction (P – N) sera établie. Au niveau de cette dernière, Les électrons en excès dans le matériau N diffusent dans le matériau P. La zone initialement dopée N devient chargée positivement, et la zone initialement dopée P chargée négativement. Il se crée donc entre elles un champ électrique (obstacle électrique) qui tend à repousser les électrons dans la zone N et les trous vers la zone P. En ajoutant des contacts métalliques sur les zones N et P, une diode est obtenue [2].

Lorsqu'une cellule solaire est éclairée, l'interaction entre les photons lumineux absorbés et le semi-conducteur donne naissance à une photo courant. Si la lumière est suffisamment énergétique, elle crée dans le semi-conducteur des paires d'électrons-trous. En effet, les photons d'énergie supérieure ou égale à la largeur de la bande interdite heurtent le semi-conducteur, transfèrent ainsi leur énergie aux électrons qui se mettent en mouvement dans une direction particulière grâce à la barrière de potentiel, vers le côté négatif N laissant ainsi des trous vides qui se déplacent vers le côté positif P, ce qui donne naissance à une différence de potentiel entre les bornes de la jonction des semi-conducteurs du type (P–N) : c'est l'effet photovoltaïque. Si une charge est placée aux bornes de la cellule, les électrons de la zone N (cathode) rejoignent les trous de la zone P (anode) via la connexion extérieure et le courant électrique circule dans le sens inverse. Ce fonctionnement est illustré par la figure 2.3

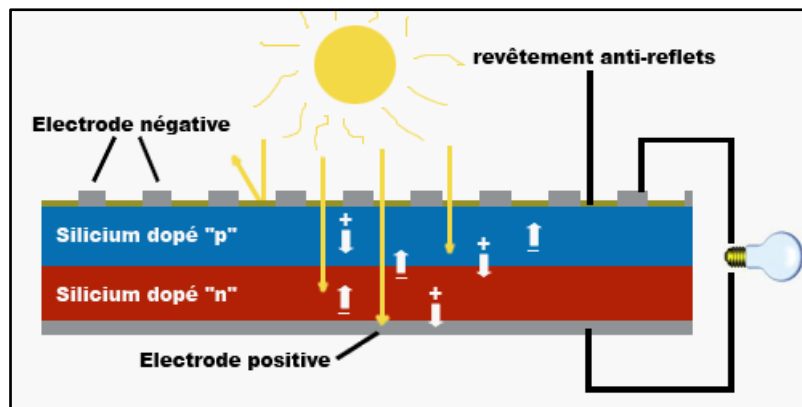


Figure 2.3 : Principe de fonctionnement d'une cellule Photovoltaïque

3) Modélisation Du Panneau Photovoltaïque

3.1) Association des modules PV

Les modules peuvent être connectés en série et en parallèle pour augmenter la tension et l'intensité d'utilisation afin d'être adaptés à la charge utilisée [5].

3.1.1) Le regroupement série

Ce regroupement se fait comme le montre la figure suivante, pour des cellules qui ont la même tension V_c , dont le but d'obtenir une tension de sortie souhaité. Si on branche en série des cellules identiques, le courant de la branche reste le même mais la tension aux bornes de l'assemblage augmente proportionnellement au nombre de cellules.

Exemple : Regroupement de 4 cellules photovoltaïques

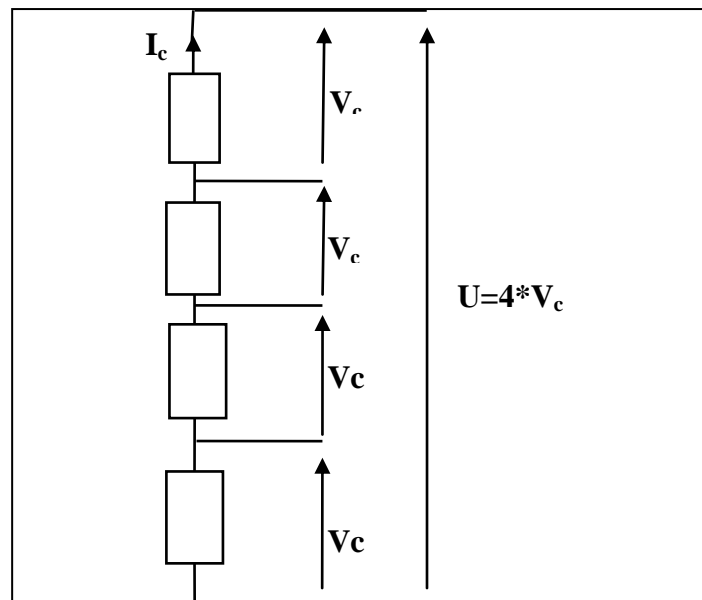


Figure2.4 : Association en série des cellules PV

Si les cellules des modules en série ne sont pas identiques ou si certaines cellules sont partiellement ombragées, elles ne peuvent délivrer qu'un courant limité et la tension d'utilisation des modules en série sera légèrement diminuée. Pour une impédance de charge faible, les cellules moins efficaces peuvent devenir réceptrices si le courant d'utilisation est inférieur au courant produit par ces cellules. La cellule ombragée fonctionne donc en inverse et sera soumise à ses bornes une tension inverse égale à la somme des tensions délivrées par les autres cellules. Un tel fonctionnement provoque l'échauffement de la cellule et risque de la détruire par claquage. Les recherches sur ce sujet ont montré que dans le cas de cellules au silicium, au-delà d'une tension inverse de 20 V, la probabilité de claquage d'une cellule (destruction de la jonction) devient importante. Il convient donc de limiter la tension inverse maximale susceptible de se développer aux bornes d'une cellule en plaçant une diode parallèle "by-pass" au niveau de chaque module. Cette diode limite la tension inverse par sa tension directe puisqu'elle devient passante [5].

La puissance dissipée par la cellule moins efficace se limite, ce qui évite toute destruction de la cellule. La diode parallèle est inopérante en fonctionnement normal et ne diminue pas le rendement des modules.

3.1.2) Le regroupement parallèle

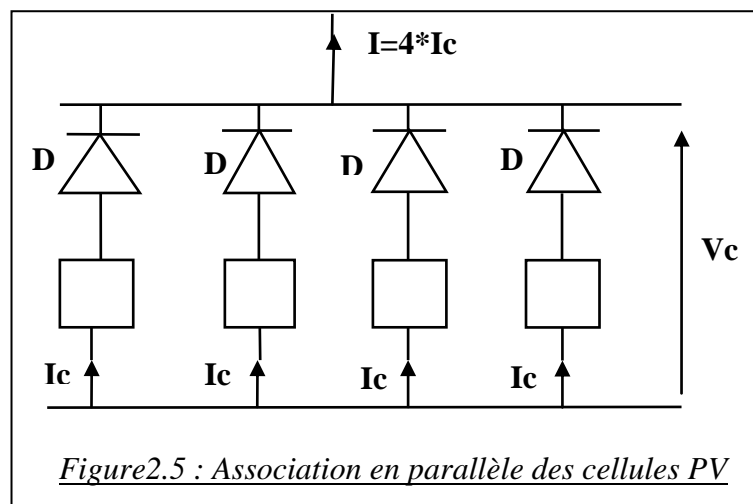
En mettant des cellules identiques en parallèle, la tension du module est égale à la tension de chaque cellule et l'intensité augmente proportionnellement au nombre de cellules en parallèles dans la branche et sera égale à la somme des courants produits par chacune de ces cellules, comme le montre la figure 1.5. Cependant, si les cellules en parallèles ne sont pas identiques ou si quelques cellules du module sont ombragées, le courant d'utilisation total des modules sera plus faible. Pour une impédance de charge élevée, les cellules moins performantes deviendront réceptrices si la tension d'utilisation est supérieure à la tension produite par ces cellules. Une dissipation de puissance importante peut devenir dangereuse au niveau de la cellule la plus faible de ce module [4].

Le courant des cellules performantes se dissipera dans la cellule la moins performante.

Bien que la cellule puisse dissiper un courant important, il est préférable de disposer d'une diode anti-retour. Celle-ci empêche aussi de gaspiller dans la cellule occultée une partie de la puissance produite par les cellules fonctionnant normalement. On place donc cette "diode série", toutes les N_s cellules [4].

Exemple :

Regroupement de 4 cellules photovoltaïques



3.2) Caractéristiques électriques d'un module PV

De point de vue électrique, la cellule photovoltaïque peut être représentée par un dipôle électrique qu'on décrit par le schéma équivalent simplifié de la figure 2.6.

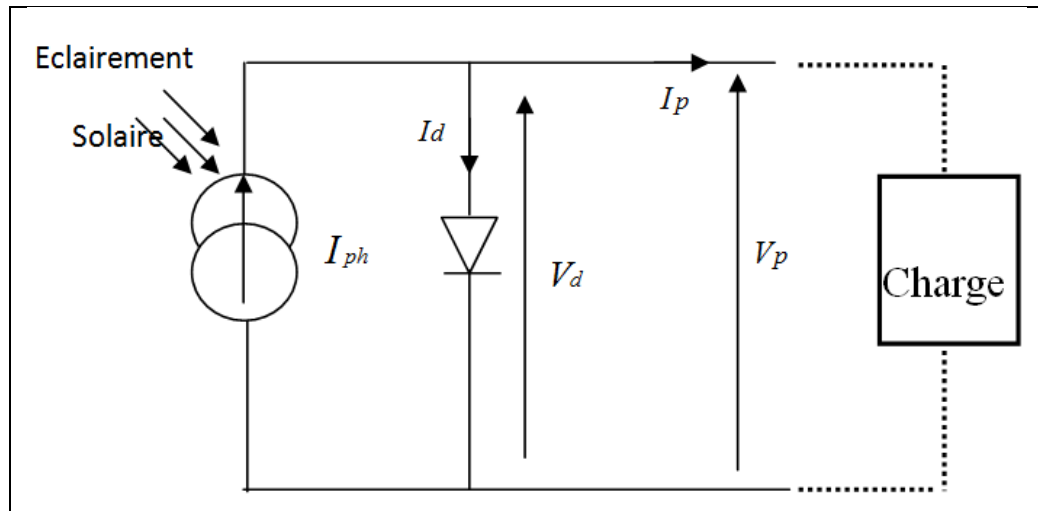


Figure 2.6 : Schéma équivalent simplifié d'une cellule photovoltaïque

Les caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque varient selon plusieurs facteurs. On distingue principalement la température, l'éclairement.

L'équation courant en fonction de la tension associée au module PV [5] peut s'écrire sous la forme suivante:

$$I_p = I_{ph} - I_d = I_{ph} - I_s \left[\exp\left(\frac{V_p}{V_T}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

avec : $V_T = \frac{nKT}{q}$: potentiel thermodynamique,

4) Système d'adaptation Photovoltaïque

Une cellule PV ne peut pas stocker l'énergie électrique, mais l'énergie solaire est toujours présente, ce qui nécessite la présence d'une batterie ou une pile dans les systèmes PV. Le rôle de la batterie est de stocker l'énergie électrique sous forme chimique, puis la libérer sous forme électrique selon les besoins de l'utilisateur [4].

Cette énergie libérée peut alimenter des récepteurs en courant continu ou en courant alternatif selon l'utilisation, La figure 2.7 représente une modélisation d'un système PV.

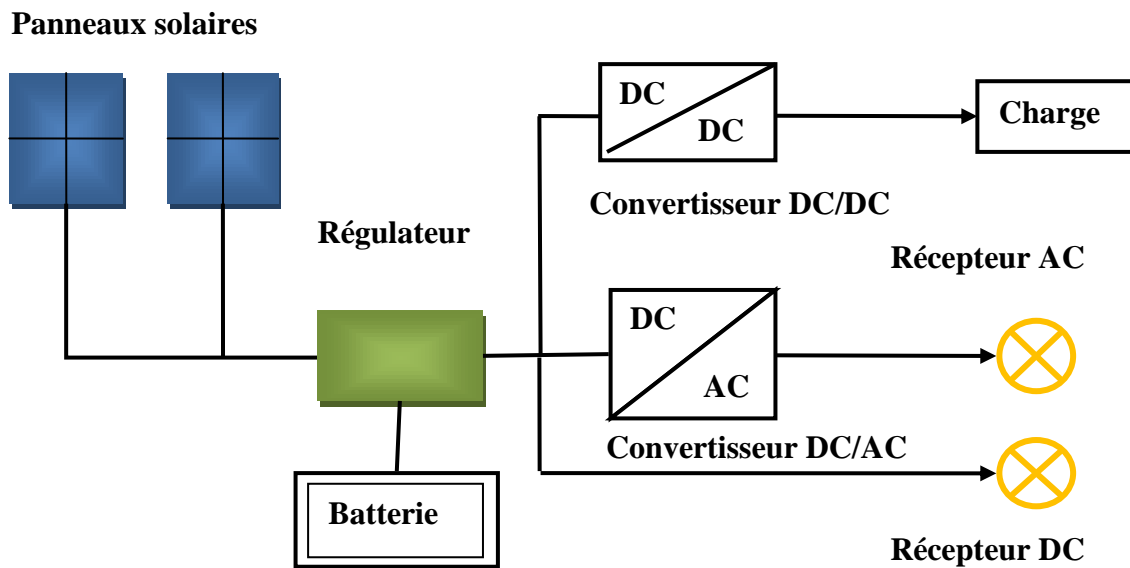


Figure 2.7 : Modèle équivalent d'un système d'adaptation PV

4.1) Cellule, Module et Générateur PV

Une cellule PV délivre un courant de l'ordre de mA et une tension en moyenne inférieure à 1V, donc pour pouvoir utiliser cette source monostable, il faut choisir un des deux types de connexion de ces cellules suivant le besoin d'utilisation.

L'interconnexion des plusieurs cellules photovoltaïques nous donne un module photovoltaïque comme le représente la figure2.8.



Figure2.8 : Module des cellules de silicium cristallin

Le module standard commercialisé, représente l'association de 36 cellules alignées en série pour des applications en 12 V [5]. Généralement une tension à vide supérieure à 20 V et le point optimal de fonctionnement est au voisinage de 16 V à 25°C. Si l'application nécessite une puissance assez importante comme c'est généralement le cas, il faut faire le regroupement

des plusieurs modules ainsi on obtient un générateur photovoltaïque. On peut connecter les modules en série pour augmenter la tension ou en parallèle pour augmenter le courant du générateur [5].

Ces cellules, modules et générateurs PV représentent la base des systèmes PV.

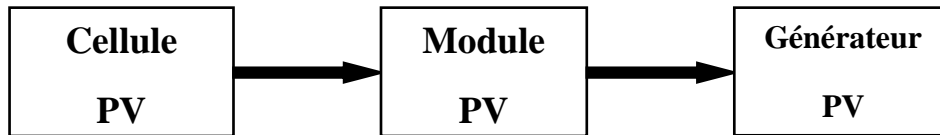


Figure2.9 : Représentation de passage d'une cellule à un GPV

4.2) Modèle de simulation

Afin de pouvoir réaliser des mesures sur le panneau PV et d'évaluer son rendement énergétique on a utilisé l'environnement Psim pour modéliser et simuler le système PV. Les mesures réalisées sont :

- La tension.
- Le courant.
- La puissance instantanée.
- La puissance moyenne.
- La puissance maximale délivrée par le panneau.

Les courbes obtenues seront ensuite exploitées dans l'étude de notre commande.

4.2.1) Caractéristique Courant-Tension

Le panneau utilisé pour la simulation dans ce cas possède une puissance de 60W. La figure 2.10 illustre la caractéristique non linéaire courant-tension notée $I(V)$ d'un panneau PV en silicium avec un éclairement de 1000 et de température 25° .

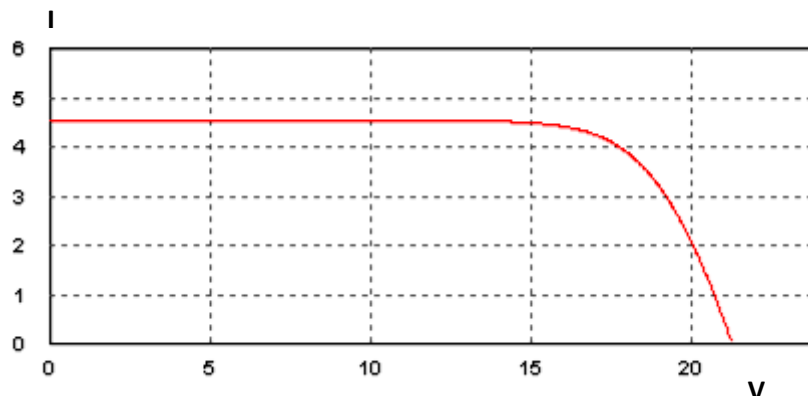


Figure 2.10: Caractéristique courant-tension

4.2.2) Influence de l'éclairement et de la température sur les caractéristiques du module PV

- **Influence de l'éclairement**

La simulation permet d'observer les caractéristiques d'un modèle PV pour différents éclairements comme le montre la figure 2.11 et la figure 2.12 :

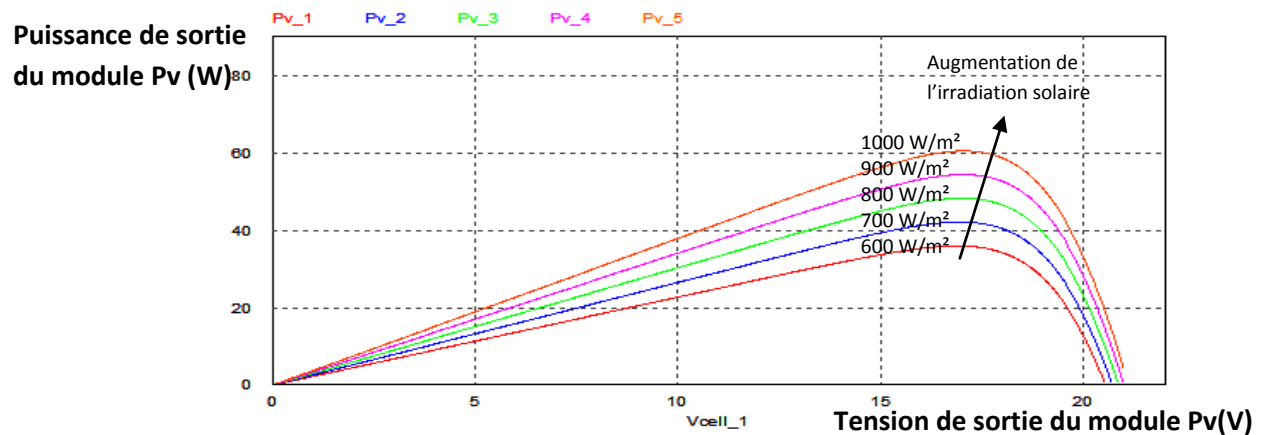


Figure 2.11 : Caractéristiques de la puissance de sortie pour différents éclairements

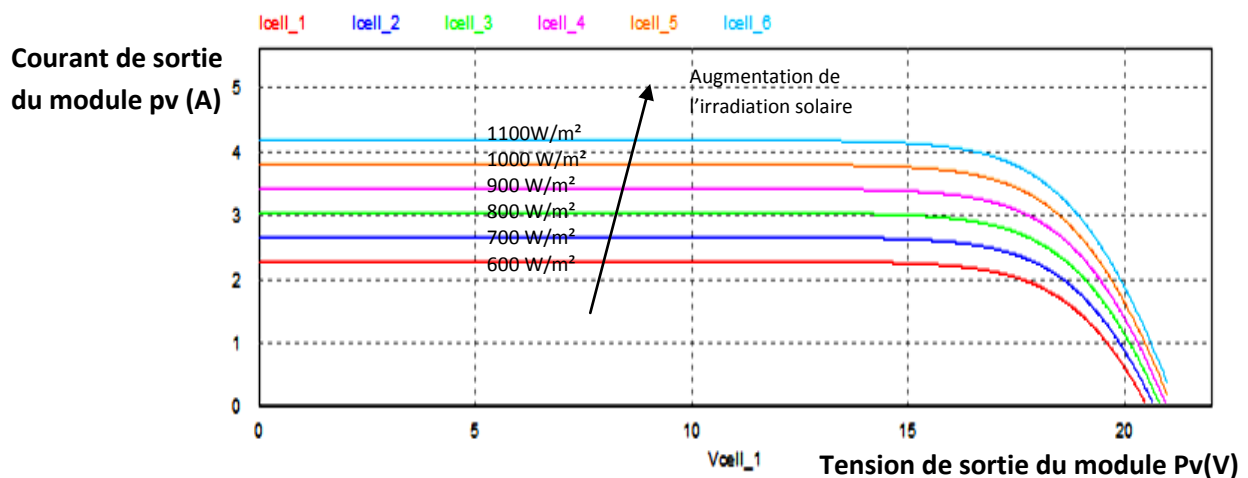


Figure 2.12 : Caractéristiques de courant pour différents éclairements

- **Influence de la température**

La simulation permet d'observer les caractéristiques d'un modèle PV pour différentes valeurs de la température comme le montre la figure 2.13 et la figure 2.14:

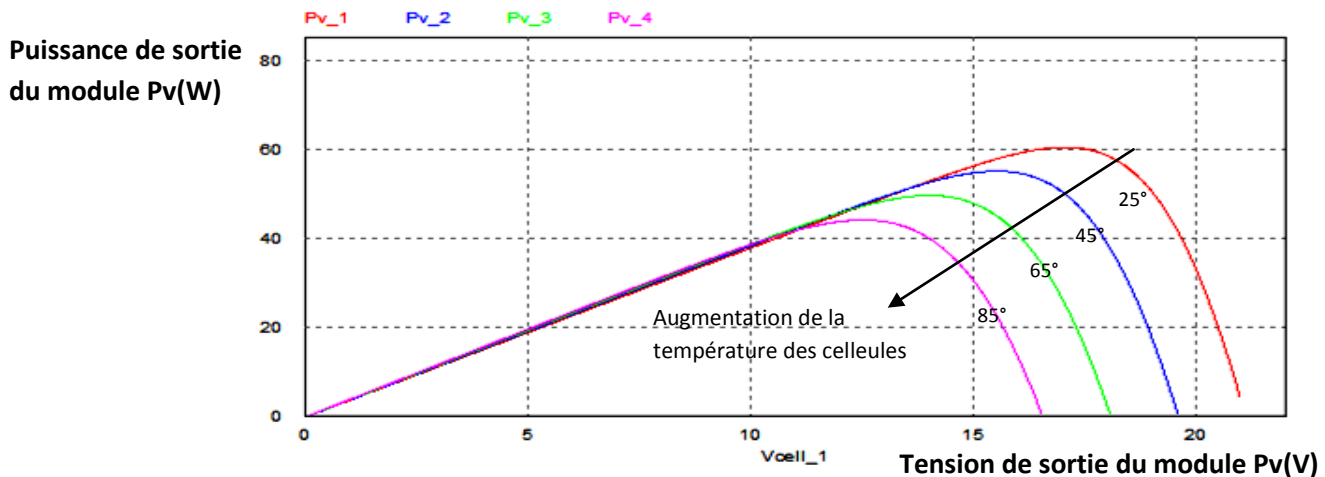


Figure 2.13 : Caractéristique de la puissance pour différents températures

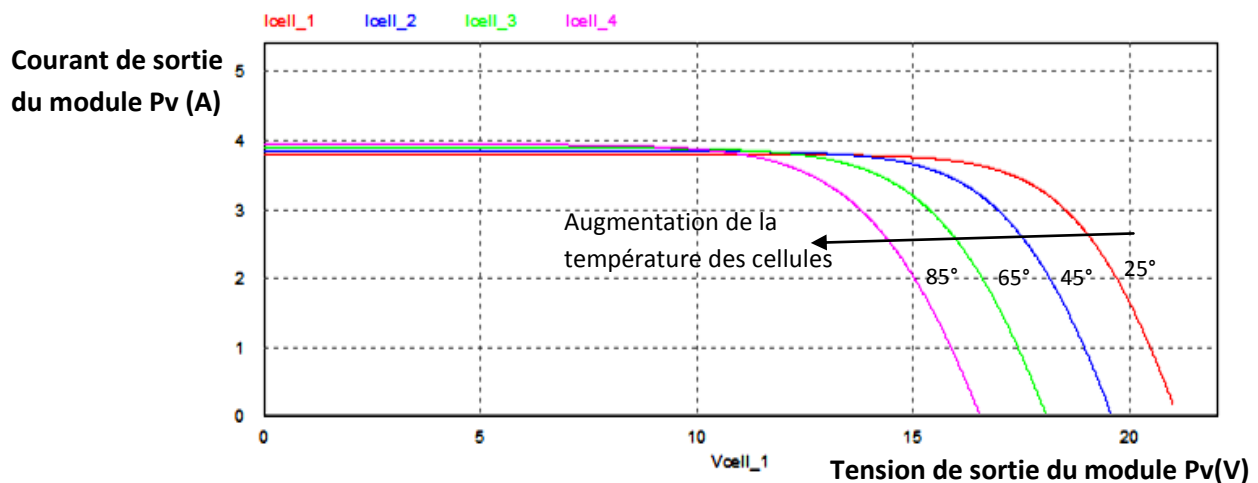


Figure 2.14 : Caractéristique du courant pour différents températures

- **Tableau récapitulatif de l'influence de la température et de l'irradiation**

Tableau 1. Effet de la température et de l'irradiation sur les caractéristiques électriques du Pv

	Tension	Courant	Puissance
Température augmente	Diminue	Augmente	Diminue
Température diminue	Augmente	diminue	Augmente
Irradiation augmente	Augmente	Augmente	Augmente
Irradiation diminue	diminue	diminue	Diminue

4.3) Régulateur

Les surcharges et les décharges excessives de la batterie peuvent causer une perte d'électrolyte et endommager les plaques donc elle doit être protégée, c'est le rôle du régulateur

qui maintient la tension de sortie entre deux seuils et permet ainsi une plus longue durée de vie du système photovoltaïque. Le régulateur est caractérisé par un courant maximum de charge (panneaux solaires), un courant maximum de décharge et par la tension nominale. Son fonctionnement est le suivant :

- Si la batterie est chargée au maximum (13,8 V pour une tension nominale de 12 V), le régulateur met les modules hors circuit afin de ne pas altérer la batterie.
- Si la batterie se décharge profondément, le régulateur interrompt la consommation à 11,4 V pour éviter une sulfatation des plaques en dessous de 11,0 V.

4.4) Le convertisseur DC/DC

Ce convertisseur notamment appelé hacheur, transforme le courant ou la tension continu(e) en faisant varier l'amplitude. On distingue les hacheurs élévateurs (parallèles) et les hacheurs abaisseurs (séries) [1].

- **Convertisseur BUCK**

Le convertisseur Buck est un convertisseur de puissance de type DC/DC communément appelé abaisseur car il permet d'obtenir sur son port de sortie une tension inférieure à la tension présente sur le port d'entrée, mais en contrepartie son courant de sortie est plus élevé.

Ce convertisseur appartient à la famille des alimentations à découpage, il est constitué d'une cellule de commutation formée par deux semi-conducteurs dont l'un possède un amortissement commandé et un autre spontanée [1].

La façon la plus simple de réduire une tension est d'utiliser un diviseur de tension, mais les diviseurs dissipent, sous forme de chaleur, l'excès de tension. Cette solution possède un faible rendement ce qui est inacceptable pour les applications d'électronique de puissance. Ainsi un convertisseur Buck affiche un rendement de conversion proche 95% et offre la possibilité de réguler la tension de sortie et donc plus adapter pour les applications de l'électronique de puissance.

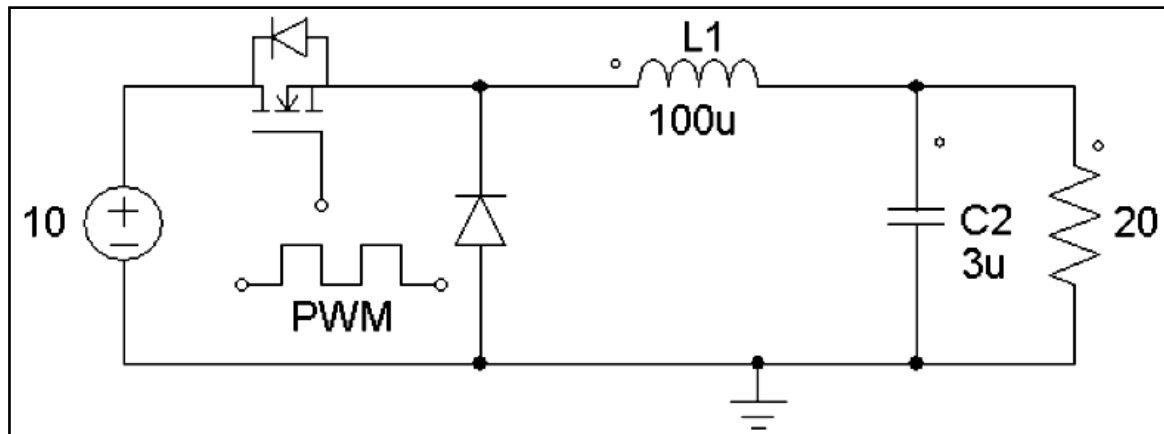


Figure2.15: Schéma de simulation de convertisseur Buck

Quand un convertisseur Buck est en mode de conduction continue, le courant à travers l'inductance ne s'annule jamais et la tension moyenne décrite par l'équation à ses bornes est nulle.

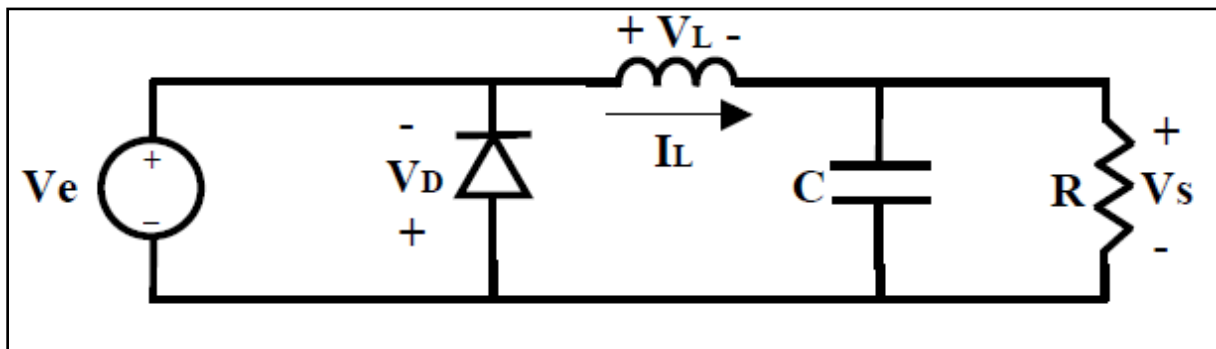
$$\langle V_L \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T V_L \cdot dt = 0 \quad (2)$$

Le fonctionnement du convertisseur sur une période de découpage est divisé en deux parties qui sont l'état ON et l'état OFF, ce qui permet d'écrire :

$$\langle V_L \rangle = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} V_L(t) \cdot dt + \frac{1}{T} \int_{\alpha T}^T V_L(t) \cdot dt = 0 \quad (3)$$

αT correspond à l'intervalle de conduction de l'interrupteur.

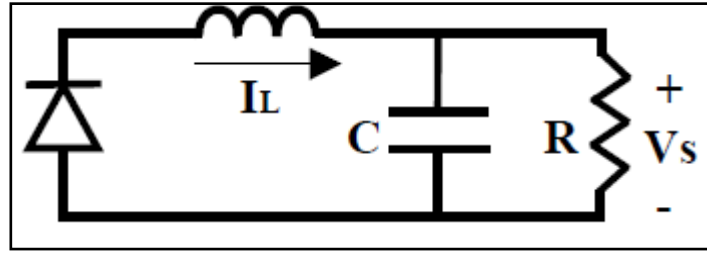
À l'état « ON » on a :



Dans ce cas on a : $\langle V_L \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T V_L \cdot dt = \frac{1}{T} \alpha T (V_e - V_s)$

$$\langle V_L \rangle = \alpha (V_e - V_s) \quad (4)$$

À l'état « OFF » on a :



Dans ce cas on a :

$$\langle VL \rangle = \frac{1}{T} \int_{\alpha T}^T VL(t). dt$$

$$\langle VL \rangle = \frac{1}{T} (T(-Vs) + \alpha TVs) = Vs(\alpha - 1) \quad (5)$$

En insérant les équations (2) et (3) dans (1), on obtient la relation entre la tension de sortie et la tension d'entrée du convertisseur Buck:

$$\langle VL \rangle = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} VL(t). dt + \frac{1}{T} \int_{\alpha T}^T VL(t). dt = 0$$

$$\langle VL \rangle = \alpha (Ve - Vs) = Vs(\alpha - 1) \quad (6)$$

$$Vs = \alpha Ve \quad (7)$$

Avec α compris entre 0 et 1, on s'aperçoit que la tension de sortie Vs est inférieure à la tension d'entrée Ve .

4.5) La commande MPPT

L'exploitation de l'énergie solaire présente un potentiel énorme. C'est dans cette optique que sont conçus les panneaux photovoltaïques. Même s'il est connu que les rendements sont relativement peu élevés (de l'ordre de 30 à 40%), la recherche de la puissance maximale est nécessaire. Or, les panneaux photovoltaïques sont soumis à des conditions changeantes au niveau de l'ensoleillement et de la température qui modifie la puissance extractible. En effet, sous ces conditions, la puissance extractible est variable en fonction de la tension (ou du courant) imposée aux bornes du panneau photovoltaïque. Il est donc nécessaire que le système d'exploitation s'adapte pour extraire le plus de puissance possible. C'est ainsi que naît en quelque sorte l'idée de MPPT [2].

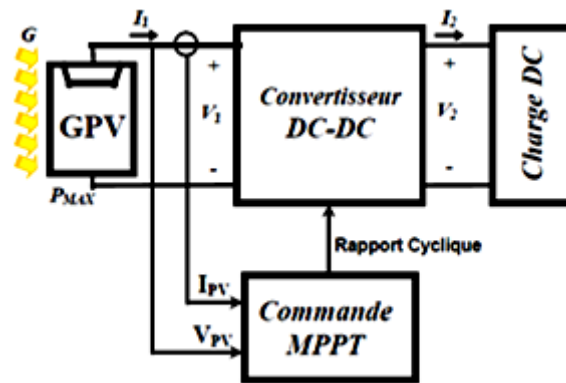


Figure 2.16 : chaîne de conversion PV d'un transformateur DC contrôlé par une commande MPPT

Par définition une commande MPPT associée à un étage intermédiaire d'adaptation, permet de faire fonctionner un générateur PV de façon à produire en permanence le maximum de sa puissance ; ainsi quels que soient les conditions méthodologiques (température, éclaircissement) et quel que soit la tension de la batterie, la commande de convertisseur place le système au point de fonctionnement maximale [2].

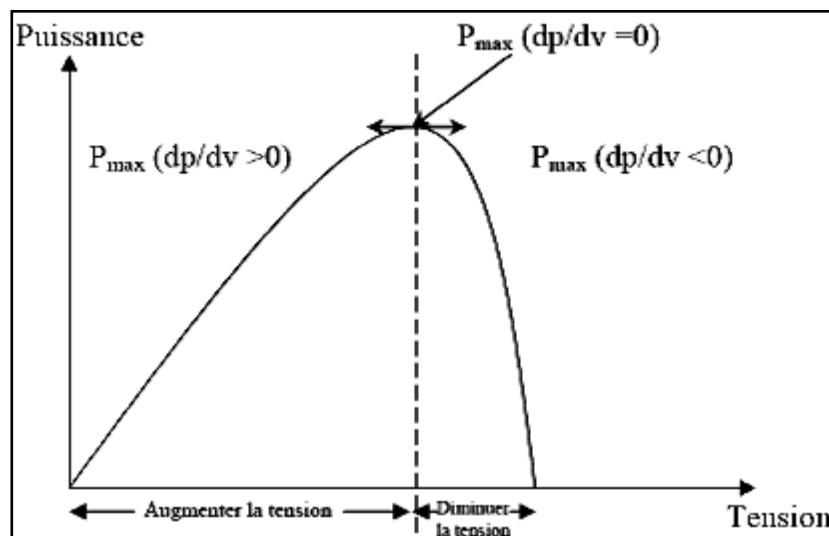


Figure 2.17 : Principe de fonctionnement d'une commande MPPT

4.5.1 MPPT Numérique

Cette idée a été largement étudiée dans plusieurs recherches. En effet, on peut remarquer l'existence de deux types de commande MPPT [3] : commande analogique et commande numérique. En plus, deux types de technique MPPT existent :

- Commande MPPT classique.
- Commande à base de l'algorithme de la perturbation et de l'observation.

La technique classique est simple à implanter mais elle présente un inconvénient majeur c'est qu'elle est fortement influencée par les changements brusques des conditions climatiques à savoir la température et l'éclairement. Par contre, la technique de commande à base de l'algorithme est largement utilisée comme l'attestent plusieurs études théoriques.

4.5.1.1) Méthode de perturbation et observation

L'algorithme suivant c'est l'algorithme de poursuite du PPM le plus utilisé :

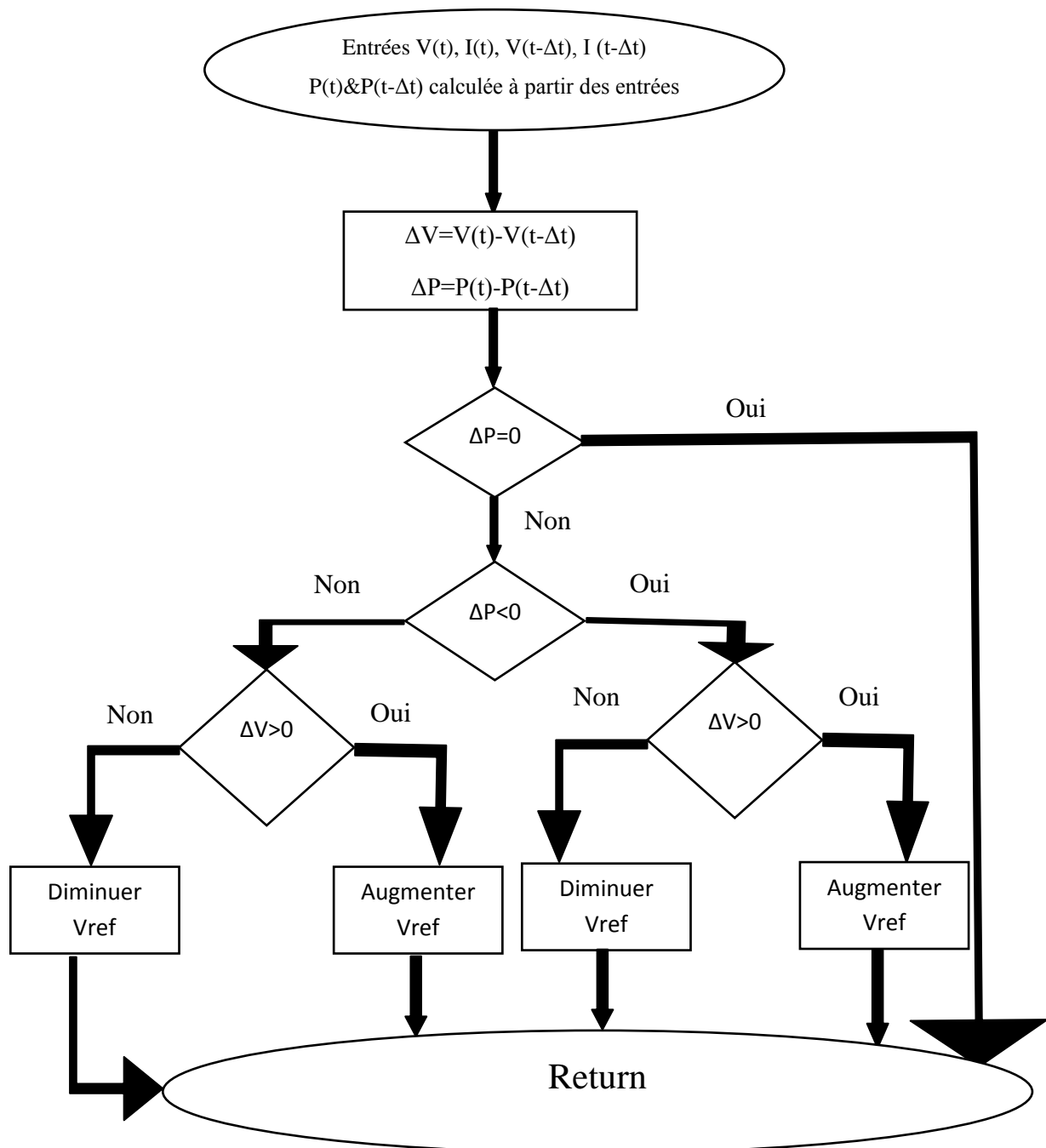


Figure 2.18 : Algorithme de perturbation et observation

Comme son nom l'indique, il est basé sur la perturbation du système par l'augmentation ou la diminution de V_{ref} où en agissant directement sur le rapport cyclique du convertisseur DC/DC, puis l'observation de l'effet sur la puissance de sortie du panneau. La figure 2.19 représente la méthode de perturbation et observation avec l'acquisition de la tension et du courant.

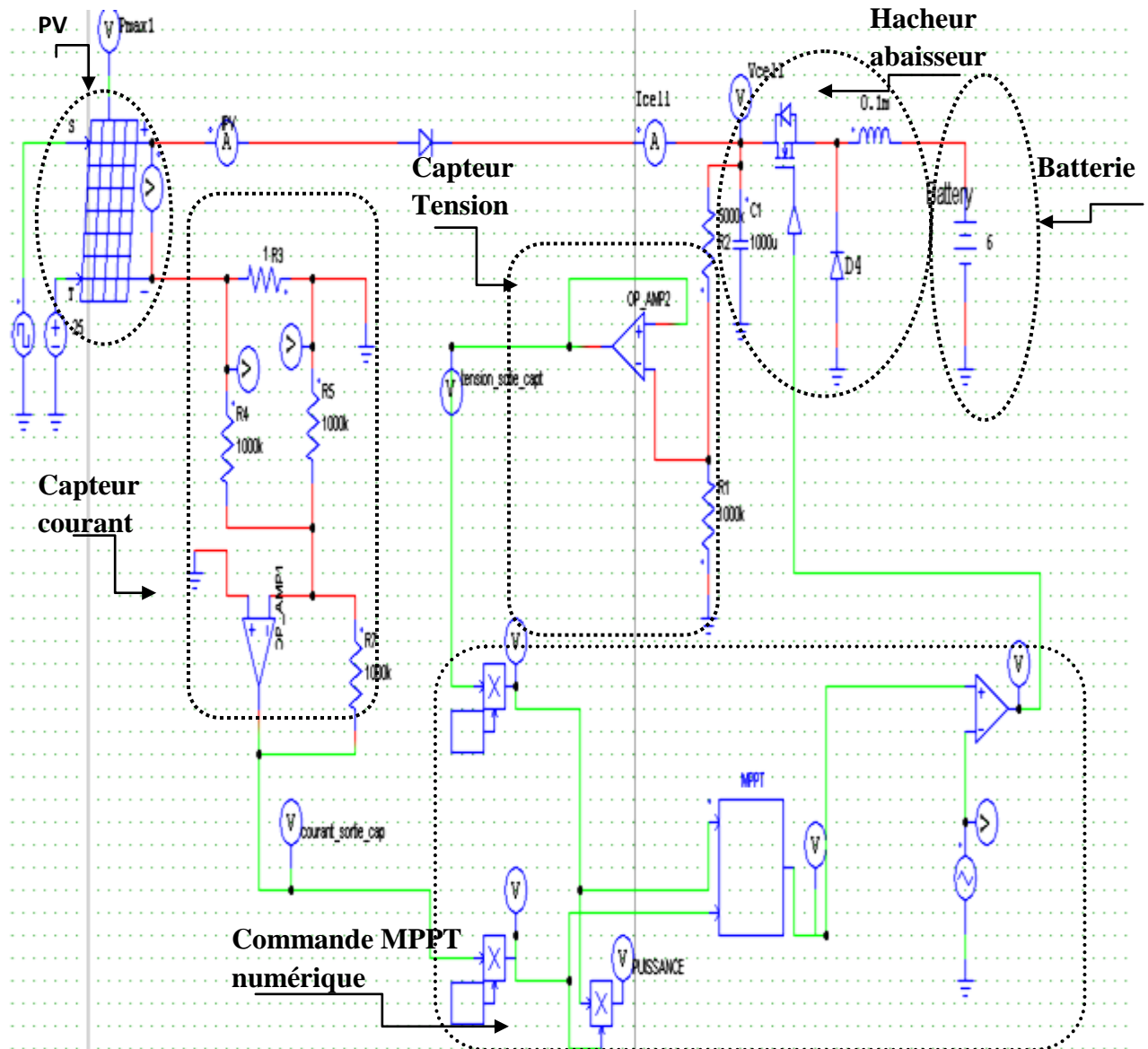


Figure 2.19 : Schéma électronique de perturbation et observation avec acquisition du tension et du courant

Avec cette méthode si la valeur de la puissance actuelle P_k du panneau est supérieure à la valeur précédente P_{k-1} alors on garde la même direction de perturbation précédente sinon on inverse la perturbation du cycle précédent.

4.5.1.2) Le fonctionnement d'algorithme P&O

D'abord la tension V_k et le courant I_k sont mesurés pour calculer la puissance P_k . Cette valeur P_k est comparée à la valeur de la puissance obtenue durant la dernière mesure P_{k-1} .

Si la puissance fournie par le panneau a augmenté depuis la dernière mesure, l'incrémenter ou des incréments de la tension V_{k_ref} continuera dans le même sens que lors du dernier cycle et ceci est fait par le test sur dV [3].

- Si $dV > 0$ cela veut dire qu'on a incrémenté V durant le dernier cycle c'est-à-dire

$$V_{k_ref} = V_{k-1} + C.$$

- Si $dV < 0$ cela veut dire qu'on a décrémenté V durant le dernier cycle c'est-à-dire qu'on va mettre $V_{k_ref} = V_{k-1} - C$. Donc, on termine dans le chemin où P continue à augmenter.

Avec cet algorithme, la tension de fonctionnement V est perturbée avec chaque cycle. Dès que le MPP sera atteint, V oscillera autour du point de fonctionnement idéal (V_{op}). Mais ceci cause des pertes de puissance qui dépendent de la largeur du pas d'une simple perturbation $\pm C$.

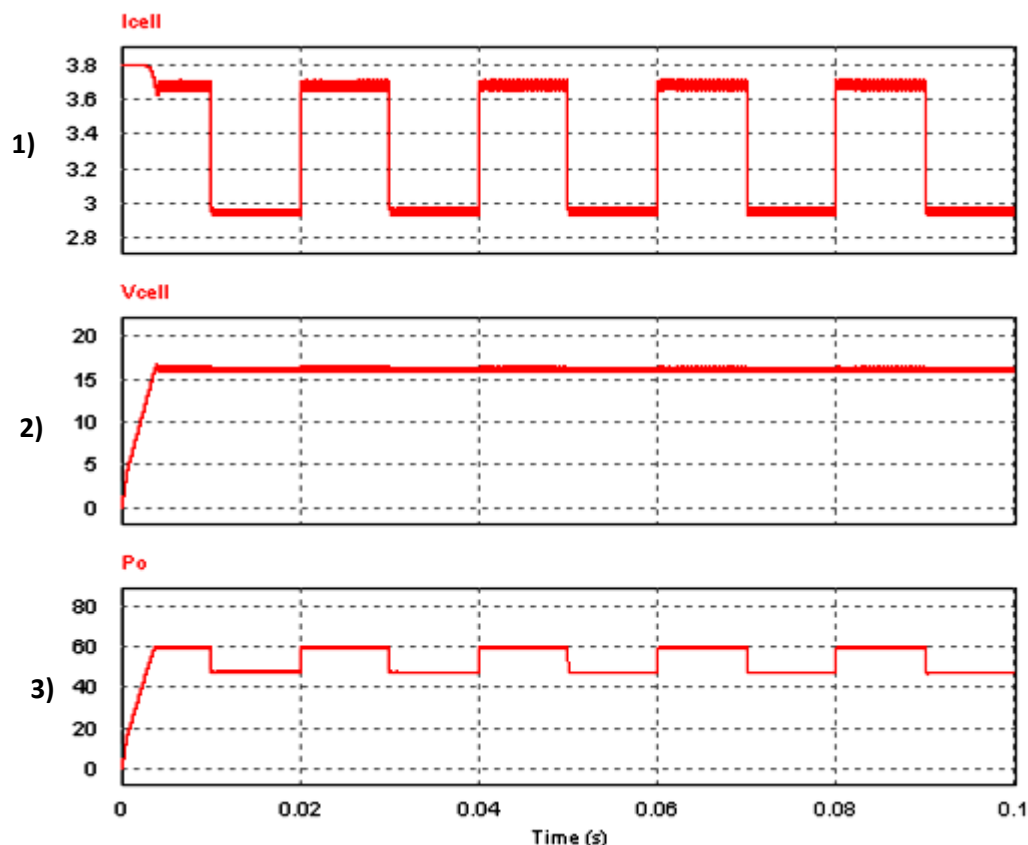


Figure 2.20 : Résultats de la simulation, 1) Courant I_{cell} , 2) Tension V_{cell} , 3) Puissance P_o

5) Carte d'acquisition de tension et de courant

Afin de déterminer la valeur numérique de la puissance délivrée par le panneau on doit relever la valeur de la tension et du courant délivré par le panneau pour cela on utilise un diviseur de tension pour obtenir la valeur de tension et une résistance shunt pour obtenir la valeur de courant.

5.1) Carte diviseur de tension

On parle de pont diviseur lorsque 2 résistances ou plus sont branchées en série afin d'obtenir une tension réduite aux bornes de l'une d'entre elle. La figure 2.1 représente le schéma de diviseur de tension.

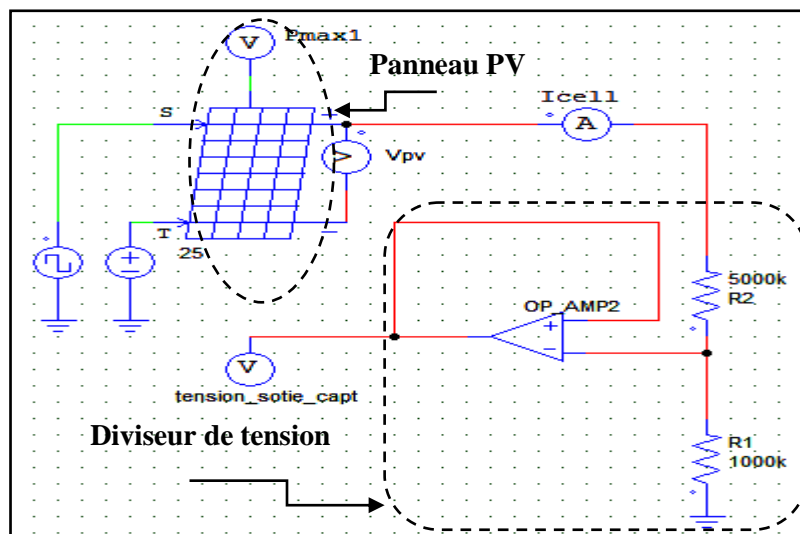


Figure 2.21 : Schéma de circuit d'acquisition du tension

Pour pouvoir appliquer la relation du diviseur de tension, le courant de sortie doit être nul ou très négligeable devant le courant dans les résistances, et dans notre cas la valeur du courant délivré par le panneau est très faible, elle est de l'ordre de quelque milliampère.

Avec ce montage on obtient à la sortie une tension de la forme suivante :

$$Vs = Vpv \frac{R1}{R1 + R2} \quad (11)$$

Avec $R1 \ll R2$ \rightarrow

$$Vs = Vpv \frac{R1}{R2} \quad (12)$$

La simulation du montage précédent nous donne la figure 2.22 suivante :

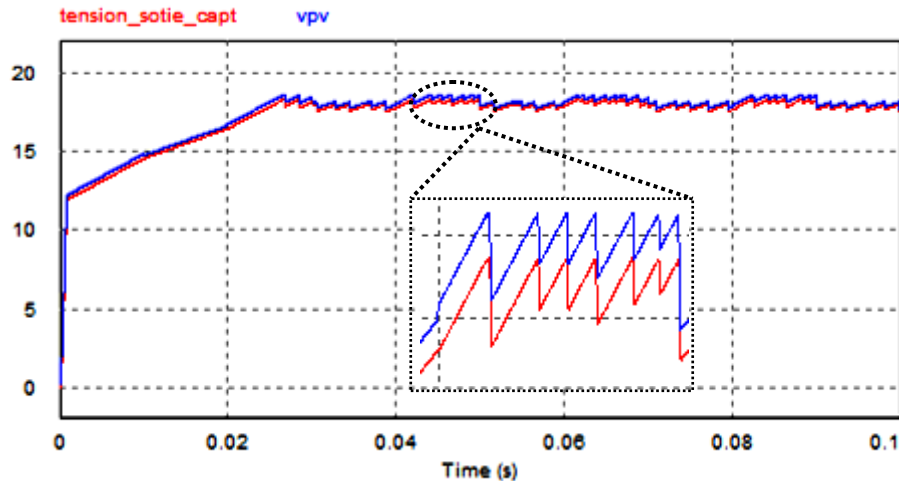


Figure 2.22 : Résultat de simulation du montage diviseur de tension

5.2) Carte capteur de courant

Ce circuit se divise en deux parties, une résistance de petite valeur et un amplificateur sommateur, inverseur à base d'un amplificateur opérationnel de gain égal à un. La figure 2.23 représente le circuit d'acquisition de courant.

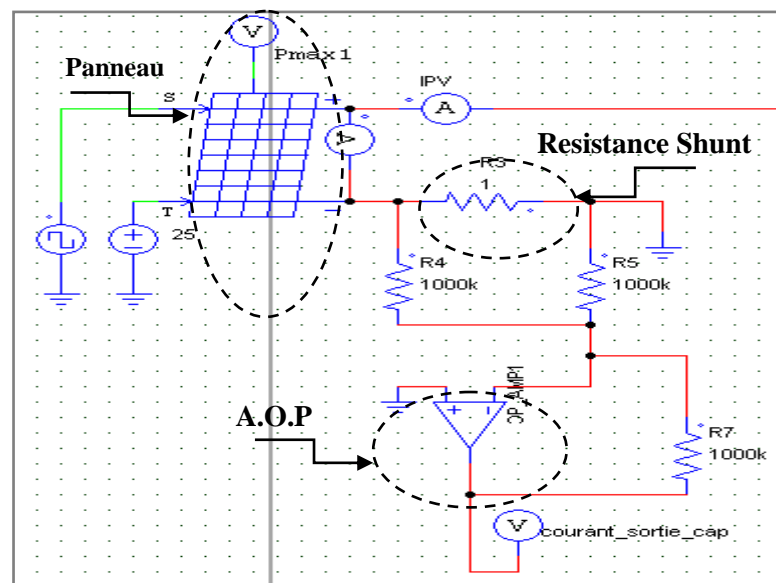


Figure 2.23 : Schéma de circuit d'acquisition du courant

La résistance R3 doit être très petite pour qu'on obtienne d'après la loi d'ohm avec une résistance faible, une valeur de courant égale à la valeur de tension :

$$U = R \times I \text{ si } R \ll \rightarrow U = I \quad (13)$$

- **Principe de fonctionnement d'un amplificateur sommateur**

Un amplificateur opérationnel est un amplificateur différentiel : c'est un amplificateur électronique qui amplifie une différence de potentiel électrique présente à ses entrées. Il a été initialement conçu pour effectuer des opérations mathématiques dans les calculateurs

analogiques : il permettait de modéliser les opérations mathématiques de base comme l'addition, la soustraction, l'intégration, la dérivation et d'autres [1].

Dans notre cas on a utilisé un sommateur dont l'équation de sortie s'écrit :

$$V_s = -(V_1 + V_2) \quad (14)$$

Démonstration:

Pour un amplificateur opérationnel on a :

$$V_s = e^+ - e^- = 0 \quad (15)$$

Avec $e^+ = 0$

Et si on applique le théorème de MILLMAN on obtient :

$$e^- = -\frac{\frac{V_1}{R_4} + \frac{V_2}{R_5} + \frac{V_s}{R_6}}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}} \quad (16)$$

Et puisque $e^+ - e^- = 0$

$$\text{Donc } \frac{V_1}{R_4} + \frac{V_2}{R_5} + \frac{V_s}{R_6} = 0 \quad (17)$$

$$\text{Alors } V_s = -\left(\frac{R_6}{R_4}V_1 + \frac{R_6}{R_5}V_2\right)$$

$$\text{Pour } R_4=R_5=R_6 \rightarrow V_s = -(V_1 + V_2) \quad (18)$$

La simulation de ce circuit nous a donné les courbes représentées sur la figure2.24 suivante :

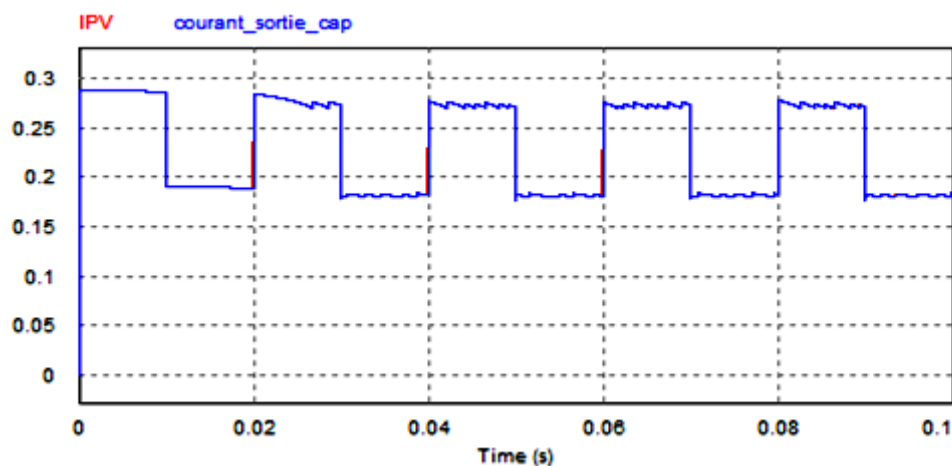


Figure2.24 : résultat de simulation du capteur du courant

6) Hacheur Abaisseur de tension

L'hacheur abaisseur développé dans le chapitre précédent est un outil qui permet de modifier la valeur de la tension continue délivrée par le PV via l'utilisation d'un interrupteur commandé. La figure 2.25 représente le circuit d'un hacheur abaisseur.

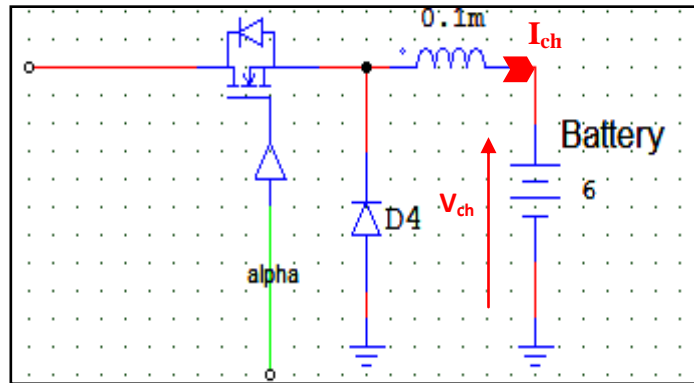


Figure 2.25 schéma électronique de circuit hacheur abaisseur

Ce montage correspond au hacheur abaisseur réalisé à l'aide de l'interrupteur électronique commandé à l'ouverture et à la fermeture le transistor bipolaire IRG4BC40F.

L'ajout d'une inductance L de valeur 0.3mH en série avec la charge permettra le lissage de courant.

6.1) Résultats de simulation

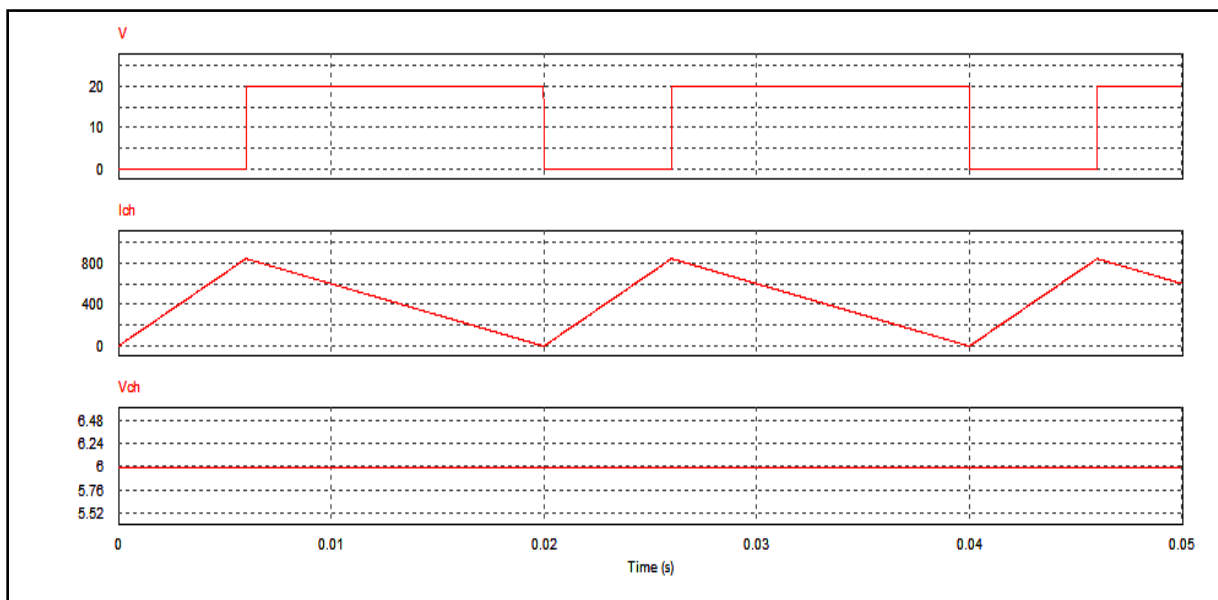


Figure 2.26 résultats de simulation de circuit hacheur

Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté la notion de la photovoltaïque en détaillant les caractéristiques du panneau utilisé. On a ensuite expliqué le principe de la commande MPPT, et choisi la meilleure solution pour notre cas d'étude, celui de la commande numérique par perturbation et observation. Cette commande a été implantée sur un microcontrôleur Arduino, qui va générer une sortie PWM proportionnel au rapport cyclique désiré.

Pour enfin réaliser le circuit de conversion photovoltaïque à base d'une carte d'acquisition, et de tension et de courant, suivie d'un hacheur série commandé par le rapport cyclique issue du microcontrôleur. Reste maintenant à faire une étude sur la conception de notre projet.

CHAPITRE3 : CONCEPTION DU PROJET

Introduction

Dans ce chapitre nous allons d'abord faire une analyse des différentes parties constituant le robot. Ensuite nous allons présenter les algorithmes de commande utilisés dans ce travail.

1) Partie opérative

La partie opérative du robot est constituée principalement de sept divisions qui gèrent le fonctionnement de robot. Ces divisions sont :

- Panneau photovoltaïque.
- Carte acquisition des données.
- Calculateur numérique.
- Hacheur série.
- Batterie et équipements électriques.
- module d'alimentation supplémentaire.

Ces dispositifs forment une boucle fermée qui a l'architecture suivante :

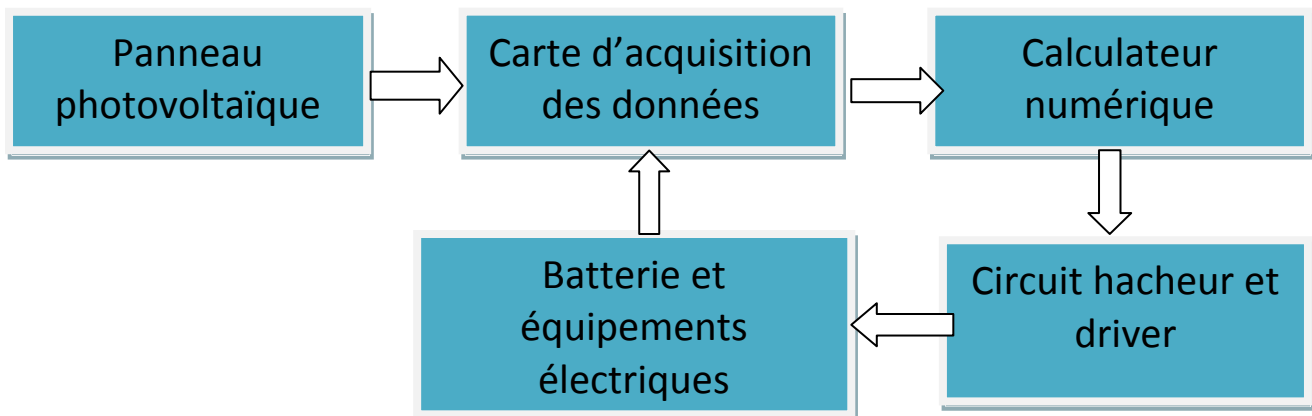


Figure 3.1. Structure du circuit de conversion électrique

1.1) Panneau Photovoltaïque

Un panneau PV est un dispositif destiné à récupérer le rayonnement solaire pour le convertir en énergie électrique utilisable par l'homme.

Le panneau PV utilisé dans notre projet est un panneau de faible puissance (4W) et de taille réduite puisqu'il va être installé sur le châssis de notre robot.

La figure ci-dessous représente le panneau choisie :



Figure3.2 : panneau photovoltaïque

- **Caractéristiques du panneau photovoltaïque :**

Tableau 3.1. Caractéristiques technique du module

Modèle	Vs-18V-4W-LM
Puissance maximale	4W
Tension nominale	18V
Tension a puissance maximale	21.6V
Courant à puissance maximale	0.222A
Courant à circuit fermé	0.224A
Tolérance de mesure	-5% +5%

1.2) Carte d'acquisition

Cette carte permet de déterminer la valeur de courant et de tension fournies par le panneau photovoltaïque. Elle est constitué par deux parties un capteur tension et un capteur courant.

Les sorties de la carte d'acquisition sont connectés a des convertisseurs analogique numérique qui permettent de traiter ces grandeurs.

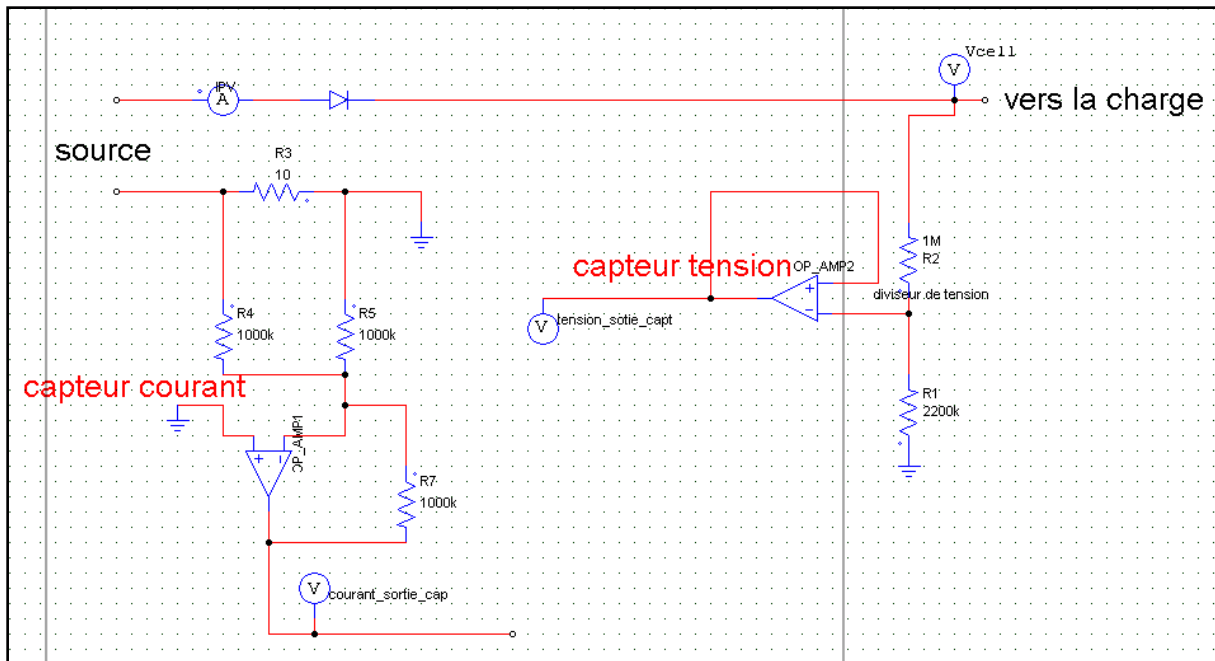


Figure3.3 : carte d'acquisition

1.2.1) Capteur tension

Pour mesurer la tension et adapter la valeur trouvée à l'entrée de convertisseur analogique numérique qui est limitée à 5v. Nous avons recouru à la technique de diviseur de tension.

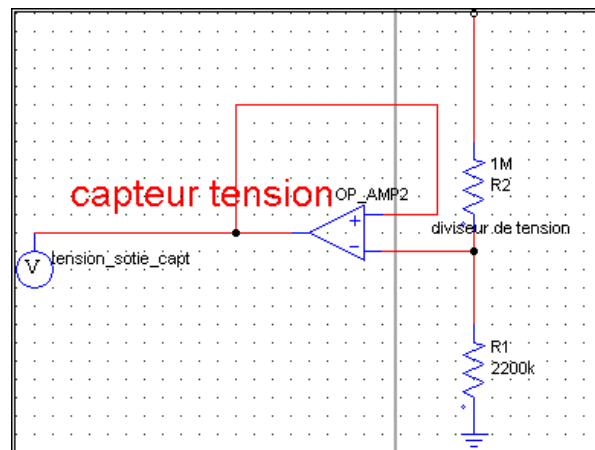


Figure3.4 circuit capteur de tension

Le diviseur de tension est un montage électronique simple qui permet de diviser une tension d'entrée. Il est couramment utilisé pour créer une tension de référence ou comme un atténuateur de signal à basse fréquence.

La plage de variation de la tension fournie par le panneau photovoltaïque est de 0 v à 21 v. donc le diviseur de tension permet d'avoir une tension de référence de 5 v et un intervalle de variation de [0 5v]

$$U_s = \frac{R_2 * U_e}{R_2 + R_1}$$

On choisit $R_2=220 \text{ k}\Omega$ et $R_1=1\text{M}\Omega$. Donc on :

$$U_s = 0.19 U_e$$

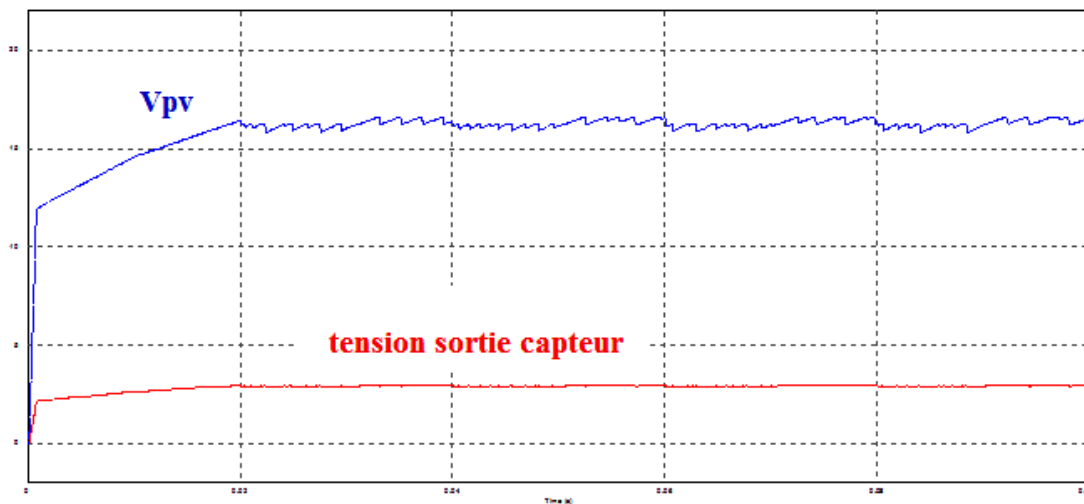


Figure3.5 : Allures de tension du panneau et tension de sortie capteur

L'amplificateur opérationnel utilisé joue le rôle d'un suiveur. Il permet l'isolation des impédances d'entre et de sortie [2].

Pour récupérer la valeur exacte de la tension, il suffit de multiplier la valeur convertie par le coefficient de division 5.

1.2.2) Capteur courant

Pour extraire la valeur de courant électrique, il est très utile d'insérer une résistance appelée résistance shunt qui a une valeur très faible

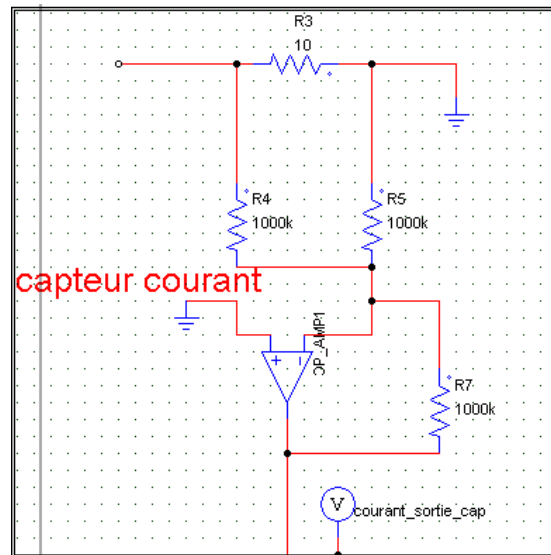


Figure3.6 : circuit capteur de tension

La mesure de courant est réalisée par un montage sommateur qui permet d'effectuer la somme des potentiels entre les deux borne de résistance shunt.

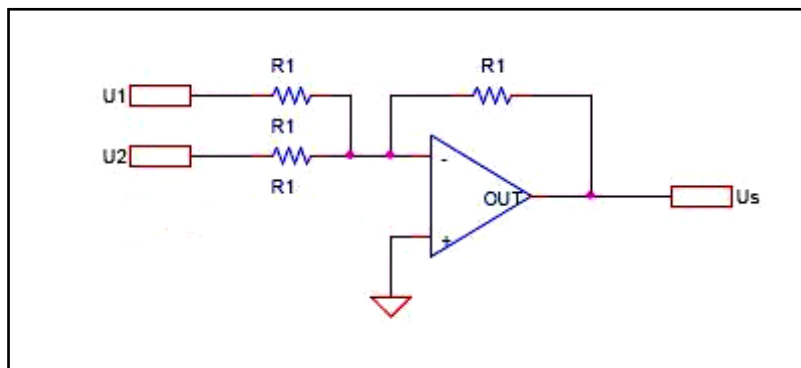


Figure3.7 circuit sommateur

$$U=-(U1+U2)$$

Pour récupérer la valeur exacte du courant, il suffit de multiplier la valeur convertie par 0.1

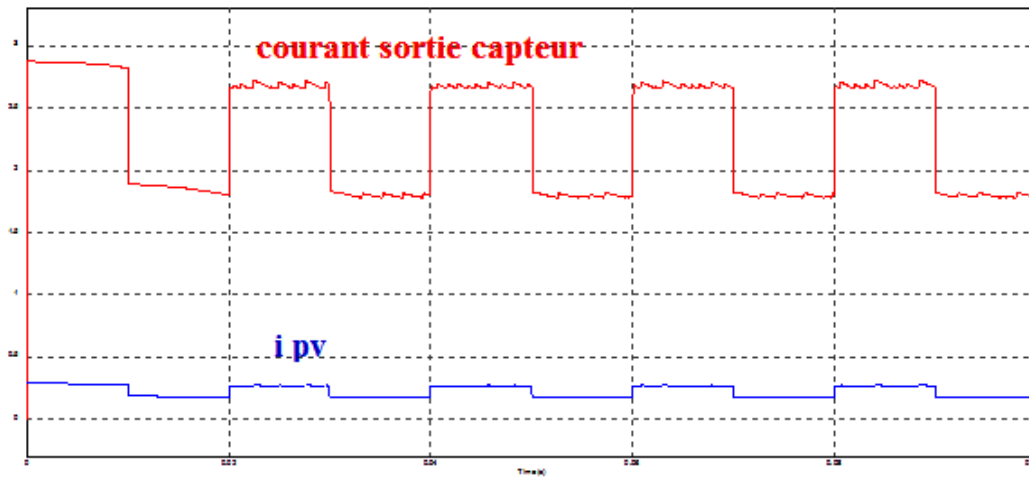


Figure3.8 : Allures de courant du panneau et courant de sortie capteur

NOTE : la validation de fonctionnement de cette carte est déduite à partir la comparaison de puissance fournie par la source à l'entrée et la valeur de puissance calculée par le calculateur numérique.

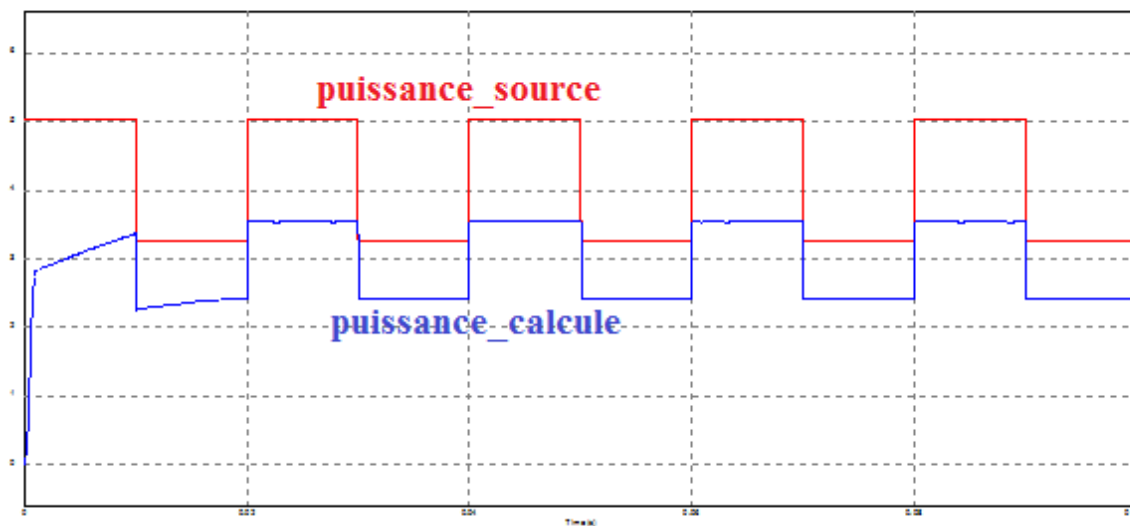


Figure3.9 : Allures de la puissance source et la puissance calculée

La différence entre les deux valeurs de puissance est due à la présence d'une résistance shunt qui entraîne une chute de tension.

1.3) Calculateur numérique

Pour assurer la commande numérique décrite dans le chapitre précédent on a recours à un calculateur numérique Arduino.

Arduino est un microcontrôleur (calculateur) qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques.

On y branche des capteurs, le programme de l'Arduino traite les informations données par le capteur et déclenche des actions, signal PWM dans notre cas.

La carte Arduino est composée essentiellement de :

✓ Un microcontrôleur

C'est un circuit intégré qui traite les informations qu'il reçoit et déclenche des actions suivant le programme qu'il a reçu.

✓ Interface USB/série

L'Arduino se connecte à un ordinateur par un câble USB. C'est par ce câble qu'on va installer le programme. C'est également par ce câble que l'Arduino peut renvoyer des informations à l'ordinateur. Lorsque l'Arduino est connecté en USB, c'est l'USB qui assure l'alimentation électrique de l'Arduino.

✓ Des entrées et des sorties

Il y a 20 entrées/sorties sur l'Arduino.

- 6 analogiques, numérotées d'A0 à A5.
- 14 numériques, numérotées de 0 à 13. 6 de ces entrées/sorties peuvent assurer une sortie PWM (**P**ulse **W**idth **M**odulation : Modulation de Largeur d'Impulsion, une astuce pour modifier le courant de sortie). Les 6 PWM sont les numéros 3, 5, 6, 9, 10, 11.

✓ Les entrées analogiques

Elles peuvent recevoir une tension variable (entre 0 et 5 volts) en provenance de capteurs analogiques.

✓ Les entrées/sorties numériques

Elles reçoivent ou envoient des signaux numériques (donc 0 ou 1). ces signaux se traduisent par 0V ou 5V.

Le fonctionnement (entrée ou sortie) est fixé dans le programme (INPUT, OUTPUT).

✓ Entrées numériques

✓ Sorties numériques

Leur puissance est limitée à 40 mA par broche pour un total de 200mA consommé.

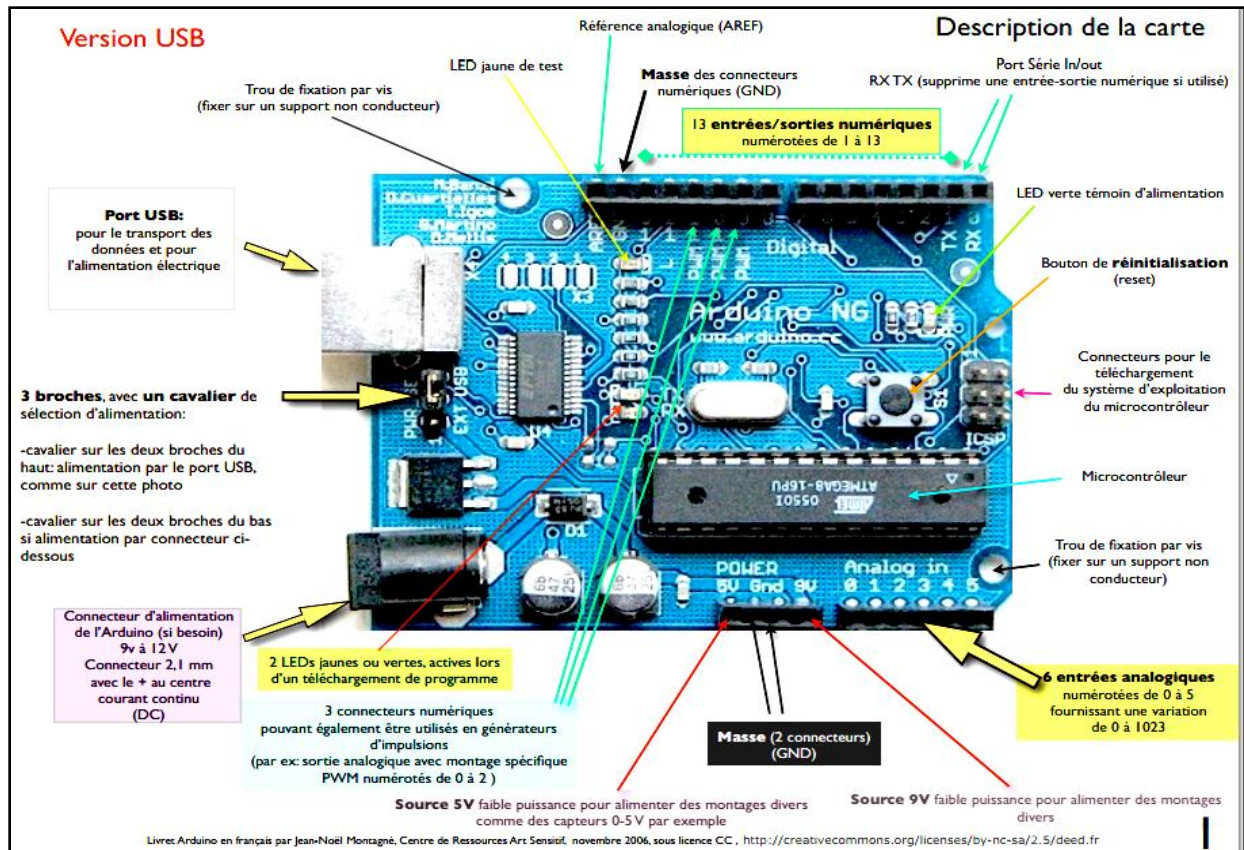


Figure 3.10 Carte Arduino

1.4) carte hacheur et driver

L'étage de conversion du panneau solaire vers une batterie est le suivant :

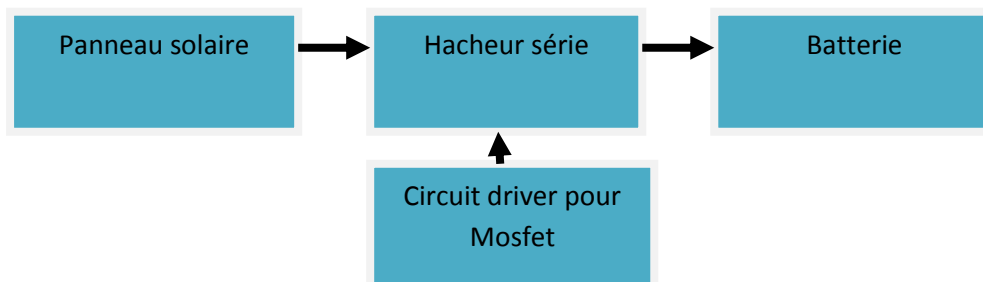


Figure.3.11 Structure de l'étage de conversion DC/DC

1.4.1) Circuit hacheur

Notre système photovoltaïque consiste à alimenter une batterie qui assure le stockage de l'électricité, donc pour obtenir une tension unidirectionnelle de valeur moyenne réglable à partir d'une source de tension continue, on a recours à un convertisseur continu-continu (étage d'adaptation PV) [5].

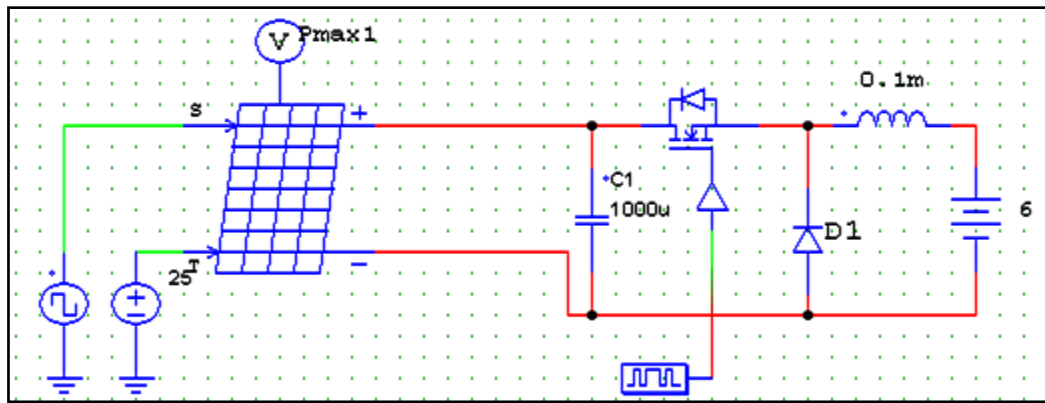


Figure 3.12 étage d'adaptation photovoltaïque

La tension de la batterie utilisée est $U=6V$ et le panneau fournit une tension $V=18V$, donc pour notre cas on a implémenté dans notre circuit un hacheur abaisseur de tension qui a pour fonction : $U = \alpha * V$

D'autre part, pour assurer la commande (α) du Mosfet de puissance on a recours à la Technique Bootstrap expliqué dans la partie qui suit :

1.4.2) Circuit Driver

• Principe

La sortie de microcontrôleur est insuffisante pour commander le Mosfet donc on a utilisé le circuit driver qui était issu de la technique bootstrap qui consiste à créer une masse flottante au borne de la Mosfet comme l'indique la figure3.13.

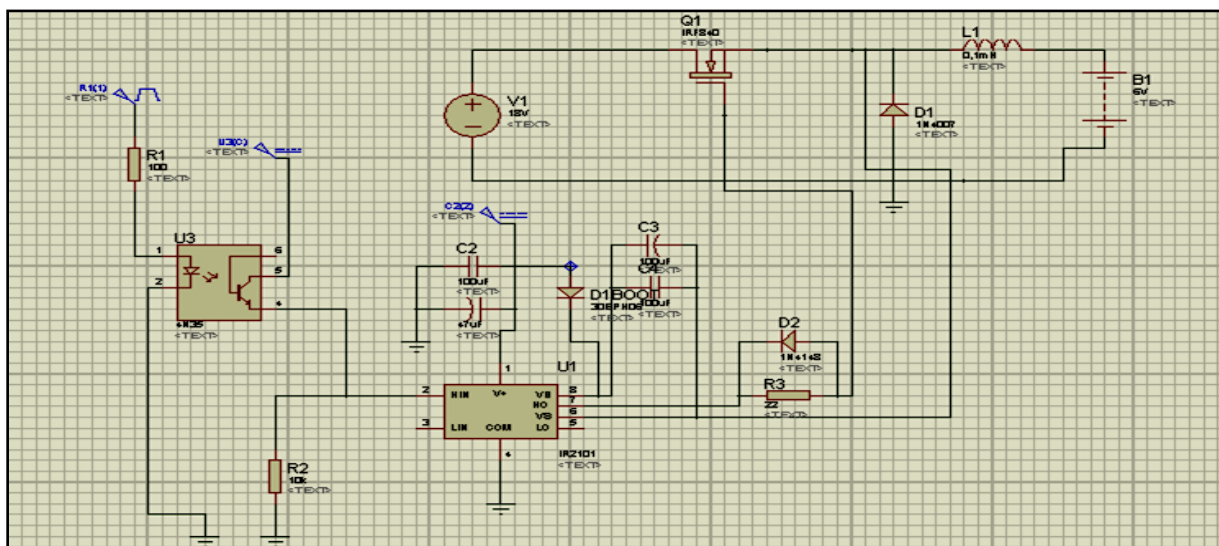


Figure3.13 : circuit driver

- **Résultat de simulation**

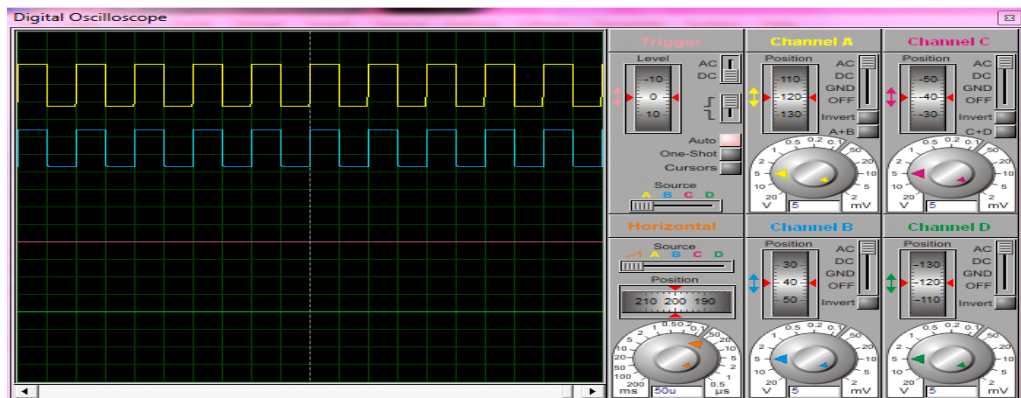


Figure3.14 : résultat de simulation de circuit driver

Le signal obtenue à la ‘chaîne A‘ représente le signal d’entrée du circuit driver et à la sortie ‘chaîne B’ on obtient un signal PWM de même forme que le signal obtenue en entrée mais il est repérer en amplitude selon la tension d’alimentation, dans notre cas la tension qui provient du panneau solaire, ce signal va commander le Mosfet du circuit hacheur [5].

1.5) Batterie

La batterie est souvent intégrée au générateur PV, elle permet le stockage de l’électricité solaire sous forme chimique pour les systèmes isolés. Il ya nécessité de stockage chaque fois qu’il n’y a pas une demande énergétique.

Dans notre projet on a utilisé une batterie plomb 6v 4AH rechargeable. La figure 3.15 montre la batterie utilisée.

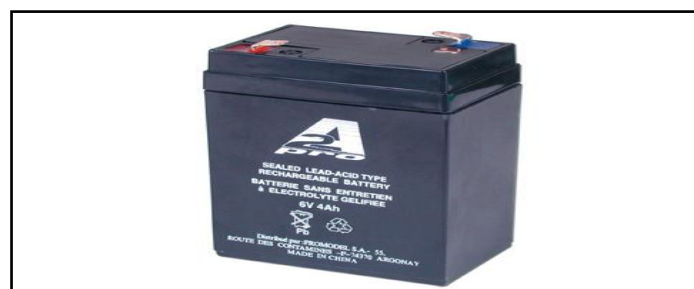


Figure3.15 : Photo d’une batterie de type plomb-acide

Les Caractéristiques techniques de la batterie sont détaillées dans le tableau qui suit :

Tableau 3.2. Caractéristiques technique de la batterie

Capacité	4Ah
Chimie	Plomb
Dimension	100*70*47mm
Gamme de température de fonctionnement	-20 → +60°C
Poids	0.72Kg
Tension nominale	6 V
Courant de décharge max	60 A (5sec)
Tension de charge	6,75V à 6,9V

1.6) Caméra

Un système de caméras et de transmission d'images, disposé dans un espace public ou privé pour le surveiller. Les images obtenues avec ce système, peuvent être traités automatiquement et/ou visionnées puis archivées ou détruites.

Il existe plusieurs catégories de caméras :

- Intérieur ou extérieur.
- Fixes ou mobiles.
- Couleur, ou noir et blanc.

Dans notre cas, la camera réseau (LAN) mobile sera encastré au top du robot pour avoir un champ de vision clair, et elle est capable de tourner à 360° sur l'axe vertical et 120° sur l'horizontal.

La figure 3.16 représente la caméra utilisée :



Figure 3.16 : Caméra IP

Les caméras réseau et les serveurs vidéo représentent des solutions simples et performantes pour capturer et diffuser des images en temps réel sur tous les réseaux IP via un simple navigateur Web. Leurs applications sont très étendues : surveillance locale sur réseau Ethernet TCP/IP, amélioration de pages Web en y intégrant des images en direct, surveillance distante via Internet.

Un serveur de caméra contient toute la partie serveur d'une caméra réseau mais ne possède pas de caméra intégrée. Il faut ajouter au serveur de caméra une caméra PAL de vidéosurveillance classique. Le couple serveur de caméra + caméra vidéo PAL est équivalent à une caméra réseau. Un serveur de caméra comporte donc une prise réseau RJ45 et une ou plusieurs prises coaxiales pour connecter des caméras analogiques PAL du marché.

Pour voir les images, il suffit de taper l'adresse IP de la caméra dans son navigateur. La caméra envoie un flux d'images au format JPEG en utilisant le protocole « push http » qui est implémenté de façon native sur les navigateurs Netscape et Mozilla Firefox. Pour Internet Explorer, un active X permettant de supporter ce format est téléchargé lors de la première connexion. Les images JPEG sont automatiquement décompressées par le navigateur. Le flux d'image JPEG se maintient jusqu'à ce que la connexion soit coupée par l'utilisateur. Ce mode de fonctionnement permet de faire très simplement de la vidéosurveillance en temps réel sur le réseau. C'est dans ce mode de visualisation temps réel que les caméras donnent les meilleures performances en nombre d'images par secondes. La figure 3.17 ci-dessous est la page d'accueil du serveur.

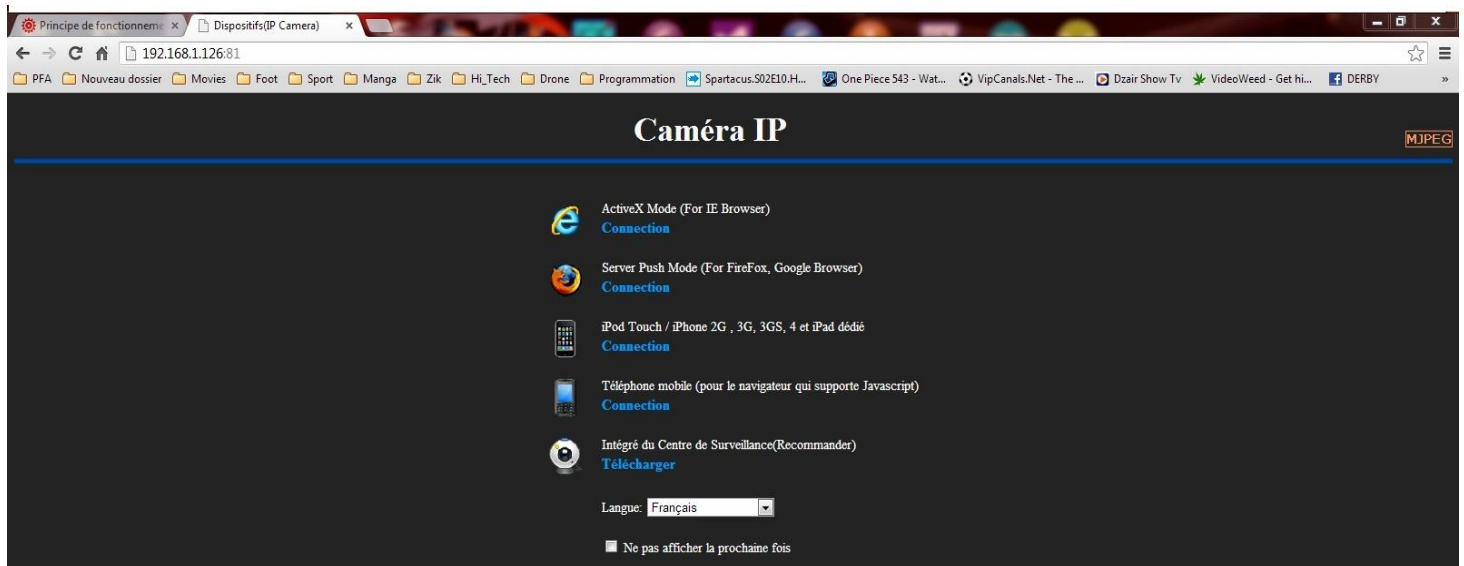


Figure 3.17 : Point d'accès de la caméra IP

1.7) les moteurs électriques

Dans la conception d'un robot de surveillance, il est primordial de définir son mode de mouvement par un choix de moteur adéquat. Il en va de même pour les pneus et l'électronique de commande.

Le choix des moteurs et de système d'engrenages permet d'optimiser les paramètres comme le couple moteur et la vitesse de rotation. Pour notre robot on a choisi un motoréducteur vue la possibilité de le trouver en marché [1].



Figure 3.18 image réelle des motoréducteurs

Le motoréducteur a les spécifications suivantes :

Tableau 3.3. Caractéristiques du motoréducteur

Tension nominale	6v
courant nominal	170 mA
Couple	800g/cm = 0.078 N.m
Poids	70 g

1.8) Les roues et les pneus

Le choix des roues et des pneus est de première importance pour assurer une adhérence optimale. L'étude d'équilibre de robot peut être un autre élément favorisant les performances globales du robot. Les roues choisies doivent être adéquate avec la taille des moteurs électriques.



Figure 3.19 image réelle des pneus

Les roues choisies ont spécifications suivantes :

Tableau 3.4. Caractéristiques des roues

Poids	36g
Diamètre	65 mm
Largeur	28mm
Largeur pneu	4mm

1.9) Module d'alimentation supplémentaire

Les circuits intégrés utilisés dans le robot ont des besoins électriques spécifiques. Pour cela un module supplémentaire permettant de fournir des une alimentation électriques de faibles puissances et de polarisations différentes est nécessaire

Le bloc d'alimentation permet de fournir l'alimentation nécessaire pour :

- Le microcontrôleur Arduino.
- La carte d'acquisition.
- Driveur.
- Camera.

Il sert à donner des alimentations différentes :

- Une tension positive de +5 v : utilise pour alimenter la borne +vcc de circuit intègre TL084 qui contient les amplificateurs opérationnels
- Une tension négative de -5 v : utilise pour alimenter la borne -vcc de circuit intègre TL084 qui contient les amplificateurs opérationnels
- Une tension positive de +12 v : utilise pour alimenter le circuit driveur de hacheur
- Une masse virtuelle GND

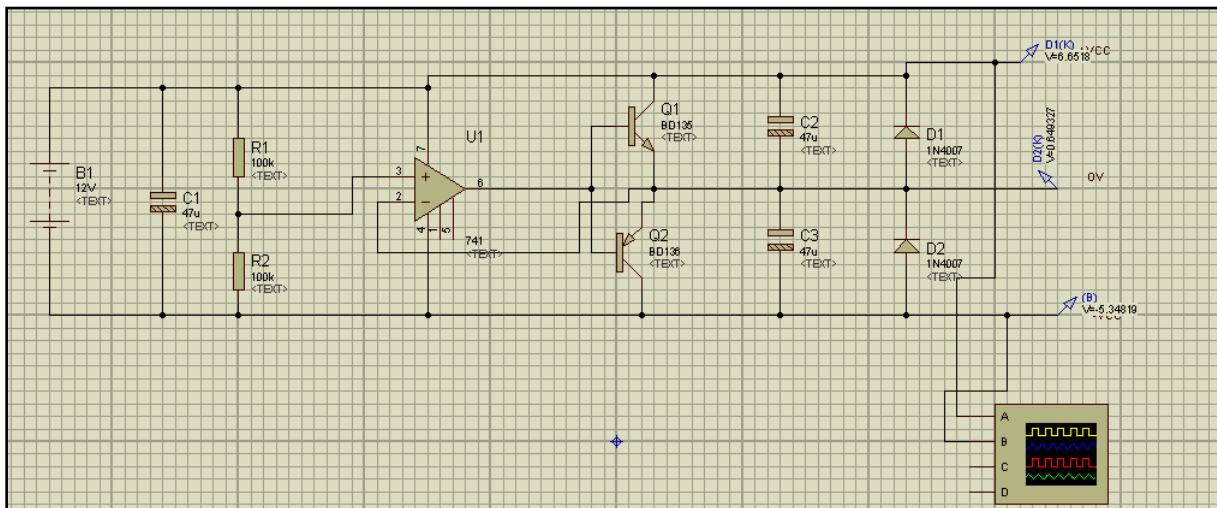


Figure3.20 circuit d'alimentation supplémentaire

L'alimentation de camera et des moteurs électriques est assuré par la batterie qui permet de fournir un courant suffisant pour un fonctionnement adéquat

2) Partie commande

2.1) Commande de l'alimentation

La commande MPPT [2] est gérée par un microcontrôleur de type ARDUINO. Le microcontrôleur reçoit les informations (courant et tension), fournie par le panneau photovoltaïque vers la charge, à partir de la carte d'acquisition. A la sortie il produit un signal MLI (modulation de largeur impulsions) de fréquence fixe et rapport cyclique variable selon la variation de puissance ($P-P_0$) et de tension ($V-V_0$). Ce signal MLI est transmis vers la carte driver qui permet le fonctionnement de hacheur.

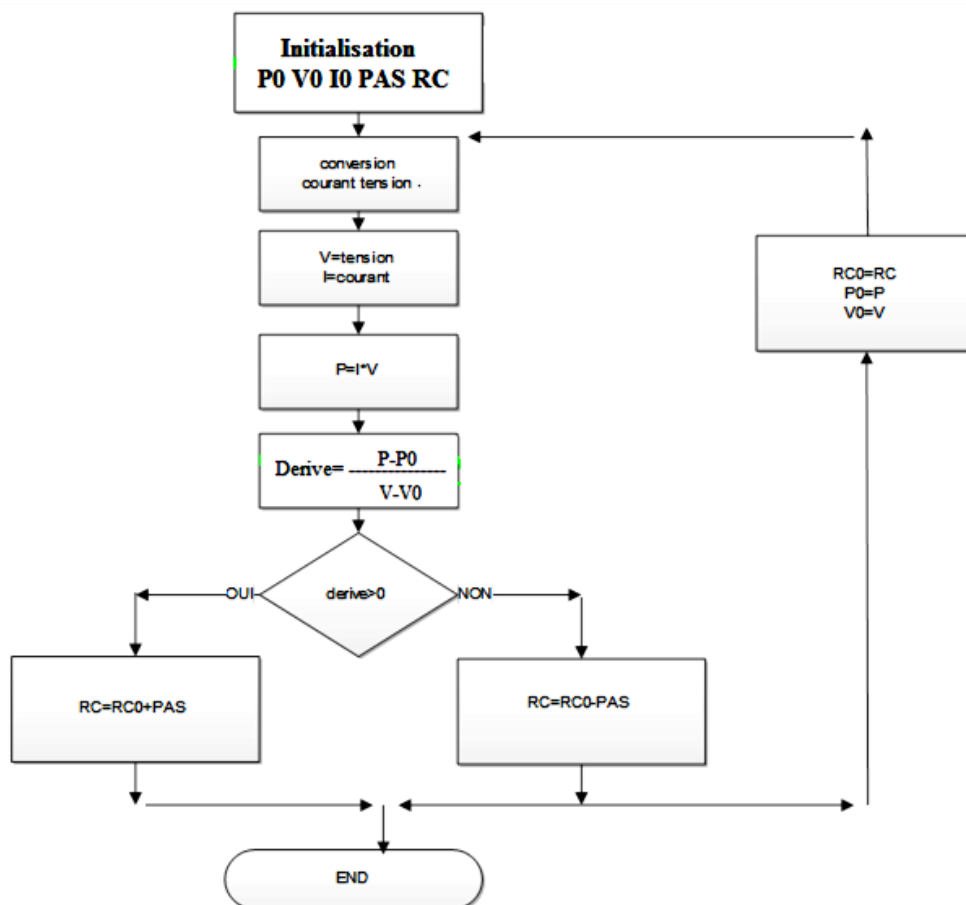


Figure3.21: organigramme de la commande MPPT

Cet organigramme intègre principalement l'algorithme MPPT analysé dans le chapitre précédent.

Le microcontrôleur convertit les entrées analogiques envoyées par la carte acquisition pour obtenir des informations instantanées du courant (I) et de la tension (V). Par la suite il multiplie ces variables par des coefficients de reconstitution pour retrouver les valeurs exactes. A partir de ces informations, on calcule la puissance instantanée (P), ensuite on calcule la division (Dérive) de la variation de puissance par de la variation de la tension. Ce

dérivé permet de varier le rapport cyclique sa signe par l'addition d'un coefficient (pas) si le dérivé est positif sinon par soustraction de même coefficient (pas) s'il est négatif [2].

2.2) Commande Moteur

Les moteurs sont commandés par un microcontrôleur de type ARDUINO et par le circuit intègre L298 et par l'intermédiaire des modules XBEE serie2.

XBEE serie2 : le module émetteur récepteur Xbee Module Série 2 (ZigBee Mesh) pour faire une liaison RS232 sans fil. Les communications fiables et simples entre les microcontrôleurs, les ordinateurs, les systèmes, et tout autre appareil muni d'un port en série.

On a utilisé les modules XBEE pour commander le robot, dont on branche un module à l'ordinateur ce qui fait une connexion directe sur un port USB du PC grâce à un connecteur USB de type A mâle et l'autre on le branche avec la carte Arduino.

Les Caractéristiques du notre module XBEE est détaillé dans le tableau qui suit :

Tableau 3.5. Caractéristiques du module XBEE

Portée intérieur /milieu urbain	Jusqu'à 40 m
Portée extérieure champs libre	Jusqu'à 120 m
Puissance d'émission RF	2 mW (+3 dBm)
Vitesse de transmission RF	250Kbps
Vitesse de transmission interface série	1200 bps – 1 Mbps
Sensibilité de réception	-97 dBm (1% PER)
Tension d'alimentation	2.1 VDC – 3.6 VDC (typique 3.3 V)
Courant en émission	35 mA / 45 mA (mode boost) @ 3.3VDC
Courant en réception	38 mA / 40 mA (mode boost) @ 3.3VDC
Courant de repos	< 1 μ A @ 25°C

La figure suivante présente un module XBEE série 2.



Figure3.22 : Module XBEE

- **Principe de fonctionnement :**

La commande donnée par l'ordinateur va être transmise par l'XBEE à l'Arduino et selon cette commande ce dernier va donner l'ordre de déplacement du robot.

L298 :le L298 permet de piloter deux moteurs avec une tension d'alimentation de 5V à 46V et un courant maximum de 2A par moteur chacun des moteurs peut être commandé dans les deux sens de rotation.

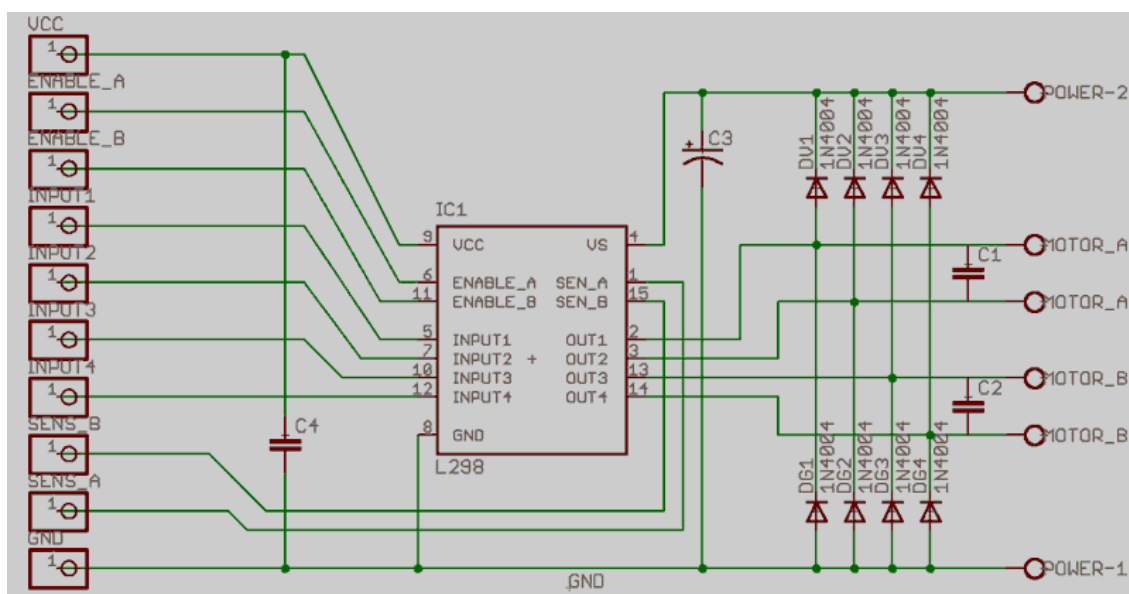


Figure 3.23 : circuit de commande des moteurs

L298 peut être raccordé directement sur un microcontrôleur (Arduino dans notre cas) comme le montre la figure suivante.

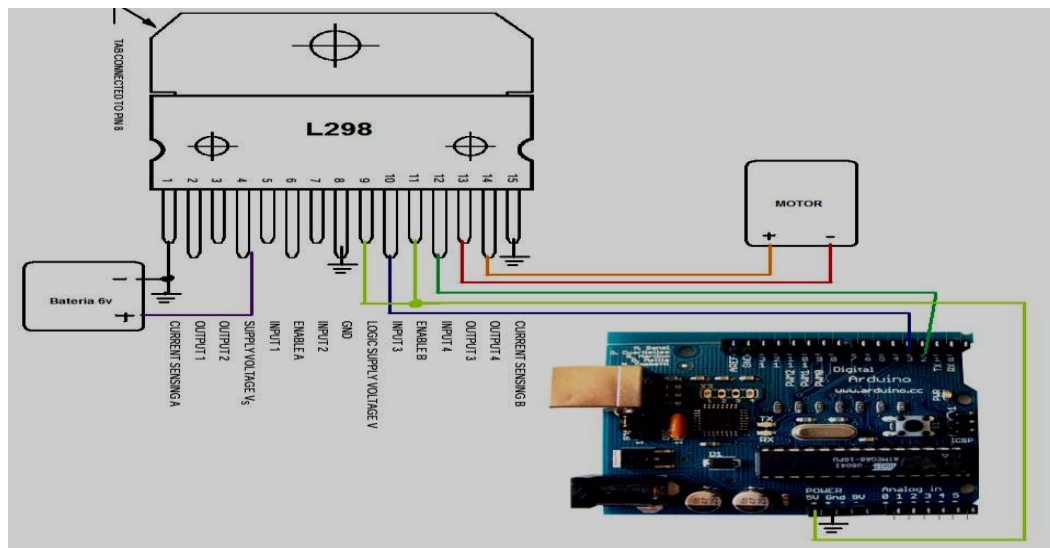






Figure 3.24 : connexion entre Arduino et L298

Le microcontrôleur génère des impulsions de commande vers L298 qui permet de fournir le courant nécessaire vers les moteurs à partir de la batterie.

La commande du robot se fait par des touche de PC donc il suffit de déterminer les combinaisons exactes de fonctionnement des moteurs.

Tableau 3.6. Fonctionnement du moteur

Sens de déplacement	Moteurs	Touche de clavier
Avant	M1 : ON M2 : ON	
Arrière	M1: ON M2: ON	
Gauche	M1 : OFF M2 : ON	
Droite	M1 : ON M2 : OFF	

M1: moteur arrière gauche

M2: moteur arrière droite

M3: moteur avant gauche

M4: moteur avant droite

Conclusion

Dans ce chapitre on a détaillé le fonctionnement des différents étages de notre projet, voir la carte de conversion électrique en partant du panneau solaire jusqu'à atteindre l'étage de la charge de la batterie, puis on a mis le point sur les différents équipements nécessaires pour le bon fonctionnement du robot. Reste maintenant à valider toutes ces études avec la réalisation pratique dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 4: RÉALISATION DU PROJET

Introduction

La réalisation est la partie la plus importante après celle de la conception. Dans ce chapitre on va traiter les différents résultats pratiques obtenus pour la validation du projet, qui se résument dans deux parties :

- La partie électrique : la réalisation de la carte d'acquisition, la carte hacheur et driver, la carte d'alimentation et la carte de commande des moteurs.
- La partie mécanique : La réalisation du bâti.

1) Partie électrique

La partie électrique se décompose en quatre parties :

1.1) Réalisation de la carte d'acquisition

1.1.1) Emplacement des composants dans la carte d'acquisition

La figure 4.1 montre l'emplacement et la connexion des composants de la carte du circuit d'acquisition. Cette carte électronique a été réalisée à l'aide du logiciel ISIS-ARES.

Cette carte se compose de : - 6 résistances et un amplificateur opérationnel TL084.

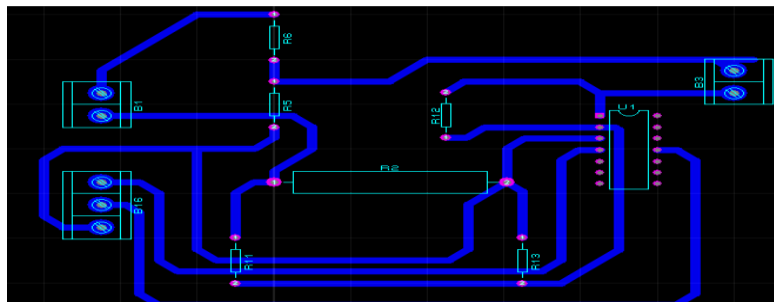


Figure4.1 : Vue BOTTON de la carte d'acquisition

1.1.2) Prototype final de la carte d'acquisition

La figure 4.2 montre la photographie du prototype final de la carte d'acquisition



Figure 4.2 : Prototype final de la carte d'acquisition

On a fait un test de ce circuit dont on a utilisé le panneau PV et pour l'alimentation du circuit intégré on a utilisé une alimentation stabilisée.

⇒ On a obtenu des bonnes résultats : les valeurs de tension et de courant données par la carte d'acquisition sont les même délivrés par le panneau. La figure 4.3 montre le test de la carte d'acquisition.



Figure 4.3 : Test de la carte d'acquisition

1.2) Réalisation de carte d'alimentation

1.2.1) Emplacement des composantes dans la carte d'alimentation

La figure 4.5 montre l'emplacement et la connexion des composants de la carte du circuit d'alimentation. Cette carte comporte 4 résistances, 2 IGBT, 3 capacités, 2 diodes, et un AOP741.

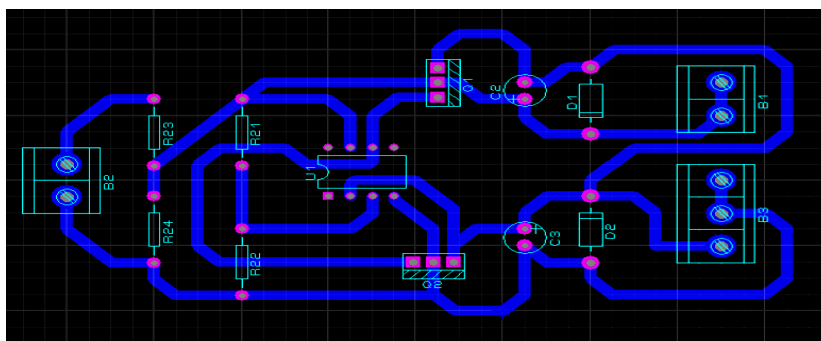


Figure 4.4 : Vue BOTTON de la carte d'acquisition

1.2.2) Prototype final de la carte d'alimentation

La figure 4.5 montre la photographie du prototype final de la carte d'alimentation

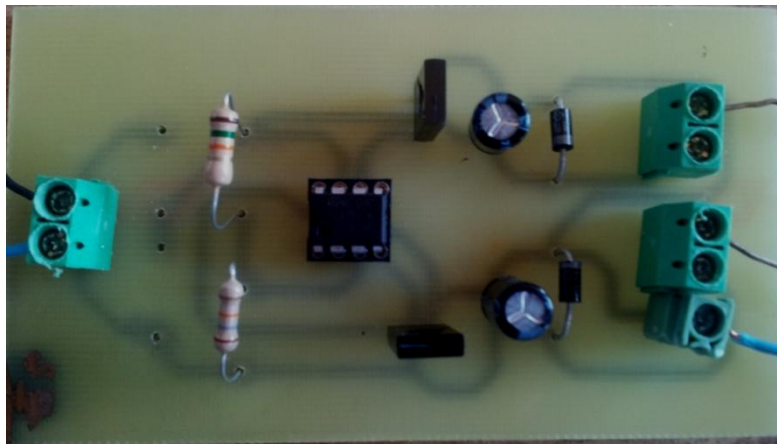


Figure 4.5 : Prototype final de la carte d'alimentation

Après avoir validé les deux cartes, on a testé les deux cartes ensemble dont on a alimenté le circuit intégré de la carte d'acquisition par la carte d'alimentation comme le montre la figure 4.6. On a obtenu les mêmes résultats de première expérience lorsqu'on a utilisé une alimentation stabilisée.

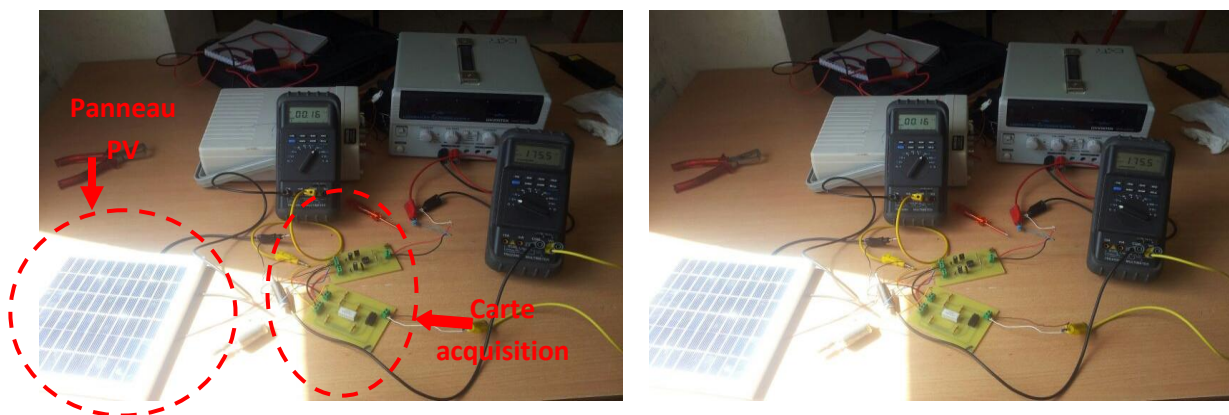


Figure 4.6 : test de circuit d'acquisition avec la carte d'alimentation

1.3) Réalisation de la carte hacheur et driver

1.3.1) Emplacement des composants dans la carte hacheur et driver

La figure 4.7 montre l'emplacement et la connexion des composants de la carte du circuit hacheur et driver. Cette carte comporte 3 résistances, 1 IGBT, 5 capacités, 2 diodes, une bobine, un IR2110 et un optocoupleur 4N35.

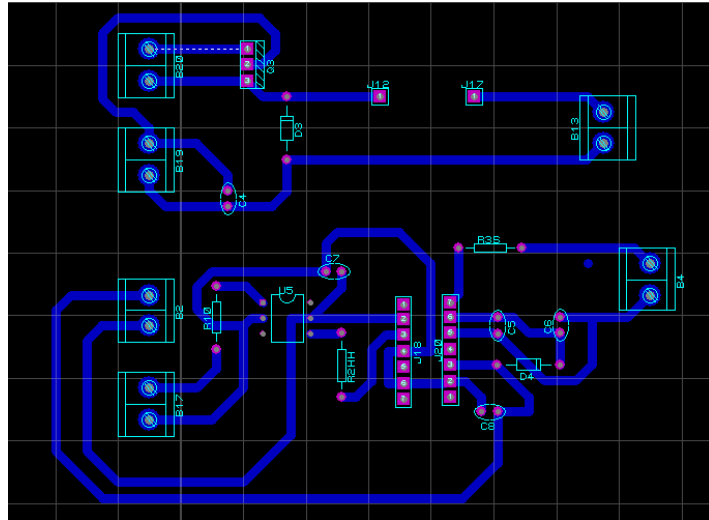


Figure4.7 : Vue BOTTON de carte hacheur et driver

1.3.2) Prototype final de la carte hacheur et driver

La figure 4.8 montre la photographie du prototype final de la carte hacheur et driver.

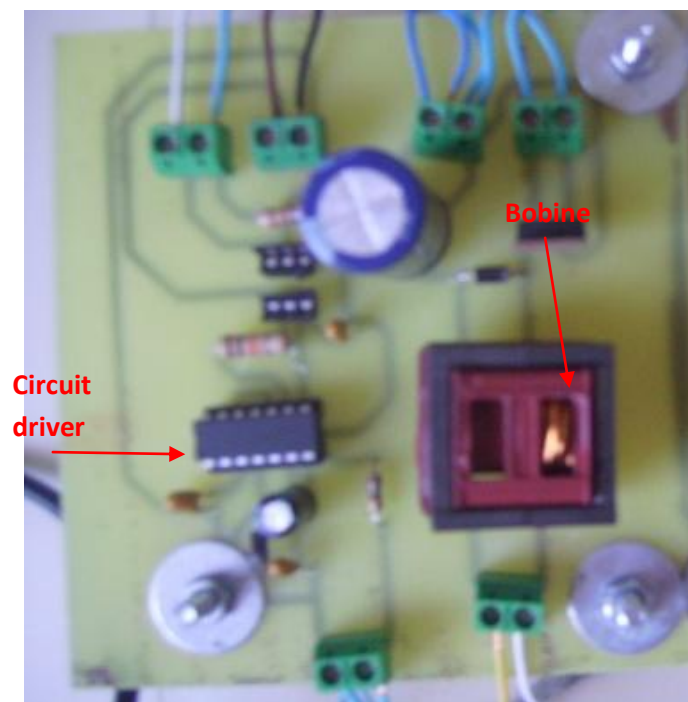


Figure 4.8 : Prototype final de carte hacheur et driver

Les résultats de simulation de la carte hacheur sont conformes aux résultats obtenues dans l'étude théorique développé dans le chapitre 2, la figure 4.9 montre bien ces résultats.

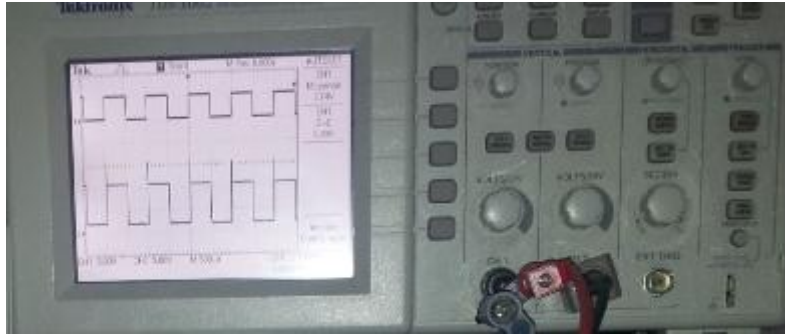


Figure 4.9 : résultat de simulation de la carte hacheur et driver

1.4) Réalisation de carte commande des moteurs

1.4.1) Emplacement des composants dans la carte de commande

La figure 4.9 montre la carte du circuit de commande des moteurs.

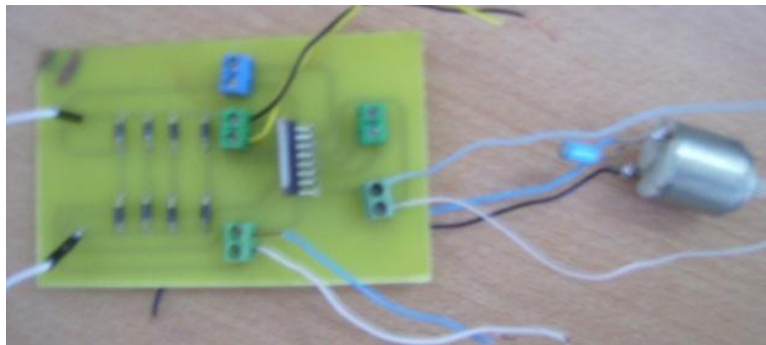


Figure4.10 : la carte commande des moteurs

1.4.2) Prototype final de la carte commande et les modules XBEE

La figure 4.11 montre la photographie du prototype final de la carte commande des moteurs et les deux XBEE.



Figure 4.11 : Prototype final de carte commande des moteurs

2) Partie mécanique

Dans cette partie, on va expliquer le choix du matériau utilisé, le choix de la forme du bâti qu'on détaillera sa conception, ainsi que sa réalisation.

2.1) Choix du matériau

On a choisi d'utiliser la tôle noir de 0,8mm pour la conception du bâti du robot pour des raisons multiples, voir :

- La capacité de déformations du métal et son indéformable proposent un façonnage performant et maîtrisé.
- Les lanières conservent leur faculté de déformation importante sans rupture.
- Les formes embouties complexes nous sont envisagées.

2.2) Conception du bâti

On a opté à minimiser la taille du bâti le plus que possible, pour gagner en poids et en équilibre, tout en respectant les spécifications et les dimensions du panneau photovoltaïque, de la caméra et des roues pris en compte pour l'utilisation.

Ci-dessous figure deux tableaux comportant les dimensions de différentes parties du système :

Nom de la pièce	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Hauteur (mm)
Panneau	130	260	20

Le panneau doit être placé à 40° de l'horizontale, Vu que cet angle d'emplacement est le plus adéquat pour l'absorption d'énergie lors de l'exposition du panneau à un ensoleillement. Le panneau sera encastré dans le bâti avec un jeu de 1mm.

Nom de la pièce	Diamètre (mm)	Largeur (mm)
Roues	65	28
Caméra	100	125

L'utilisation des logiciels 3D transforme la communication technique. Le système de projection est remplacé par une représentation spatiale. C'est pour cela qu'on a utilisé le logiciel de conception « CATIA » pour créer notre modèle.

On va donc maintenant donner les esquisses des différentes parties du bâti, les formes et leur disposition :

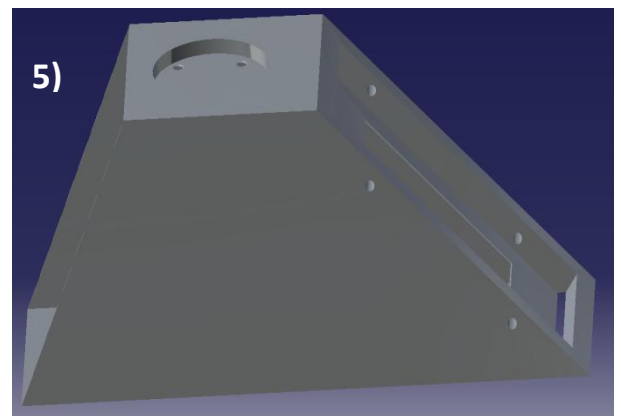
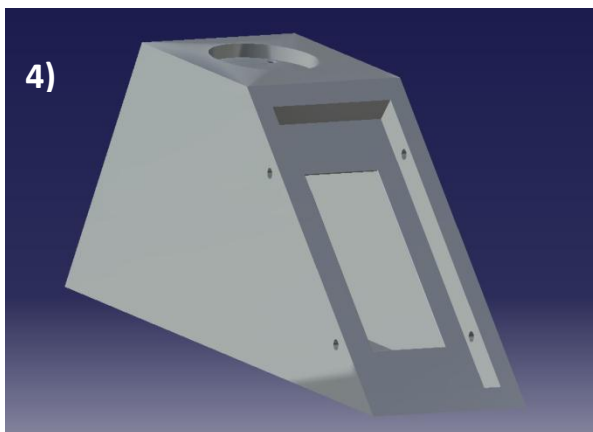
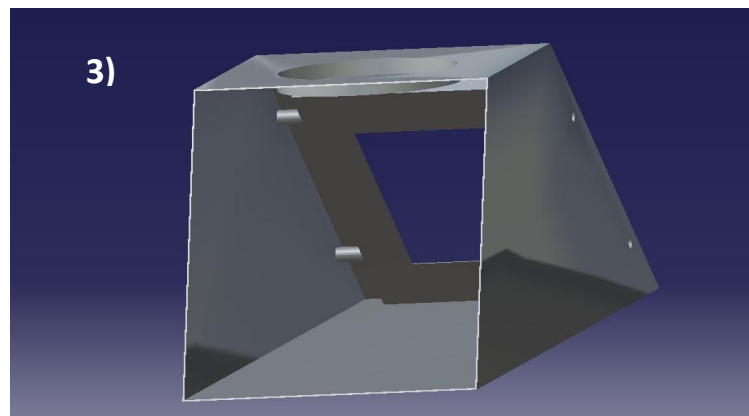
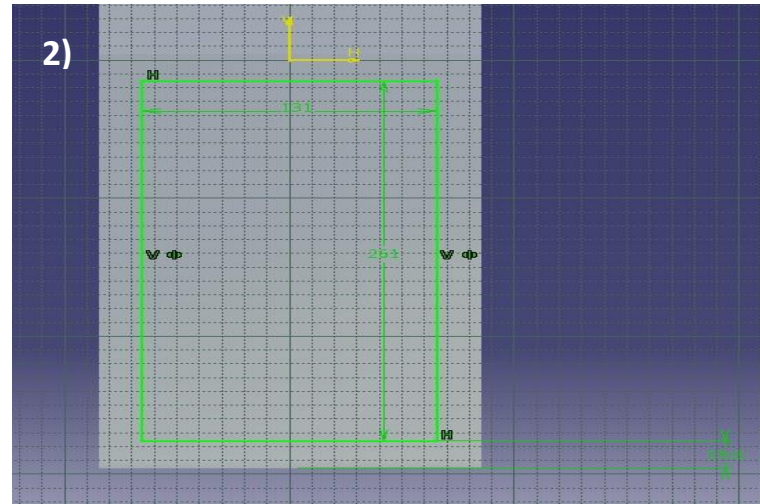
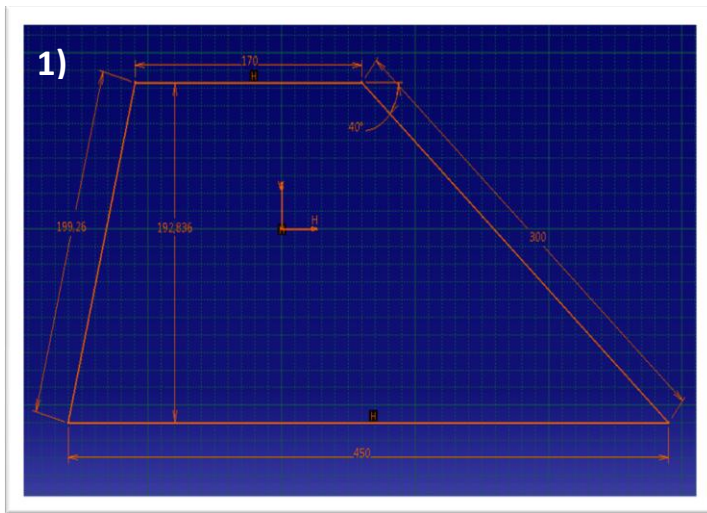


Figure4.12 :1) Esquisse principale, 2)Poche d'encastrement du panneau solaire ,3) 3D du bâti (Vue intérieure),4)3D du bâti (Poche d'encastrement)5) 3D du bâti (Vue integrale)

2.3) Réalisation du bâti

On a pris un bon bout de temps pour réaliser notre bâti, pour qu'on obtient un corps toutefois dur et agile pour le mouvement des roues. Voici des figures qui montrent les phases de réalisation de ce bâti.



Figure 4.13 : Réalisation du bâti

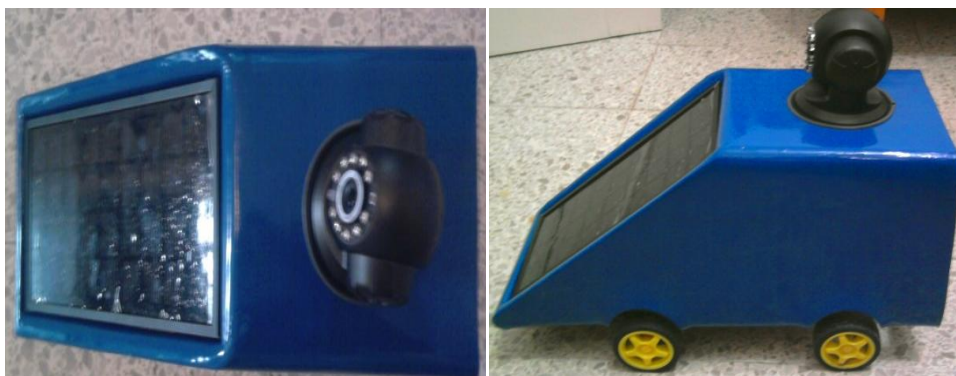


Figure4.14 : prototype final du bâti

Conclusion

Après avoir validé les essais de la partie électrique, soit la carte de la chaîne de conversion électrique et celle de commande, on est passé à la partie mécanique, donc à la réalisation du bâti. La partie programmation a été validée lors de l'essai de la commande MPPT, la commande des moteurs et de la commande à distance de la caméra.

Enfin, la réalisation des différentes parties du robot, électrique, mécanique et programmation, nous a permis d'avoir un produit fonctionnel et conforme au cahier des charges.

Conclusion générale

Les robots d'aujourd'hui ne sont quasiment que des prototypes, mais comme toute avancée technologique, ils se perfectionnent avec le temps, leurs capacités vont certainement être au-dessus de nos espérances. Les robots possèdent de nombreux avantages, ils améliorent réellement la vie de l'homme. Tout devient réalisable avec un robot, c'est ce qui nous a poussé à réaliser notre robot de surveillance, sur lequel nous avons ajouté une innovation importante.

Après la réalisation pratique, et le test des différentes cartes assemblées, nous affirmons que nous avons achevé notre tâche demandée: la réalisation d'un robot roulant de surveillance, commandé à distance et alimenté par l'énergie solaire depuis un panneau photovoltaïque. L'avantage de notre robot est qu'il est considéré comme une innovation dans le domaine de robotique de surveillance, vu l'utilisation d'une énergie renouvelable pour l'alimentation. Notre robot peut être facilement exploité pour ajouter un système de détection d'obstacle ou de suivi de ligne. En effet, on peut le considérer comme un excellent sujet de recherche, vu les perspectives qu'il présente et la possibilité de poursuivre l'étude sur la même voie.

Toutefois, nous avons rencontré plusieurs problèmes durant la conception et la réalisation pratique (protocole de communication de la commande à distance, réalisation et test des cartes du système MPPT...), mais grâce à ce que nous avons appris durant nos études académiques et l'assistance de notre encadrant, on a pu confronter ces difficultés.

