

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE SUPERIEURE EN SCIENCES APPLIQUEES
--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
-تلمسان-

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : **Electrotechnique**
Spécialité : **Energie et environnement**

Présenté par :
AMARA Chaimaa
BENCHOHRA Khadidja

Thème

*Conception d'une borne de recharge
intelligente solaire pour les véhicules
électriques*

Soutenu publiquement, le 12 / 07 / 2021, devant le jury composé de :

| | | | |
|-----------------|-----|---------------|--------------------------|
| Mme H. SEBAGH | MCA | ESSA. Tlemcen | Présidente |
| Mme N. KANOUN | MCB | Univ. Tlemcen | Directrice de mémoire |
| Mr G.ABDELLAOUI | MCB | ESSA. Tlemcen | Co- Directeur de mémoire |
| Mr M. MHAMMEDI | MAA | ESSA. Tlemcen | Examinateur |
| Mme S. BOURI | MCA | Univ. Tlemcen | Examinatrice |

Année universitaire : 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Je dédie ce travail:

A ma très chère mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père

Tu as toujours cru en moi et a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse dans mes études.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A mes sœurs et frère

qui ont toujours su me motiver même dans les moments doute. Un grand merci pour leur encouragement et leur soutien moral.

A toute la famille...

A tout mes amis (es)...

A celle qui a partagé ce travail avec moi

A mes enseignants

A toute la promotion " ÉLECTROTECHNIQUE "

AMARA Chaimaa

Dédicace

Un grand plaisir que je dédie ce modeste travail:

à l'être le plus cher de ma vie ,ma mère.

à celui qui ma fait de moi une femme ,mon père.

à mes chers sœurs et frères.

à toute personne qui occupe une place dans mon cœur .

à tous les membres de ma famille et toute personne qui porte le nom BENCHOHRA.

je dédie ce travail à tous ceux qui ont participé à ma réussite.

A celle qui a partagé ce travail avec moi.

BENCHOHRA Khadidja

Remerciement

Nos remerciement vont en premier lieu à ALLAH l'Omniscient Elkayoum.

Ce document présente les travaux effectués dans le cadre de notre projet de fin d'étude d'ingénieur au Département d'électrotechnique option énergie et environnement de l'école supérieure en sciences appliquées à TLEMCEM.

Si le projet a pu bien être mené, c'est grâce à la contribution de nombreuses personnes que nous tenons à remercier.

Ce projet est le résultat de trois mois de travail, et de recherche sous la supervision du notre encadrante Madame KANOUN Ep BOUAYED Nawel, que nous remercions profondément pour ses instructions et qui nous a aidé à progresser dans ce mémoire. Ainsi que pour nous avoir motivé à travailler et poursuivre le travail.

Profonde gratitude et respect à monsieur ABDELLAOUI Ghouti pour ses qualités scientifiques et humaines pour nous avoir donné le souffle de vie, la force, son esprit critique, son soutien et instructions nécessaires pour accomplir ce travail.

Nous voudrions aussi remercier également les membres du jury qui nous rendent honneur en acceptant d'examiner notre modeste travail. Leurs présences, l'intérêt qu'ils portent à notre projet, les conseils et remarques qu'ils nous auront apportés ne pourrait que enrichir ce travail.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

ملخص

يتطلب استخدام السيارات الكهربائية بنية تحتية آمنة و موثوقة للشحن، كما تعتبر قواعد السلامة والأداء السليم جزءا كبيرا في نجاح السيارة الكهربائية.

العمل المقدم في هذه الأطروحة مخصص لمحاكاة وانجاز محطة شحن لمركبة كهربائية.

- تتمثل الخطوة الأولى باستعمال برنامج ISIS PROTEUS في المحاكاة، حيث يتم تحويل شدة التيار المستمر باستخدام محول تصاعدي إلى قيمة أعلى منها، وهذا التيار المستمر عالي الجهد يحول إلى مصدر تيار متناوب باستخدام العاكس بغرض شحن سيارة كهربائية.
 - الخطوة الثانية هي تصميم محطة شحن ذكية تعمل بالطاقة الشمسية للسيارات الكهربائية.
- الكلمات المفتاحية:** تيار مستمر، تيار متناوب.

Résumé

L'utilisation de véhicules électriques nécessite de disposer d'infrastructures de recharge sûres et fiables. Les règles de sécurité et de bon fonctionnement que dépendra pour une grande part le succès du véhicule électrique. Le travail présenté dans ce mémoire est consacré à la simulation et la réalisation d'une borne de recharge d'un véhicule électrique.

Une première étape consiste à simuler avec logiciel ISIS PROTEUS une borne de sortie à tension continue est augmentée à l'aide d'un convertisseur élévateur à une tension beaucoup plus élevée. Cette source CC haute tension est ensuite transformée en un signal CA en utilisant un onduleur pour le but de chargé un véhicule électrique.

La seconde étape consiste à réaliser la conception d'une borne de recharge intelligente solaire pour les véhicules électriques.

Mots clés : Courant Alternative (CA), Courant Continue (CC).

Abstract

The use of electric vehicles requires the availability of safe and reliable recharging infrastructure. The rules of safety and proper functioning that will depend for a large part the success of the electric vehicle. The work presented in this thesis is devoted to the simulation and realization of a recharging station of an electric vehicle.

A first step is to simulate with ISIS PROTEUS software a DC voltage output terminal is boosted with a boost converter to a much higher voltage. This high voltage DC source is then transformed into an AC signal using an inverter for the purpose of charging an electric vehicle.

The second step is to realize the design of a solar smart charging station for electric vehicles.

Keywords : Alternative Courant (AC), Direct Courant (DC).

Table des matières

| | |
|--|-------------|
| Résumé | v |
| Liste des Figures | vi |
| Liste des Tableaux | vii |
| Liste des Abréviations | viii |
| Introduction générale | 1 |
| 1 État de l'art sur le véhicule électrique | 3 |
| 1.1 Introduction | 3 |
| 1.2 Définition d'un Véhicule Électrique | 4 |
| 1.3 Types du véhicule électrique | 5 |
| 1.3.1 Le véhicule électrique à batterie | 5 |
| 1.3.2 Le véhicule hybride rechargeable (VHR) | 5 |
| 1.3.3 La voiture à pile à combustible (PAC) | 5 |
| 1.4 Batterie | 6 |
| 1.4.1 Définition | 7 |
| 1.4.2 Types des batteries | 7 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1.5 | Le Bloc Moteur Électrique | 10 |
| 1.5.1 | Le moteur électrique d'entraînement | 11 |
| 1.6 | Choix du moteur de traction | 15 |
| 1.6.1 | Choix d'un moteur à courant continu | 15 |
| 1.7 | Convertisseur CC/CC | 15 |
| 1.8 | Types des hacheurs | 16 |
| 1.8.1 | Hacheur série ou dévolteur(Buck) | 17 |
| 1.8.2 | Hacheur survolteur (Boost ou parallèle) | 18 |
| 1.8.3 | Hacheur réversible en courant | 18 |
| 1.8.4 | Hacheur réversible en tension | 19 |
| 1.9 | Différentes configurations de véhicules électriques | 20 |
| 1.9.1 | Véhicule électrique monomoteur | 20 |
| 1.9.2 | Véhicule électrique multi-moteurs | 21 |
| 1.10 | Avantages et inconvénient des véhicules électriques | 21 |
| 1.10.1 | Avantages du VE | 21 |
| 1.10.2 | Inconvénients du VE | 22 |
| 1.11 | Conclusion | 23 |
| 2 | Présentation du système de recharge pour VE | 24 |
| 2.1 | Introduction | 24 |
| 2.2 | Les voitures électrique a énergie renouvelable solaire | 25 |
| 2.2.1 | Panneaux photovoltaïque | 25 |
| 2.3 | Présentation des bornes de recharges | 26 |
| 2.4 | Les différents types pour les bornes de recharges | 26 |
| 2.4.1 | Recharge lente avec du courant alternatif à 3 kW | 26 |
| 2.4.2 | Recharge accélérée toujours en courant alternatif mais à 22 kW | 27 |
| 2.4.3 | Recharge rapide depuis du courant continu à 43 kW | 27 |
| 2.5 | Les modes de recharge de véhicule électrique | 27 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.5.1 | Mode1 | 27 |
| 2.5.2 | Mode2 | 27 |
| 2.5.3 | Mode3 | 28 |
| 2.5.4 | Mode4 | 28 |
| 2.6 | Le courant de recharge | 29 |
| 2.6.1 | La recharge en AC | 29 |
| 2.6.2 | La recharge en DC | 30 |
| 2.7 | Les types de prises de recharge pour véhicules électriques | 30 |
| 2.7.1 | Prise type 1 | 30 |
| 2.7.2 | Prise type 2 | 31 |
| 2.7.3 | Prise type 3 | 32 |
| 2.7.4 | Prise type 2 fiches combinées (système de charge combiné ou CCS) | 32 |
| 2.7.5 | Prise type 4 ou CHAdeMO | 33 |
| 2.7.6 | Prise type E | 33 |
| 2.8 | Les schémas électrique d'une borne de recharge | 33 |
| 2.8.1 | Redresseur secteur à front actif(AFE mains rectifier) | 34 |
| 2.8.2 | Convertisseur CC-CC avec isolation galvanique | 35 |
| 2.9 | Conclusion | 36 |
| 3 | Simulation et réalisation | 37 |
| 3.1 | Introduction | 37 |
| 3.2 | Outil de simulation ISIS (PROTEUS et ARES) | 38 |
| 3.2.1 | Présentation générale | 38 |
| 3.2.2 | ISIS | 39 |
| 3.2.3 | ARES | 39 |
| 3.3 | Conception | 39 |
| 3.3.1 | Onduleur | 40 |
| 3.3.2 | Caractéristiques propres d'un onduleur pour systèmes photovoltaïques | 41 |

| | | |
|-------|--|-----------|
| 3.3.3 | Évolution des onduleurs photovoltaïques | 41 |
| 3.3.4 | Les avantages d'un onduleur avec transformateur | 43 |
| 3.3.5 | Les avantages d'un onduleur sans transformateur | 44 |
| 3.3.6 | Classification des convertisseurs selon les ondes délivrés | 44 |
| 3.3.7 | Onduleur à onde sinusoïdale (pure sine wave inverter) | 44 |
| 3.3.8 | Onduleur à onde carrée (Square wave inverter) | 44 |
| 3.3.9 | Onduleur à onde sinusoïdale modifiée (Modified sine wave) | 45 |
| 3.4 | Element constitutif du système | 45 |
| 3.4.1 | Le regulateur | 45 |
| 3.4.2 | Le convertisseur | 48 |
| 3.4.3 | Filtre | 54 |
| 3.4.4 | Le batterie | 55 |
| 3.5 | Les moyens de sécurité | 56 |
| 3.6 | Simulation | 57 |
| 3.6.1 | Présentation du système global | 57 |
| 3.6.2 | Schéma électrique du convertisseur | 58 |
| 3.7 | Conclusion | 61 |
| | Conclusion générale | 61 |
| | Références | 64 |

Table des figures

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | Synoptique d'un système de propulsion [1]. | 4 |
| 1.2 | Véhicule électrique à batterie. | 5 |
| 1.3 | Voiture à pile à combustible(PAC) | 6 |
| 1.4 | Batterie au plomb | 8 |
| 1.5 | Batterie au Ni-MH | 8 |
| 1.6 | Batterie au Lithium-ion | 9 |
| 1.7 | Batterie au Ni-Cd | 10 |
| 1.8 | Couple/Puissance-Vitesse requises pour VE | 12 |
| 1.9 | Schéma de principe du hacheur | 16 |
| 1.10 | Circuit électrique de base du hacheur série | 17 |
| 1.11 | Schéma de principe d'un hacheur parallèle | 18 |
| 1.12 | Hacheur réversible en courant | 19 |
| 1.13 | Hacheur réversible en tension | 19 |
| 1.14 | Exemples schématiques de motorisations mono-motrices. | 20 |
| 1.15 | Exemples schématiques de motorisations multi-moteurs [2] | 21 |
| 2.1 | Véhicule électrique solaire | 26 |
| 2.2 | Les différentes modes de charge. | 29 |
| 2.3 | La prise de type 1. | 31 |

| | | |
|------|---|----|
| 2.4 | La prise de type 2. | 31 |
| 2.5 | La prise de type 3. | 32 |
| 2.6 | La prise type 2 fiches combinées. | 32 |
| 2.7 | La prise de type 4 (CHAdeMO). | 33 |
| 2.8 | La prise de type E | 33 |
| 2.9 | Schéma électrique d'une borne de recharge | 34 |
| 2.10 | Redresseur secteur à front actif | 35 |
| 2.11 | Convertisseur CC-CC avec isolation galvanique | 36 |
| 3.1 | Isis proteus | 39 |
| 3.2 | représentation simplifiée d'une installation PV | 40 |
| 3.3 | Évolution des tendances d'expédition des différents types | 43 |
| 3.4 | Régulateur circuit intégré | 46 |
| 3.5 | Schémas des régulateurs fixes positif et négatif | 47 |
| 3.6 | Schéma de montage pour régulateur de tension à circuit intégré 78XX | 47 |
| 3.7 | Augmentation de la tension de sortie | 48 |
| 3.8 | NE555 | 49 |
| 3.9 | Symbole schématique du 555 | 49 |
| 3.10 | NE555 monté en astable | 51 |
| 3.11 | Circuit magnétique d'un transformateur. | 53 |
| 3.12 | Présentation du système global | 57 |
| 3.13 | Schéma électrique du système global | 58 |
| 3.14 | Schéma électrique du convertisseur | 59 |
| 3.15 | Caractéristiques du transformateur pour la simulation sous ISIS | 60 |
| 3.16 | Signal de sortie visualisé sur l'oscilloscope d'ISIS | 60 |

Table des tableaux

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Comparaison de différentes technologies de batteries de traction [3] [4] [5]. . . | 10 |
| 1.2 | Avantages et inconvénients des différents moteurs électriques [5]. | 14 |
| 3.1 | Désignation des broches du NE555 | 50 |

La liste des Abréviations

| | |
|----------------|---------------------------------------|
| AC (CA) | Courant Alternatif. |
| AFE | Active front end. |
| CC | Courant Continu. |
| CCS | Système de charge combiné. |
| DC | Direct courant. |
| E | Entrée. |
| IGBT | Transistor bipolaire à grille isolée. |
| MCC | Machine a courant continue. |
| MLI | Modulation de largeur d'impulsion. |
| NiCd | Nickel Cadmium. |
| NiMH | Nickel-hydrure métallique. |
| PAC | Voiture à pile à combustible. |
| PV | Panneau photovoltaïque. |
| PWM | Pulse Width Modulation (MLI). |
| S | Sortie. |
| VE | Véhicule électrique. |
| VEB | Véhicule électrique à batterie. |
| VHR | Véhicule hybride rechargeable. |

INTRODUCTION GÉNÉRALE

En prenant en considération l'arrivée inéluctable des véhicules électriques en grand nombre sur le réseau routier, une infrastructure de soutien spécifique doit être mise en place. L'élément de base reste la station de charge de la batterie. Dans cette optique, tant les industriels que les pouvoirs publics chargés de l'expédition des documents ont commencé à s'orienter dans ce sens et plusieurs solutions ont été proposées. Dans l'état actuel de la technologie utilisée dans la fabrication des batteries, le temps nécessaire pour charger complètement la batterie dans des conditions normales est encore trop long (plusieurs heures). Lorsque le véhicule ne bouge pas pendant une longue période (par exemple la nuit ou dans un parking), cela reste gérable. Dans ce cas, une prise de courant CA normale (230 V, 16 A) suffit, et le contrôleur de charge est intégré dans la voiture. Sinon, une station de charge rapide (moins d'une heure) est nécessaire. Dans ce dernier, la réduction du temps de charge entraîne une augmentation correspondante du courant de charge, ce qui conduit à une augmentation significative de la puissance disponible (par exemple 400 V, 100 A).

Ensuite, une station-service qui fournit ce service peut être construite comme la station-service actuelle. Cependant, il faut noter que dans le cas d'une utilisation importante, si l'énergie électrique n'est obtenue qu'à partir du réseau, toute l'énergie électrique utilisée pour la recharge peut poser de nombreux problèmes. De plus, si cette dernière est basée sur l'énergie fossile, la contribution des véhicules électriques à l'amélioration

de l'environnement (qui reste l'un de ses principaux atouts) pourrait ne plus être valable. Les deux lacunes qui viennent d'être signalées trouvent leurs solutions à travers les alternatives proposées dans le cadre de ce projet. En fait, l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque dans cette situation particulière, notamment dans un pays comme l'Algérie, semble être un choix naturel.

Le développement du projet de véhicule électrique peut s'expliquer de quelque manière que ce soit la première étape consiste à traiter les objectifs environnementaux fixés dans le cadre mondial lutter contre le changement climatique, visant en particulier à réduire les émissions de dioxyde de carbone. par ailleurs, l'industrie automobile était en crise mondiale à l'époque et avait besoin de rénover. Les voitures électriques sont devenues par la suite un levier de renouveau et de modernisation.

Enfin, la maturité technologique des batteries lithium-ion ouvre des perspectives pour le développement à grande échelle de véhicules électriques. Jusqu'ici, la capacité de stockage d'énergie de la batterie est restée insuffisante.

Notre travail est organisé autour de trois grands chapitres:

Dans le premier chapitre nous allons traiter l'état de l'art du véhicule électrique à travers la représentation et la schématisation du VE et leurs composants principales. Puis, nous nous inclinons sur la classification et la constitution des moteurs, et l'importance du VE.

Dans le deuxième chapitre, nous entamons la présentation de la borne de recharge pour le véhicule électrique et sa technologie.

Le troisième chapitre présente la simulation d'une borne de recharge intelligente solaire pour les véhicules électriques.

État de l'art sur le véhicule électrique

1.1 Introduction

Au début du 20^{ème} siècle, les voitures à essence connaissent un grand succès. Les voitures électriques de cette époque avaient une courte distance de conduite et la batterie ne pouvait pas permettre au moteur de fournir autant de puissance qu'un moteur thermique. C'est pourquoi les voitures à essence ont été développées à ce jour. Les véhicules électriques ne font donc pas partie de notre entourage, mais en raison de la croissance continue des reportages pétroliers et médiatiques sur la réduction des émissions de dioxyde de carbone, la demande de véhicules électriques augmente. Après la crise pétrolière au Grenelle de l'environnement, de nombreuses entreprises et écologistes espèrent développer des véhicules électriques dans une perspective d'autonomie des batteries et d'utilisation maximale des énergies propres. De cette façon, il peut vraiment être plus propre et plus économique que les voitures à essence.

Dans ce chapitre nous présentons une introduction générale sur les véhicules électriques les différents éléments constituent un véhicule électrique et les architectures/configurations, on commence par une définition et les progrès actuels sur les VE, par la suite nous présentons l'architecture choisi pour notre réalisation.

1.2 Définition d'un Véhicule Électrique

Un véhicule électrique (VE) est un véhicule dont la propulsion est assurée par un moteur fonctionnant exclusivement à l'énergie électrique. Autrement dit, la force motrice est transmise aux roues par un ou plusieurs moteurs électriques selon la solution de transmission retenue. Compte tenu des progrès scientifiques et technologiques accomplis dans le domaine de l'électronique de puissance, les systèmes de gestion de l'énergie, etc. Beaucoup d'idées et de nouvelles conceptions sont explorées pour développer ce mode de propulsion. Toutes ces explorations sont liées à une problématique commune : la production, le transport, le stockage et l'utilisation de l'électricité.

Le système de propulsion électrique de figure 1.1 est l'organe principal du véhicule électrique, ce dernier est propulsé électriquement par des moteurs et comporte un système de transmission formé par un ou plusieurs moteurs électriques entraînant deux roues motrices.

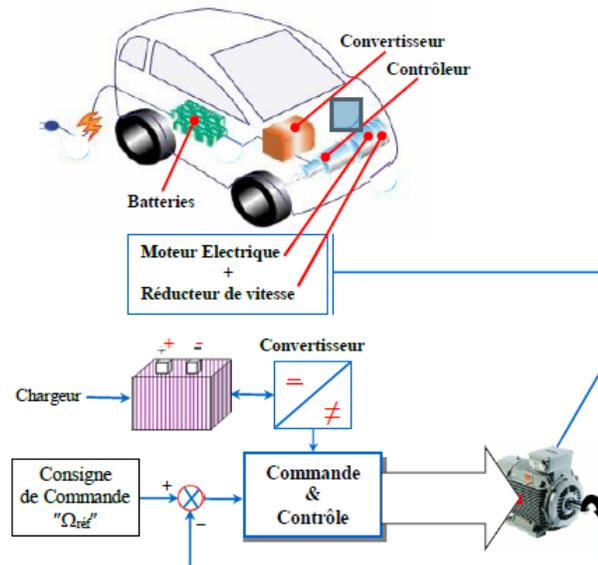


Figure 1.1: Synoptique d'un système de propulsion [1].

1.3 Types du véhicule électrique

Il existe trois grandes catégories de véhicules électriques:

1.3.1 Le véhicule électrique à batterie

Aussi appelé véhicule tout électrique ou 100% électrique (VEB). Il utilise pour unique énergie motrice l'électricité stockée dans des batteries rechargeables sur le secteur [1].

La figure 1.2 présente le véhicule électrique à batterie.

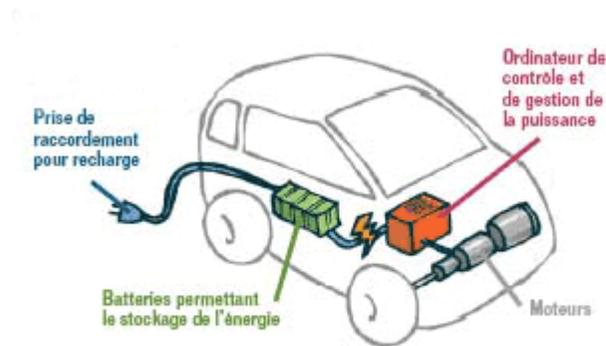


Figure 1.2: Véhicule électrique à batterie.

1.3.2 Le véhicule hybride rechargeable (VHR)

Comme toute voiture hybride, une voiture hybride rechargeable (en anglais: plug-in hybrid) utilise les motorisations thermique et électrique. Par conséquent, il est équipé d'un moteur thermique (le plus courant est un moteur à essence), et d'au moins un moteur électrique et une batterie de traction pouvant stocker de l'énergie.

1.3.3 La voiture à pile à combustible (PAC)

Elle est aussi appelée voiture à hydrogène car son moteur électrique est alimenté par une pile à combustible qui produit elle-même l'électricité, la source d'énergie est un carburant alternatif : l'hydrogène, cette figure 1.3 présente la voiture à pile combustible.

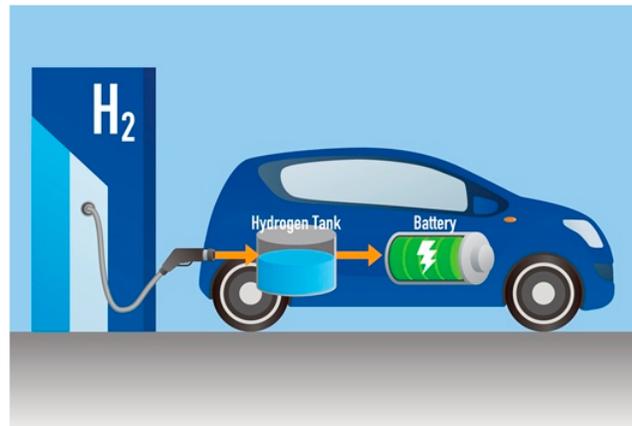


Figure 1.3: Voiture à pile à combustible(PAC)

1.4 Batterie

La première batterie a été inventée par Alessandro Volta, une batterie voltaïque dans les années 1800. Les batteries peuvent être divisées en batteries primaires qui, une fois utilisées, ne peuvent être rechargées et en batteries secondaires qui peuvent être utilisées à plusieurs reprises en raison de leur capacité à se charger en fournissant un courant externe. Les véhicules électriques doivent pouvoir stocker l'énergie électrique générée par la conversion de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle pendant la phase de récupération. La différence entre une voiture électrique et une voiture hybride est qu'elle doit également stocker l'énergie nécessaire pour assurer une bonne autonomie et des performances acceptables. Par conséquent, les exigences de stockage des deux véhicules sont différentes. En effet, pour les véhicules électriques, une capacité de stockage élevée est nécessaire.

Par rapport aux besoins de fonctionnement, l'énergie produite pendant la période de récupération est très faible et n'entraîne que de petites fluctuations d'énergie. Par conséquent, ce type de véhicule nécessite l'utilisation d'autres dispositifs de stockage, tels que des batteries de traction et d'autres types de charge [5].

1.4.1 Définition

Une batterie est un système qui stocke l'énergie électrique sous forme chimique. Elle fonctionne de manière réversible (en courant pas en tension), caractérisée par sa capacité et son énergie massique pour alimenter en permanence le véhicule. L'énergie chimique stockée dans chaque pile est convertie directement en énergie électrique lorsque les bornes de la batterie sont connectées à un consommateur électrique [1].

Son principe de fonctionnement est la réaction chimique entre les électrodes et l'électrolyte provoque une oxydoréduction. Dans ce cas, l'électrode négative subit une oxydation, c'est-à-dire une réaction chimique qui libère des électrons, et l'électrode positive subit une réduction, autrement dit elle absorbe des électrons. Ce déséquilibre des charges génère la F.E.M (Force électro Motrice) de l'accumulateur.

Elles peuvent être en plomb, de nickel-cadmium, d'hydrure métallique de nickel ou de lithium [1].

1.4.2 Types des batteries

Batteries au plomb

Il existe deux types : Les batteries au plomb ouvertes avec un électrolyte d'acide sulfurique dilué d'eau distillée. Ils ont la particularité de batteries fiables, et leur technologie est largement connue et maîtrisée depuis le 19^{ème} siècle. Ils ont l'inconvénient d'être fortement affectés par la température ambiante, ce qui réduit considérablement leur capacité. De plus, puisque l'électrolyte s'évapore avec le temps, un entretien régulier est nécessaire.

Les batteries au plomb-acide sont scellées avec un électrolyte gel. Ils sont sans entretien, faciles à utiliser (pas de fuite) et la stabilité est entièrement contrôlée par le fabricant. Leurs inconvénients sont qu'ils sont chers et ont une courte durée de vie. Ils fournissent généralement environ 400 cycles à 80% de décharge [6].

La batterie au plomb est montré sur la figure1.4.



Figure 1.4: Batterie au plomb

Batteries au Nickel-Hydrure métallique (Ni-MH)

Il existe des batteries nickel-hydrure métallique (NiMH) qui ont presque remplacé le nickel-cadmium (NiCd), ce qui pose le problème du recyclage du cadmium. NiMH a une densité d'énergie élevée et peut être complètement déchargé sans affecter sa durée de vie. Ils présentent l'inconvénient d'une faible capacité, ce qui en fait des batteries conçues pour alimenter des appareils portables qui dépassent rarement quelques heures d'autonomie. Ils fournissent généralement 500 à 700 cycles à 80% de décharge.

La batterie au Ni-MH est illustré sur la figure 1.5.



Figure 1.5: Batterie au Ni-MH

Batteries au Lithium-ion

Lithium métal, lithium-ion dangereux et explosif, densité d'énergie stable et la plus élevée du marché, lithium polymère, technologie de séchage prometteuse. Ils sont réservés aux systèmes photovoltaïques portables où leur capacité de décharge élevée (six

fois meilleure que le plomb scellé) est une préoccupation. Ils sont encore trop chers, mais fournissent généralement environ 1300 cycles à 100% de décharge.

La batterie au Lithium-ion sur la figure 1.6.



Figure 1.6: Batterie au Lithium-ion

Batteries Nickel Cadmium (NiCd)

Si la batterie est correctement entretenue, elle aura une longue durée de vie. Les batteries NiCd ne peuvent être rechargées qu'après avoir été complètement déchargées, sinon leur capacité peut être réduite (réduisant l'autonomie entre deux charges). C'est le type de batterie le plus durable et le plus fiable, en particulier par temps chaud et froid. C'est aussi le type qui fournit le plus de puissance, ce qui est utile lors du démarrage ou des travaux lourds, par exemple. Les batteries NiCd ont un taux d'auto-décharge élevé, ce qui signifie qu'elles perdent leur charge lorsqu'elles sont stockées. Ces batteries doivent être chargées avant le stockage. Le cadmium est un polluant et doit être éliminé de manière responsable. La batterie au Ni-Cd sur la figure 1.7.

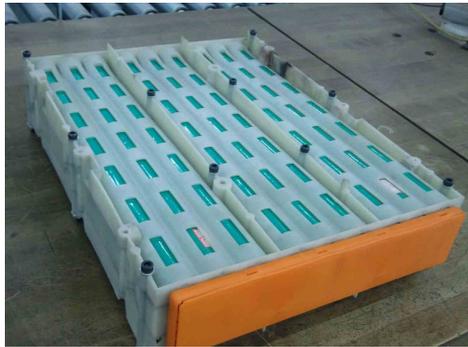


Figure 1.7: Batterie au Ni-Cd

La comparaison entre les différentes batteries est bien illustré sur le tableau 1.1.

| | Plomb | NiCd | NiMH | I-lithium |
|--------------------------------|----------------|------------------------------------|---|---|
| Énergie mas- sique [Wh/kg] | 30-50 | 45-80 | 60-110 | 120-140 |
| Densité d'énergie [Wh/L] | 75-120 | 80-150 | 220-330 | 220-330 |
| Puissance mas- sique [w/kg] | jusqu'à 700 | - | jusqu'à 900 | jusqu'à 1500 |
| Nombres de cy- cles | 400-600 | 2000 | 1500 | 500-1000 |
| Auto-décharge par mois | 0.05 | 0.002 | 0.003 | 0.001 |
| Avantages | Faible cout | Fiabilité perfor- mance à froid | Très bonne den- sité énergétique | Excellente énergie et puis- sance |
| Inconvénients | Faible énergie | Relativement basse énergie | Coûts des matériaux de base danger quand la tem- pérature est élevée | - |

Table 1.1: Comparaison de différentes technologies de batteries de traction [3] [4] [5].

1.5 Le Bloc Moteur Électrique

Un moteur électrique est un élément important d'un véhicule électrique. Il doit être robuste, fiable et quasiment sans entretien, et convient mieux aux moteurs asyn-

chrones. Selon le type de propulsion, il peut y avoir un ou plusieurs moteurs. De plus, différents types de moteurs peuvent être utilisés pour la propulsion, en fonction de plusieurs paramètres et contraintes du type de propulsion (véhicules lourds ou légers, faible puissance ou forte puissance,..etc) [1].

1.5.1 Le moteur électrique d'entraînement

Les performances globales d'un véhicule électrique dépendent du type de moteur d'entraînement employé. Le véhicule électrique, dès que le conducteur relâche l'accélérateur, les roues motrices renvoient progressivement l'énergie cinétique du véhicule au moteur électrique, qui devient alors une génératrice et recharge les batteries. De manière spécifique, le choix du moteur électrique de propulsion et de sa transmission de puissance est déterminé au départ par les caractéristiques de fonctionnement suivantes :

- Assurer un démarrage en cote du VE (couple élevé).
- Obtenir une vitesse maximale.
- Stratégie de pilotage optimisant continuellement la consommation d'énergie (aspect rendement : Rendement élevé en étant employé à différentes vitesses).

Ces quelques caractéristiques typiques requises pour les machines utilisées dans les systèmes de propulsion électrique, sont bien illustrées sur la figure 1.8 exhibant l'évolution du couple/puissance-vitesse.

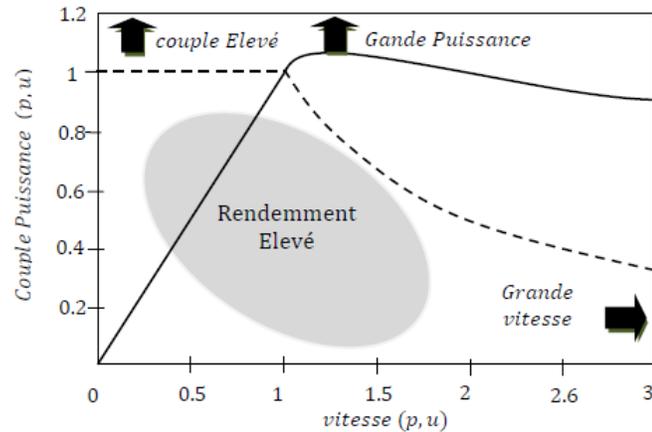


Figure 1.8: Couple/Puissance-Vitesse requises pour VE

Les fabricants de véhicules électriques utilisent généralement différents types de moteurs d'entraînement comme une partie importante de leur chaîne de système de propulsion.

Moteur à courant continu à excitation séparée

Un moteur à courant continu à excitation séparée est commandé par un hacheur de puissance agissant sur l'induit du moteur et un hacheur à faible puissance contrôlant l'excitation ou l'inducteur. C'est le système le plus utilisé dans la traction électrique automobile. En fait, le moteur LEROY Sommer qui entraîne la plupart des véhicules électriques est un moteur à courant continu conçu à partir d'un modèle utilisé en traction industrielle. En raison du système de thyristors relativement simple et peu coûteux, l'équipement électronique peut optimiser les réglages de l'induit et du courant d'excitation en fonction des caractéristiques de couple / vitesse désirée.

Moteur à courant continu à aimant permanent

Les moteurs à courant continu à aimant permanent sont actuellement en pleine expansion dans l'industrie. Cette technologie permet d'obtenir des moteurs encore plus légers avec un meilleur rendement que les précédents. Malheureusement, ces aimants font appel pour leur composition, à des terres rares, dont le coût est très élevé. Ils sont

également très sensibles aux montées en température.

Moteurs asynchrones

Deux types de machine asynchrone peuvent être distingués : la machine asynchrone à rotor à bagues et la machine asynchrone à cage d'écureuil. Cette dernière est la plus répandue. Son niveau de robustesse et de fiabilité allié à un faible coût en a fait une machine de référence. Leur contrôle nécessite l'utilisation d'onduleurs électroniques. Sa fonction est de convertir le courant continu de la batterie en courant alternatif triphasé, et de contrôler précisément le fonctionnement du moteur pendant la phase d'accélération et la régime de croisière. De plus, l'onduleur convertit le courant alternatif généré par le moteur lors de la décélération et du freinage en courant continu pour charger la batterie et améliorer le freinage moteur. Afin d'assurer la régulation, l'onduleur augmente ou diminue la fréquence du courant alternatif fourni au moteur électrique en fonction de la demande du conducteur et donc en fonction de la position de la pédale d'accélérateur. Cette fonction de régulation sera mise en œuvre par le système de contrôle vectoriel dans un proche avenir. Tout d'abord, l'avènement de la technologie électronique a considérablement augmenté la vitesse de rotation de 3000 tr/min à 15000 tr/min.

Moteurs synchrones

Le principe de fonctionnement de ce moteur est analogue à celui des moteurs à courant continu, si ce n'est que la commutation est cette fois électrique et non mécanique. L'induit est dans ce cas au stator et l'inducteur au rotor- Le stator de la machine comporte les enroulements de trois phases dont la commutation par électronique de puissance sur la source à courant continu est assurée par un pont de puissance. Le champ statorique ainsi produit est judicieusement réparti dans l'entrefer interagit alors avec le champ d'induction produit par le rotor de manière à créer un couple. Les moteurs synchrones présentent de bon rendement (de l'ordre de 90%, onduleur compris), peu de pertes thermiques. Ils sont légers et leur fabrication est très flexible. Ce type de moteur est très utilisé par les moteurs rares [7].

Chapitre 1. État de l'art sur le véhicule électrique

Le tableau 1.2 présente les avantages et les inconvénients des différents moteurs électriques.

| | Avantages | Inconvénients |
|---|---|--|
| Moteur à courant continu à excitation séparée | <ul style="list-style-type: none"> • Commande par un seul hacheur de puissance sur l'induit et un hacheur de faible puissance pour la commande du courant d'excitation. • Défluxage facile. | <ul style="list-style-type: none"> • Prix du moteur élevé. • Le procédé de fabrication est difficile à automatiser. • Puissance massique relativement faible. |
| Moteurs à courant continu à aimant permanent | <ul style="list-style-type: none"> • Commande avec un seul hacheur. • Freinage relativement simple à mettre en œuvre. • Excellent rendement. | <ul style="list-style-type: none"> • Prix élevé. • Défluxage difficile. |
| Moteurs asynchrones | <ul style="list-style-type: none"> • Puissance massique élevée. • Rendement acceptable. • Moteur robuste. • Défluxage automatique. | <ul style="list-style-type: none"> • Electronique relativement chère. • Tension d'alimentation élevée pour faciliter la fabrication du moteur. |
| Moteurs synchrones | <ul style="list-style-type: none"> • Alimentation simple et moins chère. • Défluxage facile. | <ul style="list-style-type: none"> • Technologie peu courante. • Fragilité du système bagues balais. |

Table 1.2: Avantages et inconvénients des différents moteurs électriques [5].

1.6 Choix du moteur de traction

Choisir un moteur pour un véhicule est généralement une tâche fastidieuse. La première étape consiste à déterminer le travail à effectuer par chaque moteur avec une précision suffisante. Évidemment, pour pouvoir vérifier le moteur, vous devez comprendre les spécifications et les performances que nous voulons atteindre. Cependant, lorsque nous comprenons les caractéristiques du moteur et le travail que le moteur doit faire et que nous voulons le vérifier, le problème est beaucoup plus simple. Le moteur en question est un moteur à courant continu à excitation séparée alimentée par un hacheur. Sur la plupart des marchés des entraînements à vitesse variable, de nombreux fabricants envisagent depuis longtemps d'utiliser des moteurs à courant continu à excitation séparée alimentés par des hacheurs. La machine présente les avantages inhérents d'un contrôle indépendant du débit et du couple.

1.6.1 Choix d'un moteur à courant continu

D'après l'étude sur différents types de moteurs et sur la base de ces caractéristiques, nous avons trouvé que le moteur à excitation indépendante est un moteur adapté à notre projet, sa caractéristique est que la vitesse peut être réglée par tension et indépendante de la charge électrique. En association avec un convertisseur statique qui fournit une tension réglable, la vitesse peut être variée dans un large domaine. Il peut fournir un couple considérable à basse vitesse, il est généralement utilisé dans l'asservissement avec une régulation de vitesse.

1.7 Convertisseur CC/CC

Un hacheur est un convertisseur qui peut obtenir une tension continue réglable à partir d'une tension continue fixe, le signal obtenu en sortie du hacheur est appelé PWM ou MLI [8], on définit alors :

T: période de hachage (ou découpage).

$F=1/T$ fréquence de hachage .

Avec :

$$0 < \alpha < 1 \quad (1.1)$$

Le convertisseur CC-CC assure l'interface entre le bus DC direct et l'alimentation (réseau AC redressé et filtré, batterie) qui alimente une charge MCC , avec un rendement très élevé. Le transistor est passant et saturé lorsque la tension du commande est positive et il est bloqué lorsque la tension est négative.

Le rapport cyclique est défini comme le temps pendant lequel l'interrupteur est fermé divisé par la période de fonctionnement du composant T .soit [3] [9]

$$\alpha = T_{on}/T \quad (1.2)$$

Nous définissons également le temps pendant lequel l'interrupteur est fermé par :

$$T = T_{on} + T_{off} \quad (1.3)$$

La figure 1.9 qui illustre le principe de l'hacheur.

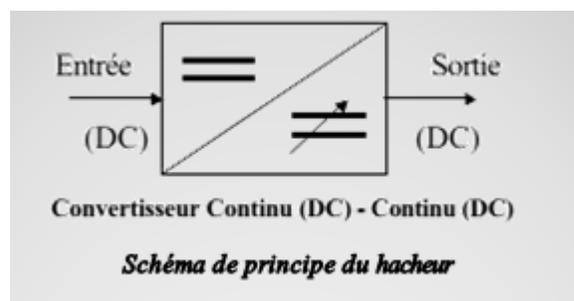


Figure 1.9: Schéma de principe du hacheur

1.8 Types des hacheurs

Nous présentons les types suivants [10]:

- Hacheur série ou dévolteur(Buck).
- Hacheur survolteur (Boost ou parallèle).
- Hacheur réversible en courant.
- Hacheur réversible en tension.

1.8.1 Hacheur série ou dévolteur(Buck)

Le nom est lié au fait que la tension de sortie moyenne est inférieure à la tension d'entrée. Il comprend un interrupteur avec des fonctions de démarrage et de blocage contrôlés et un interrupteur avec des fonctions de blocage spontané et de démarrage "diode". Le cycle de travail avec un cycle de hachage de $T = 1 / f$ est divisé en deux étapes [11]:

de 0 à αT , le transistor est passant et la diode, polarisée en inverse, est bloquée.

Cette phase est dure.

αT à T , le transistor est bloqué, la diode devient passante.

La figure 1.10 suivante montre le circuit de l'hacheur série (Buck) :

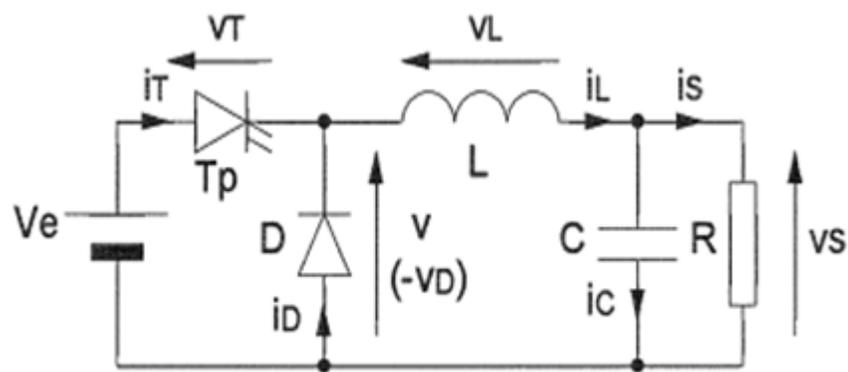


Figure 1.10: Circuit électrique de base du hacheur série

1.8.2 Hacheur survolteur (Boost ou parallèle)

Dans ce hacheur, la tension de sortie moyenne est supérieure à la tension d'entrée, Cette structure nécessite un interrupteur (transistor bipolaire, MOS, IGBT,.. etc).Et une diode (démarrage et arrêt spontanés) pour commander le démarrage et l'arrêt. L'inductance permet de lisser le courant tiré de l'alimentation. Le condensateur permet de limiter l'ondulation de la tension de sortie [11]. La figure 1.11 exprime ce principe:

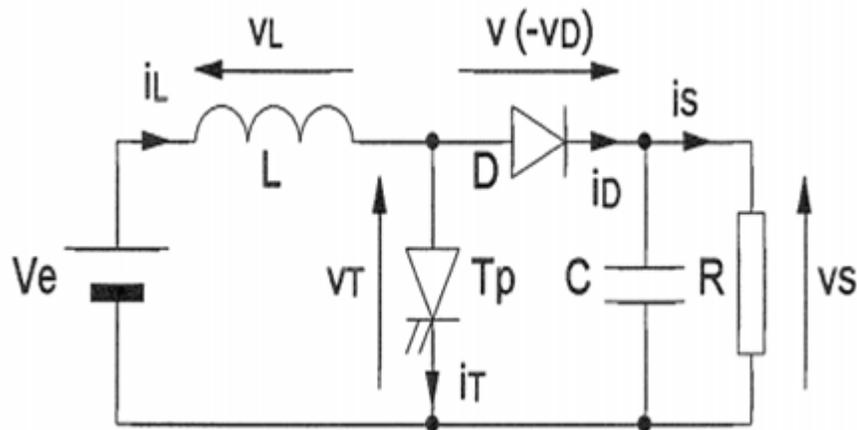


Figure 1.11: Schéma de principe d'un hacheur parallèle

1.8.3 Hacheur réversible en courant

Dans ce système, le changement de flux d'énergie est lié au changement de signe. Le courant reste le même, tandis que la tension reste un signe constant. La formation de l'interrupteur réversible actuel se compose de deux composants: IGBT et diode; Lors du freinage d'un moteur à courant continu, le hacheur de courant réversible est très utile pour la récupération d'énergie. Et il existe deux modes de fonctionnement:

Le transfert d'énergie de l'alimentation à la charge se produit sur le MCC Utilisé comme moteur. Le transfert d'énergie de la charge à la source, puis MCC Utilisé comme générateur [11]. Le schéma d'un hacheur réversible en courant dans la figure 1.12.

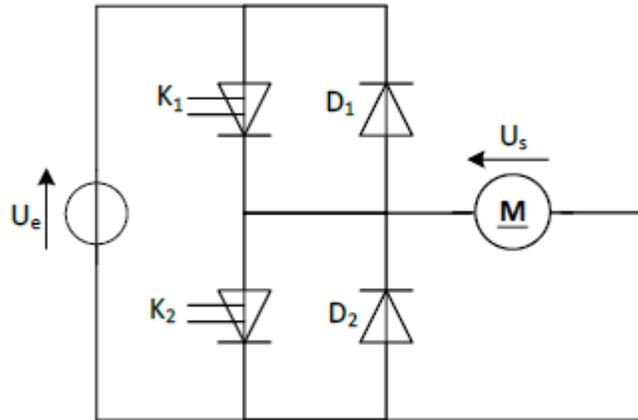


Figure 1.12: Hacheur réversible en courant

1.8.4 Hacheur réversible en tension

La tension appliquée à la charge peut prendre la valeur de $+V_c$ ou $-V_c$, Selon la commande du commutateur, la valeur de tension moyenne admissible est Sortie positive ou négative. En revanche, le courant doit maintenir un signe constant Charge, car l'interrupteur est irréversible [11].Le principe de l'hacheur en tension est exprimé par la figure1.13.

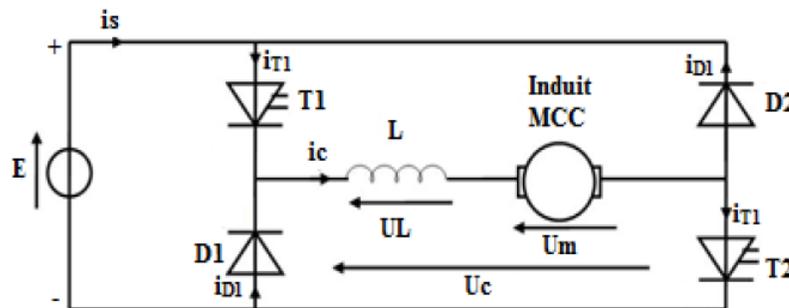


Figure 1.13: Hacheur réversible en tension

de 0 à α T: T1 et T2 sont fermés et D1 et D2 sont ouvertes.

$$U_c = +E \quad (1.4)$$

de αT à T : $T1$ et $T2$ sont ouvertes et $D1$, $D2$ sont fermés.

$$U_c = -E \tag{1.5}$$

1.9 Différentes configurations de véhicules électriques

1.9.1 Véhicule électrique monomoteur

Les véhicules électriques monomoteurs n'ont qu'une seule chaîne de traction. La figure 1.14.

Notre objectif n'est pas de signaler la technologie de transmission. Le rôle des machines, mais construire une liste inépuisable des solutions à certains problèmes d'électrification des véhicules électriques.

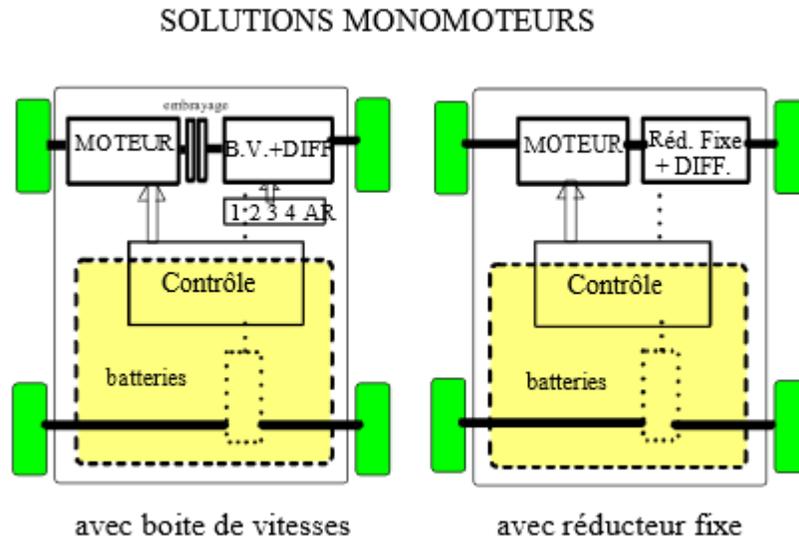


Figure 1.14: Exemples schématiques de motorisations mono-motrices.

moteur électrique + embrayage + Boite Vitesse + différentiel.

moteur électrique + réducteur fixe + différentiel.

1.9.2 Véhicule électrique multi-moteurs

Le véhicule électrique multimoteurs ont plusieurs chaînes de traction indépendante. Il semble a priori intéressantes et peuvent rouler de manière autonome. Les roues éliminent les composants mécaniques tels que les boîtes de vitesses, les embrayages et les différentiels mécaniques [12] [2].

Nous pouvons donc réaliser des véhicules à deux roues motrices ou encore à quatre roues motrices avec la figure 1.15 .

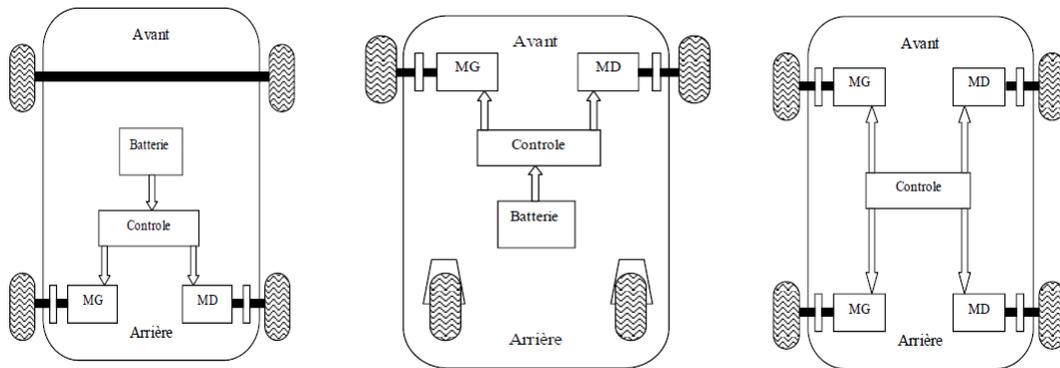


Figure 1.15: Exemples schématiques de motorisations multi-moteurs [2]

1.10 Avantages et inconvénient des véhicules électriques

1.10.1 Avantages du VE

Les véhicules électriques présentent plusieurs avantages qui permettront à terme de faire la distinction entre les véhicules électriques, les véhicules thermiques et les caractéristiques de VE [8]:

- La voiture électrique est agréable à conduire, car le moteur ne calera pas (pas d'embrayage), donc la qualité de conduite (douce) due à une accélération continue.
- Le moteur est complètement silencieux.

- Ces véhicules sont faciles à entretenir et le coût est réduit de 30 à 40%, Par exemple (le moteur électrique n'a pas besoin de changer l'huile). De plus, lorsqu'une panne survient trois fois moins.
- Même en hiver, le départ est toujours un quart de tour (Le démarrage est très rapide).
- Le rendement des moteurs électriques est 3 fois supérieure à celle des moteurs thermique.
- Fiabilité.
- Possibilité de parcourir plusieurs kilomètres.
- Les composants de la batterie sont 100% recyclables.
- Chargement du batterie pendant la phase de décélération.
- Aucune consommation au ralenti.
- Le principal avantage est qu'il ne repose pas sur le pétrole.

1.10.2 Inconvénients du VE

Les voitures électriques ayant de nombreux avantages, elles ont également des malle-fait [8]

- D'autant que les produits innovants coûtent généralement plus cher (le prix de véhicule électrique très couteux).
- Le temps de charge de la batterie sera encore très long par rapport au temps de remplissage du réservoir et la décharge des batteries est accélérée.
- Le poids important du voiture électrique .

- La densité d'énergie de la batterie est bien inférieure à la densité d'énergie du carburant.
- La durée de vie de la batterie et la puissance du moteur ne sont pas encore Très important.

1.11 Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons présenté un état de l'art sur le véhicule électrique puis nous présentons en détail les types de véhicules électriques, les modèles de moteurs a courant continue et les différents types de convertisseurs CC-CC. Par conséquent, les véhicules électriques sont l'une des futures solutions de mobilité, s'ils ne sont pas affectés par le poids de la batterie (surtout dans une autonomie limitée). Nous pouvons dire que la conception et l'optimisation de la chaîne de traction d'un véhicule électrique est un problème pluridisciplinaire qui doit prendre en considération, au minimum, les batteries, la transmission mécanique et la motorisation électromagnétique à alimentation électronique. L'objectif du prochain chapitre sera de sélectionner les technologies et le concept de Borne et port de recharge.

Chapitre 2

Présentation du système de recharge pour VE

2.1 Introduction

De plus en plus de gens croient aux véhicules électriques car ils se présentent sous la forme de véhicules propres, car ils n'émettent ni CO₂ ni rejet du réservoir de carburant vers les roues. Ainsi, comme les voitures thermiques, les véhicules électriques doivent avoir un (service de station). À cette fin, plusieurs systèmes de recharge sont conçus. Les appareils (rapides) fournissent une énergie supplémentaire pendant la journée, permettant aux utilisateurs de terminer leur trajet. Des chargeurs plus conventionnels assurent une charge complète de la batterie mais cela prend beaucoup de temps (5 à 8 heures). Ils sont actuellement embarqués dans le véhicule et le temps de charge est de quelques heures.

La recharge des véhicules électriques nécessite l'installation de bornes de recharge dans tout le pays. C'est l'un des facteurs clés de succès qui permet aux utilisateurs d'obtenir de l'énergie de recharge à tout moment. L'installation est appelée (infrastructure de recharge). Afin de réaliser ce chargeur intégré, il est également nécessaire d'être connecté au réseau monophasés plutôt que triphasés pour pouvoir remplacer les équipements de charge lente et rapide. Avec le développement du domaine des batteries, la structure de charge doit pouvoir s'adapter à une large gamme de tensions de 100 à 350 V ou plus.

La charge de la batterie est également un facteur important qui doit être pris en

compte dans l'évolution des véhicules électriques. Afin de répondre au mieux aux exigences de charge, différents systèmes ont été développés. Des chargeurs automatiques de type "lent", "rapide" avec ou sans contact existent ou sont à l'étude. La plupart répondent aux attentes des utilisateurs, mais présentent encore des faiblesses (poids, prix, disponibilité, temps de charge, etc...).

2.2 Les voitures électrique a énergie renouvelable solaire

Les véhicules électriques et hybrides peuvent jouer un rôle important dans le développement du transport durable. Si ces véhicules fonctionnent à l'électricité renouvelable, ils contribueront à réduire considérablement les émissions de dioxyde de carbone et à améliorer localement la qualité de l'air.

Les véhicules électriques peuvent contribuer à rendre le secteur de l'énergie plus durable si les batteries peuvent être utilisées pour gérer la production solaire croissante.

2.2.1 Panneaux photovoltaïque

Alexandre Edmond Becquerel a découvert l'effet photoélectrique en 1839, qui peut convertir l'énergie lumineuse en énergie électrique. Le principe est basé sur la technologie des semi-conducteurs.

Afin d'alimenter les voitures électriques, nous avons également envisagé d'installer des panneaux solaires sur les parties plates de la voiture comme la figure 2.1 représente . Sachant que la voiture sera exposée au soleil pendant la conduite, vous pouvez utiliser l'énergie solaire pour charger la batterie afin de fournir une certaine autonomie à la voiture.



Figure 2.1: Véhicule électrique solaire

2.3 Présentation des bornes de recharges

Les bornes de recharge sont des infrastructures qui permettent de recharger les véhicules électriques, au minimum il comporte un point de charge qui est réalisé par au moins une prise. L'infrastructure de recharge doit permettre aux utilisateurs de charger le véhicule pendant le trajet normal, et non imposer un stationnement spécifique (les VEs doivent être chargées lorsque vous gardez, et non pas lorsque vous arrêtez pour recharger)[13].

2.4 Les différents types pour les bornes de recharges

Pour recharger une voiture électrique, il existe trois types de recharges:

2.4.1 Recharge lente avec du courant alternatif à 3 kW

Elle se caractérise par un courant inférieur à 16 A, ce qui se traduit par une puissance de charge relativement faible (maximum 3,7 kW). Il faut alors 6 à 9 heures pour terminer une charge complète. La charge douce est toujours la plus respectée des batteries, contribue à améliorer sa durabilité et constitue le moyen le plus économique de recharger les véhicules électriques car elle ne nécessite pas d'abonnement spécifique [14].

2.4.2 Recharge accélérée toujours en courant alternatif mais à 22 kW

Le courant utilisé monte jusqu'à 32 A, ce qui permet d'augmenter la puissance électrique (22 kW maximum) et de charger le véhicule à 80% en environ 1 heure et 30 minutes [14].

2.4.3 Recharge rapide depuis du courant continu à 43 kW

La recharge rapide est une solution de confort qui peut être utile pour doter rapidement un véhicule, elle permet une charge à 80% en 30 minutes, avec une puissance supérieure à 22 kW (50 kW maximum) [15].

2.5 Les modes de recharge de véhicule électrique

Le mode de charge définit le mode de communication entre la voiture et l'infrastructure de charge, assurant ainsi une variété de fonctions de sécurité sont réalisées en interagissant avec le véhicule pendant le processus de charge [16] [17]. Selon le type de prise, un mode spécifique sera utilisé.

2.5.1 Mode1

Correspond à l'alimentation du véhicule en courant alternatif à une prise non dédiée par l'intermédiaire d'une prise domestique, mais la recharge est très lente. C'est pourquoi ce mode est destiné à des usages d'appoint.

Il n'y a pas de boîtier de commande de charge qui peut entraîner une complexité électrique, sans que le danger ne soit prévenu ni corrigé [16].

2.5.2 Mode2

Ce mode consiste en un branchement sur une prise domestique classique. La différence avec le premier mode est qu'il y a un boîtier de contrôle sur la ligne électrique, qui peut parler au véhicule à charger. Le boîtier associé à la prise green up (qui permet

de recharger son véhicule électrique 2 fois plus rapidement) est un moyen très sécurisé de recharger le véhicule. En effet, le boîtier peut réagir à toute anomalie en arrêtant la charge [16]. C'est aussi le modèle le plus économique, contrairement au 3 ème modèle.

2.5.3 Mode3

Correspond à l'alimentation du véhicule en courant alternatif via une prise de courant spécifique normalisé . Le mode 3 se caractérise par l'utilisation d'un circuit électrique dédié, c'est à dire une ligne électrique directement reliée au compteur électrique pour éviter l'usure du réseau électrique de la maison en cas de charge régulière.

À la différence du mode 2, le mode 3 permet une recharge intelligente du véhicule. Typiquement une installation de type wallbox ou borne de recharge permet de réguler la puissance pendant la charge pour s'adapter aux contraintes du réseau. C'est à dire que la puissance s'adapte à la quantité d'énergie disponible dans la maison en temps réel.

Ainsi, il n'y a aucun risque de coupure d'électricité dû à la recharge du véhicule électrique. Ce type d'installation est très intéressant car il permet aussi d'optimiser sa charge pour profiter des tarifs heures creuses et ainsi faire des économies sur sa charge [16].

2.5.4 Mode4

Le mode 4 se définit par une charge en courant continu (niveau de puissance élevé). Plus connu sous le terme de "charge rapide". La charge en courant continu permet de récupérer 80% de son autonomie en moins de 30 min. Le temps de recharge exacte dépend du véhicule, et de la température de la batterie [16] .

Les bornes de charge rapide se trouvent généralement dans les aires d'autoroutes et grandes agglomérations.

Les différentes modes de charge sont bien illustrées sur la figure 2.2.

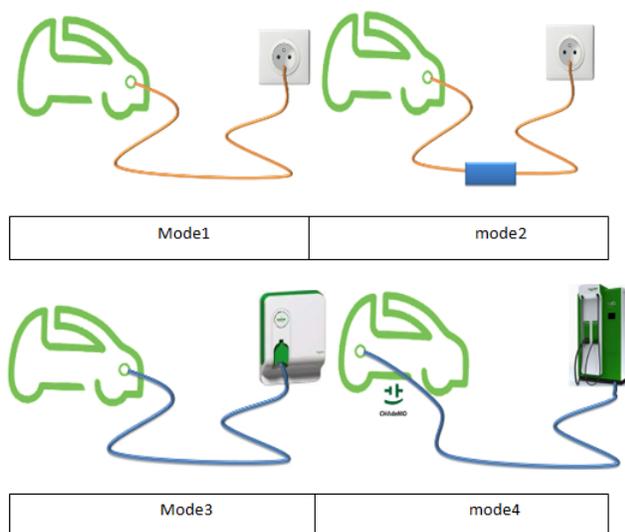


Figure 2.2: Les différentes modes de charge.

2.6 Le courant de recharge

Il existe deux types d'alimentation en électricité : AC (courant alternatif) et DC (courant continu).

2.6.1 La recharge en AC

Il s'agit de la méthode de recharge la plus courante pour les véhicules électriques. Lorsqu'une voiture électrique est branchée sur une station de recharge AC, le courant est converti à l'intérieur de la voiture avant d'entrer dans la batterie. La vitesse de recharge dépend de la puissance de sortie de la station et de la puissance du chargeur de véhicule (appelé chargeur embarqué) pour convertir le courant en courant continu. Généralement, le courant requis par un chargeur AC varie entre 16 A (3,7 kW monophasé, 11 kW triphasé) et 32 A (7,4 kW monophasé, 22 kW triphasé).

C'est la méthode la plus appropriée lorsque le véhicule est stationné dans l'espace de stationnement pendant plus de 20 minutes. Les chargeurs AC sont les plus populaires en raison de leur moindre coût (production, installation et fonctionnement). Cela explique

également le fait que l'utilisation d'un chargeur AC pour recharger un véhicule sera plus intéressante financièrement. De plus, ce chargeur est le plus adapté pour une charge quotidienne [18].

2.6.2 La recharge en DC

Les chargeurs rapides pour véhicules électriques utilisent la charge DC. De plus, ils convertissent le courant avant qu'il n'entre dans le véhicule. Par conséquent, une fois la conversion terminée, le courant circulera directement dans la batterie. Cela n'a pas besoin de passer par le convertisseur du véhicule. Cependant, les chargeurs DC nécessitent une grande intensité du réseau. En fait, ils sont souvent appelés «super chargeurs» avec une puissance de charge comprise entre 50kW et 250kW. En conséquence, ses coûts (production, installation et exploitation) sont très élevés, entraînant des prix de facturation plus élevés. Dans tous les cas, cela peut accélérer la recharge du véhicule [18].

C'est le meilleur moyen de charger rapidement le véhicule lors de trajets sur une longue distance (pour les voitures compatibles avec la recharge DC).

2.7 Les types de prises de recharge pour véhicules électriques

En plus des différents modes, liés à la puissance et au pilotage du réseau électrique, tous les véhicules électriques sont équipés d'une prise sur la carrosserie. Selon la marque, il existe plusieurs types de prise. Pour ne pas se retrouver coincé devant une borne dont la prise est incompatible, elles sont souvent livrées avec des câbles ou des adaptateurs qui permettent de faire le pont avec les modes de recharge les plus courants [17] [19].

2.7.1 Prise type 1

Les fiches de type 1 sont des fiches monophasées qui peuvent être chargées à un niveau de puissance allant jusqu'à 7,4 kW (230 V, 32 A). Il est principalement utilisé dans les modèles de voitures en Asie et est rarement vu en Europe, c'est pourquoi il existe peu

de bornes de recharge publiques de type 1.

Cette figure 2.3 représente la prise de type 1.



Figure 2.3: La prise de type 1.

2.7.2 Prise type 2

La principale zone de distribution des prises triphasées est l'Europe. Ce type de prise est considéré comme un modèle standard. Dans les espaces privés, la puissance de charge maximale est généralement de 22 kW, tandis que la puissance de charge maximale pouvant être utilisée dans les bornes de recharge publiques est de 43 kW (400 V, 63 A, CA). La plupart des bornes de recharge publiques ont des prises de type 2.

Ce type de prise est bien montré sur la figure 2.4



Figure 2.4: La prise de type 2.

2.7.3 Prise type 3

Ce type de prise présenté dans la figure 2.5 est peu utilisé. Mais il existe quand même des bornes équipées en type 3. Cette prise à été conçue dans le but de garantir un haut niveau de sécurité pour la recharge des véhicules électriques.



Figure 2.5: La prise de type 3.

2.7.4 Prise type 2 fiches combinées (système de charge combiné ou CCS)

La prise CCS figure 2.6 est une version améliorée de la prise de type 2 avec deux contacts de puissances supplémentaires pour une charge rapide et prend en charge les niveaux de puissance de charge CA et CC (niveaux de charge CA et CC) jusqu'à 170 kW. En pratique, cette valeur est généralement d'environ 50 kW.



Figure 2.6: La prise type 2 fiches combinées.

2.7.5 Prise type 4 ou CHAdeMO

Ce système de charge rapide a été développé au Japon et la capacité de charge maximale autorisée dans une borne de recharge publique appropriée est de 50 kW.

la figure 2.7 présente ce type de prise.



Figure 2.7: La prise de type 4 (CHAdeMO).

2.7.6 Prise type E

Il s'agit de la prise standard que l'on retrouve dans nos habitats, et qui est systématiquement installée au niveau des infrastructures de recharge publique. La recharge pour ce type de prise ne dépasse pas les 3kW.

La figure 2.8 montre un exemple de ce type de prise.



Figure 2.8: La prise de type E

2.8 Les schémas électrique d'une borne de recharge

La topologie la plus répandue pour les stations de charge avec plusieurs points de charge en courant continu est présenté dans la figure 2.9. Cette topologie comprend une section centrale avec un transformateur 50 Hz, un filtre d'entrée pour la réduction

des harmoniques et la compensation de la puissance réactive, et le redresseur côté réseau. Chaque point de charge comprend également un convertisseur CC-CC côté véhicule pour l'adaptation et le contrôle des paramètres de charge.

Si les points de charge individuels doivent être connectés indépendamment au réseau énergétique, le transformateur de réseau, le filtre d'entrée et le redresseur de réseau doivent également être intégrés au point de charge.

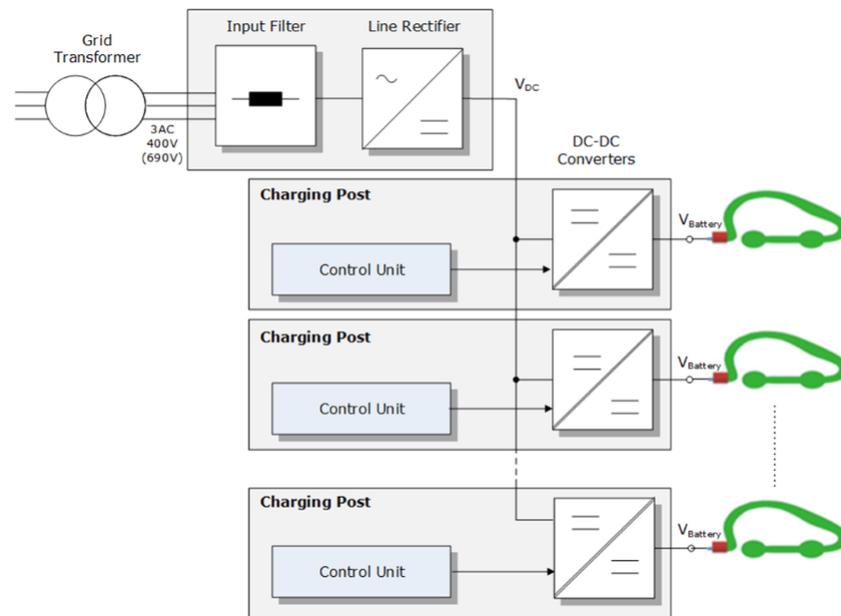


Figure 2.9: Schéma électrique d'une borne de recharge

2.8.1 Redresseur secteur à front actif (AFE mains rectifier)

Pour minimiser les effets de phase sur le système, le redresseur secteur de la figure 2.10 peut également être configuré comme un redresseur AFE à base d'IGBT sans récupération d'énergie à partir des unités de stockage d'énergie optionnelles. Comme il fonctionne comme un convertisseur élévateur, seuls des convertisseurs abaisseurs sont nécessaires dans les points de charge, même si des tensions de batterie élevées doivent être générées à partir de tensions d'entrée faibles [13] [20].

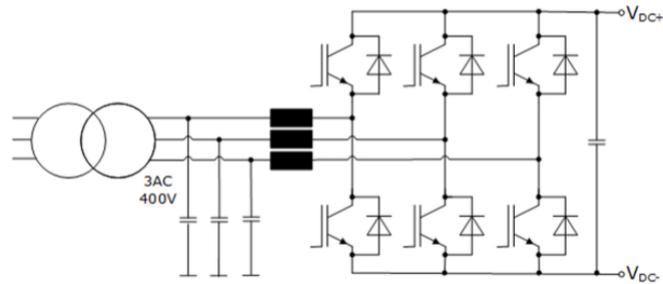


Figure 2.10: Redresseur secteur à front actif

2.8.2 Convertisseur CC-CC avec isolation galvanique

Pour minimiser le coût de l'isolation dans les véhicules, la tension de charge doit être isolée galvaniquement de la tension d'alimentation. Dans les points de charge avec leur propre connexion au réseau, cela peut être fait avec le transformateur de réseau comme indiqué sur la figure 2.11 . L'isolation galvanique à l'intérieur du convertisseur CC-CC présente l'avantage de permettre l'utilisation de très petits transformateurs en raison des fréquences de commutation élevées.

Ceci est essentiel dans le cas de points de charge dans une station de charge avec un redresseur central. Un autre avantage d'une fréquence de commutation élevée dans le convertisseur CC-CC est la diminution du besoin de lissage de la sortie côté batterie pour une fréquence de commutation croissante [20].

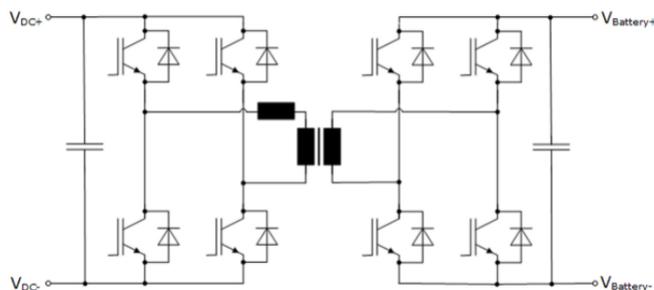


Figure 2.11: Convertisseur CC-CC avec isolation galvanique

2.9 Conclusion

Les bornes de recharge électriques sont une solution parfaite pour sensibiliser les gens à utiliser des voitures électriques. Ces bornes intelligentes sont alors une méthode optimisée de lutte concrète contre la pollution.

Dans ce chapitre nous avons présenté une description générale de la borne intelligente. Nous avons abordé également les types, le courant et les modes de recharge des véhicules. Trois modes de recharge ont été présentés : une recharge lente permettant de fournir une puissance de 3,7 kW pour un temps de recharge assez important avoisinant les 9 heures, une recharge accélérée et une recharge rapide avec une durée de recharge allant de 20 à 30 min. Dans le but de réduire les temps de recharge qui représentent l'inconvénient majeur des VEs.

Le chapitre s'est terminé par la présentation des prises de recharges de véhicule électrique. Le chapitre suivant donne l'occasion de voir la validation par simulation du système et ces composants.

Chapitre 3

Simulation et réalisation

3.1 Introduction

Ce travail est concentré sur la transformation d'une source CC basse tension (panneau solaire 24 V) en une sortie CA haute tension (220 V). Les appareils électroniques fonctionnent sur courant alternatif. Cependant, certaines formes de production d'énergie produisent une tension continue, il est donc nécessaire de convertir la tension en une source que les appareils peuvent utiliser. D'où la nécessité d'un onduleur de puissance pour faire fonctionner en douceur les appareils électriques et électroniques.

L'approche proposée consiste à remplacer la méthode conventionnelle par l'utilisation d'un TIMER NE555 a été utilisé. Il a un faible coût et réduit la complexité du circuit pour l'onduleur monophasé. Le but de ce rapport est de prototyper et de tester des onduleurs CC vers CA pour convertir efficacement des PV en sources d'alimentation CA. Haute tension similaire à la puissance fournie via une prise électrique (220 V, 50 Hz) avec une puissance nominale.

Le procédé dans lequel la puissance CC basse tension est inversée est réalisé en deux étapes. La première étant l'utilisation de la puissance CC basse tension pour charger

une batterie 24 V, et la seconde étape étant la conversion de la source CC (panneau solaire) en une forme d'onde CA (220 V), nous utilisons hacheur (Boost) [21].

3.2 Outil de simulation ISIS (PROTEUS et ARES)

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique, développé par la société Labcenter Electronics. Les logiciels incluent dans 'Proteus' permettent la CAO dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle: ISIS, ARES, PROSPICE et VSM [21].

3.2.1 Présentation générale

Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation (incluant lycée et université) utilisent cette suite logicielle. Outre la popularité de l'outil, proteus(figure 3.1) possède d'autres avantages [21]:

- Pack contenant des logiciels facile et rapide à comprendre et utiliser.
- Le support technique est performant.
- L'outil de création de prototype virtuel permet de réduire les coûts matériel et logiciel lors de la conception d'un projet.

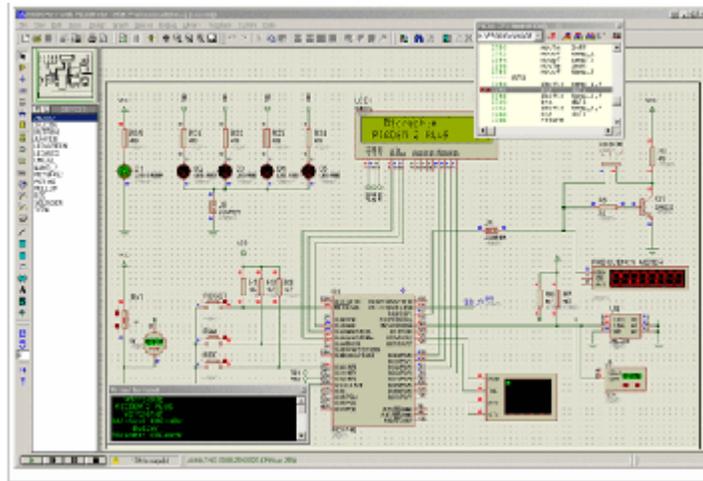


Figure 3.1: Isis proteus

3.2.2 ISIS

Le logiciel Proteus ISIS est principalement utilisé pour éditer des schémas électriques. De plus, le logiciel peut également simuler ces schémas afin que certaines erreurs puissent être détectées dès la conception. Indirectement, parce que le logiciel peut contrôler la plupart des graphiques du circuit, le circuit conçu par ce logiciel peut être utilisé dans le document [21].

3.2.3 ARES

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui peut parfaitement implémenter ISIS. Ensuite, les schémas électriques générés sur ISIS peuvent être facilement importés dans ARES pour produire des PCB pour cartes électroniques. Bien qu'il soit plus efficace d'éditer le PCB manuellement, le logiciel vous permet de placer automatiquement les composants et d'effectuer automatiquement le routage [21].

3.3 Conception

Le but de ce projet est de concevoir et implémenter un onduleur monophasé capable de convertir la tension continue en courant alternatif à haute efficacité et à faible coût.

La production d'électricité solaire est favorisée de nos jours, car le monde se concentre de plus en plus sur les préoccupations environnementales. Les onduleurs, qui convertissent l'énergie solaire DC en AC à usage domestique. Parce que l'énergie solaire est fournie en tant que source DC, elle nécessite un onduleur avant qu'elle puisse être utilisée comme puissance générale et avant sa réalisation, nous avons entamé une étude suivie par la réalisation de la maquette [22]. Le système charge et protège la batterie pour augmenter sa durée de vie(Figure 3.2).

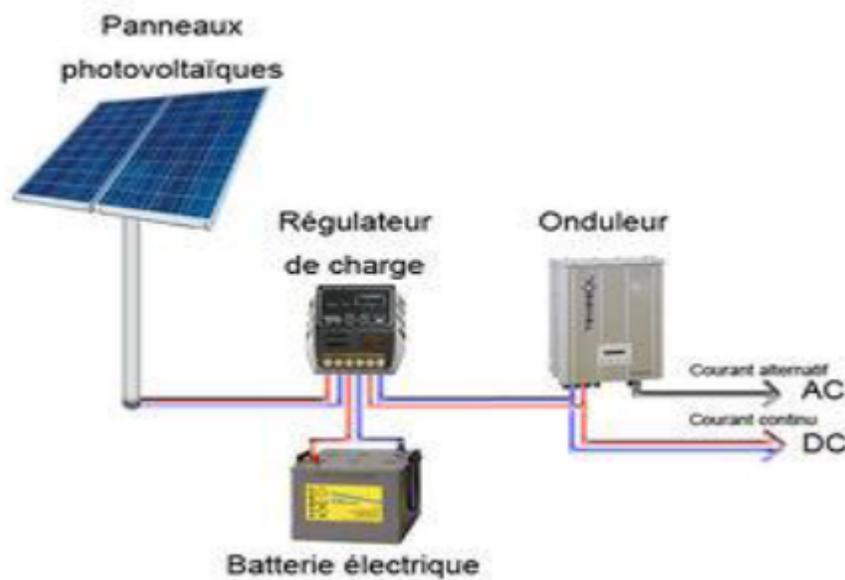


Figure 3.2: représentation simplifiée d'une installation PV

3.3.1 Onduleur

L'onduleur de puissance est un appareil qui convertit l'énergie électrique de la forme CC à la forme CA à l'aide de circuits électroniques. Son application typique est de convertir la tension du panneau en tension CA domestique conventionnelle, ce qui vous permet d'utiliser des appareils électroniques, la recharge du VE lorsqu'aucune alimentation CA n'est disponible. Les onduleurs sont devenus de plus en plus courants au cours des dernières années à mesure que le soutien à l'énergie solaire auto suffisante a augmenté.

parce que l'énergie solaire est une source CC, elle nécessite un onduleur avant de pouvoir être utilisée comme puissance générale [22].

3.3.2 Caractéristiques propres d'un onduleur pour systèmes photovoltaïques

Les onduleurs des systèmes photovoltaïques sont quelque peu différents des onduleurs classique en électrotechnique, mais les objectifs de conversion DC/AC sont les mêmes. La principale caractéristique de l'onduleur photovoltaïque est de trouver le point de fonctionnement maximal ou MPPT (Maximum Power Point Tracking) en anglais, car Les générateurs PV ont des caractéristiques de courant / tension non linéaires [22].

3.3.3 Évolution des onduleurs photovoltaïques

La production d'électricité photovoltaïque est une technologie de conversion, elle utilise le rayonnement solaire ou l'énergie photonique pour convertir en courant continu en utilisant un matériau semi-conducteur à effet photovoltaïque. L'Agence internationale de l'énergie a classé les applications photovoltaïques en quatre catégories, à savoir [22]:

- L'application domestique hors réseau.
- L'application non domestique hors réseau.
- L'application connectée au réseau de distribution sans charge.
- L'application connectée au réseau de distribution avec une charge.

La connexion au réseau système centralisé hérite du concept de système puissance conventionnelle centralisée ou installation générale pour renforcer le système réseau de distribution, et le système connecté au réseau de distribution. C'est une application relativement nouvelle dans laquelle des systèmes photovoltaïques sont installés pour alimenter les bâtiments Ou d'autres charges également connectées au réseau. Avec l'aide du concept de bâtiments intelligents à l'avenir, les modules photovoltaïques deviendront composants

standard intégrés dans les systèmes électriques résidentiels et les affaires. Parce que le système photovoltaïque a une structure très modulaire. De nombreuses configurations possibles sont proposées, parmi lesquelles l'onduleur PV peut être connecté [22].

Les onduleurs ont beaucoup évolué depuis les années 1980 grâce à des innovations des fabricants et des améliorations technologiques. Voici quelques dates donnant un aperçu sur l'historique des onduleurs PV :

Dans les années 1980 :

Les onduleurs étaient encombrants, lourds, difficiles à installer, fiables, et leur rendement était de l'ordre de 85-90%. Ils étaient strictement les dispositifs de conversion continu-alternatif.

Les années 1990 : Ont vu la production première série à grande échelle de onduleurs photovoltaïques (PV SMA-WR).

En 1995 : Apparition du premier onduleur PV mono corde (String Inverter : SMA SB 700). Il permet la connexion de plusieurs modules en série. Ces onduleurs ont un rendement supérieur et ils sont fiables.

Fin des années 1990 :

1. Système avec acquisition de base de données, installation "plug-and-play".
2. Conception d'onduleurs avec transformateur à haute fréquence (HF) et ceux sans transformateurs conçoit dont les rendements peuvent atteindre 95%.

Actuellement : Le marché des onduleurs marque le pas en 2011. Selon Digitimes Research, le marché mondial des onduleurs marquerait le pas en augmentant de quelques 20% en 2011, à 24,5 GWc en termes de livraisons, après une hausse de 132% à 19,8 GWc l'an 2010. La figure 3.3 montre l'évolution des différents types d'onduleurs depuis 2008 jusqu'à 2012.

| |
|--|
| Onduleur central (centralized inverter) |
| <ul style="list-style-type: none"> - Application dans les systèmes photovoltaïques triphasés. - Puissance ≥ 10 kW. - Raccordement des modules à un bus de courant continu. - Pertes de forte puissance. - Tension suffisamment élevée pour éviter l'utilisation de transformateurs ou convertisseurs DC/DC. - Pour les applications de forte puissance (quelques MW) plusieurs onduleurs sont mis en dérivation. - Facteur de puissance entre 0.6 et 0.7 [10] |
| Onduleur mono-chaîne (String inverter) |
| <ul style="list-style-type: none"> - Petites applications domestiques. - Puissance allant de 0,5 kW à 1 kW. - version réduite de l'onduleur central avec une chaîne reliée à un onduleur, ce qui facilite le MPPT. - Configuration très flexible. - Chaque groupe a une orientation différente de l'espace. - Travail en parallèle de plusieurs onduleurs augmente la fiabilité du système. |
| Onduleur multi-chaîne (Multi string inverter) |
| <ul style="list-style-type: none"> - La poursuite du développement de l'onduleur mono-chaîne - Chaque chaîne de modules PV est interfacée par son propre convertisseur DC/DC et ensuite connectée à un onduleur. - D'autres élargissements de l'installation photovoltaïque sont faciles à faire. - Pertes de puissance réduite. - Le manque de redondance et d'évolutivité pour connexion au réseau. |
| Onduleur modulaire (Module inverter) |
| <ul style="list-style-type: none"> - Topologie simple. - Applications résidentielles à petite échelle. - Modules avec convertisseur DC / DC et onduleurs individuels. - Chaque unité de module a des fonctions indépendantes. - Haut rendement. - Conception flexible. |

Figure 3.3: Évolution des tendances d'expédition des différents types

3.3.4 Les avantages d'un onduleur avec transformateur

1. Isolation galvanique.
2. Universalité des produits (membrane, couche mince...). Certains types de modules doivent être associés de force à un onduleur à isolation galvanique.
3. Evite les problèmes de courant de fuite qui peuvent, avec les onduleurs sans transformateurs (cas très rare), traverser l'onduleur et faire sauter les disjoncteurs dif-

férentiels [22].

3.3.5 Les avantages d'un onduleur sans transformateur

La suppression du transformateur implique [22]:

1. Des produits plus légers, donc plus facile à installer et manipuler.
2. De meilleurs rendements (moins de pertes liées au transformateur).

3.3.6 Classification des convertisseurs selon les ondes délivrés

Il existe plusieurs types d'onduleurs qui peuvent être installés sur le réseau, et leurs technologies et les formes d'onde qu'ils produisent ont leurs propres caractéristiques [22].

- Convertisseur à onde sinusoïdale.
- Convertisseur à onde carrée.
- Convertisseur à onde sinusoïdale modifiée. On va choisir dans ce travail l'onduleur à onde sinusoïdale commandé par MLI.

3.3.7 Onduleur à onde sinusoïdale (pure sine wave inverter)

L'onduleur à onde sinusoïdale pure peut simuler avec précision le courant alternatif fourni par la prise murale. Il introduit la plus petite quantité d'harmoniques dans les équipements électriques, mais c'est aussi Plus cher en raison de l'augmentation des composants et de la conception besoin de produire une sortie. Son principal avantage est qu'il peut alimenter tous les appareils équipement [22].

3.3.8 Onduleur à onde carrée (Square wave inverter)

Un onduleur à onde carrée génère une onde carrée en commutant l'alimentation CC à une grandeur égale dans une direction opposée à travers une charge à des fréquences

réglées. Ils sont Rarement utilisé, car de nombreux appareils utilisent des circuits de synchronisation rarement sur la forme d'onde d'alimentation d'entrée de la minuterie d'horloge [22].

3.3.9 Onduleur à onde sinusoïdale modifiée (Modified sine wave)

Émule une sinusoïde. Il introduit un temps mort dans une sortie d'onde carrée normale. L'onde est produite en commutant la source DC entre trois valeurs aux fréquences définies, il produit moins d'harmoniques que les ondes carrées. Il fournit une solution peu coûteuse et simple d'alimentation des périphériques qui nécessitent une alimentation secteur. Ses principaux inconvénients sont que tous les appareils ne peuvent pas résister à la distorsion du signal, comme les équipements médicaux et les ordinateurs fonctionnent correctement, Il convient de noter que les onduleurs à onde sinusoïdale modifiée ne sont pas évalués pour la distorsion harmonique totale (THD)[22].

3.4 Element constitutif du système

3.4.1 Le regulateur

Une alimentation constituée uniquement de diodes de redressement et de filtre est pas assez pour fournir une tension continue constante. Il faut ajouter un circuit régulateur de tension entre le filtre et le circuit d'utilisateur.

Un régulateur de tension est un composant qui peut stabiliser la tension à une certaine valeur fixe, ce qui est nécessaire pour les montages électroniques nécessitant une tension ne fluctue pas. Le régulateur de tension peut être constitué d'un ensemble de composants traditionnel (comme les résistances, les diodes Zener et les transistors), mais il peut aussi être de type "Intégré" [23].

Régulation par circuit intégré

Dans ces types de régulateur, le transistor, l'amplificateur d'erreur, le pont diviseur ainsi que la diode Zener sont intégrés dans un seul boîtier (Fig 3.4). Certains

circuits intégrés intègrent les circuits de protection contre les surintensités, les surtensions et l'échauffement.

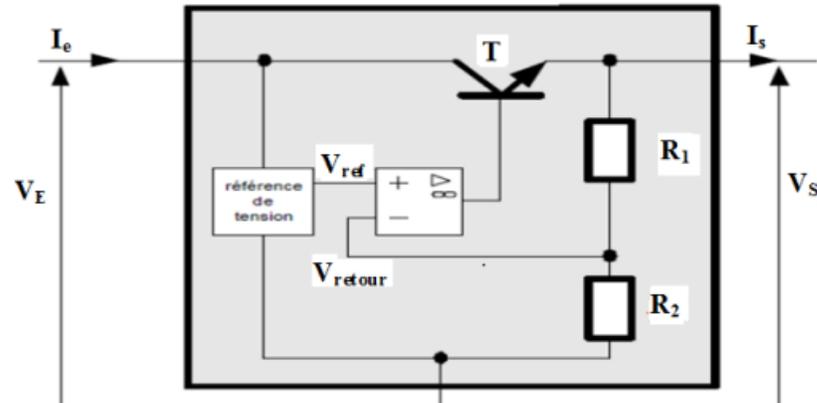


Figure 3.4: Régulateur circuit intégré

Il existe énormément de circuits intégrés pour réguler des tensions positives et négatives. Les plus connus sont certainement les régulateurs à 3 broches des familles (les régulateurs de tension fixe) 78XX et 79XX [23].

- 78 signifie qu'il s'agit d'un régulateur positif.
- 79 signifie qu'il s'agit d'un régulateur négatif.
- XX = tension de sortie fixe (valeur entière sur deux chiffres, par exemple « 0.5 » pour 5 V).
- Valeurs courantes : 5V, 6V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V, 24V .

La figure 3.5 présente les deux schémas des régulateurs fixes.

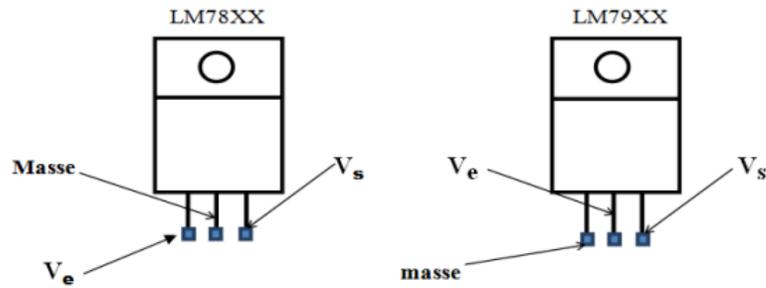


Figure 3.5: Schémas des régulateurs fixes positif et négatif

a) Montage de base pour régulateur de tension à circuits intégrés

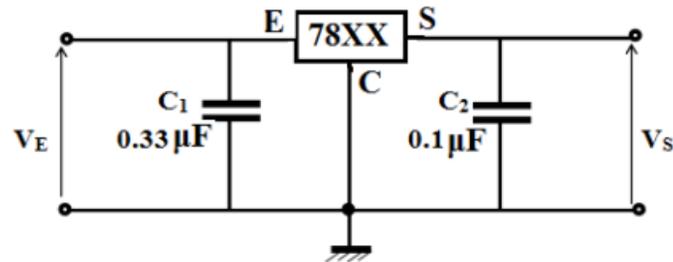


Figure 3.6: Schéma de montage pour régulateur de tension à circuit intégré 78XX

C_1 est nécessaire si le régulateur est placé à 10 cm du condensateur de filtrage et C_2 améliore le temps de réponse du régulateur.

La tension V_E est en fonction de V_S et de V_{drop} (tension différentielle d'entrée). Cette dernière est donnée par le constructeur, en générale sa valeur minimum est de 2 V. La tension d'entrée minimale s'obtient ainsi [23]: $V_{Emin} = V_S + V_{drop} = V_S + 2$

La puissance dissipée par le régulateur est :

$$P_{reg} = (U_{Cmoy} - V_S)I_{Smax}$$

b) Augmentation de la tension de sortie

Le montage précédent de la figure 3.4) peut subir des modifications pour augmenter la tension de sortie.

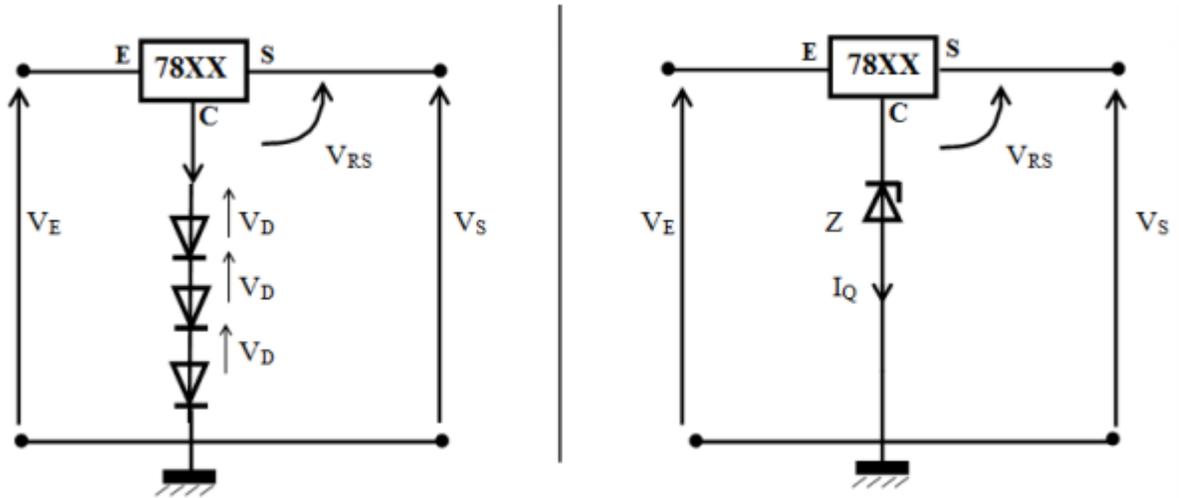


Figure 3.7: Augmentation de la tension de sortie

$$V_S = V_{SR} + 3V_D$$

V_{SR} est la tension de sortie du régulateur.

3.4.2 Le convertisseur

Partie onduleur

Cette partie est la partie la plus importante et la plus intéressante de ce projet, car nous devons faire beaucoup de recherches pour comprendre comment fonctionne un tel système. Tout d'abord, nous fournirons un oscillateur (NE555) par la batterie du véhicule. Cela rendra notre fréquence de sortie 100Hz. Puis, nous allons faire en sorte de diminuer cette fréquence jusqu'aux 50 Hz et ceux, grâce à la bascule qui va multiplier la période par deux; donc diviser la fréquence par deux. Une fois le bon signal, la bonne fréquence obtenu en sortie de la bascule, nous cadencerons, grâce à ce dernier, la commande des thyristors qui commanderont le transformateur élévateur [24].

Étude du NE555

Ce circuit créé en 1970 est utilisé dans beaucoup de recherche. Il contient trois résistances de $R = 5K\Omega$ montées en diviseur de tension, deux comparateurs, une bascule RS, un amplificateur de sortie et un transistor à collecteur ouvert. Figure 3.8



Figure 3.8: NE555

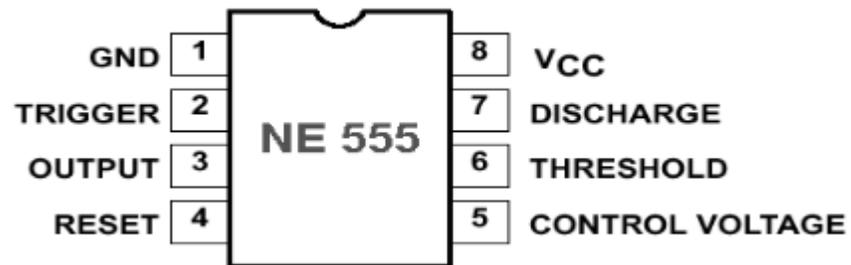


Figure 3.9: Symbole schématique du 555

Voici le tableau 3.1 permettant de comprendre le rôle de chaque broche de la figure 3.9, du circuit intégré NE555.

| - | Nom | Description |
|---|----------|--|
| 1 | GND | Masse |
| 2 | TRIG | Gachette, amorce la temporisation |
| 3 | OUT | Signal de sortie |
| 4 | RESET | Remise à zéro, interruption de la temporisation |
| 5 | CONT | Accès à la référence interne($2/3$ de V_{cc}) |
| 6 | THRES | Signal la fin de la temporisation lorsque la tension dépasse $2/3$ de V_{cc} |
| 7 | DISCH | Borne servant à décharger le condensateur de temporisation |
| 8 | V_{cc} | Tension d'alimentation |

Table 3.1: Désignation des broches du NE555

Ce circuit peut être monté selon 2 configurations :

- Monostable : Le circuit possède un unique état stable. Il est utilisé comme générateur d'impulsion ponctuelle.
- Astable : Le dispositif possède 2 états stables et sans aucune intervention extérieure, il passe naturellement d'un état à l'autre. Dans notre montage nous utiliserons circuit intégré NE555 astable comme la figure 3.10 montre.

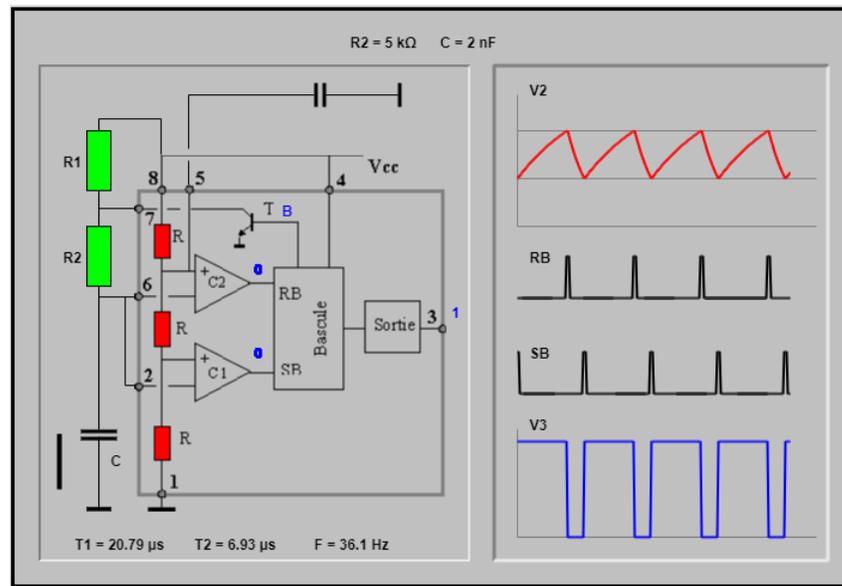


Figure 3.10: NE555 monté en astable

à partir du schéma bloc du NE555, nous pouvons connaître leur différents composants :

- 2 Comparateurs .
- Résistances configurées en diviseur de tension. Les deux tensions respectivement de $1/3$ et $2/3$ de V_{cc} servent de références aux comparateurs .
- Un bascule SET-RESET contrôlée par les comparateurs .
- Un inverseur .
- Un transistor pour décharger le condensateur de temporisation .

L'opération peut prendre 4 états différents:

RESET est un signal à un niveau bas : La bascule est remise à zéro, le transistor de décharge s'active et la sortie reste impérativement à un niveau bas. Aucune autre opération n'est possible.

TRIG est un signal inférieur à $1/3$ de V_{CC} : la bascule est activée (SET) et la sortie est à un niveau haut, le transistor de décharge est désactivé.

THRES est un signal supérieur à $2/3$ de VCC : la bascule est remise à zéro (RESET) et la sortie est à un niveau bas, le transistor de décharge s'active.

THRES et TRIG sont des signaux respectivement inférieurs à $2/3$ de VCC et supérieurs à $1/3$ de VCC : la bascule protégé son état précédent de même que pour la sortie et le transistor de décharge.

Partie transformateur

Le transformateur est un convertisseur qui permet de modifier la tension et l'intensité du courant fournis par une source d'énergie alternative. Dans les systèmes avec des tensions et des courants différents, nous utilisons un transformateur car nous allons avoir une tension de 24V et nous voulons une tension de sortie de 220V.

D'autre part, cela nous permettra d'augmenter la puissance suite à l'augmentation de la tension. Le transformateur sera réalisé à l'aide d'un circuit magnétique, et nous pourrons bobiner deux enroulements sur le circuit magnétique [24], comme la figure 3.11 illustre:

- Un enroulement primaire a un principe de fonctionnement bien spécial; l'énergie électrique est reçu par celui ci et la transforme en énergie magnétique par induction magnétique.
- Un enroulement secondaire est traversé par le champ magnétique produit par le primaire,et fournit un courant alternatif de même fréquence.

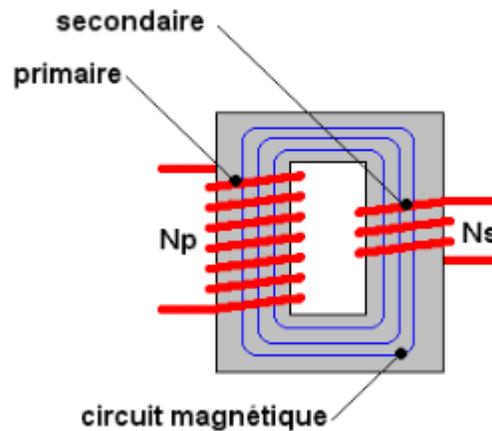


Figure 3.11: Circuit magnétique d'un transformateur.

Nous devons utiliser différentes formules pour calculer le nombre de spire de bobine que nous voulons obtenir, ce qui est nécessaire pour réaliser le transformateur.

Pour cela, nous sommes partis de la formule suivante correspondant au calcul du champ magnétique.

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d}$$

Cette formule nous permet de calculer le champ magnétique, or pour avoir inous devons utiliser la formule $P=ui$. Or nous voulons 170 W et 220V en sortie donc nous aurons un courant de 80 mA. Nous pouvons maintenant calculer le nombre de spires de la bobine grâce à la formule suivante:

$$U_{efficace} = 4.44.N.B_{maximum}.S.f$$

Avec:

- N: le nombre de spires
- B: le champ magnétique (tesla)
- S: section (m2)

- f: fréquence (Hz)

Une fois le nombre de spires calculées, nous pouvons faire le bobinage, qui dépend aussi de la taille et de la composition du matériau utilisé pour enrouler le bobinage. Par conséquent, pour construire notre propre transformateur, nous aurons besoin de [24]:

- Le type de support des isolants.
- Le nombre de spires par volts, à placer au(x) primaire(s) et au(x) secondaire(s).
- La densité de courant conseillée pour chaque enroulement, en fonction de la température d'usage. ($d = I / \text{section du fil}$)

3.4.3 Filtre

En théorie des circuits, un filtre est un réseau conçu pour laisser passer les signaux dont les fréquences se situent dans certaines bandes (appelées bandes passantes) avec peu d'atténuation, mais atténue fortement les signaux dans d'autres bandes (appelées bandes d'atténuation ou bandes d'arrêt). Idéalement, un filtre n'ajoute pas de nouvelles fréquences au signal d'entrée et ne modifie pas les fréquences des composantes de ce signal, mais il modifie les amplitudes relatives des diverses composantes de fréquence et/ou leurs relations de phase. Le comportement d'un filtre dans le domaine fréquentiel est décrit mathématiquement en termes de fonction de transfert ou de fonction de réseau. Il s'agit du rapport des transformées de Laplace de ses signaux de sortie et d'entrée.

Pour obtenir une sortie d'onde sinusoïdale pure, nous avons besoin d'un filtre qui filtrera toutes les fréquences excédentaires au-dessus de la fréquence de coupure. Les filtres sont classés en deux catégories : passifs et actifs.

Un filtre actif est facilement reconfigurable et peut avoir presque toutes les réponses en fréquence souhaitées. Si la réponse est simplement un comportement passe-bas/passe-haut/passe-bande avec une fréquence définie, un filtre actif peut être conçu pour avoir un bord très net à la coupure, ce qui permet de réduire considérablement le bruit et d'atténuer

très peu le signal. Ces filtres nécessitent toutefois des amplificateurs opérationnels capables de filtrer une onde sinusoïdale de 220 V, ce qui est coûteux, car l'amplificateur opérationnel doit être capable de fournir des centaines de watts, et doit être très grand pour le faire sans brûler le signal.

Filtre passif, Généralement de grande taille et très résistifs aux basses fréquences, ces filtres semblent souvent avoir plus une application de prototypage, ou peut-être une utilisation dans un dispositif où le faible coût est plus important que l'efficacité. Compte tenu de ces choix, une application telle qu'un onduleur sinusoïdal de forte puissance ne dispose que d'une seule option viable : le filtre passif. Cela rend la conception légèrement plus difficile à réaliser. Sachant que les filtres passifs présentent une résistance plus élevée à basse fréquence (en raison des inductances plus importantes, qui nécessitent des fils plus longs), le choix évident est de commuter à la fréquence la plus élevée possible.

Le filtre passe-bas

Nous désirons obtenir un signal sinusoïdal alternatif. C'est alors à ce moment que le filtre passe bas joue un rôle : il permet d'atténuer toutes les fréquences au-delà de la fréquence de coupure f_c choisie d'après les éléments du filtre. Nous conservons alors seulement le fondamental qui ici correspond à 50 Hz.

3.4.4 Le batterie

La batterie lithium-ion (Li-Ion), comme toute batterie, est une batterie de stockage électrochimique qui utilise le lithium sous forme ionique. Il libère de l'électricité grâce à l'échange réversible d'ions lithium entre deux électrodes :

Généralement anode en graphite et cathode en oxyde métallique. Cet échange a lieu dans l'électrolyte liquide. Une batterie lithium-ion se compose de plusieurs cellules, qui sont connectées les unes aux autres par des configurations séries et parallèles selon la tension nécessaire et les besoins énergétiques de l'appareil ou de la charge qu'elle est destinée à alimenter.

Il est nécessaire de définir quelques concepts de base pour décrire et caractériser. Lors du traitement de divers documents sur ce sujet, la batterie va vieillir. La première chose à noter est que le nom « batterie lithium-ion » couvre une large gamme de batteries avec différentes compositions électrochimiques [25].

3.5 Les moyens de sécurité

Comme pour tout type de système utilisant de l'énergie électrique ou mécanique, la sécurité doit être assurée. La sécurité existe à plusieurs niveaux, par exemple, la priorité est donnée à la sécurité du personnel et à la sécurité des systèmes qui affecteront leur vie. Pour notre système, nous allons créer ces deux types de sécurité [24].

- Au niveau de la sécurité des personnes, nous avons décidé d'isoler les équipements, c'est-à-dire de s'assurer qu'aucun utilisateur ne puisse accéder aux parties actives du système. A cet effet, nous créerons un boîtier isolant répondant aux différentes normes.
- Au niveau de la sécurité du système, nous allons chercher à éviter la dégradation ou la destruction des composants interne au système. Pour cela nous allons concevoir une protection contre les surcharges grâce à des fusibles dont nous calculerons les caractéristiques en fonction de l'intensité et de la tension du circuit. Ensuite, nous pourrons aussi faire des tests (une fois le système terminé) pour évaluer la température de fonctionnement de l'appareil.

A l'issue de ces tests, nous serons en mesure de calculer d'éventuelles caractéristiques de dissipateur thermique ou de ventilateur. Par conséquent, les composants du système seront bien protégés. L'utilisateur pourra faire fonctionner son équipement en toute sécurité (dans des conditions normales).

3.6 Simulation

3.6.1 Présentation du système global

Le schéma avec les principaux éléments qui constituent le système global à élaborer est présenté sur la figure 3.12.

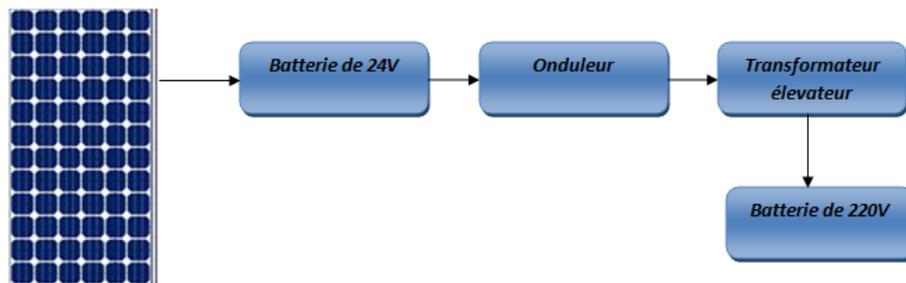


Figure 3.12: Présentation du système global

Nous avons simulés ce système par ISIS Proteus comme la figure 3.13 ci-dessous illustre.

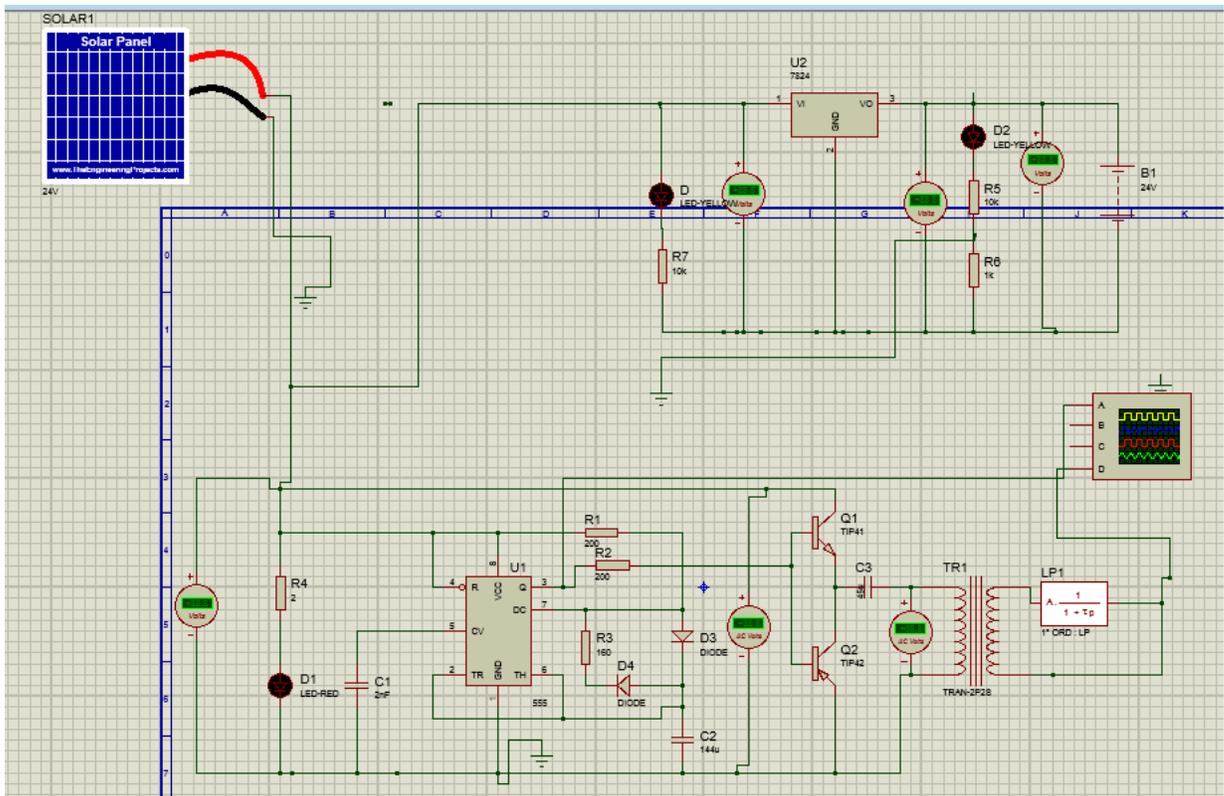


Figure 3.13: Schéma électrique du système global

3.6.2 Schéma électrique du convertisseur

Après avoir défini le type de circuit à mettre en œuvre dans le chapitre et déterminer les composants à utiliser, nous avons d'abord testé le fonctionnement de notre circuit en premier temps sur le logiciel (figure 3.14).

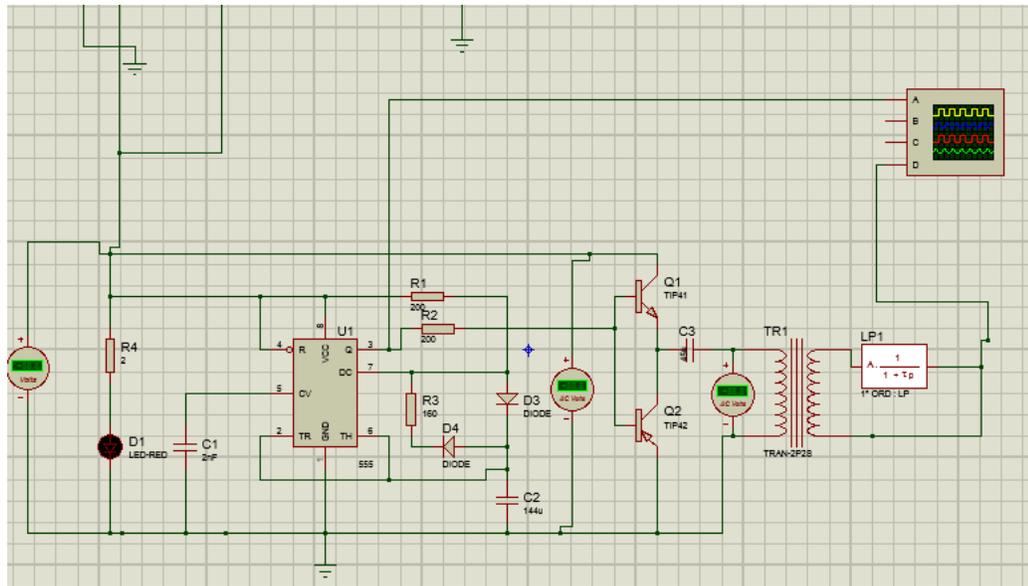


Figure 3.14: Schéma électrique du convertisseur

A noter aussi que pour obtenir la bonne fréquence du signal de sortie (50Hz dans le cas de l'Algérie) il faut choisir les bonnes valeurs des résistances et des condensateurs du circuit oscillateur (dans notre cas le NE555 en mode astable).

Remarque :

Il est important de noter que bien que les composants soient soigneusement sélectionnés et parfaitement connectés entre eux, si le rapport de transformation n'est pas correct, le circuit ne donnera pas le résultat attendu. Par conséquent, il est impératif de choisir les bonnes valeurs des inductances des enroulements primaires et secondaires du transformateur. Dans notre cas la figure 3.15 :

- L'inductance du primaire = 1H.
- L'inductance du secondaire= 350H.

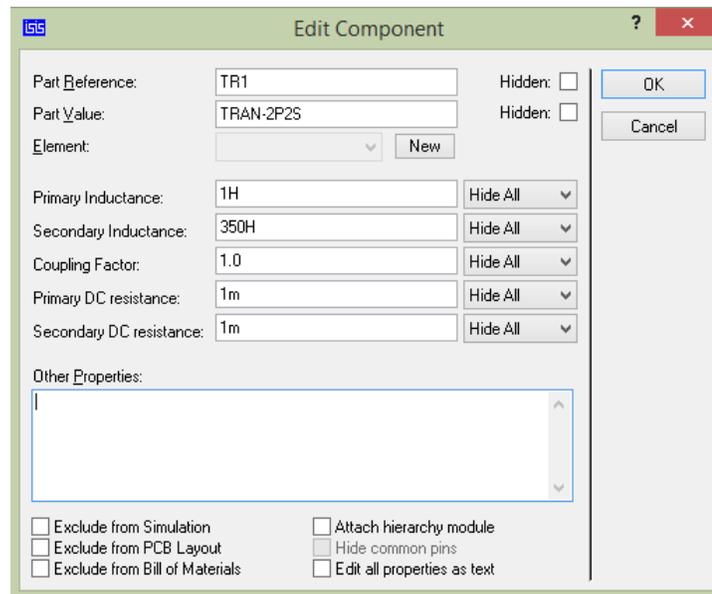


Figure 3.15: Caractéristiques du transformateur pour la simulation sous ISIS

Après avoir bien choisi tous les paramètres du circuit (valeur des composants, des inductances, ...) il est nécessaire de visualiser le signal de la tension de sortie en utilisant l'oscilloscope disponible sur ISIS comme la figure 3.16 représente.

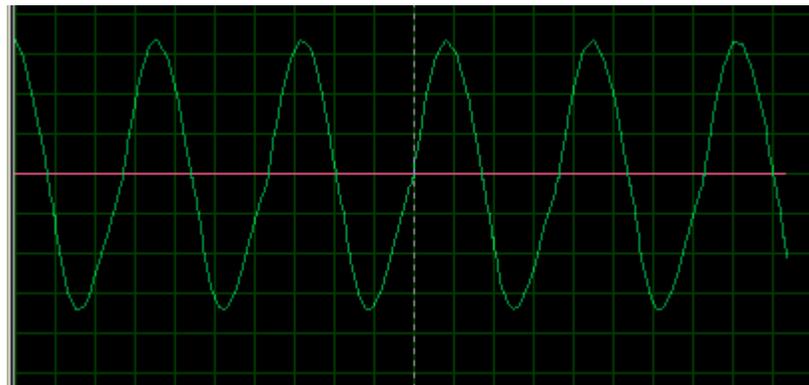


Figure 3.16: Signal de sortie visualisé sur l'oscilloscope d'ISIS

Nous remarquons que le signal de sortie est un signal alternative de 220V de fréquence 50Hz, d'où la confirmation du bon fonctionnement du circuit, ce qui nous donne le feu vert pour commencer la réalisation pratique.

3.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons expliqué l'intérêt des onduleurs dans les installations photovoltaïques ces caractéristiques et une classification selon les types trouvés sur le marché et selon les ondes données, ensuite un bref aperçu sur le choix des différents composants utilisés.

Nous avons étudié un système d'onduleur pour obtenir une tension alternative de 220V à partir d'une tension de 24V continue. Nous nous sommes plus basés sur l'étude d'un système d'onduleur et d'un système transformateur élévateur. Cette simulation nous a permis de mettre en œuvre nos compétences en électronique et en électrotechnique. D'autre part cette simulation nous a permis de faire l'étude des moyens de sécurité que l'on doit utiliser pour un système qui est dangereux suite à la tension que celui-ci délivre. C'est un projet très intéressant qui nous a beaucoup apporté. Le problème que nous avons tous rencontré est un manque de temps, c'est pour cela que nous n'avons eu le temps de faire l'étude complète du système que l'on souhaitait réaliser.

Conclusion générale

Les évolutions technologiques en cours de développement pourraient remettre en cause la structure du marché de la borne de recharge. La capacité de stockage d'énergie des batteries des voitures électriques augmente grâce à l'apparition de nouvelles technologies, comme les batteries à hydrogène, lithium-ion ou encore métal air. Néanmoins, il existera toujours un besoin de charge des véhicules.

Dans ce travail de recherche un système de recharge solaire dédié à la recharge des batteries d'un VE a été proposé, ce système a été abordé dans le but de montrer comment un tel système se représente.

Nous avons tout d'abord consacré la première partie à les véhicules électriques, dans le but d'exposer ces avantages et ces récents développements afin de motiver et changer les mentalités des consommateurs à s'orienter vers ces nouvelles technologies. Nous avons présenté aussi les sources d'alimentations (batteries) qui peuvent alimenter notre voiture électrique. Puis nous avons exposé leur principe de fonctionnement, les types de chaque sources. Après, nous avons présenté les moteurs et les convertisseurs, les types de chaque moteur, leurs avantages et inconvénients. À la fin il s'agit d'une description sur les différentes configurations des véhicules électriques existants.

Dans la seconde partie de ce mémoire qui concernait la présentation du système de recharge qui peuvent alimenter notre voiture électrique, nous avons exposé leur principe de fonctionnement, les types de bornes, leurs modes et les prises compatibles, ensuite nous

avons abordé les notions suivantes : le courant de recharge, panneaux photovoltaïques, les voitures électriques à énergie renouvelable solaire. A la fin de cette partie, nous avons abordé le schéma électrique d'une borne de recharge.

Dans le dernier chapitre, nous avons étudié les panneaux solaires qui servent de source d'énergie pour recharger les batteries de traction Li-Ion. Ces panneaux sont dimensionnés pour produire la quantité d'énergie nécessaire pour le système de recherche étudié. Le dimensionnement proposé permet de produire 36.692 kWh/j ce qui correspond à une puissance des panneaux de 7, 3 kWc. Enfin, la capacité du pack de batteries au plomb dédiée au stockage de l'énergie solaire est de 588 Ah selon l'étude de dimensionnement proposée et les caractéristiques du système de recharge. En analysant les résultats de dimensionnement proposé, nous constatons que le cahier des charges du système de recharge est satisfait avec le nombre d'éléments exactes à mettre en place pour chaque composant du système. Notons également que la manière dont ces éléments sont assemblés joue un rôle primordial dans la production de la quantité d'énergie souhaitée.

Perspectives:

Le travail effectué dans ce mémoire de recherche a répondu parfaitement à nos objectifs. Contrairement, ce travail sera accompli au bout du bout une fois qu'on puisse poursuivre les études suivantes :

- Des stations de recharge équipées en priorité de bornes tri-standard conçues pour ravitailler en énergie plusieurs voitures électriques simultanément.
- Des nouvelles bornes offriront une gamme de puissances de 30 à 360 kW et une gamme de tensions des véhicules jusqu'à 1 000 Volts.

Références

- [1] Z. HASSAINE *et al.*, “Commande latérale d’un véhicule électrique,” Ph.D. dissertation.
- [2] P. Chapoulie, “Modélisation systémique pour la conception de véhicules électriques multi-sources: application aux véhicules équipés de générateurs photovoltaïques ou de supercondensateurs,” Ph.D. dissertation, Toulouse, INPT, 1999.
- [3] A. Boucherit, “Conception d’un convertisseur de puissance pour véhicules électriques multi-sources,” Ph.D. dissertation, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2011.
- [4] A. Sivert, F. Betin, B. Vacossin, A. Yazidi, and H. Caron, “Stratégie de choix entre différentes technologies de batteries lithium (durée de vie, fiabilité...),” in *Symposium de Génie Electrique*, 2018.
- [5] R. Mkahl, “Contribution à la modélisation, au dimensionnement et à la gestion des flux énergétiques d’un système de recharge de véhicules électriques: étude de l’interconnexion avec le réseau électrique,” Ph.D. dissertation, Belfort-Montbéliard, 2015.
- [6] F. Karoui, “Optimisation de stratégies de gestion des batteries au plomb utilisées dans les systèmes photovoltaïques,” Ph.D. dissertation, Institut National Polytechnique de Grenoble-INPG, 2007.
- [7] S. KHENFOUR and Y. SMAILI, “Contrôle commande d’un véhicule électrique à base d’un moteur synchrone a aimants permanents.” Ph.D. dissertation, Université Akli Mouhand Oulhadj-Bouira, 2018.
- [8] A. Nouh, “Contribution au développement d’un simulateur pour les véhicules électriques routiers,” Ph.D. dissertation, Besançon, 2008.
- [9] N. Videau, “Convertisseurs continu-continu non isolés à haut rapport de conversion pour piles à combustible et électrolyseurs-apport des composants gan,” Ph.D. dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT, 2014.

-
- [10] I. L. H. SERIE, I. COURANT, and I. L. H. R. E. COURANT, “I. presentation generale du hacheur 3.”
- [11] H. FOCH, R. ARCHES, Y. CHERON, B. ESCAUT, and P. MARTY, “Conversion continu-continu: Hacheurs,” *Techniques de l’ingénieur. Génie électrique*, vol. 4, no. D3160, pp. 1–16, 1990.
- [12] B. Multon and L. Hirsinger, “Problème de la motorisation d’un véhicule électrique, 1ère partie,” *La Revue 3 E. I.*, pp. pp–53, 1995.
- [13] B. Chauchat, “Chargeur de batteries intégré pour véhicule électrique,” Ph.D. dissertation, Institut National Polytechnique de Grenoble-INPG, 1997.
- [14] M.-O. Metais and Y. Perez, “Infrastructure de recharge pour véhicules électriques: quels défis pour les territoires?” 2021.
- [15] J.-M. Proulx and M. en Ingénierie, “Évaluation de l’impact potentiel de l’implantation d’un réseau de bornes de recharge rapide pour véhicules électriques sur les autoroutes du québec,” Ph.D. dissertation, Université de Sherbrooke, 2014.
- [16] M. Cazals and G. Vidalenche, “La gestion de la recharge des flottes de véhicules électriques.”
- [17] C. S.-N. ROUHANA, “Chargeurs de batteries de véhicule électrique.”
- [18] H. Lee and A. Clark, “Charging the future: challenges and opportunities for electric vehicle adoption,” 2018.
- [19] J. Beretta, “La mobilité électrique et les bornes de recharge,” in *Annales des Mines-Realites industrielles*, no. 2. FFE, 2018, pp. 25–30.
- [20] F. Jarraya, “Étude et modélisation d’un convertisseur double pont actif triphasé pour application chargeur de batterie d’un véhicule électrique,” Ph.D. dissertation, École de technologie supérieure, 2019.
- [21] C. Mohamed, “Intitulé: Détection du complexe qrs par la méthode de laguna,” Ph.D. dissertation, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA, 2019.
- [22] “Conception et réalisation d’une installation photovoltaïque autonome,” Master’s thesis, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA, Faculté: Sciences de l’Ingéniorat Département: Electronique, 2017.
- [23] M. R. T. Andriantsoa, “Conception, elaboration et exploitation pedagogique de materiels didactiques: Barriere infrarouge et son alimentation stabilisee.”

-
- [24] S. D. Sébastien RIDEAU, “Projet d’étude et réalisation –electronique de puissance/onduleur12v continu / 230v alternatif,” Master’s thesis, Université François-Rabelais de Tours, 2007-2008.
- [25] M. Taïki Vaïtchemé, “Modélisation et simulation d’un système de stockage intégré dans un micro-réseau autonome solaire-éolien,” Ph.D. dissertation, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 2019.