

et populaire الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République algérienne démocratique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique بوشعيب

جامعة عين تموشنت بلحاج

Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib

Faculté : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Département : ELECTROTECHNIQUE



Projet de Fin d'Etudes

Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275

« Un diplôme, une startup / micro entreprise ou brevet d'invention »

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : ELECTROMECHANIQUE

Spécialité : ELECTROMECHANIQUE

**véhicule électrique alimenté par photovoltaïque**

**Présenté Par :**

Mr Driss Mohamed Aimen  
Mr Daoud Mohamed El amine

M2 Electromécanique  
M2 Electromécanique

**Devant le jury composé de :**

<b>Dr.FLITTI Mohammed</b>	MCA	U.Ain Témouchent	Président
<b>Dr.BENAZZA Baghdadi</b>	MCB	U.Ain Témouchent	Examinateur
<b>Dr.ATTOU Amine</b>	MCB	U.Ain Témouchent	Encadrant (e)
Dr.OUAHRAHI Abdelkarim SOUILAH Kada	MCA	U.Ain Témouchent Chef de Sce Sonelgaz.	Représentant de l'incubateur Partenaire socioéconomique

*Année Universitaire 2022/2023*

## **Remerciements**

A travers ce modeste travail, nous tenons à remercier vivement notre promoteur Dr ATTOU AMINE pour l'intéressante documentation qu'il a mise à notre disposition, pour ses conseils précieux et pour toutes les commodités et aisances qu'il nous a apportées durant notre étude et réalisation de ce projet.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi aux messieurs le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Nous exprimons également notre gratitude à tous les professeurs et enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à la fin de notre cycle universitaire.

Sans omettre bien sûr de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du présent travail.

## Dédicace

C'est avec l'aide de DIEU tout puissant que ce modeste travail a pu être réalisé,  
DIEU qui m'a donné foi, raison et lucidité.

Merci mille fois et que «Allah» vos garde et protège mes chers parents "**Ahmed**" et "**DrifHouria**" pour leurs amours, leurs patiences et leurs encouragements qui n'ont jamais cassé de me convenir durant mes années d'études,

Mes frères "**Abdelkader et Oussama ,Iliess**"

Mes amis proches.

Toute ma famille "**Driss et Drif**".

Tous mes collègues de ma promotion 2023.

## Dédicace

Avec l'aide de DIEU tout puissant, j'ai pu achever ce travail que je dédie à la mémoire de mes défunts grands-parents ;

À mes chers parents qui ont tant attendu le fruit de leurs éducations, ma mère "**Ghalami Fatiha**" qui a été patiente avec moi, mon père "**Mohamed**" pour sa disponibilité et ses conseils.

À mes adorables sœurs "**Meriem et Chahra** " et frère "**yassin**" qui ont été serviabes et attentionnés.

À tous mes amis, mes oncles, mes cousins et cousines et toute ma grande famille.

À tous ceux qui me connaissent.

## Résumé

Les véhicules électriques alimentés par l'énergie solaire photovoltaïque utilisent des panneaux solaires pour convertir la lumière du soleil en électricité, qui est ensuite stockée dans des batteries et utilisée pour alimenter le véhicule. Cette technologie offre une solution durable et écologique pour réduire les émissions de carbone et dépendre moins des combustibles fossiles. Les avantages incluent une réduction des coûts de carburant à long terme, une empreinte carbone plus faible et une plus grande autonomie grâce à la recharge constante tout en étant respectueux de l'environnement. Cependant, les inconvénients comprennent des coûts initiaux élevés pour l'installation des panneaux solaires et des limitations quant à la quantité d'énergie que les panneaux peuvent générer, ce qui peut limiter l'autonomie des véhicules dans certaines conditions.

**Mots clés :** Véhicule électrique , photovoltaïque , les panneaux , batteries.

## Abstract

Photovoltaic solar-powered electric vehicles use solar panels to convert sunlight into electricity, which is then stored in batteries and used to power the vehicle. This technology offers a sustainable and environmentally-friendly solution for reducing carbon emissions and relying less on fossil fuels. Benefits include lower fuel costs in the long term, a smaller carbon footprint and greater range thanks to constant recharging while being environmentally friendly. However, disadvantages include high initial costs for installing solar panels and limitations on the amount of energy the panels can generate, which can limit vehicle range in certain conditions.

**Key words:** Electric vehicle , photovoltaic , panels , batteries.

## ملخص

تستخدم المركبات الكهربائية التي تعمل بالطاقة الشمسية الكهروضوئية الألواح الشمسية لتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء، والتي يتم تخزينها بعد ذلك في بطاريات وتستخدم لتشغيل السيارة. تقدم هذه التكنولوجيا حلاً مستدامًا وصديقًا للبيئة للحد من انبعاثات الكربون والاعتماد بشكل أقل على الوقود الأحفوري. تشمل الفوائد انخفاض تكاليف الوقود على المدى الطويل، وبصمة كربونية أصغر ونطاق أكبر بفضل إعادة الشحن المستمرة مع كونها صديقة للبيئة. ومع ذلك، تشمل العيوب التكاليف الأولية المرتفعة لتركيب الألواح الشمسية والقيود المفروضة على كمية الطاقة التي يمكن أن تولدها الألواح، والتي يمكن أن تحد من نطاق السيارة في ظروف معينة.

**الكلمات الرئيسية:** سيارة كهربائية، كهروضوئية، ألواح، بطاريات.

# Table des matières

RESUME

ABSTRACT

ملخص

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION GENERALE

## CHAPITRE I: LES VEHICULES ELECTRIQUES

I.1	Introduction.....	3
I.2	véhicule.....	3
I.2.1	véhicules électriques .....	4
I.2.2	L'histoire des véhicules électriques.....	4
I.2.3	avantages et inconvénients.....	5

## CHAPITRE II : LA TECHNOLOGIE PHOTOVOLTAÏQUE

II.1	Introduction.....	8
II.2	Définition du photovoltaïque .....	8
II.3	cellule photovoltaïque.....	9
II.3.1	Fonctionnement simplifié d'une cellule photovoltaïque .....	9
II.3.2	Fabrication de cellules photovoltaïques .....	10
II.3.3	Le rendement d'une cellule photovoltaïque .....	10
II.3.4	Les différents types de cellules photovoltaïques .....	10
II.4	Le système photovoltaïque.....	13
II.4.1	Fonctionnement d'un système photovoltaïque.....	13
II.4.2	les éléments d'un système photovoltaïque.....	13
II.4.3	Les différents types de systèmes photovoltaïques.....	14
II.4.4	Modélisation électrique d'une cellule photovoltaïque.....	16
II.4.5	Influence de l'éclairement et de la température .....	19
II.4.6	Avantages et inconvénients du système photovoltaïque .....	20

## CHAPITRE III:

III.1	Un moteur à courant continu.....	23
III.1.1	Définitions .....	23
III.1.2	Principe de fonctionnement.....	23
III.1.3	Les différents types de moteurs à courant continu .....	24
III.2	Moteur de moyen cc balais de moto électrique 72V.....	27
III.2.1	Caractéristiques.....	29

III.3	Batterie.....	30
III.3.1	Définitions .....	30
III.3.2	Les différents types de batteries.....	30
III.3.3	Le fonctionnement des batteries .....	30
III.3.4	Une batterie 12V 20Ah.....	31
III.4	Les convertisseurs DC-DC .....	34
III.4.1	Les types des convertisseurs de tension DC/DC.....	34
III.5	Hacheur buck boost 24V/72V.....	44
III.5.1	Le fonctionnement du hacheur buck-boost.....	45
III.6	L' ArduinoMega 2560.....	45
III.6.1	principales caractéristiques de l'ArduinoMega 2560 incluent.....	46
III.6.2	Spécifications techniques.....	47
	<b>Conclusion générale.....</b>	<b>50</b>
	<b>Référence bibliographique .....</b>	<b>50</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1-1-1 :les différents types des véhicules .....	4
Figure 1-1-2 : véhicule électrique .....	4
Figure 2-1-1: schéma de principe de l'effet photovoltaïque .....	9
Figure 2-1-2 :Mono- cristallines .....	11
Figure 2-1-3 :Cellule poly-cristallines .....	11
Figure 2-1-4: Cellules amorphes .....	12
Figure 2-1-5: cellules à triple jonction.....	12
Figure 2-1-6: Installation photovoltaïque autonome .....	14
Figure 2-1-7 :Installation PV connecté directement au réseau .....	15
Figure 2-1-8: Modèle simplifié d'une cellule PV .....	17
Figure 2-1-9:Modèle à une diode d'une cellule PV .....	18
Figure 2-2-1:Modèle à deux diodes d'une cellule PV .....	19
Figure 2-2-2: Evolution de la caractéristique (I-V) et (P-V) du module en fonction de l'irradiation.....	19
Figure 2-2-3 : Evolution de la caractéristique (I-V) (P-V) du module en fonction de la température .....	20
Figure 3-1-1: moteur à excitation shunt .....	24
Figure 3-1-2: Moteur à excitation série .....	25
Figure 3-1-3: Moteur à excitation séparée.....	26
Figure 3-1-4: Moteur à aimant permanent.....	27
Figure 3-1-5: description de 72V électrique moto disque brushless DC moyeu moteur.....	28
Figure 3-1-6: 72V électrique moto disque brushless DC moyeu moteur .....	29
Figure 3-1-7:batterie au plomb, 6-dzm-20 (12v 20ah).....	32
Figure 3-1-8 Schéma électronique de convertisseur abaisseur « Buck » .....	34
Figure 3-1-9 Schéma électronique de Convertisseur Buck Durant l'état on .....	35

Figure 3-2-1 Schéma électronique de Convertisseur Buck Durant l'état off .....	36
Figure 3-2-2. Chronogramme du convertisseur abaisseur « Buck » .....	36
Figure 3-2-3: Schéma de principe d'un convertisseur élévateur du type Boost.....	37
Figure 3-2-4 Circuit équivalent pour TON.....	38
Figure 3-2-5 Circuit équivalent pour TOFF .....	38
Figure 3-2-6. Forme du courant $i_1$ .....	39
Figure 3-2-7 Chronogrammes du convertisseur élévateur « Boost » .....	41
Figure 3-2-8 Schéma du convertisseur inverseur « Buck-Boost » .....	42
Figure 3-2-9 Convertisseur Buck-Boost Durant l'état ON.....	43
Figure 3-3-1 Convertisseur Buck-Boost Durant l'état OFF .....	43
Figure 3-3-2 Chronogrammes du convertisseur inverseur « Buck-Boost » .....	44
Figure 3-3-3: Convertisseur Buck-Boost.....	45
Figure 3-3-4: La carte ArduinoMega 2560.....	47

# **Introduction générale**

## Introduction générale

---

Le photovoltaïque est une technologie de conversion d'énergie solaire en électricité qui suscite un intérêt croissant dans le monde entier en raison de son potentiel pour fournir de l'énergie renouvelable et propre. Les applications du photovoltaïque s'étendent à différents domaines, y compris l'utilisation de cette énergie pour alimenter des véhicules.

L'application du photovoltaïque dans le domaine des transports est en constante évolution, avec l'objectif d'optimiser l'utilisation de l'énergie solaire pour réduire la dépendance aux carburants fossiles et réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les véhicules solaires sont un exemple d'application du photovoltaïque dans les transports. Ces véhicules sont alimentés par des panneaux solaires qui convertissent l'énergie solaire en électricité pour alimenter le moteur électrique du véhicule.

Les avantages de l'utilisation de l'énergie solaire dans les transports sont nombreux. Tout d'abord, cela permet de réduire la dépendance aux carburants fossiles, qui sont une source finie d'énergie et qui ont un impact négatif sur l'environnement. De plus, l'utilisation de l'énergie solaire pour alimenter les véhicules réduit les coûts de carburant et les émissions de gaz à effet de serre.

Cependant, il y a encore des défis à surmonter pour généraliser l'utilisation de l'énergie solaire dans les transports. Les coûts de production et d'installation de panneaux solaires sont encore élevés, ce qui rend l'utilisation de cette technologie peu accessible pour la plupart des consommateurs. En outre, l'utilisation de panneaux solaires pour alimenter les véhicules pose des défis techniques en termes de stockage de l'énergie et de fiabilité. Malgré ces défis, le potentiel de l'utilisation de l'énergie solaire dans les transports est prometteur et continuera de croître à mesure que la technologie évolue et que les coûts diminuent. Les véhicules solaires sont un exemple de l'application de la technologie photovoltaïque pour fournir une source d'énergie propre et renouvelable pour les transports.

# **CHAPITRE I : LES VEHICULES ELECTRIQUES**

# CHAPITRE I: LES VEHICULES ELECTRIQUES

---

## I.1 Introduction

Les véhicules électriques ont révolutionné l'industrie automobile en offrant une alternative propre et durable aux véhicules traditionnels à essence. Alors que les voitures électriques ont été initialement considérées comme des curiosités, elles sont rapidement devenues un choix de plus en plus populaire pour les conducteurs soucieux de l'environnement et conscients de leur empreinte carbone.

Contrairement aux voitures à essence, les véhicules électriques utilisent un moteur électrique pour faire tourner leurs roues. L'énergie nécessaire pour faire fonctionner ce moteur est stockée dans une batterie rechargeable, généralement au lithium-ion, qui peut être rechargée à partir d'une prise électrique domestique ou d'une borne de recharge publique.

Outre leur impact environnemental positif, les véhicules électriques offrent également d'autres avantages, tels qu'une performance exceptionnelle, une accélération instantanée et une conduite silencieuse. Ils sont également souvent moins coûteux à entretenir que les voitures à essence, car ils ont moins de pièces mobiles et ne nécessitent pas de vidanges d'huile ou de remplacement de filtres.

Bien qu'il y ait encore des défis à relever, tels que l'infrastructure de recharge limitée dans certains endroits, les véhicules électriques sont en constante évolution et continuent de gagner en popularité. Avec les avancées technologiques et les initiatives gouvernementales pour encourager leur adoption, il est fort probable que les voitures électriques continueront de jouer un rôle important dans l'avenir de l'industrie automobile.

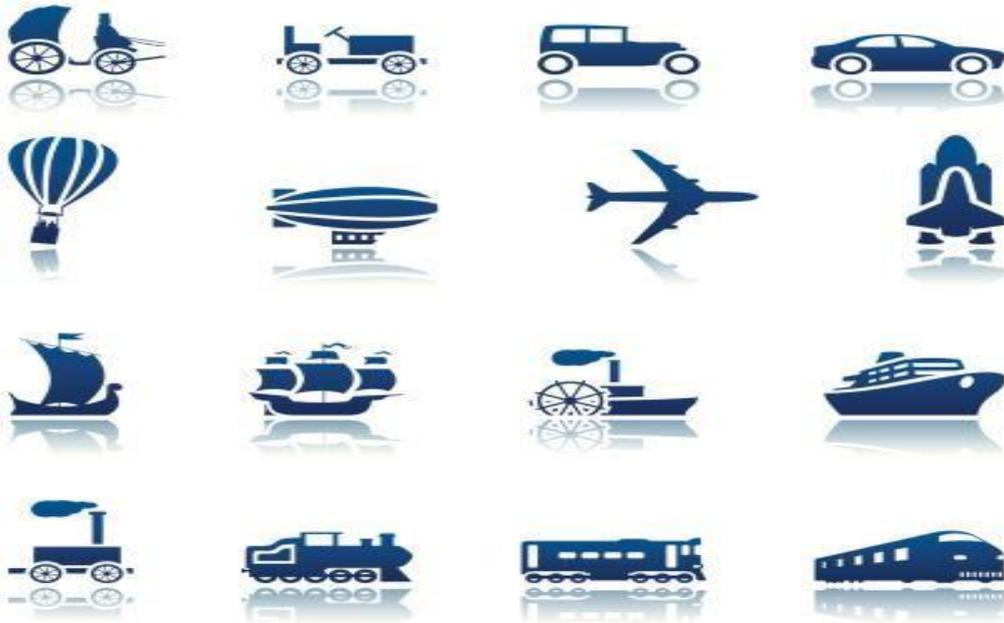
## I.2 véhicule :

Un véhicule est un moyen de transport motorisé qui permet de se déplacer d'un lieu à un autre. Il peut être utilisé pour transporter des personnes, des animaux ou des marchandises. [1]

Les véhicules peuvent être de différents types, tels que les voitures, les camions, les motos, les trains, les avions, les bateaux, etc. Ils peuvent également fonctionner avec différentes sources d'énergie, telles que l'essence, le diesel, l'électricité, le gaz naturel ou l'hydrogène. Les véhicules ont évolué au fil du temps pour répondre aux besoins de la société en termes de transport et de mobilité. [2]

Les véhicules sont soumis à des règles de sécurité strictes pour garantir la sécurité des passagers, des conducteurs et des autres usagers de la route. Les réglementations en matière de sécurité routière comprennent l'obligation d'utiliser des ceintures de sécurité, des casques pour les motos, des airbags, des freins antiblocage (ABS), des dispositifs de contrôle de stabilité (ESC) et bien d'autres. Les normes de sécurité varient d'un pays à l'autre et sont régulièrement mises à jour pour répondre aux nouveaux défis de la sécurité routière. [3]

# CHAPITRE I: LES VEHICULES ELECTRIQUES



**Figure 1-1-1 :les différents types des véhicules**

## **I.2.1 véhicules électriques :**

Les véhicules électriques sont des véhicules qui sont alimentés par un moteur électrique et une batterie rechargeable plutôt que par un moteur à combustion interne. Ces types de véhicules ont gagné en popularité ces dernières années en raison de leur efficacité énergétique et de leur faible impact environnemental.[4]



**Figure 1-1-2 : véhicule électrique**

## **I.2.2 L'histoire des véhicules électriques :**

L'histoire des véhicules électriques remonte au début du XIXe siècle, lorsque les premiers prototypes ont été développés. En 1832, l'inventeur britannique Robert Anderson a créé la première voiture électrique alimentée par des piles non rechargeables. En 1859, l'inventeur

# CHAPITRE I: LES VEHICULES ELECTRIQUES

---

français Gaston Planté a inventé la première batterie rechargeable, ce qui a permis de développer des véhicules électriques plus pratiques.[4]

Au début du XXe siècle, les voitures électriques étaient populaires en raison de leur facilité d'utilisation et de leur fiabilité. Les véhicules électriques étaient utilisés dans les centres-villes pour les livraisons, les taxis et les services de navette. Cependant, l'arrivée de l'automobile à essence a commencé à réduire la popularité des voitures électriques.

Au cours des décennies suivantes, les voitures électriques ont continué à être développées, mais ont été largement supplantées par les voitures à essence en raison de leur autonomie limitée et de la disponibilité limitée des stations de recharge.

Au XXIe siècle, les véhicules électriques sont devenus de plus en plus populaires en raison de leur efficacité énergétique et de leur impact environnemental réduit. Les avancées technologiques ont permis d'augmenter l'autonomie des batteries et de réduire le temps de recharge, ce qui a rendu les véhicules électriques plus pratiques pour une utilisation quotidienne. Aujourd'hui, les véhicules électriques sont utilisés dans une variété de domaines, y compris les voitures particulières, les camions, les autobus, les motos et les vélos. Les véhicules électriques autonomes sont également en développement. [4]

## I.2.3 avantages et inconvénients :

Les véhicules électriques ont plusieurs avantages et inconvénients qu'il est important de prendre en compte lorsqu'on envisage de les utiliser.[7]

### I.2.3.1 Avantages :

- **Impact environnemental réduit:** Les véhicules électriques ne produisent pas d'émissions directes de gaz à effet de serre, ce qui en fait une option plus propre pour l'environnement.[5]
- **Coût d'utilisation réduit:** Les coûts de fonctionnement des véhicules électriques sont généralement moins élevés que ceux des voitures à essence, car ils utilisent de l'électricité moins chère pour fonctionner.
- **Conduite silencieuse:** Les véhicules électriques ont tendance à être plus silencieux que les voitures à essence, ce qui les rend plus agréables à conduire. [5]
- **Accélération rapide:** Les moteurs électriques ont tendance à offrir une accélération rapide, ce qui peut rendre la conduite plus amusante et plus agréable.
- **Maintenance réduite :** Les véhicules électriques ont moins de pièces mobiles que les voitures à essence, ce qui peut réduire les coûts de maintenance à long terme.

### I.2.3.2 Inconvénients :

- **Autonomie limitée:** Les véhicules électriques ont une autonomie limitée par rapport aux voitures à essence, ce qui peut rendre la planification de longs trajets plus difficile. [6]

## CHAPITRE I: LES VEHICULES ELECTRIQUES

---

- **Temps de recharge:** Les véhicules électriques nécessitent un temps de recharge plus long que le temps de remplissage d'un réservoir d'essence, ce qui peut être un inconvénient pour les conducteurs en déplacement.
- **Coût initial élevé:** Les véhicules électriques ont tendance à être plus chers que les voitures à essence, bien que les coûts de fonctionnement plus bas puissent compenser ce surcoût à long terme.[6]
- **Infrastructures de recharge limitées:** Les infrastructures de recharge pour les véhicules électriques sont moins répandues que les stations-service pour les voitures à essence, ce qui peut rendre la recharge difficile dans certaines régions.
- **Poids supplémentaire des batteries:** Les batteries nécessaires pour alimenter les moteurs électriques sont lourdes, ce qui peut rendre les véhicules électriques plus lourds que les voitures à essence, ce qui peut affecter la maniabilité et la performance.

Chapitre II :  
La technologie photovoltaïque

## II.1 Introduction

La technologie photovoltaïque est une méthode de production d'énergie électrique à partir de la lumière du soleil. Elle repose sur l'utilisation de panneaux solaires, constitués de cellules photovoltaïques, qui convertissent la lumière du soleil en électricité. Cette technologie est une solution prometteuse pour répondre à nos besoins énergétiques tout en réduisant notre empreinte carbone.

Les panneaux solaires photovoltaïques sont de plus en plus courants sur les toits des maisons, les bâtiments commerciaux, les centrales électriques solaires et même les voitures. Ils sont une alternative propre et renouvelable aux sources d'énergie traditionnelles telles que le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

En plus d'être écologique, l'énergie photovoltaïque peut également être économique à long terme. Les coûts de production des panneaux solaires ont diminué ces dernières années, ce qui a permis de rendre cette technologie plus accessible à un plus grand nombre de personnes.

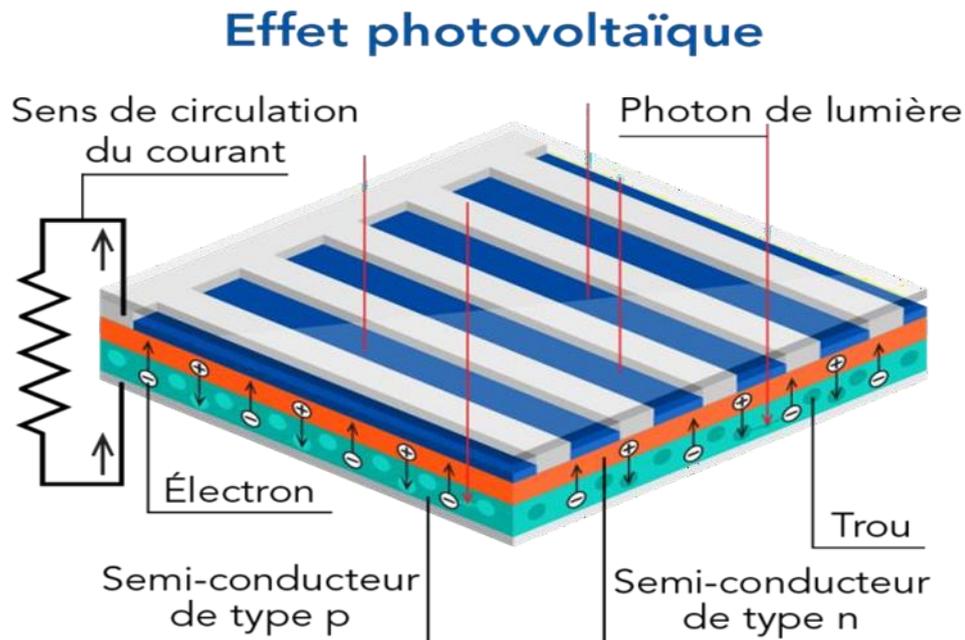
Cependant, la production d'énergie photovoltaïque dépend fortement de la quantité de lumière solaire disponible, ce qui peut varier en fonction de la météo, de la saison et de la localisation géographique. Les progrès technologiques sont en cours pour améliorer l'efficacité des panneaux solaires et ainsi réduire cette dépendance aux conditions climatiques.

En somme, l'énergie photovoltaïque est une technologie propre et renouvelable qui offre de nombreux avantages en termes d'environnement et de coûts à long terme.

## II.2 Définition du photovoltaïque :

L'électricité photovoltaïque est une technologie remarquable qui transforme le rayonnement lumineux en électricité. L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par le physicien français Alexandre-Edmond Becquerel. Cette filière s'est ensuite développée par la nécessité d'approvisionner en électricité solaire les satellites.[8]

L'effet photovoltaïque se manifeste lorsqu'un semi-conducteur absorbe de la lumière. En acceptant l'énergie des photons, les électrons de la bande de valence des semi-conducteurs passent dans la bande de conduction et créent ainsi des paires électron-trou.[9]



**Figure 2-1-1: schéma de principe de l'effet photovoltaïque**

### II.3 cellule photovoltaïque :

Les cellules photovoltaïques ont la particularité de produire un courant électrique lorsqu'elles sont exposées aux rayonnements du Soleil. Elles sont constituées de semi-conducteurs à base, par exemple, de silicium, de sulfure de cadmium, ou de tellure de cadmium.

sont des éléments qui forment les panneaux solaires. Ce sont des composants électroniques qui produisent de l'électricité à partir des rayons du soleil. Elles sont très fines (environ 200  $\mu\text{m}$ ), mais une toute petite quantité suffit pour les fabriquer. Il y a entre 60 et 72 cellules photovoltaïques sur chaque panneau solaire.[10]

#### II.3.1 Fonctionnement simplifié d'une cellule photovoltaïque

Le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque peut être simplifié en trois étapes[11] :

- **L'absorption de la lumière:** la cellule est exposée à la lumière du soleil, qui est composée de photons d'énergie. Les photons sont absorbés par les matériaux semi-conducteurs de la cellule, créant ainsi des paires d'électrons et de trous dans le matériau.
- **La séparation des charges:** les paires d'électrons et de trous créées par l'absorption de la lumière sont séparées par un champ électrique présent dans la cellule. Les électrons sont dirigés vers la couche conductrice de la cellule, tandis que les trous sont dirigés vers la couche opposée.

- **La production d'électricité:** les électrons dirigés vers la couche conductrice peuvent être collectés et dirigés vers un circuit électrique externe, où ils peuvent produire de l'électricité.

### II.3.2 Fabrication de cellules photovoltaïques :

La fabrication d'une cellule photovoltaïque implique plusieurs étapes, qui peuvent varier en fonction des technologies utilisées et des matériaux employés. Cependant, de manière générale, les étapes de fabrication d'une cellule photovoltaïque comprennent[12] :

- **La préparation des matériaux semi-conducteurs:** les matériaux semi-conducteurs, tels que le silicium, sont préparés sous forme de plaques ou de fines couches.
- **La dopage des matériaux:** les matériaux semi-conducteurs sont dopés avec des impuretés, telles que des atomes de phosphore ou de bore, pour créer des régions conductrices et des régions non conductrices dans la cellule.
- **La formation des contacts :** des métaux sont déposés sur les couches conductrices et non conductrices de la cellule pour former des contacts électriques.
- **L'assemblage des cellules :** les cellules sont assemblées en modules ou panneaux solaires, qui sont ensuite intégrés dans des systèmes solaires.

### II.3.3 Le rendement d'une cellule photovoltaïque :

Le rendement est le rapport entre la puissance électrique produite et la puissance lumineuse qui tombe sur la cellule. Pour définir celui-ci, les cellules, rassemblées en modules puis en panneaux, sont étalonnées en étant placées face à un simulateur solaire, qui reproduit les conditions optimales : un ensoleillement de 1 000 W de lumière par mètre carré, une température ambiante de 25° C. La puissance électrique créée, dite puissance crête, est un pourcentage de la puissance solaire reçue. Si un panneau d'1 m<sup>2</sup> produit une puissance électrique de 200 W, son rendement sera de 20 %. Le rendement de ce type de cellules ne peut pas dépasser une limite théorique d'environ 33%, appelé « limite de Shockley-Queisser ».[13]

### II.3.4 Les différents types de cellules photovoltaïques :

Il existe différentes sortes de cellules photovoltaïques. Même si elles fonctionnent globalement de la même manière, elles ont chacune leurs spécificités.

#### • Les cellules en silicium monocristallin

Une cellule solaire en silicium monocristallin est un type de cellule solaire photovoltaïque qui est fabriqué à partir d'un seul cristal de silicium pur. Ces cellules ont un rendement élevé et une longue durée de vie, mais elles sont plus coûteuses à produire que les cellules en silicium poly-cristallin ou amorphe.[14]



**Figure 2-1-2 :Mono- cristallines**

#### •Les cellules en silicium poly-cristallin

Une cellule en silicium poly-cristallin est une cellule solaire photovoltaïque fabriquée à partir d'un bloc de silicium constitué de plusieurs cristaux de tailles et d'orientations différentes. Ce type de cellule a une apparence bleutée et granuleuse, avec une surface texturée qui améliore l'absorption de la lumière. Les cellules en silicium poly cristallin ont généralement un rendement légèrement inférieur à celui des cellules en silicium monocristallin.[14]



**Figure 2-1-3 :Cellule poly-cristallines**

#### •Les cellules au silicium amorphe en couche mince :

Une cellule en silicium amorphe en couche mince est une cellule solaire photovoltaïque qui utilise une fine couche de silicium amorphe comme matériau semi-conducteur. Contrairement aux cellules en silicium cristallin, les cellules en silicium amorphe sont produites par dépôt de gaz sur des substrats en verre ou en plastique, ce qui les rend plus légères et flexibles.

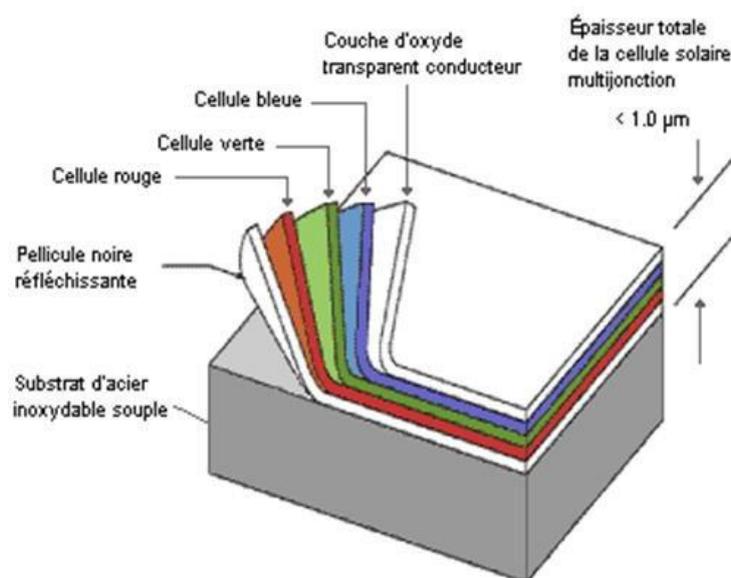
Cependant, leur rendement est généralement inférieur à celui des cellules en silicium cristallin.[15]



**Figure 2-1-4: Cellules amorphes**

- **Les cellules à triple jonction**

Une cellule solaire triple jonction est une cellule photovoltaïque qui utilise trois couches de matériaux semi-conducteurs pour convertir la lumière solaire en électricité. Chaque couche est optimisée pour absorber une partie différente du spectre solaire, augmentant ainsi l'efficacité de conversion de la cellule. Les cellules solaires triple jonction sont souvent utilisées dans les applications spatiales où un rendement élevé est crucial.[14]



**Figure 2-1-5: cellules à triple jonction**

## II.4 Le système photovoltaïque

Un système photovoltaïque est un système de production d'énergie électrique qui utilise des panneaux solaires photovoltaïques pour convertir la lumière du soleil en électricité. Ce système comprend généralement des panneaux solaires, un onduleur pour convertir le courant continu produit par les panneaux en courant alternatif utilisable, des dispositifs de protection et de surveillance, ainsi que des câbles et des connecteurs pour relier les différents composants.

Les systèmes photovoltaïques peuvent être utilisés pour fournir de l'électricité à des maisons, des bâtiments commerciaux ou industriels, des équipements de télécommunications, des stations de pompage d'eau, des lampadaires, des feux de signalisation et d'autres applications. La taille et la complexité des systèmes photovoltaïques peuvent varier considérablement en fonction de l'application et de la quantité d'énergie requise.[16]

### II.4.1 Fonctionnement d'un système photovoltaïque :

Le fonctionnement d'un système photovoltaïque peut être résumé en quatre étapes principales [16]:

- **Absorption de la lumière solaire** :les panneaux solaires photovoltaïques absorbent la lumière du soleil et la transforment en électricité.
- **Conversion en courant continu** : l'électricité produite par les panneaux solaires est initialement en courant continu (DC). C'est l'onduleur qui va transformer ce courant en courant alternatif (AC), qui est la forme d'électricité utilisée dans les réseaux électriques et par les équipements électriques.
- **Stockage de l'énergie**: si le système photovoltaïque est équipé d'un système de stockage d'énergie, l'électricité produite en excès est stockée dans des batteries pour une utilisation ultérieure.
- **Fourniture d'électricité** : l'électricité produite par le système photovoltaïque est utilisée pour alimenter les équipements électriques du bâtiment ou est injectée dans le réseau électrique public.

### II.4.2 Les éléments d'un système photovoltaïque :

Les éléments d'un système photovoltaïque comprennent [16]:

- **Les panneaux solaires photovoltaïques**: ils sont responsables de la conversion de la lumière solaire en électricité.
- **Les supports de montage**: ils sont utilisés pour fixer les panneaux solaires sur un toit ou une structure.
- **Les câbles et les connecteurs**: ils sont utilisés pour relier les panneaux solaires à l'onduleur et aux autres composants du système.

- **L'onduleur** : il est utilisé pour convertir le courant continu produit par les panneaux solaires en courant alternatif utilisable.
- **Les dispositifs de protection et de surveillance** : ils assurent la sécurité et la fiabilité du système en surveillant les conditions de fonctionnement et en protégeant le système contre les surtensions et les surintensités.
- **Le système de stockage d'énergie (optionnel)**: il est utilisé pour stocker l'électricité produite en excès pour une utilisation ultérieure.

### II.4.3 Les différents types de systèmes photovoltaïques :

#### II.4.3.1 Système PV autonome

Autonomes ou « stand-alone », ces installations isolées ne sont pas connectées au réseau, mais elles doivent assurer la couverture de la demande de la charge en tout temps. La puissance à la sortie du générateur photovoltaïque n'est pas suffisante pour satisfaire la demande de charge. Aussi, l'autonomie du système est assurée par un système de stockage d'énergie. En général ces installations comprennent quatre éléments[17] :

- ✓ Un ou plusieurs modules PV.
- ✓ Le système de régulation.
- ✓ Une ou plusieurs batteries.
- ✓ L'onduleur.

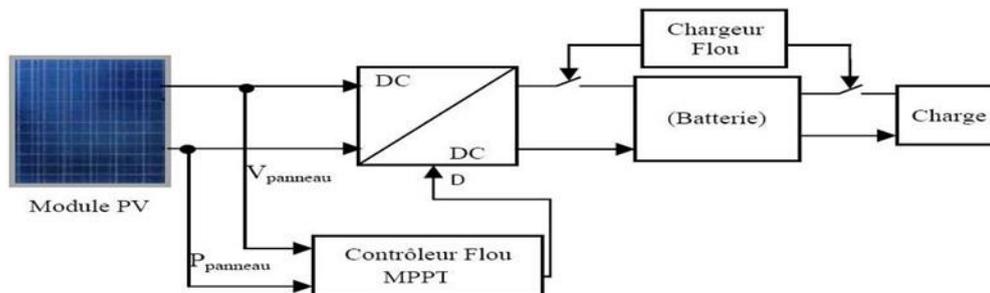


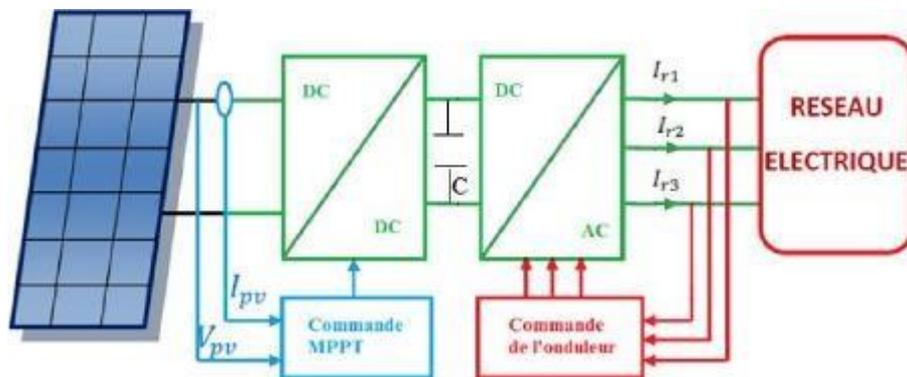
Figure 2-1-6: Installation photovoltaïque autonome

#### II.4.3.2 Système PV connecté directement au réseau :

Un système PV connecté directement au réseau, également appelé système PV en réseau, est un système photovoltaïque qui est connecté au réseau électrique public. Cela signifie que l'électricité produite par le système PV peut être utilisée pour alimenter les charges de la maison ou de l'entreprise, mais aussi être injectée dans le réseau public.

Le système PV en réseau est généralement constitué de panneaux solaires, d'un onduleur, d'un compteur électrique et d'un dispositif de protection. L'onduleur convertit l'énergie électrique produite par les panneaux solaires en courant alternatif, qui est compatible avec le réseau électrique public. Le compteur électrique mesure la quantité d'électricité produite par le système PV et la quantité d'électricité consommée par la maison ou l'entreprise. Le dispositif de protection assure la sécurité du système PV et du réseau électrique public en cas de surtension ou de court-circuit.

Les systèmes PV en réseau sont de plus en plus populaires car ils permettent aux propriétaires de réduire leur consommation d'énergie provenant du réseau public et de vendre l'énergie excédentaire produite par le système PV à leur fournisseur d'électricité. Cela peut entraîner des économies importantes sur les factures d'électricité et contribuer à réduire l'empreinte carbone.[18]



**Figure 2-1-7 : Installation PV connecté directement au réseau**

#### II.4.3.3 Systèmes PV hybrides :

Les systèmes photovoltaïques hybrides combinent la production d'énergie solaire avec une autre source d'énergie, telle que l'énergie éolienne, la biomasse ou un générateur diesel. Ces systèmes hybrides permettent de maximiser la production d'énergie en utilisant plusieurs sources d'énergie complémentaires.

Les systèmes hybrides peuvent être utilisés dans des zones isolées, où l'accès à l'électricité est limité, ou dans des zones où le réseau électrique est instable. Dans ces cas, le système hybride permet de fournir une alimentation électrique fiable et autonome.

Les systèmes photovoltaïques hybrides sont souvent équipés d'un système de stockage d'énergie pour garantir une alimentation électrique continue, même lorsque la production d'énergie solaire est faible. Les batteries sont les dispositifs de stockage les plus couramment utilisés dans les systèmes hybrides.

Les avantages des systèmes photovoltaïques hybrides sont nombreux. Ils permettent une production d'énergie plus stable et plus fiable, grâce à la combinaison de différentes sources d'énergie. Ils peuvent également réduire les coûts d'investissement et d'exploitation, en utilisant des sources d'énergie locales et renouvelables.

Il est important de noter que la mise en place de systèmes photovoltaïques hybrides nécessite une étude approfondie des besoins en énergie et des conditions locales, afin de garantir une conception optimale et une utilisation efficace du système.[19]

#### *II.4.3.4 Les systèmes de stockage d'énergie photovoltaïque :*

Les systèmes de stockage d'énergie photovoltaïque peuvent être divisés en plusieurs étapes, allant de la production d'énergie solaire à son stockage et son utilisation ultérieure. Voici les principales étapes du processus[20] :

- **Production d'énergie solaire:** Les panneaux solaires photovoltaïques convertissent la lumière du soleil en électricité.
- **Transformation et gestion de l'énergie:** Les systèmes de gestion de l'énergie convertissent l'énergie produite par les panneaux solaires en énergie utilisable pour les besoins domestiques ou industriels. Cette étape comprend également la régulation de la production et de la consommation d'énergie, afin de maximiser l'utilisation de l'énergie solaire.
- **Stockage de l'énergie:** Les systèmes de stockage permettent de stocker l'énergie produite par les panneaux solaires pendant les périodes de faible consommation ou lorsque la production solaire est supérieure à la demande. Les batteries, les super condensateurs et les systèmes de stockage à flux sont les technologies de stockage les plus courantes.
- **Utilisation de l'énergie stockée:** L'énergie stockée peut être utilisée ultérieurement, lorsque la production solaire est insuffisante ou lorsque la demande d'énergie est supérieure à la production.

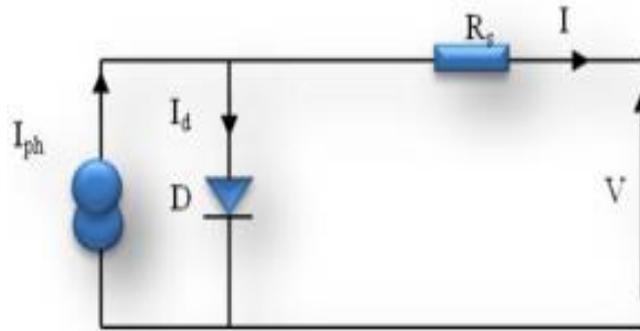
Il est important de noter que la gestion de l'énergie et le stockage de l'énergie sont étroitement liés, et qu'ils doivent être intégrés dans un système cohérent pour maximiser l'utilisation de l'énergie solaire.

#### **II.4.4 Modélisation électrique d'une cellule photovoltaïque**

Il existe plusieurs modèles électriques caractérisant le fonctionnement de la cellule photovoltaïque, et ils ont comme facteur commun la considération de la cellule PV comme générateur du courant idéal. Généralement on a trois modèles différents selon la modélisation électrique des comportements physiques de la cellule.

##### *II.4.4.1 Modèle simplifié*

La cellule sera modélisée par une source du courant  **$I_{ph}$**  en parallèle avec une diode et pour optimiser la modélisation de quelques phénomènes au niveau de la cellule, le modèle comme le montre la figure 2.1.8 contient une résistance série  **$R_s$**  qui modélise les pertes ohmiques [31][32].



**Figure 2-1-8: Modèle simplifié d'une cellule PV.**

Ce modèle électrique modélise la cellule en un générateur du courant idéal, selon la loi des nœuds, le courant résultant  $I$  est donné par :

$$I = I_{ph} - I_d \quad \mathbf{I.1}$$

Avec :

$I_{ph}$  : Constant pour un ensoleillement donné.

$$I_d = I_s (\exp( V+R_s.IA. ) - 1) \quad \mathbf{I.2}$$

Avec :

$A$  : Facteur d'idéalité de la diode.

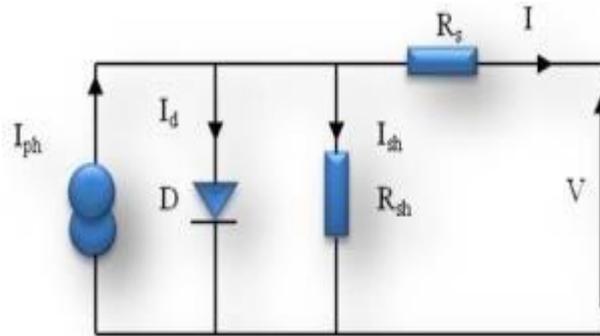
Le courant fourni par ce modèle est donc donné par :

$$I = I_{ph} - I_s (\exp( V+R_s.IA. ) - 1) \quad \mathbf{I.3}$$

Le modèle de l'expression (**I. 3**) est nommé aussi « modèle à quatre paramètres » ( $I_{ph}$ ,  $I_s$ ,  $R_s$ ,  $A$ ) [33].

#### **II.4.4.2** *Modèle à une diode*

C'est un modèle semblable au modèle simplifié. Comme le montre la figure 2.1.9, une source de courant et une diode en parallèle avec une résistance en série, mais dans ce modèle une résistance shunt  $R_{sh}$  est ajoutée ayant une grande influence sur le courant généré par le modèle et qui est proche du courant d'une cellule réelle. Physiquement, la résistance shunt sert à la modélisation des pertes autour de la jonction dues aux impuretés et sur les coins de la cellule[31][32].



**Figure2-1-9:Modèle à une diode d'une cellule PV**

Ce modèle est le plus utilisé dans de nombreuses recherches grâce à son comportement qui est plus proche à une cellule PV par rapport au modèle à résistance série (simplifié) d'une part, et sa simplicité pour le calcul mathématique par rapport au modèle à deux diodes (décrit ci-après) d'une autre part.

Le courant généré par ce modèle est donné par :

$$I = I_{ph} - I_d - I_{sh} \quad \text{I. 4}$$

Avec :

$$I_{sh} = (V + R_s I / R_{sh}) \quad \text{I. 5}$$

Donc :

$$I = I_{ph} - I_s (\exp(V + R_s I / A) - 1) - V + R_s I / R_{sh} \quad \text{I. 6}$$

Le modèle de l'expression (I. 6) est nommé aussi « modèle implicite avec cinq paramètres » ( $I_{ph}$ ,  $I_s$ ,  $R_s$ ,  $R_{sh}$ ,  $A$ )[33].

#### II.4.4.3 Modèle à deux diodes

Actuellement le modèle électrique le plus proche d'une cellule photovoltaïque est celui à deux diodes (double exponentiel), où la cellule est bien sûr présentée comme un générateur de courant électrique dont le comportement est équivalent à une source de courant avec deux diodes en parallèle. Et pour tenir compte des phénomènes physiques au niveau de la cellule, comme les modèles précédents, ce modèle est complété par les deux résistances série  $R_s$  et parallèle  $R_{sh}$  comme le montre le schéma électrique équivalent de la figure 2.2.1 [31][32]

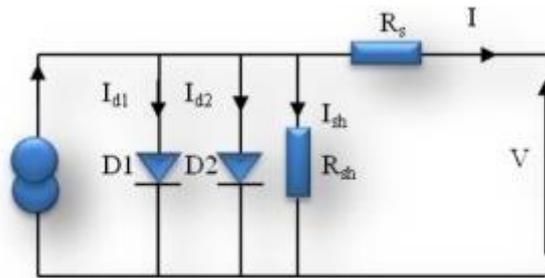


Figure 2-2-1: Modèle à deux diodes d’une cellule PV.

Avec quelques difficultés de calcul et développement mathématique, ce modèle donne un courant presque semblable au courant d’une cellule PV selon la relation :

$$I = I_{ph} - I_{d1} - I_{d2} - I_{sh} \tag{I. 7}$$

Donc :

$$I = I_{ph} - I_{s1} (\exp (V+R_s.I / A1. Vt) - 1) - I_{s2} (\exp (V+R_s.I / A2. Vt) - 1) - V+R_s.I / R_{sh} \tag{I. 8}$$

Avec :

A1 et A2 : Facteurs d’idéalité des diodes D1 et D2 respectivement.

I<sub>s1</sub> et I<sub>s2</sub> : Courants de saturation des diodes D1 et D2 respectivement.

#### II.4.5 Influence de l’éclairement et de la température :

Les caractéristiques d’un panneau dépendent de l’éclairement et de la température. Selon la technologie du générateur photovoltaïque, les variations des paramètres seront différentes.

##### II.4.5.1 Influence de l’irradiation :

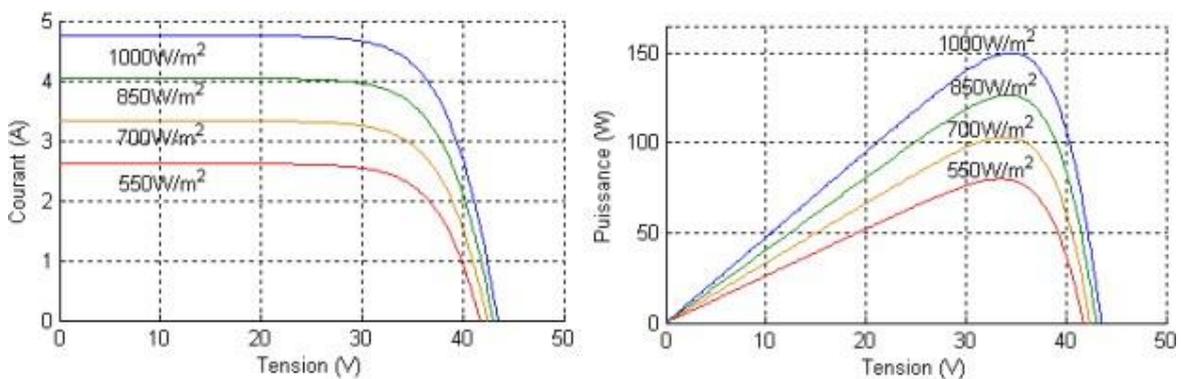
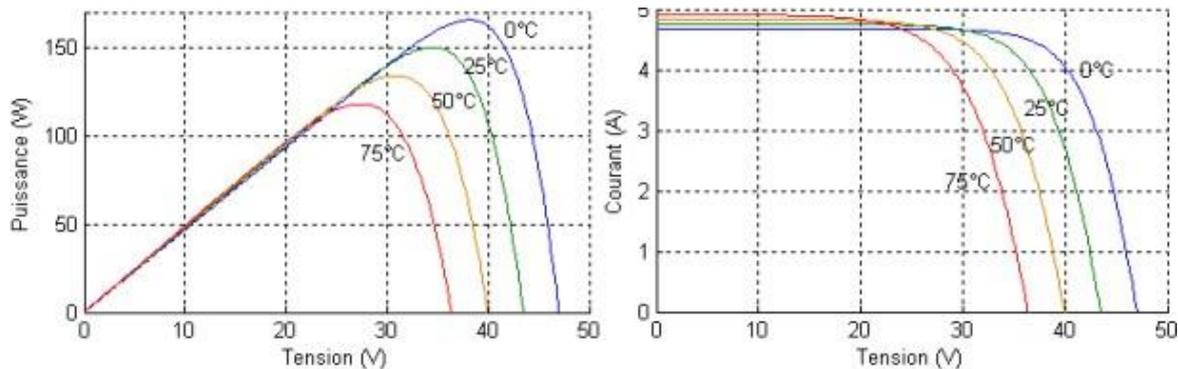


Figure 2-2-2: Evolution de la caractéristique (I-V) et (P-V) du module en fonction de l’irradiation

Le courant  $I_{sc}$  varie directement avec le rayonnement lumineux (la relation est proportionnelle), la tension restant relativement constante. On remarque dans la figure (Figure 2.2.2) que le courant optimal est très sensible à l'éclairement. Par contre la tension optimal varie très peu avec l'éclairement.

#### II.4.5.2 Influence de la température :

Quand la température diminue, la tension à vide augmente, mais le courant de courtcircuit



**Figure 2-2-3 : Evolution de la caractéristique (I-V) (P-V) du module en fonction de la température**

diminue dans des proportions moindres (Figure 2.2.3). La diminution du courant de saturation est la principale cause de la chute de courant à basse température.

Aussi, on considère en première approximation que le fonctionnement optimal du générateur PV correspond sensiblement à un fonctionnement à tension optimale constante.

#### II.4.6 Avantages et inconvénients du système photovoltaïque :

Les systèmes photovoltaïques présentent de nombreux avantages, mais aussi quelques inconvénients. Voici une liste non exhaustive des principaux avantages et inconvénients du système photovoltaïque[21] :

##### II.4.6.1 Avantages:

- **Énergie renouvelable et propre:** L'énergie solaire est une source d'énergie renouvelable et non polluante, contrairement aux énergies fossiles.
- **Coûts en baisse:** Les coûts des panneaux solaires ont considérablement baissé ces dernières années, ce qui rend l'énergie solaire de plus en plus compétitive par rapport aux énergies fossiles.
- **Réduction de la facture d'électricité :** Les propriétaires de systèmes photovoltaïques peuvent réduire leur facture d'électricité en produisant leur propre électricité à partir du soleil.
- **Fiabilité :** Les systèmes photovoltaïques sont très fiables et ont une durée de vie de plusieurs décennies, avec peu d'entretien nécessaire.

#### *II.4.6.2 Inconvénients :*

- **Coûts initiaux élevés:** Les coûts initiaux pour l'installation d'un système photovoltaïque peuvent être élevés, bien que ces coûts aient diminué ces dernières années.
- **Dépendance aux conditions météorologiques:** La production d'énergie solaire dépend des conditions météorologiques, ce qui peut affecter la fiabilité du système.
- **Besoin d'espace:** Les panneaux solaires nécessitent de l'espace pour être installés, ce qui peut être problématique pour les propriétaires ayant une surface limitée.
- **Stockage de l'énergie :** Les systèmes photovoltaïques ne peuvent pas stocker l'énergie produite pendant les périodes de faible consommation, ce qui peut nécessiter l'utilisation d'un système de stockage coûteux.

Il est important de noter que les avantages et les inconvénients du système photovoltaïque peuvent varier en fonction des conditions locales, des besoins en énergie et de l'utilisation du system

## **Chapitre III : Les Matériaux Utilisés**

### III.1 Un moteur à courant continu

#### III.1.1 Définitions :

Un moteur à courant continu est un dispositif électromécanique qui convertit l'énergie électrique en mouvement mécanique rotatif. Il est composé d'un stator fixe et d'un rotor mobile. Le stator contient des aimants ou des bobines qui créent un champ magnétique fixe, tandis que le rotor comporte des bobines reliées à une source de courant continu. [22]

#### III.1.2 Principe de fonctionnement

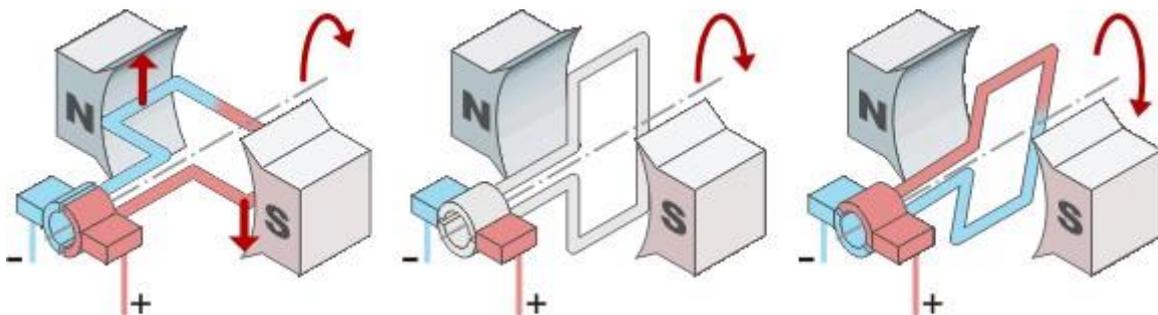
Le moteur à courant continu se compose :

- de l'inducteur ou du stator,
- de l'induit ou du rotor,
- du collecteur et des balais.

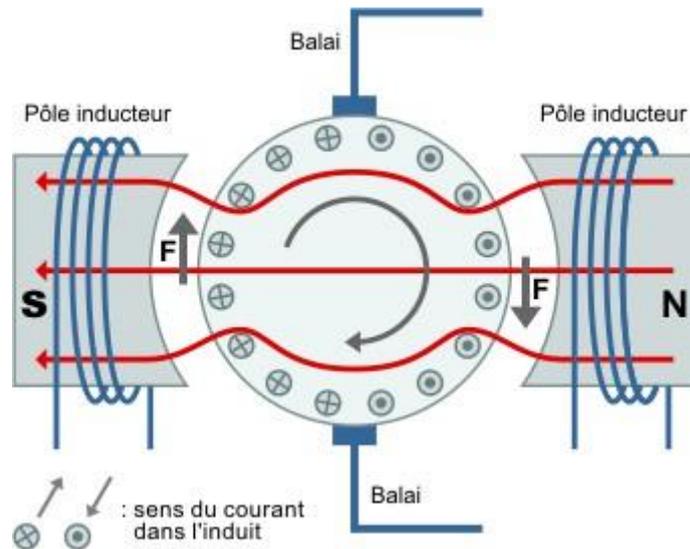
Lorsque le bobinage d'un inducteur de moteur est alimenté par un courant continu, sur le même principe qu'un moteur à aimant permanent (comme la figure ci-dessous), il crée un champ magnétique (flux d'excitation) de direction Nord-Sud.

Une spire capable de tourner sur un axe de rotation est placée dans le champ magnétique. De plus, les deux conducteurs formant la spire sont chacun raccordés électriquement à un demi collecteur et alimentés en courant continu via deux balais frotteurs.

D'après la loi de Laplace (tout conducteur parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique est soumis à une force), les conducteurs de l'induit placés de part et d'autre de l'axe des balais (ligne neutre) sont soumis à des forces  $F$  égales mais de sens opposé en créant un couple moteur. [23]



Si le système balais-collecteurs n'était pas présent (simple spire alimentée en courant continu), la spire s'arrêterait de tourner en position verticale sur un axe appelé communément "ligne neutre". Le système balais-collecteurs a pour rôle de faire commuter le sens du courant dans les deux conducteurs au passage de la ligne neutre. Le courant étant inversé, les forces motrices sur les conducteurs le sont aussi permettant ainsi de poursuivre la rotation de la spire.[24]

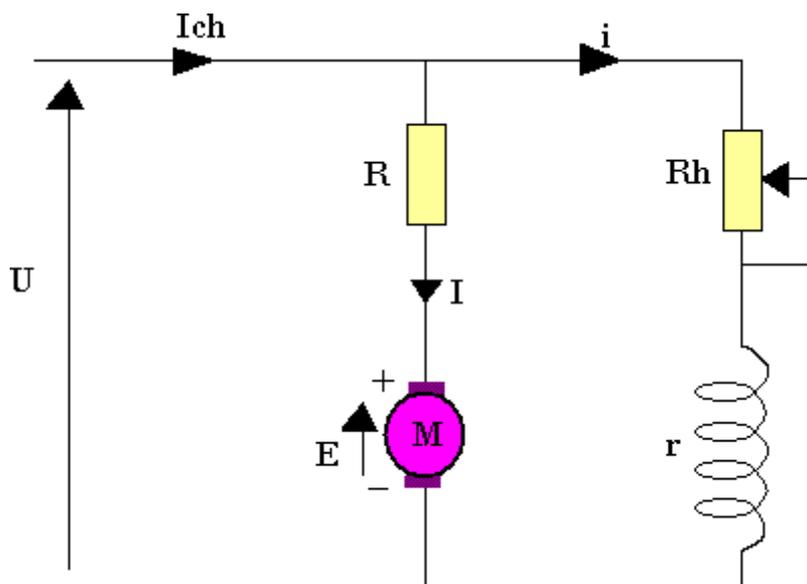


Dans la pratique, la spire est remplacée par un induit (rotor) de conception très complexe sur lequel sont montés des enroulements (composés d'un grand nombre de spires) raccordés à un collecteur "calé" en bout d'arbre. Dans cette configuration, l'induit peut être considéré comme un seul et même enroulement semblable à une spire unique. [24]

**III.1.3 Les différents types de moteurs à courant continu :**

**III.1.3.1 Le moteur à excitation parallèle (ou shunt) :**

Le moteur à excitation dérivée ou shunt est composé de deux enroulements : un enroulement autour du stator et un autour du rotor. Ils sont connectés en parallèle et sont donc parcourus par des courants d'amplitudes différentes. Schéma équivalent :



**Figure 3-1-1: moteur à excitation shunt**

Ce moteur présente beaucoup d'avantages. Sa vitesse est sensiblement constante et facile à régler. De plus, il suffit de changer le sens du courant pour changer sa vitesse de rotation. Ses utilisations sont diverses : machines outils, appareils de lavage, pompes, ventilateurs, etc...

➤ Voici quelques unes de ses plus importantes propriétés :

- circuit inducteur et induit, alimenté sous la même tension
- proportionnalité entre fem et vitesse de rotation
- si  $U$  augmente, la vitesse augmente
- ne jamais couper le courant dans l'induit sinon le moteur s'emballé, en effet la vitesse du moteur est inversement proportionnelle à la tension dans le circuit induit. [25]

### III.1.3.2 Le moteur à excitation en série

Ce type de moteur est caractérisé par le fait que le stator (inducteur) est raccordé en série avec le rotor (induit), ainsi la même tension traverse le stator et le rotor. Par conséquent, le sens de rotation ne change pas avec le sens du courant; il suffit de brancher le rotor et le stator dans l'autre sens. Et l'induit reçoit une puissance de  $P_{em}=EI$

Maintenant supposons que le flux utile sous un pôle est proportionnel au courant d'excitation  $I$ , ainsi  $\Phi=k.I$  avec  $k=constante$ . De plus. On a donc  $E=K \Phi \Omega$  avec la vitesse angulaire  $\Omega$ .

Voyons rapidement la puissance utile  $P_u$  de ce moteur. On a  $P_u=P_{abs}-P_j-P_c$  avec  $P_{abs}$  la puissance absorbée ( $P_{abs}=UI$ ),  $P_j$  la puissance perdue par effet joule ( $P_j=R_t \times I^2$ ) et  $P_c$  les pertes collectives (pertes fer+pertes mécaniques). Ainsi le rendement de ce moteur est  $\eta=P_u/P_{abs}$  [25]

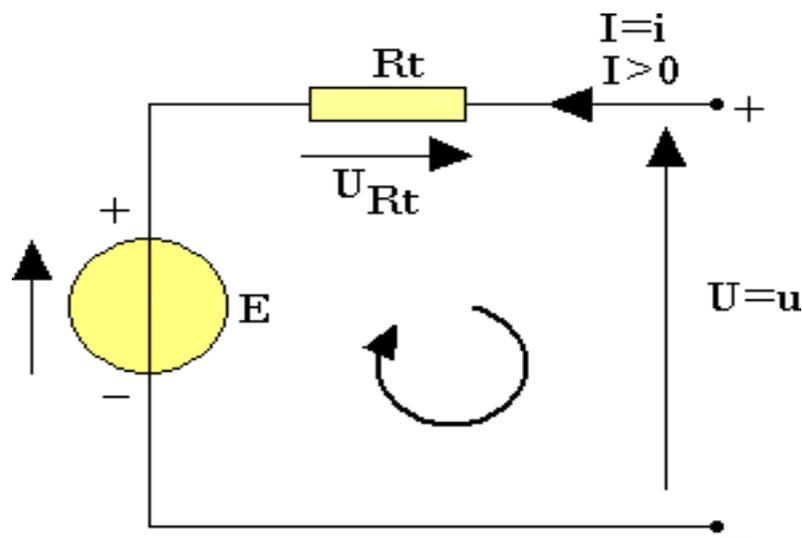


Figure 3-1-2: Moteur à excitation série

### III.1.3.3 Le moteur à excitation séparée

Pour ce moteur deux alimentations sont nécessaires: une pour l'inducteur et une pour l'induit. Ici,  $E=U -RI=K \Phi \Omega$ , donc la vitesse de ce moteur est  $\Omega=(U -RI) / K \Phi$  et sa puissance est  $P_u=P_{abs}-P_{je}-P_j-P_c$  avec  $P_{abs}=U \cdot I$ ,  $P_{je}=U \cdot I_e$ , la puissance absorbée,  $P_{je}=U \cdot I_e$ , la puissance perdue par effet joule de l'inducteur,  $P_j=R I^2$  la puissance perdue par effet joule de l'induit et  $p_c$  les pertes collectives.

Ainsi, son rendement est  $\eta=P_u / P_{abs}$ .

La vitesse de ce moteur est réglable par tension et est indépendante de la charge. De plus, elle fournit un couple important à faible vitesse ce qui peut être utile pour les machines-outils ou le levage. [26]

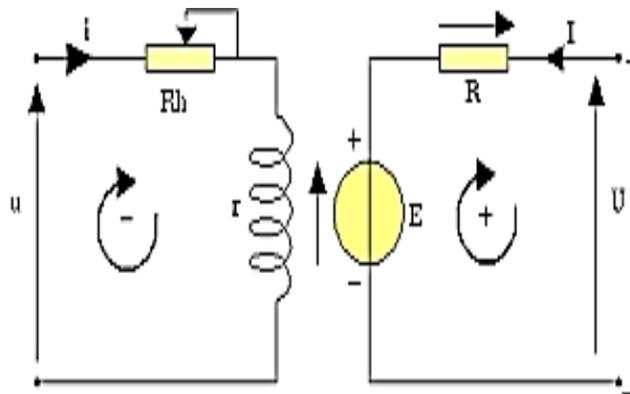
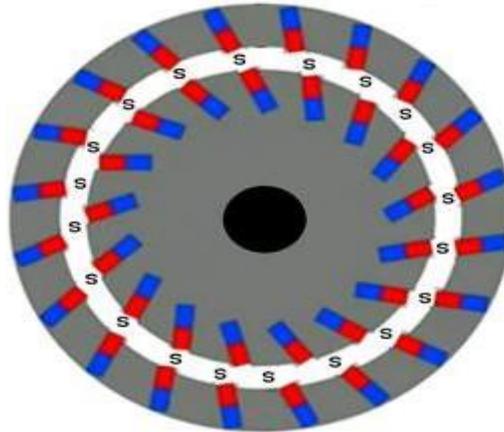


Figure 3-1-3: Moteur à excitation séparée

### III.1.3.4 Le moteur à aimant permanent

Dans le moteur à aimants permanents, le rotor et le stator sont constitués d'aimants dont les pôles identiques sont mis face à face afin de permettre le mouvement du moteur grâce au champ magnétique créé. Les pôles identiques se repoussent ce qui met le moteur en mouvement. [26]

Le principal avantage de ce type de moteur réside dans sa durée de vie élevée qui correspond à celle des aimants (environ 400 ans). En revanche, les moteurs à aimants permanent peuvent être encombrant lorsque l'on veut obtenir des moteurs puissants car il faut des aimants plus puissants.



**Figure 3-1-4: Moteur à aimant permanent**

### III.2 Moteur de moyen cc balais de moto électrique 72V

Un moteur de moyenne cylindrée sans balais pour une moto électrique de 72V fait référence à un moteur électrique utilisé dans les motos électriques avec une tension nominale de 72 volts. Les moteurs sans balais, également appelés moteurs à courant continu sans balais (brushless DC motors en anglais), sont couramment utilisés dans les véhicules électriques en raison de leur efficacité élevée, de leur puissance élevée et de leur faible entretien.

Le moteur sans balais utilise des aimants permanents pour créer un champ magnétique, éliminant ainsi le besoin de balais et de collecteurs présents dans les moteurs à courant continu classiques. Cela réduit les frictions, augmente l'efficacité et prolonge la durée de vie du moteur.

Les moteurs de moyenne cylindrée sans balais pour motos électriques de 72V peuvent varier en termes de puissance et de couple, en fonction des spécifications et des besoins du constructeur de la moto électrique. Les moteurs de ce type sont généralement conçus pour offrir une accélération rapide, une vitesse maximale élevée et une performance globale équivalente à celle des moteurs à combustion interne de taille similaire

Il est important de noter que l'installation et le fonctionnement de ce type de moteur nécessitent des compétences techniques et une connaissance approfondie des systèmes électriques et de propulsion. Il est recommandé de faire appel à un professionnel qualifié pour l'installation et l'entretien de ce type de moteur dans une moto électrique.

Spécification	Type de moteur: moteur de moyeu	De frein: Frein À Disque
	Tension nominale: 72V	Style: deux tours
	Aimant hauteur: 40mm	Stator: noyau de fer
	Lieu d'origine: Jiangsu, chine	Couleur: noir/argent
	Roulement: double	Certification: CCC, CQC
	Imperméable à l'eau: IP67	Poids: 13.542kg
Données techniques	Tension nominale	72v
	Efficacité	≥ 87%
	Puissance maximale	2500W
	Puissance nominale	1800W
	Courant Maximum	40A
	Courant continu	29A
	Vitesse nominale De Rotation	700rpm
	RPM sans charge	750rpm
	Vitesse avec charge	70km/h
	Couple maximal	159N.m

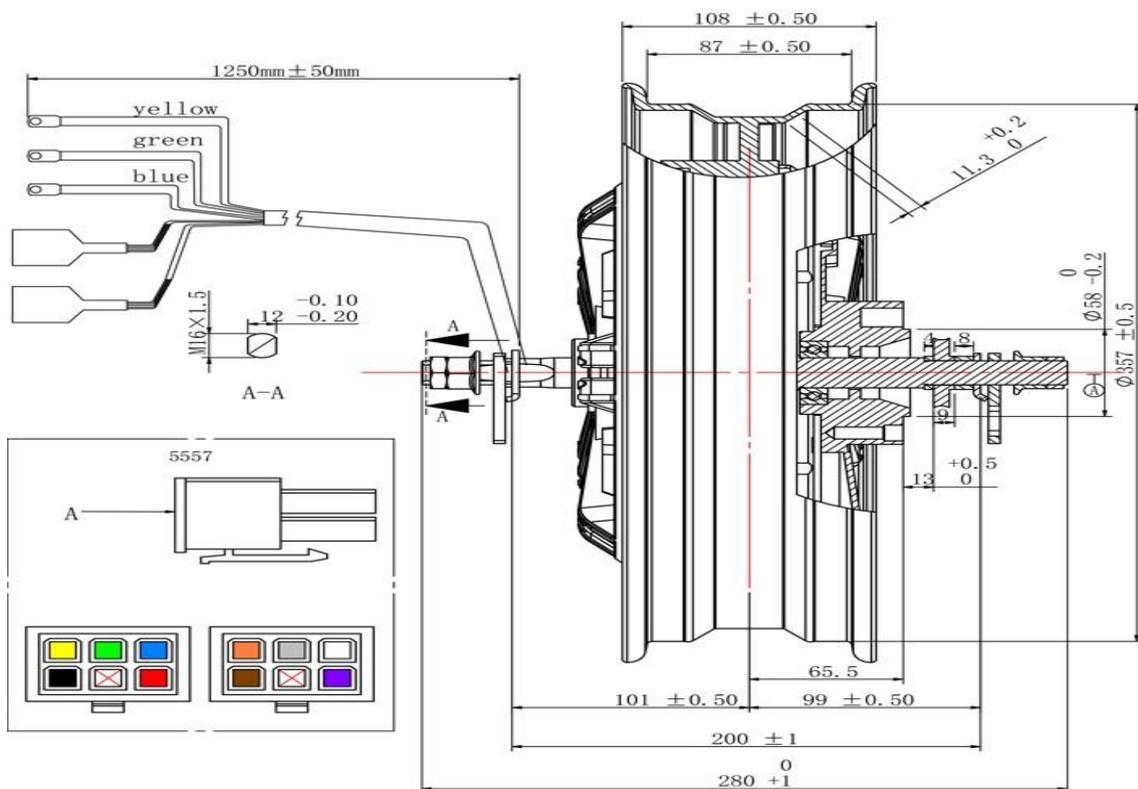
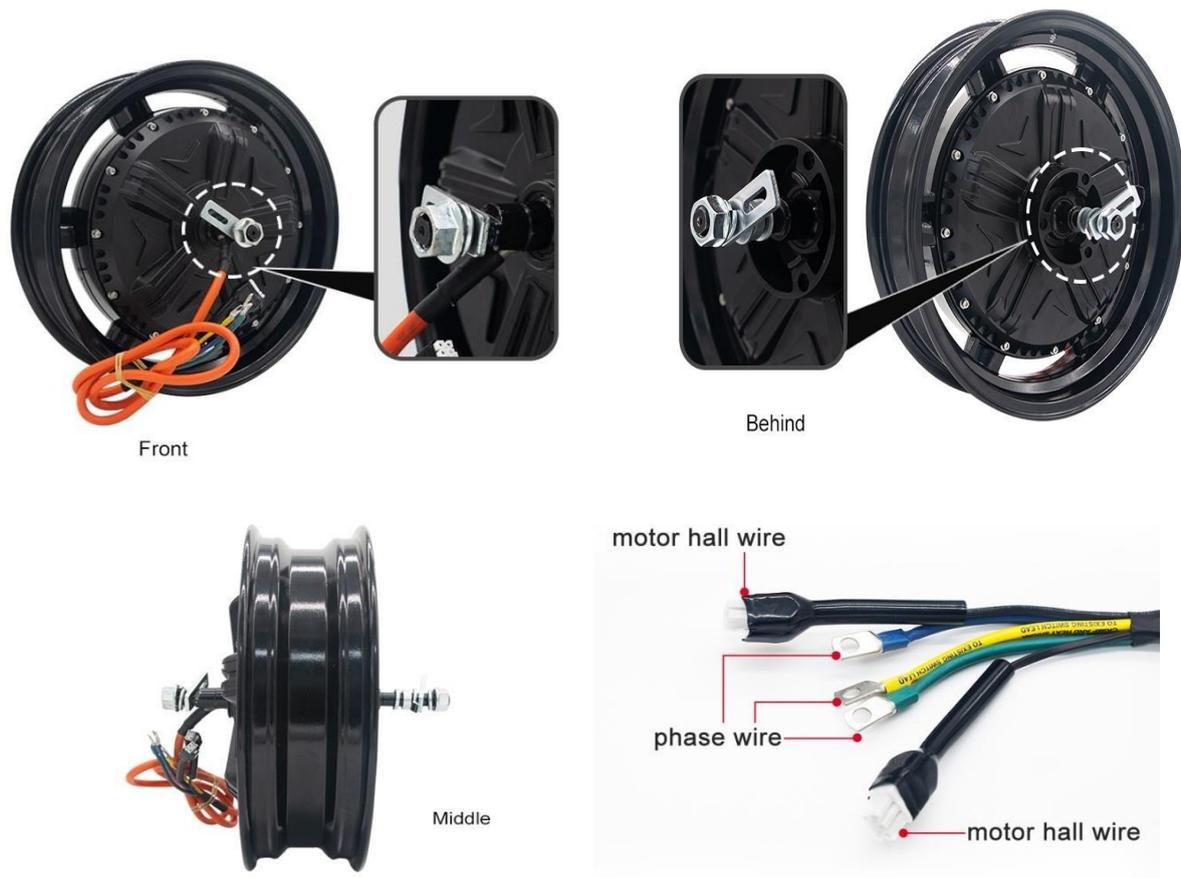


Figure 3-1-5: description de 72V électrique moto disque brushless DC moyeu moteur



**Figure 3-1-6: 72V électrique moto disque brushless DC moyeu moteur**

### III.2.1 Caractéristiques

- Matériau aéronautique haute performance la tôle d'acier au silicium est utilisée pour minimiser la perte de fer.
- En utilisant un matériau de qualité aéronautique-l'aimant néodyme ne démagnétisera jamais.
- Adoptez le fil verni de cuivre pur sans oxygène, petite résistance, résistance à haute température.
- Rapide vitesse up
- Haute couple
- Faible bruit
- Excellente performance étanche IP67
- Petite élévation de température, dissipation thermique rapide
- Longue durée de vie
- Économie de puissance et longue portée

### III.3 Batterie

#### III.3.1 Définitions :

Les batteries sont des dispositifs qui stockent de l'énergie sous forme chimique et la convertissent en énergie électrique lorsqu'elle est nécessaire. Elles sont largement utilisées dans de nombreux domaines, tels que les appareils électroniques, les véhicules électriques, les systèmes de stockage d'énergie, etc.

#### III.3.2 Les différents types de batteries :

Il existe différents types de batteries, chacun ayant ses propres caractéristiques et utilisations spécifiques. Voici quelques-uns des types de batteries les plus courants :

- **Batteries au plomb-acide** : Ce type de batterie est couramment utilisé dans les voitures et les systèmes de secours. Elles sont relativement peu coûteuses mais ont une densité d'énergie plus faible par rapport à d'autres types de batteries.
- **Batteries alcalines** : Ces batteries sont couramment utilisées dans les appareils électroniques grand public tels que les télécommandes, les jouets et les horloges. Elles sont peu coûteuses et offrent une puissance constante pendant une durée de vie relativement longue.
- **Batteries lithium-ion** : Elles sont utilisées dans une large gamme d'applications, notamment les téléphones portables, les ordinateurs portables et les véhicules électriques. Les batteries lithium-ion offrent une densité d'énergie élevée, une longue durée de vie et une faible autodécharge.
- **Batteries nickel-métal hydrure (NiMH)** : Elles sont souvent utilisées dans les appareils électroniques portables tels que les appareils photo, les caméscopes et les outils électriques. Les batteries NiMH ont une densité d'énergie plus élevée que les batteries alcalines et peuvent être rechargées plusieurs fois.
- **Batteries au lithium polymère (LiPo)** : Elles sont utilisées dans les appareils électroniques compacts tels que les smart phones, les tablettes et les drones. Les batteries LiPo offrent une densité d'énergie élevée et peuvent être fabriquées dans différentes formes et tailles pour s'adapter à des applications spécifiques.

#### III.3.3 Le fonctionnement des batteries :

Le fonctionnement des batteries peut être décrit en plusieurs étapes, qui varient en fonction du type de batterie. Voici une description générale des étapes courantes[27] :

- **Réactions électrochimiques** : Les batteries fonctionnent grâce à des réactions électrochimiques qui se produisent à l'intérieur des cellules. Ces réactions impliquent des réactifs chimiques situés dans les électrodes de la batterie.

- **Réaction d'oxydation :** Lorsque la batterie est déchargée, la réaction d'oxydation se produit à l'anode (l'électrode négative) de la batterie. Cela implique la libération d'électrons par les réactifs chimiques présents dans l'anode.
- **Migration des électrons :** Les électrons libérés par la réaction d'oxydation se déplacent à travers le circuit externe, créant un courant électrique qui peut être utilisé pour alimenter des appareils électroniques ou charger d'autres dispositifs.
- **Réaction de réduction :** Pendant ce temps, à la cathode (l'électrode positive) de la batterie, une réaction de réduction se produit. Les électrons qui ont parcouru le circuit externe réagissent avec les réactifs chimiques présents dans la cathode, permettant ainsi une neutralisation de la charge.
- **Migration des ions :** Pendant que les électrons se déplacent à travers le circuit externe, les ions positifs (cations) se déplacent à travers un électrolyte pour équilibrer la charge à l'intérieur de la batterie. Cela permet de maintenir une réaction chimique équilibrée et de préserver la capacité de la batterie.

Il est important de noter que les étapes spécifiques et les réactions chimiques peuvent varier en fonction du type de batterie

### III.3.4 Une batterie 12V 20Ah :

Une batterie 12V 20Ah est une batterie rechargeable qui fournit une tension nominale de 12 volts et une capacité de 20 ampères-heures. Cette batterie est couramment utilisée dans une variété d'applications, notamment les systèmes d'alimentation de secours, les véhicules électriques légers, les systèmes solaires autonomes, les motos, les scooters électriques et les tondeuses à gazon électriques.

La capacité de 20Ah indique que la batterie peut fournir un courant de 1 ampère pendant 20 heures avant d'être complètement déchargée. Si vous utilisez un courant plus élevé, la durée de décharge sera plus courte. Par exemple, si vous tirez un courant de 5 ampères, la batterie se déchargera complètement en environ 4 heures ( $20\text{Ah} / 5\text{A} = 4\text{h}$ ).

Il est important de noter que la capacité réelle de la batterie peut varier en fonction des conditions d'utilisation, de l'état de charge et de la qualité de la batterie. De plus, il est essentiel de respecter les instructions du fabricant concernant la charge et l'entretien de la batterie pour optimiser sa durée de vie et ses performances.

#### III.3.4.1 Description rapide

Garantie:	D'autres
Taille de batterie:	180*76*170mm
Certification:	CE, CE/ISO
Point d'origine:	Jiangsu, China
Type de batterie:	Batterie Au plomb
Cas:	ABS

Terminal: Cuivre  
 HS Code: 8507200000  
 Type: Batterie Au plomb  
 Application: Vélos électriques/Scooters  
 Marque nom: XUPAI  
 Numéro de Type: 6-DZM-20  
 Poids:6.6kg  
 Domaines d'application :Véhicules électriques/scooters/marine/ATV/voiturettes De Golf  
 Résistance interne : Complètement chargée Batterie &ge; 15mΩ;  
 Cycle:650 fois  
 Taille: Scellé



**Figure 3-1-7:**batterie au plomb, 6-dzm-20 (12v 20ah)

Spécification paramètres			
Products Name	XPUAI electric bicycle battery	model	6-DZF-20

Voltage	12V	capacity	12Ah
Size	180×76×170(mm)	weight	6.6(KG±0.2)

#### *III.3.4.2 Caractéristique du produit:*

- 1: décharge Stable: 15% plus de temps de travail que les produits similaires.
- 2: autonomie de la batterie: utilisant la technologie de pointe pour prolonger la durée de vie de la batterie, 8% plus longue que les produits similaires.
- 3: respectueux de l'environnement: non-cadmium.
- 4: Sans entretien: Tapis de Verre Absorbant (AGM) technologie assure une recombinaison efficace des gaz jusqu'à 99% et libérées om de d'électrolyte d'entretien. Il n'est pas nécessaire de vérifier la densité de l'électrolyte ou ajouter de l'eau.

#### *III.3.4.3 Application de produit:*

- 1: e-bike
- 2: tricycle électrique
- 3: quad
- 4: scooters électriques
- 5: les voitures électriques
- 6: mobilité scooters etc
- 7: voitures de golf
- 8: jouets à enfourcher
- 9: scooters électriques
- 10: fauteuils roulants à piles
- 11: appareils de télévision et vidéo portables
- 12: équipement de levage
- 13: Semi-traction tondeuses à gazon
- 14: en plus de nos batteries d'accumulateurs au plomb paquet utilisé dans magasin la

D'énergie verte telles que l'énergie solaire, l'énergie éolienne et UPS

### III.4 Les convertisseurs DC-DC :

Un hacheur DC/DC est un convertisseur de tension utilisé pour réguler ou modifier une tension continue (DC) à un niveau différent de celui d'entrée. Il est largement utilisé dans diverses applications, telles que l'électronique de puissance, les systèmes solaires, les véhicules électriques, etc.

**Le principe de base d'un hacheur DC/DC** repose sur la commutation périodique d'un interrupteur électronique, généralement un transistor ou un thyristor, pour obtenir un signal de sortie pulsé. Ce signal est ensuite filtré pour obtenir une tension continue régulée à la valeur souhaitée.

**L'avantage principal d'un hacheur DC/DC** est son efficacité élevée de conversion de puissance. En contrôlant le rapport cyclique (rapport entre la durée de conduction et la période) de l'interrupteur, on peut ajuster la tension de sortie. De plus, les hacheurs DC/DC permettent également de réguler la tension de sortie malgré les variations de la tension d'entrée. [28]

#### III.4.1 Les types des convertisseurs de tension DC/DC

Il existe trois types de convertisseurs DC-DC utilisés dans diverses applications.

##### III.4.1.1 Convertisseur abaisseur (buck converter) :

Ce convertisseur abaisse la tension d'entrée à une valeur inférieure à celle de sortie. Il est largement utilisé pour alimenter des circuits électroniques sensibles à une tension spécifique. [29]

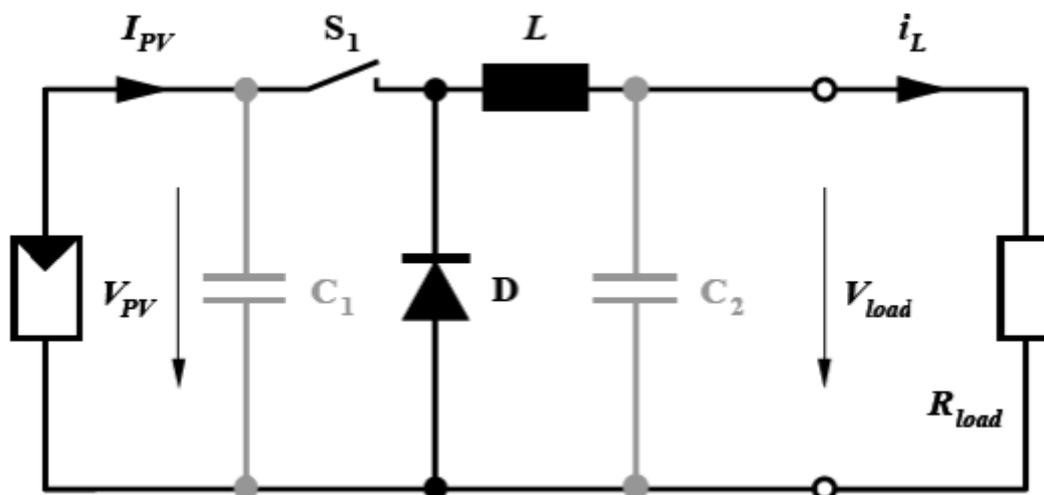


Figure 3-1-8 Schéma électronique de convertisseur abaisseur « Buck »

III.4.1.1.1 Principe de fonctionnement :

Convertisseur dévolteur (Buck converter), un convertisseur Buck, ou hacheur série, est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de plus faible valeur. Ce type de convertisseur peut être utilisé comme adaptateur source charge, lorsque le point de fonctionnement en couplage direct est à gauche du MPP.

Si le commutateur  $S_1$  est activé à  $t_0$ , un courant circule dans le circuit, mais ne passe pas par la diode  $D$  puisqu'elle est inversement polarisée. Le courant  $i_L$  n'augmente pas immédiatement, mais plutôt linéairement avec un taux d'accroissement imposé par l'inductance  $L$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_{PV} - V_{Load}}{L} \tag{3.1}$$

$$i_L = \left( \frac{V_{PV} - V_{Load}}{L} \right) t + I_m \tag{3.2}$$

Pendant ce temps, l'inductance emmagasine de l'énergie sous forme magnétique. Si  $S_1$  est désactivé après  $t = t_1$ , la charge est déconnectée de son alimentation. Le courant est toutefois maintenu par l'énergie stockée dans l'inductance  $L$  et circule à travers la diode  $D$  appelée «diode de roue libre». Cette dernière permet d'évacuer l'énergie emmagasinée dans l'inductance à l'ouverture du commutateur sans créer de surtension. Selon l'équation (3.1), le courant décroît, puisque :

$$\frac{di_L}{dt} = - \frac{V_{Load}}{L} \tag{3.3}$$

$$I_L = - \frac{V_{Load}}{L} t + I_m \tag{3.4}$$

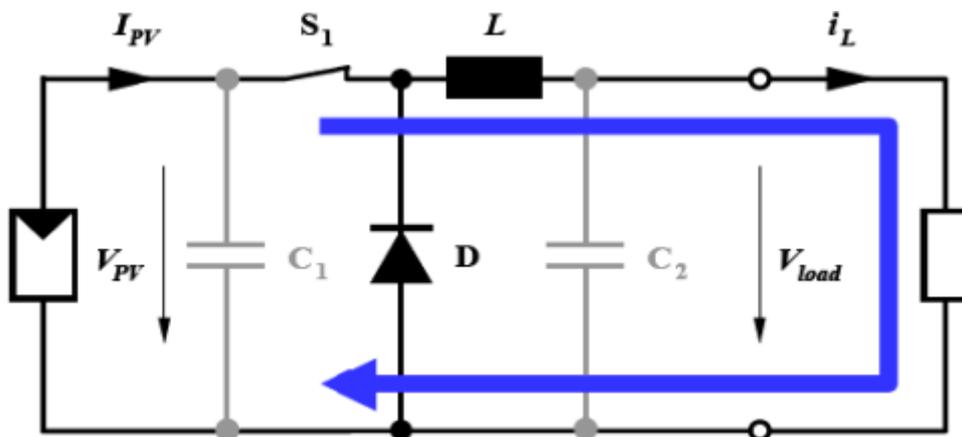


Figure 3-1-9 Schéma électronique de Convertisseur Buck Durant l'état on

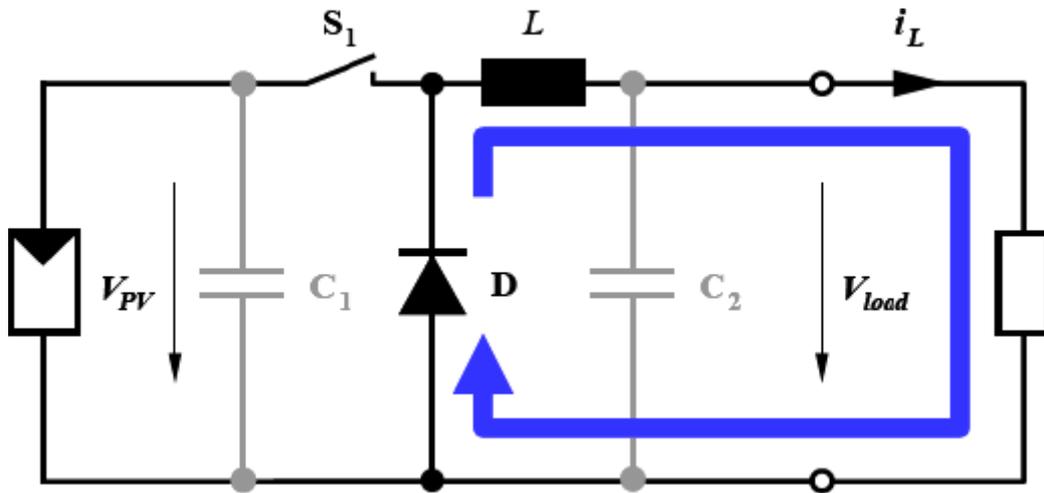


Figure 3-2-1 Schéma électronique de Convertisseur Buck Durant l'état off

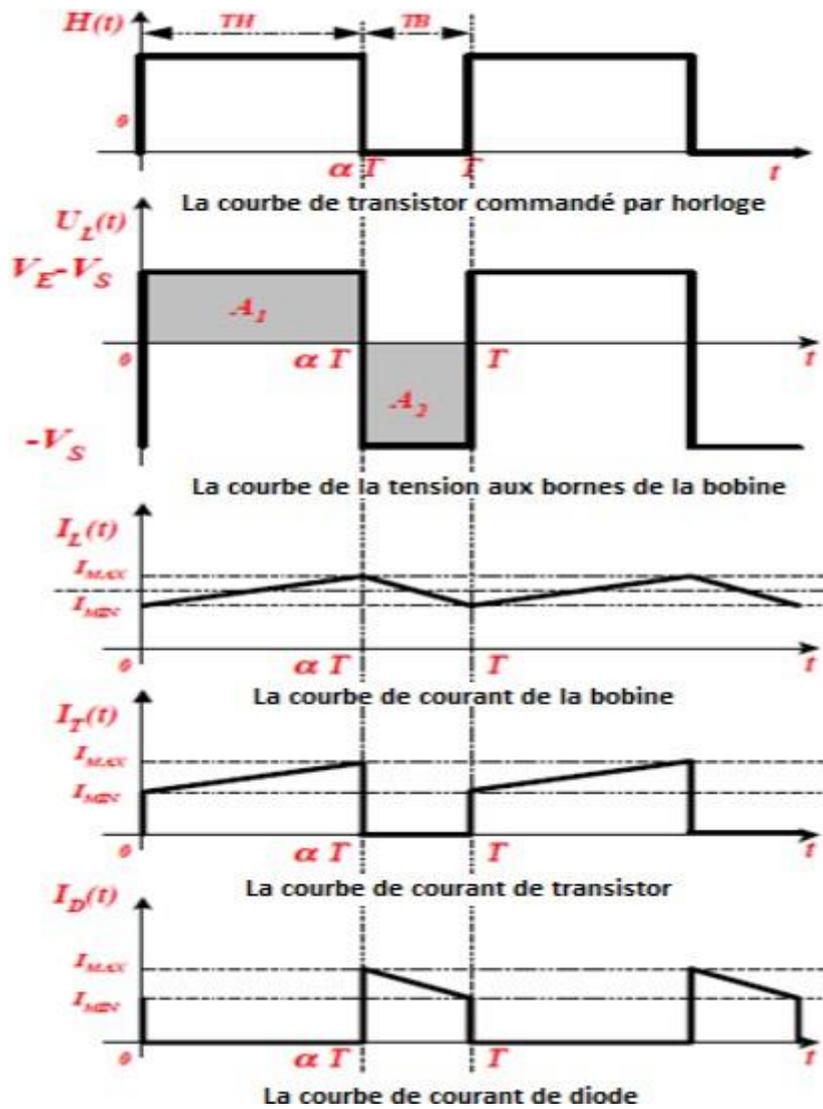


Figure 3-2-2. Chronogramme du convertisseur abaisseur « Buck ».

Le condensateur  $C_1$  permet de réduire les pics du courant tiré du **GPV**, de soutenir la tension d'alimentation  $V_{PV}$  et d'atténuer les bruits. Le commutateur  $S_1$  est activé et désactivé avec une fréquence de commutation  $f = 1/T$ . Comme l'illustre les figures **2.04**, la tension aux bornes de la charge présente une ondulation qui peut être lissée par l'ajout d'un condensateur  $C_2$ . Quoi qu'il en soit, la valeur moyenne  $V_{Load}$  est inférieure à  $V_{PV}$ . Dans le cas où la fréquence est augmentée, par exemple jusqu'à plusieurs kHz, l'inductance nécessaire peut être réduite considérablement. La tension aux bornes de la charge est donnée par :

$$3.5 \quad V_{Load} = \frac{T_{ON}}{T} = \alpha \cdot V_{PV}$$

Avec  $T = T_{ON} + T_{OFF}$  : est la période de commutation.

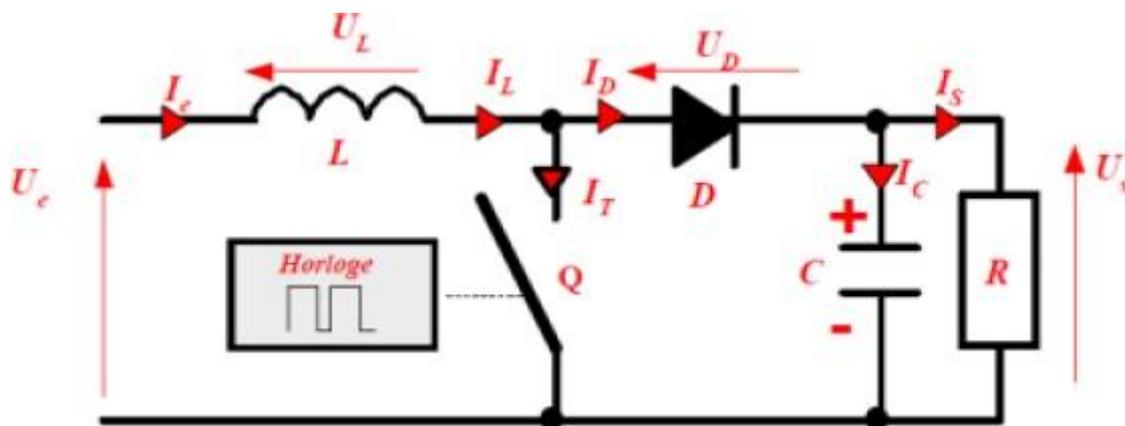
$\alpha = T_{ON}/T$  : est le rapport cyclique ( $0 < \alpha < 1$ )

Grâce à cette équation, on peut voir que la tension de sortie varie linéairement avec le rapport cyclique.

On considère ici uniquement le comportement du circuit en mode de conduction continue (MCC). Il est à noter que l'interrupteur utilisé est un dispositif à semi-conducteur en commutation. Généralement, un transistor MOSFET est utilisé pour son faible temps de commutation afin de minimiser les pertes de puissance.

#### III.4.1.2 Convertisseur élévateur (boost converter) :

Ce convertisseur élève la tension d'entrée à une valeur supérieure à celle de sortie. Il est souvent utilisé dans les systèmes d'alimentation de secours, les applications solaires, etc [30].



**Figure 3-2-3: Schéma de principe d'un convertisseur élévateur du type Boost**

##### III.4.1.2.1 Principe de fonctionnement

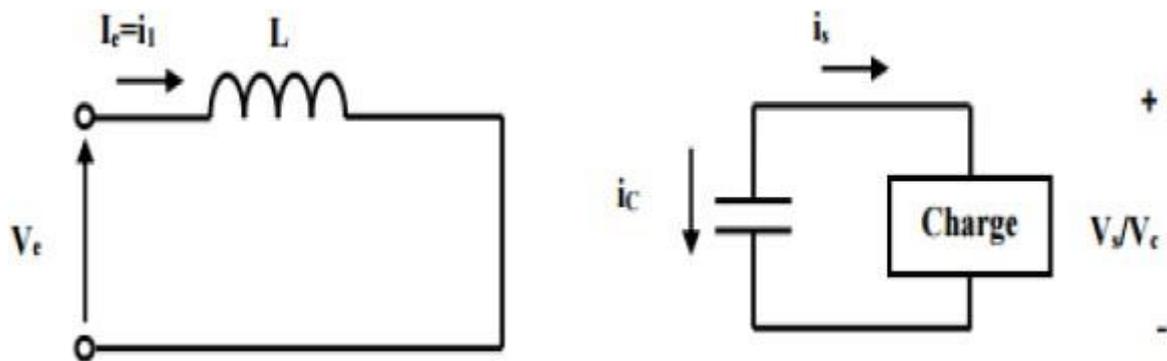
Le convertisseur peut alors travailler suivant deux modes de fonctionnement dépendant de sa capacité de stockage d'énergie et de la période  $T$  de commutation. Ces deux modes de fonctionnement sont :

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

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

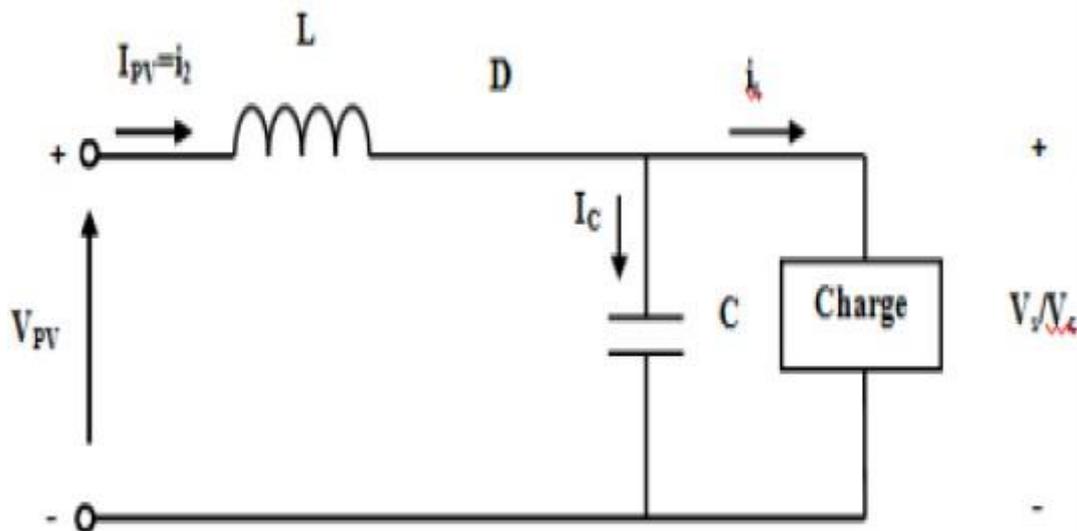
Dans notre travail, l'étude de fonctionnement est basé sur le mode de conduction continu, le fonctionnement du circuit peut se diviser en deux selon l'intervalle de commutation (TON, TOFF).

L'intervalle TON commence quand on ferme le transistor  $Q$  à  $t = 0$ . Le courant d'entrée, qui s'élève, traverse l'inductance  $L$  et le transistor (figure 3.2.4).



**Figure 3-2-4** Circuit équivalent pour TON

L'intervalle **TOFF** commence quand on ouvre le transistor  $Q$  à  $t = t_1$ . Le courant de l'inductance diminue car l'énergie emmagasinée dans l'inductance  $L$  est transférée à la charge (figure 3.2.5).



**Figure 3-2-5.** Circuit équivalent pour TOFF

Dans l'intervalle  $T_{ON}$  le courant de l'inductance vaut :  $V_e = V_p v$

$$V_e = L \frac{di}{dt} \quad 3.5$$

$$i_1 = \frac{V_e}{L} t + I_m \quad 3.6$$

La figure 3.2.6 représenté la courbe de courant qui traverse par l'inductance dans l'intervalle  $T_{ON}$  et  $T_{OFF}$

Où  $I_1$  est le courant à l'instant initial. Pendant cet intervalle le courant traversant l'inductance augmente.

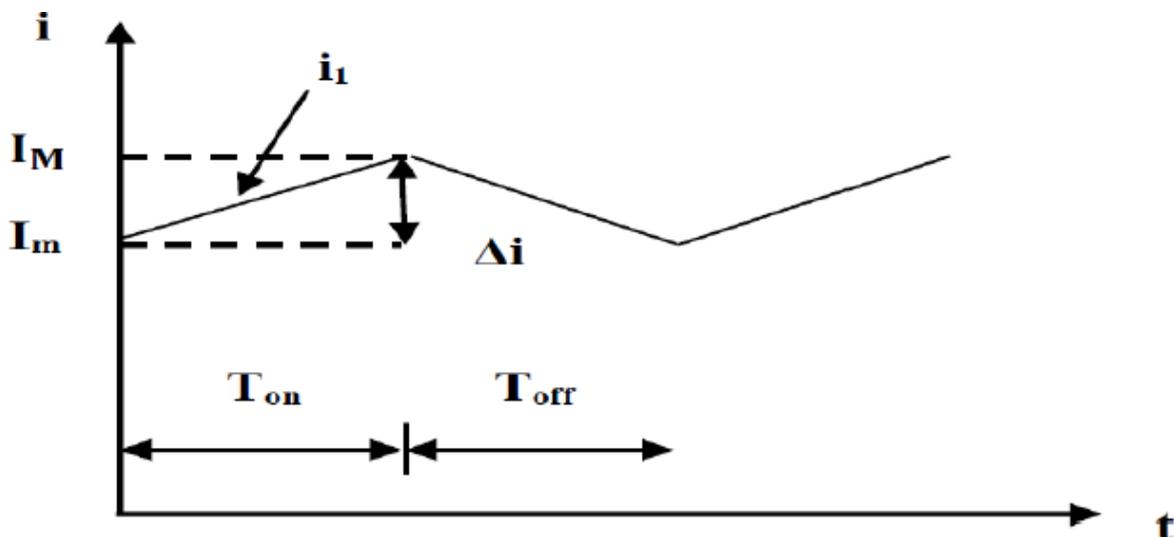


Figure 3-2-6. Forme du courant  $i_1$

En mode de conduction continue la période de commutation est  $T = T_{ON} + T_{OFF}$  et le rapport cyclique :

$$\alpha = \frac{T_{ON}}{T} \quad 3.7$$

D'un autre côté, nous pouvons exprimer la tension de sortie en fonction de la tension d'entrée et du rapport cyclique selon :

$$V_s = \frac{1}{1-\alpha} V_e \quad 3.8$$

Pour le convertisseur Boost :

$$3.9 \quad V_s > V_{pv} \quad \forall \alpha \text{ et } 0 < \alpha < 1$$

On peut faire varier la tension de sortie du convertisseur en changeant la valeur du rapport cyclique  $\alpha$ .

La tension de sortie est minimale quand  $\alpha=0$ . On ne peut pas avoir  $\alpha=1$  qui correspondrait à un **Q** toujours fermé, pour  $\alpha$  proche de **1**, la tension de sortie devient très grande et très sensible au changement du rapport cyclique  $\alpha$ . De plus l'influence des pertes dans le circuit limite la tension maximale de sortie du convertisseur.

Le gain en tension tend théoriquement vers l'infini pour un rapport cyclique unitaire si nous considérons le circuit sans pertes. Ainsi, en résumé nous pouvons exprimer la tension et courant de sortie en régime établi selon :

$$V_s = \frac{V_{pv}}{1-\alpha} \quad 4.1$$

$$I_s = (1-\alpha) i_{pv} \quad 4.2$$

Le figure (3.2.8) situé sous représenter les différentes courbes des grandeurs électriques (**U<sub>L</sub>**, **I<sub>L</sub>**, **I<sub>D</sub>**)

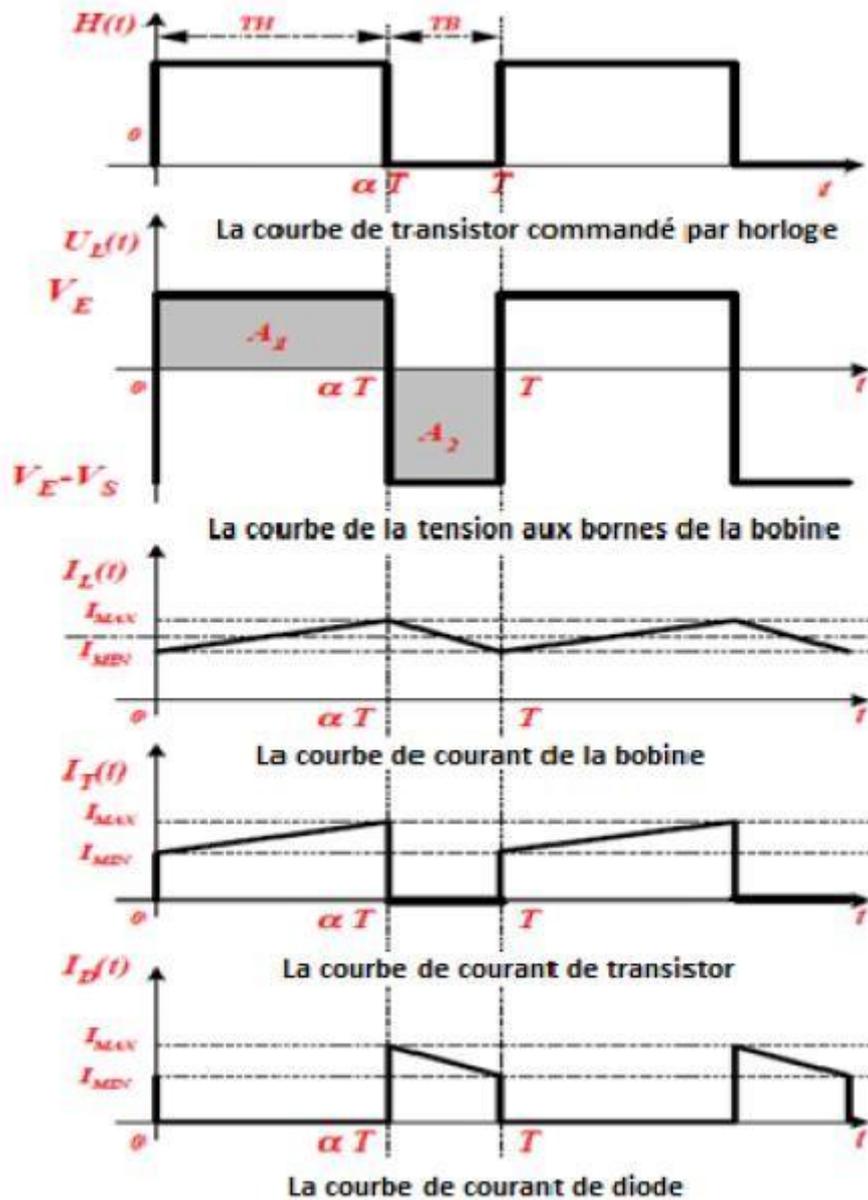


Figure 3-2-7 Chronogrammes du convertisseur élévateur « Boost »

III.4.1.3 *Convertisseur buck-boost:*

Ce convertisseur peut à la fois abaisser et élever la tension d'entrée en fonction des besoins. Il est souvent utilisé dans les applications où la tension d'entrée peut varier considérablement, comme les batteries rechargeables.[31]

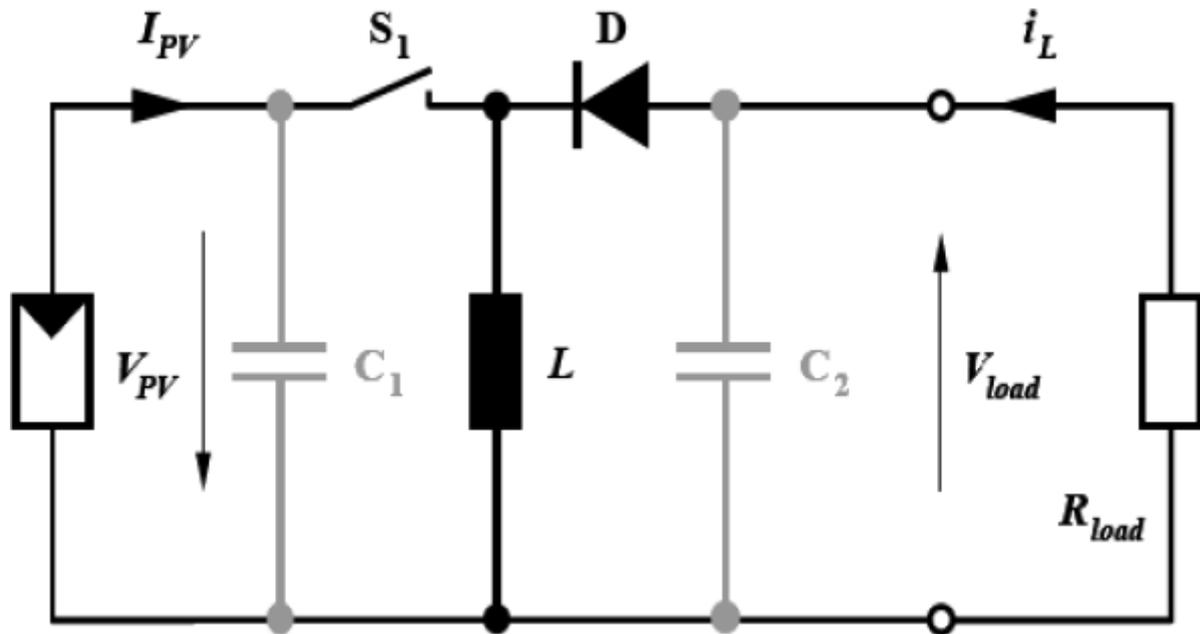


Figure 3-2-8 Schéma du convertisseur inverseur « Buck-Boost »

#### III.4.1.3.1 Principe de fonctionnement

Un convertisseur Buck-Boost est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de plus faible ou plus grande valeur mais de polarité inverse. Durant l'état «ON», l'énergie apportée par la source (générateur PV) est stockée dans l'inductance  $L$  (figure 2.1.1). L'énergie stockée dans l'inductance  $L$  est livrée ensuite à la charge pendant l'état «OFF» (Figure 2.1.2). En raison de la présence de la diode  $D$ , le courant circule à travers l'inductance  $L$  seulement dans une direction durant les deux états. Par conséquent,  $V_{load}$  a une polarité opposée à  $V_{PV}$ . Pour cette raison, ce circuit est aussi appelé convertisseur inverseur. Les équations décrivant ce circuit peuvent être obtenues de la même manière qu'au paravent. Comme indiqué précédemment, le condensateur  $C1$  soutient la tension d'alimentation  $V_{PV}$ ,  $C2$  lisse la tension de la charge. En conclusion, l'amplitude de  $V_{Load}$  peut être inférieure ou supérieure à  $V_{PV}$  suivant la valeur de  $T_{ON}$  et  $T_{OFF}$

$$4.3 \quad V_{Load} = -\frac{T_{ON}}{T_{OFF}} V_{PV} = \frac{\alpha}{1-\alpha} V_{PV}$$

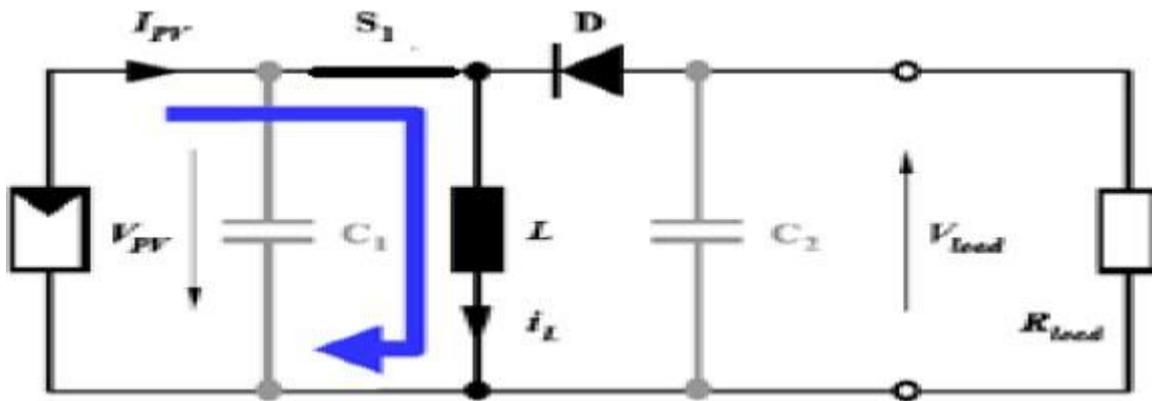


Figure 3-2-9 Convertisseur Buck-Boost Durant l'état ON

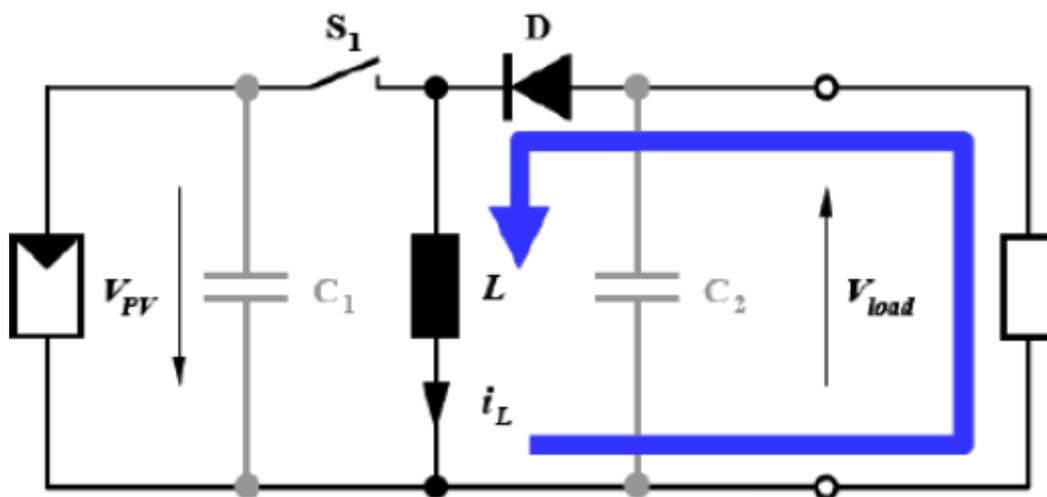


Figure 3-3-1 Convertisseur Buck-Boost Durant l'état OFF

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

Un signal **PWM** est un signal rectangulaire de fréquence fixe, mais dont le rapport cyclique  $\alpha$  est variable. La valeur du rapport cyclique permet de contrôler la quantité.

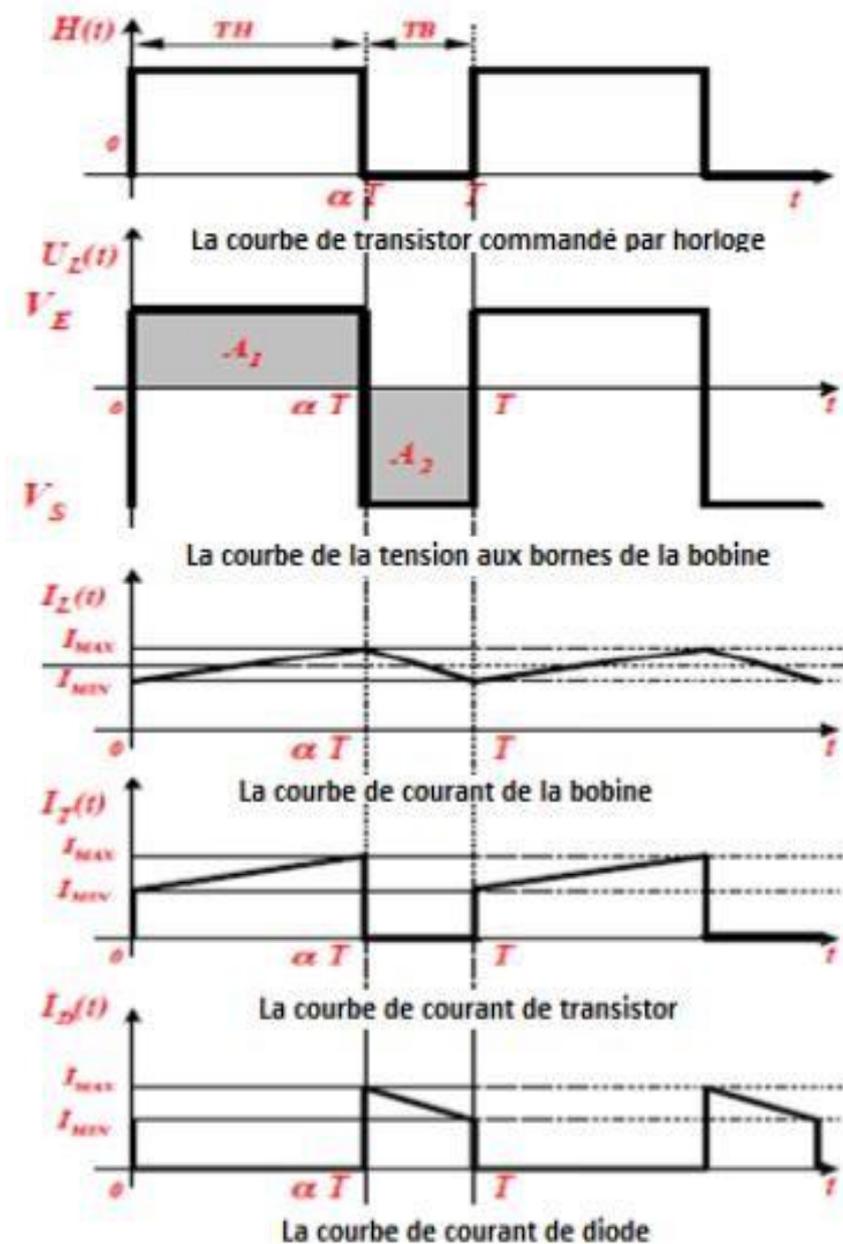


Figure 3-3-2 Chronogrammes du convertisseur inverseur « Buck-Boost »

### III.5 Hacheur buck boost 24V/72V

Un hacheur buck-boost est un type de convertisseur de tension utilisé pour abaisser ou élever la tension d'une source d'alimentation. Il est capable de fonctionner avec une tension d'entrée de 24V et de fournir une tension de sortie de 72V, ce qui permet de réguler et de modifier la tension en fonction des besoins spécifiques d'un système électrique.

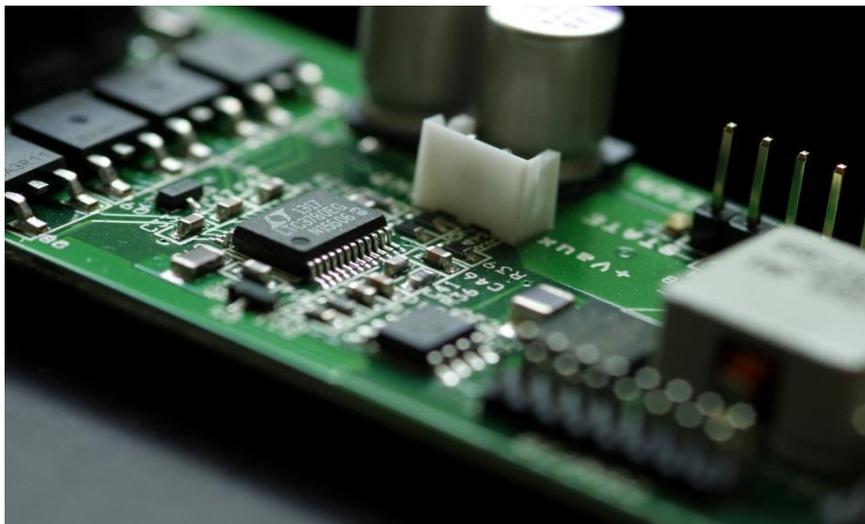
Le hacheur buck-boost est souvent utilisé dans les applications nécessitant une régulation de tension flexible, comme les systèmes de recharge de batteries, les systèmes solaires et les véhicules électriques. Il permet de convertir efficacement l'énergie électrique tout en maintenant une bonne régulation de tension.

### III.5.1 Le fonctionnement du hacheur buck-boost

Repose sur la commutation périodique d'un interrupteur, généralement un transistor MOSFET, afin de contrôler le rapport cyclique (rapport entre le temps où l'interrupteur est ouvert et le temps où il est fermé) et ainsi réguler la tension de sortie. Lorsque l'interrupteur est fermé, l'énergie est stockée dans une inductance et, lorsqu'il est ouvert, l'énergie est transférée vers la charge.

Il convient de noter que le hacheur buck-boost introduit également des pertes d'énergie lors de la conversion de tension, principalement en raison de l'efficacité de commutation de l'interrupteur et des pertes par conduction dans l'inductance et les composants associés. Par conséquent, il est important de prendre en compte ces pertes lors de la conception du système et de choisir des composants de qualité pour optimiser l'efficacité globale.

**En résumé**, un hacheur buck-boost 24V / 72V est un convertisseur de tension capable d'abaisser ou d'élever la tension d'entrée de 24V à une tension de sortie de 72V, offrant ainsi une régulation de tension flexible pour diverses applications électriques.



**Figure 3-3-3: Convertisseur Buck-Boost**

### III.6 L' ArduinoMega 2560 :

L' ArduinoMega 2560 est une carte microcontrôleur basée sur l' ATmega2560 . Il dispose de 54 broches d'entrée/sortie numériques (dont 15 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 16 entrées analogiques, 4 UART (ports série matériels), un oscillateur à cristal 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation, un en-tête ICSP, et un bouton de réinitialisation. Il contient tout le nécessaire pour prendre en charge le microcontrôleur ; connectez-le simplement à un ordinateur avec un câble USB ou alimentez-le avec un adaptateur AC-DC ou une batterie pour commencer. La carte Mega 2560 est compatible avec la plupart des shields conçus pour la Uno et les anciennes cartes Duemilanove ou Diecimila.

### III.6.1 principales caractéristiques de l'ArduinoMega 2560 incluent :

**Microcontrôleur** : Il utilise le microcontrôleur ATmega2560, qui est un microcontrôleur AVR 8 bits avec 256 Ko de mémoire flash, 8 Ko de SRAM et 4 Ko d'EEPROM. La vitesse d'horloge est de 16 MHz.

**Broches d'E/S numériques** : Le Mega 2560 dispose de 54 broches d'entrée/sortie numériques, dont 15 peuvent être utilisées comme sorties PWM (modulation de largeur d'impulsion).

**Entrées analogiques** : Il dispose de 16 entrées analogiques, vous permettant de lire les signaux analogiques des capteurs et autres appareils.

**Interfaces de communication** : la carte prend en charge plusieurs interfaces de communication, notamment UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), SPI (Serial Peripheral Interface) et I2C (Inter-Integrated Circuit).

**Connexion USB** : Le Mega 2560 peut être connecté à un ordinateur via USB. Il peut être programmé à l'aide de l'IDE Arduino (environnement de développement intégré) ou d'un autre logiciel compatible.

**Alimentation** : La carte peut être alimentée via la connexion USB ou une alimentation externe. La plage d'entrée de tension est de 7V à 12V, et il a une tension de fonctionnement recommandée de 5V.

**Mémoire** : Le Mega 2560 dispose de 256 Ko de mémoire flash, qui est utilisée pour stocker le code du programme, et de 8 Ko de SRAM, qui est utilisée pour le stockage des données d'exécution. De plus, il dispose de 4 Ko d'EEPROM pour un stockage non volatile.

**Compatibilité** : L'ArduinoMega 2560 est compatible avec la plupart des blindages Arduino et peut être utilisé avec une large gamme de capteurs, actionneurs et autres composants électroniques.

Le Mega 2560 est couramment utilisé pour les projets nécessitant un grand nombre de broches d'E/S, tels que la robotique, la domotique, l'enregistrement de données et les systèmes d'automatisation. Ses fonctionnalités étendues et sa compatibilité en font une carte polyvalente pour les utilisateurs débutants et avancés de la communauté Arduino.



**Figure 3-3-4: La carte ArduinoMega 2560**

### III.6.2 Spécifications techniques

Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12V
Tension d'entrée (limite)	6-20V
Broches d'E/S numériques	54 (dont 15 fournissent une sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	16
Courant CC par broche d'E/S	20mA
Courant continu pour broche 3.3V	50 mA
Mémoire flash	256 Ko dont 8 Ko utilisés par le bootloader
SRAM	8 Ko
EEPROM	4 Ko
Vitesse de l'horloge	16 MHz
LED_BUILTIN	13

Longueur	101,52 millimètres
Largeur	53,3 millimètres
Lester	37 grammes

### III.6.3 Le code arduino :

```
const int motorPin = 9; // PWM pin for motor control
```

```
void setup() {
```

```
pinMode(motorPin, OUTPUT);
```

```
K
```

```
void loop() {
```

```
// Adjust the motor speed by changing the PWM duty cycle analogWrite(motorPin, 128); //  
0 to 255 (0% to 100% duty
```

```
// Add any additional code for your application
```

```
here K
```

## Conclusion générale

---

En conclusion, l'adoption croissante des véhicules électriques alimentés par des sources d'énergie renouvelable, notamment le photovoltaïque, représente une avancée significative vers un avenir plus durable et respectueux de l'environnement. L'intégration de systèmes de charge alimentés par l'énergie solaire offre une solution innovante pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et la dépendance aux combustibles fossiles.

Cette convergence entre la mobilité électrique et l'énergie solaire contribue non seulement à atténuer les impacts néfastes du transport sur l'environnement, mais elle ouvre également la voie à une autonomie énergétique accrue. En exploitant l'énergie du soleil pour alimenter nos véhicules, nous pouvons réduire notre empreinte carbone et contribuer à la transition vers une société plus propre et plus durable.

Cependant, pour maximiser l'efficacité de cette approche, il est crucial de continuer à investir dans la recherche et le développement de technologies solaires et de stockage de l'énergie. De plus, des incitations gouvernementales et des politiques favorables sont nécessaires pour encourager l'adoption généralisée de ces systèmes et rendre l'énergie solaire plus accessible à tous.

Le mariage entre les véhicules électriques et l'énergie solaire représente une solution prometteuse pour relever les défis environnementaux auxquels nous sommes confrontés. C'est une étape cruciale vers un avenir où la mobilité durable et les énergies renouvelables convergent pour créer un mode de vie plus respectueux de la planète.

## Référence bibliographique

- [1] "Véhicule" dans le Dictionnaire Larousse en ligne, consulté le 30 avril 2023, <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/v%C3%A9hicule/80456>
- [2] "Transport routier de marchandises" dans Encyclopédie Larousse en ligne, consulté le 30 avril 2023, [https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/transport\\_routier\\_de\\_marchandises/184547](https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/transport_routier_de_marchandises/184547)
- [3] "Sécurité routière" dans Encyclopédie Larousse en ligne, consulté le 30 avril 2023, [https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/s%C3%A9curit%C3%A9\\_routi%C3%A8re/196638](https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/s%C3%A9curit%C3%A9_routi%C3%A8re/196638)
- [4] Meyer, G., & Matthes, F. C. (2018). *The Electric Vehicle Revolution: Insights from Policy and Innovation*. Springer International Publishing.
- [5] Challenges," par A.A. Khalighet Z. Li, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 59, no. 6, pp. 2654-2666, juillet 2010.
- [6] "A Review on Electric Vehicle Battery Charger Technologies and Charging Networks," par M. Hasanuzzaman et al., Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 79, pp. 136-150, mai 2017
- [7] Iglesias, E. R. (2017). *Étude du vieillissement des batteries lithium-ion dans les applications "véhicule électrique": combinaison des effets de vieillissement calendaire et de cyclage* (Doctoral dissertation, Université de Lyon).
- [8] KHALFAOUI, M. A., & FERRAI, A. (2022). *Analyse Economique Et Comparaison Des Systèmes Photovoltaïques Autonomes Et Connectés Au Réseau électrique*.
- [9] Radja, N. E. H., & Ben Salem, S. (2020). *Caractérisation structurale, électronique et optique des semi-conducteurs CdTe et CdS pour des applications dans les cellules photovoltaïques* (Doctoral dissertation, Univ M'sila).
- [10] Mambrini, T. (2014). *Caractérisation de panneaux solaires photovoltaïques en conditions réelles d'implantation et en fonction des différentes technologies* (Doctoral dissertation, Paris 11).
- [11] "SolarCells: Operating Principles, Technology and System Applications", de Martin A. Green et Mark Keevers, publié en 2015 par UNSW Australia
- [12] "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", de Antonio Luque et Steven Hegedus, publié en 2011 par John Wiley & Sons
- [13] Patriarche, M. (2014). *Mesure et modélisation de la lumière naturelle dans les canyons urbains* (Doctoral dissertation, École Nationale des Travaux Publics de l'État [ENTPE]).
- [14] Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., & Dunlop, E. D. (2018). *Solar cell efficiency tables (version 52)*. Progress in photovoltaics: research and applications,

26(3), 170-176.

[15] Jackson, P., Wuerz, R., Hariskos, D., Lotter, E., Witte, W., Powalla, M., & Paetel, S. (2016). Effects of heavy alkali elements in Cu (In, Ga) Se<sub>2</sub> solar cells with efficiencies up to 22.6%. *physica status solidi (RRL)-Rapid Research Letters*, 10(10), 583-586.

[16] Lorenzo, E., Mediavilla, M., & Díaz, P. (2018). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework and international best practices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 885-898

[17] Diallo, M. (2019). Contribution à l'amélioration de la maintenance des installations photovoltaïques: analyse de la récurrence des défaillances.

[18] Energy.gov. (s.d.). Solar Photovoltaic Technology Basics. <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-technology-basics#grid-connected-systems>.

[19] Energies Renouvelables, "Systèmes photovoltaïques hybrides : quels avantages ?", consulté le 7 mai 2023,

[20] ADEME, "Stockage de l'énergie photovoltaïque", consulté le 7 mai 2023

[21] Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), "Les avantages et inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque", consulté le 7 mai 2023

[22] Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (2003). *Electric Machinery* (6th ed.). McGraw-Hill

[23] Kerchouche, L. (2019). Régulation analogique P, PI et PID de la vitesse d'un moteur à courant continu d'un banc didactique 33-033 (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI TIZI- OUZOU).

[24] KHELILI, Y., DEHBINE, N., BOUMAHDI, M., & EULDJI, R. (2022). Conception et réalisation d'une machine de remplissage des poudres.

[25] <http://energiein.e-monsite.com/pages/55-moteur-a-aimant-permanent.html>

[26] <http://elec-ing.blogspot.fr/2015/08/machine-courant-continu.html>

[27] le livre "Lithium-Ion Batteries: Basics and Applications" de Reiner Korthauer et Doris Wedel

[28] le livre "Power Electronics: Converters, Applications, and Design" de Ned Mohan, Tore M. Undeland et William P. Robbins.

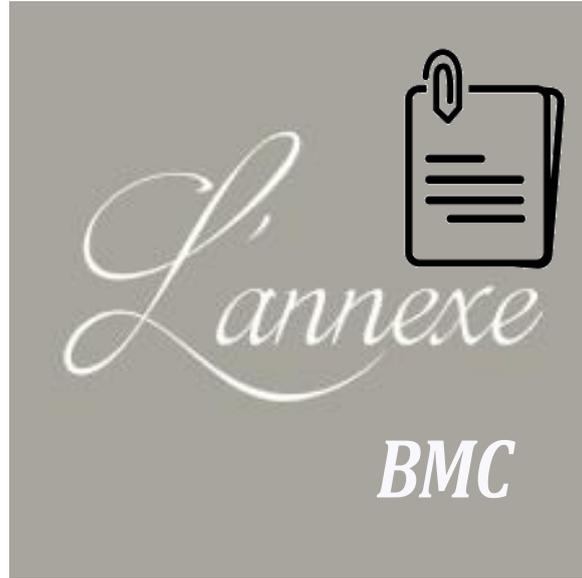
[29] le livre "Switching Power Supply Design" de Abraham Pressman, Keith Billings et

Taylor Morey. [30] le livre "Fundamentals of Power Electronics" de Robert W. Erickson et

Dragan Maksimovic. [31] le livre "Power Electronics Handbook" de Muhammad H. Rashid



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة  
التعليم العالي والبحث العلمي جامعة عين تموشنت  
بلحاج بوشعيب حاضنة العمال عين تموشنت



# ملحق نموذج العمل التجاري

■ البطاقة التقنية للمشروع *Fiche technique du projet*

<b>Driss mohamed aimen</b> <b>Daoud mohamed amine</b> <b>Pr Attou amine</b>	الاسم و اللقب Votreprénom Your first and last Name
	الاسم التجاري للمشروع Intitulé de votre projet Title of your Project
+213 546 593 192 +213 777 078 934	رقم الهاتف Votrenuméro de téléphone Your phone number
Drissaimen05@gmail.com	البريد الإلكتروني Votreadresse e-mail Your email address
AinTemouchent	مقر مزاولة النشاط ( الوالية- البلدية) Votrevilleou commune d'activité Your city or municipality of activity

■ طبيعة المشروع *Nature de projet*

المنتج ذو طابع خدماتي

The product is service -oriented

المشكلة المراد حلها وتكون مدعمة بالبيانات (إحصائيات إن وجدت)

## Problématique :

En Algérie, les véhicules électriques font face à plusieurs défis. L'infrastructure de recharge limitée constitue l'un des obstacles majeurs, entravant la popularité de ces véhicules. De plus, les coûts initiaux élevés et la nécessité de sensibilisation accrue pour promouvoir l'adoption des véhicules électriques représentent des défis financiers et culturels. La résolution de ces problèmes nécessitera des investissements dans l'infrastructure de recharge, des incitations financières et une éducation approfondie sur les avantages environnementaux et économiques des véhicules électriques.

1- القيمة المقترحة: **1-Valueproposition:**  كيف نساعد الزبون على حل مشكلته؟ (البحث عن حل وتحويله إلى نموذج تجاري) ما طبيعة هذا الحل للمشكلة هل هي قيم نوعية أو كمية؟ اختر من الرسم ما يوافق مشروعك



1/1- القيمة التي نقدمها للعميل:

## Valeurs ajoutées:

La valeur proposée par le projet Neon réside dans la convergence de l'efficacité énergétique, de la durabilité environnementale et de la

rentabilité économique, offrant ainsi une solution holistique aux défis actuels des voitures électriques. Voici les principaux aspects de la valeur proposée par le projet :

1. Voitures électriques respectueuses de l'environnement avec des émissions de faible teneur en carbone
2. Ventes directes aux clients via des salles d'exposition appartenant à l'entreprise ou des plateformes en ligne
3. Intégration transparente avec les fabricants de batteries et les fournisseurs de stationnement pour une expérience client sans tracas
4. Chaîne d'approvisionnement fiable et rentable pour les matières premières, les batteries et les bornes de recharge

2-



2- شرائح العملاء  
Customer segments:

- من أهم عمالؤنا؟ لمن نوجه القيمة؟

نحاول تحديد عدد العمالء من خالل استبيان أو سير أراء إن وجد. بهدف تحديد السوق المحتمل. أو

كيف العمل لتحديد سوق مستهدف.

### Target segment:

Les clients potentiels du projet Neon, une voiture électrique alimentée par l'énergie solaire, peuvent être diversifiés en fonction des caractéristiques et des avantages offerts par le produit. Voici quelques segments de clients qui pourraient être particulièrement intéressés par cette innovation :

**Éco-conscients** : Les consommateurs qui accordent une grande importance à l'impact environnemental de leurs choix de transport. Neon répond à cette préoccupation en réduisant l'empreinte carbone grâce à l'utilisation d'énergie solaire.

**Utilisateurs Urbains** : Les personnes vivant dans des zones urbaines où la recharge des véhicules électriques peut parfois être un défi. L'autonomie accrue grâce à l'énergie solaire peut être particulièrement attrayante pour ceux qui ont un accès limité aux stations de recharge.

**Propriétaires de Maisons Solaires** : Les individus ou familles qui ont déjà investi dans des installations solaires pour leur domicile peuvent voir Neon

comme une extension naturelle de leur engagement envers l'énergie renouvelable.

**Professionnels en Déplacement :** Les professionnels qui parcourent de longues distances et qui bénéficieraient de l'augmentation d'autonomie offerte par les panneaux solaires, réduisant ainsi la nécessité de s'arrêter fréquemment pour recharger.

**Adopteurs Précoces de Nouvelles Technologies :** Les consommateurs qui recherchent constamment des innovations dans le domaine de la technologie automobile et qui sont prêts à adopter de nouvelles solutions avant-gardistes.

3- Customer Relationships :



3- العلاقات مع العملاء:

كيف تجذب انتباه العملاء إلى منتجاتك أو خدماتك؟  
كيف تشجع العميل لشراء منتجك أو خدمتك؟  
كيف يستفيد العميل من منتجك أو خدمتك؟  
ما هي الطرق المستعملة لخدمة ما بعد بيع منتجك أو خدمتك؟

**Bureau d'études:**

Réalise des études, selon la réglementation en vigueur, visant à :

- ✓ La Publicité (Les journaux, Les Panneaux Publicitaire, Radio, Chaines, Réseaux Sociaux ...)
- ✓ Présenter les avantages et la valeur ajoutée Par Rapport aux autres
- ✓ Présenter des études de cas pertinentes
- ✓ Mettre en avant l'Économies d'énergie et de coûts.
- ✓ Le confort et le bien-être du client
- ✓ Offrir des garanties aux termes des accords contractuels.

4- Channels:



4- القنوات:

كيف يعلم الجمهور بوجودنا أو منتجنا أو خدمتنا؟  
ما هي قنوات التوزيع التي يفضلها العملاء للتواصل معهم؟ ما هي القنوات الأكثر فعالية مقارنة مع تكلفتها

### Stratégie de visibilité :

- Organiser des journées ouvert
- Créé un site web professionnel
- Participez à des événements professionnels (foire, conférences...)
- Stratégie bouche-à-oreille
- Utilisez les médias sociaux
- Utilisez le marketing de contenu
- Création d'un catalogue ou bien un fichier qui contient les caractéristiques importante et essentiels qui définir le produit

### Stratégie de distribution :

- Porte à porte (directe)

### Stratégie de prix (vente) :

- Nombre des bureaux d'études
- Cout estimatif d'une étude en fonction du Niveau De vie, et du budget du client.
- Options de Tarification au fonction des besoins du client
- Ajuster les prix en fonction de la taille et la complexité du projet

#### 5- Keypartners:



#### 5- الشركات الرئيسية:

- من هم الشركاء الرئيسون الذين يمكن مساعدتنا في الإنتاج أو الخدمة أو في تسويقها أو توزيعها؟  
(الشركاء الذين أضع معهم عقد.)  
- من هم الموردون الرئيسيين؟ (الذين يقدمون لنا: المواد الأولية + الآلات لإنتاج + برنامج لتقديم خدمة...).

Pour 1/5- الشركاء الرئيسون الذين يمكن مساعدتنا:

**réussir dans la fabrication de véhicules électriques, la collaboration avec des partenaires clés est essentielle.**

Les fabricants de batteries renommés peuvent garantir des solutions énergétiques fiables.

Les entreprises spécialisées dans les panneaux solaires.

Les collaborations avec des fournisseurs de composants électroniques .  
des entreprises axées sur la recherche et développement dans le secteur de la  
mobilité durable peuvent également être cruciales.

Sonelgaz

## 6- Keyactivities



## 6- الأنشطة الرئيسية:

ما هي أهم المراحل الرئيسية لإنتاج أو الخدمة؟ (نذكر المراحل من إقتناء المواد الأولية إلى المنتج النهائي)  
هل هناك أنشطة ثانوية؟ (نذكر الأنشطة الثانوية التي تدخل في منتجنا أو خدمتنا)

1/6- المراحل الرئيسية:

## Les Etapes incluent (pour les projets de construction)

1. Recherche et développement
2. Production
3. Marketing et publicité .
4. Salles d exposition ou plateformes en ligne
5. partenariats

## Avantages par rapport aux concurrents

- nous assurons une autonomie accrue grâce à notre intégration innovante de la technologie solaire, réduisant ainsi la dépendance aux infrastructures de recharge.
- De plus, notre engagement envers la durabilité et notre empreinte carbone minimale positionnent nos produits comme des choix privilégiés pour les consommateurs soucieux de l'environnement.
- En forgeant des partenariats stratégiques pour garantir des technologies de pointe, nous nous distinguons dans le secteur des véhicules électriques en offrant une solution complète, alliant performance, efficacité énergétique et responsabilité environnementale.

## 7- Key Resources



## 7- الموارد الرئيسية:

نقوم بتحديد فقط الموارد دون ذكر التكلفة.

### 1/7- الموارد البشرية:

العدد	صنف المورد البشري
4	Ingénieurs électromécanique
5	Ingénieur électronique
5	Operateurs de productions
5	Soudeurs et assemblage mécanique
4	Techniciens de contrôle qualité
5	Experts en sante et sécurité au travail

### 3/7- الموارد المالية:

المورد المالي	الاحتياج
الكهرباء والغاز والماء	100.000,00 DA
كراء	1.200.000,00 DA
عناصر أخرى	10.000.000,00 DA

### 8- Cost Structure



### 8- هيكل التكاليف:

■ 1/8: هيكل التكاليف structure Costs

	تكاليف التعريف بالمنتج أو المؤسسة <b>Frais d'établissement</b>
100.000,00 DA	تكاليف الحصول على العدادات <b>Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-...)</b>
500.000,00 DA	تكاليف (التكوين- برامج العالم اللي المختصة) <b>Logiciels, formations</b>
	تكاليف <b>Dépôt marque, brevet, modèle</b> براءة الاختراع و الحماية الصناعية و التجارية
600.000,00 DA	<b>Droits d'entrée</b> تكاليف الحصول على تكنولوجيا او ترخيص استعمالها
	<b>Achat fonds de commerce ou parts</b> شراء الأصول التجارية أو الأسهم
600.000,00 DA	<b>Droit au bail</b> الحق في الإيجار

100.000,00 DA	<b>Caution ou dépôt de garantie</b> وديعة أو وديعة تأمين
200.000,00 DA	<b>Frais de dossier</b> رسوم إيداع الملفات
35.000,00 DA	<b>Frais de notaire ou d'avocat</b> تكاليف الموثق-المحامي-..
DA	<b>Enseigne et éléments de communication</b> تكاليف التعريف بالعالمة و تكاليف قنوات الاتصال
	<b>Achat immobilier</b> شراء العقارات
1000.000,00 DA	<b>Travaux et aménagements</b> العمال والتحسينات الماكن
4000 000 00DA	<b>Matériel</b> الآلات- المركبات- الأجهزة
8130130 DA	<b>Matériel de bureau</b> تجهيزات المكتب
300.000,00 DA	<b>Stock de matières et produits</b> تكاليف التخزين
1000.000,00 DA	<b>Trésorerie de départ</b> التدفق النقدي (الصندوق) الذي تحتاجه في بداية المشروع.

**المجموع = 16585 000 00 DA**

▪ 2/8 - نفقاتك أو التكاليف الثابتة الخاصة بمشروعك

80.000,00DA/Mois	<b>Assurances</b> التأمينات
DA/Mois10.000,00	<b>Téléphone, internet</b> الهاتف و الانترنت
DA/Mois10.000,00	<b>Autres abonnements</b> اشتراكات أخرى
DA/Mois100.000,00	<b>Carburant, transports</b> الوقود و تكاليف النقل
DA/Mois50.000,00	<b>Frais de déplacement et hébergement</b> تكاليف التنقل و المبيت
DA/Mois50.000,00	<b>Eau, électricité, gaz</b> فواتير الماء - الكهرباء- الغاز
DA/Mois90.000,00	<b>Mutuelle</b> <u>التعاضدية الاجتماعية</u>
DA/Mois60.000,00	<b>Fournitures diverses</b> لوازم متنوعة
DA/Mois150.000,00	<b>Entretien matériel et vêtements</b>

	صيانة المعدات والملابس
DA/Mois40.000,00	Nettoyage des locaux تنظيف المباني
DA/Mois100.000,00	Budget publicité et communication ميزانية الإعلان والتصالات

**المجموع = 659 000 00 DA**

▪ 3/8- رواتب الموظفين و مسؤولين الشركة فالشهر

DA35 000	رواتب الموظفين Salaire employés
DA50 000	صافي أجور المسؤولين Rémunération nettedirigeant

Revenue Streams



9- مصادر الإيرادات

1- الإيرادات الجمالية:

البيان	القيمة
عدد الوحدات المنتجة	100
سعر البيع	350 000 00
سعر البيع × عدد الوحدات المنتجة = الإيرادات الجمالية	3 500 000 000