



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de
la recherche scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar El Oued

Faculté de la Technologie

Département de génie mécanique

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ELECTROMECHANIQUE

**Mesures, calcul de dimensionnement de
la source d'énergie dans un véhicule
électrique**

Présenté par :

- * Bachir Sayah
- * Atia Abdallah
- * Adem Deyat
- * Mohammed Allali

Devant le jury composé de :

	Président
	Examineur
	Examineur
Dr. ZINE Bachir	Encadreur

2022-2023



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciements

En préambule à ce mémoire

Nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nous tenant à remercier sincèrement **Mr : ZINE Bachir**, en tant qu'Encadreur, qui a toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire,

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire

Dédicaces

Je suis dédis ce modeste travail à :

- * Ma très chère mère.
- * Mon très cher père.
- * Mes soeurs et mes frères
- * toutes mes familles
- * Mon binôme
- * Tout mes amis.
- * Tout la promotion 2021/2022

Table des matières

Dédicaces	
Remerciements	
Table des figures	
Liste des tableaux	
Liste des Symboles	
Introduction générale	1
Chapitre I Historique sur les véhicules électriques	
Introduction	3
I.2. Définition d'un véhicule électrique	3
I.3. Classification des véhicules électriques	3
I.4. Les différentes configurations des véhicules électriques	6
I.5. Structure de la chaine de traction d'un véhicule électrique	8
I.6. Les différents types de batteries :	11
I.7. Avantages et inconvénient des véhicules électriques [15]	14
I.8. Conclusion	16
Chapitre II Modélisation de organes du véhicule	
II.1. Introduction	18
II.2. Présentation du véhicule	18
II.3. Modélisation et dimensionnement de la chaine de traction	19
II.4. Modélisation de la batterie	24
II.5. Modélisation de la super capacité	25

II.6 . Modélisation de l'Hacheur Buck-Boost associé à la batterie et à la super capacité	27
II.7.Conclusion	30
Chapitre III Mesures, calcule de dimensionnement des batteries	
III.1. Introduction	32
III.2.Description du véhicule à réaliser	32
III.3 Conclusion	47
Conclusion général	49
Bibliographie	

Table des figures

	FIGURE	PAGE
Figure 01	Système de propulsion d'un VE	4
Figure 02	Principe de fonctionnement de la pile à combustible	5
Figure 03	Solution monomoteurs	6
Figure 04	Solution multi-moteurs.	7
Figure 05	Moteur-roue	8
Figure 06	Structure de la chaîne de traction dans un VE	9
Figure 07	Recharge et décharge d'une batterie au plomb	11
Figure 08	Batterie Ni-Mh d'une Toyota Prius seconde génération	12
Figure 09	Principe de fonctionnement d'une batterie Li-ion	13
Figure 10	Schémas représentant les différents designs de batteries Li-ion actuelles	13
Figure 11	architecture du véhicule	19
Figure 12	Bilan des forces sur le véhicule	19
Figure 13	Modèle équivalent électrique simple d'une batterie	24
Figure 14	Modèle d'un Super condensateur	26
Figure 15	Convertisseur associé aux batteries	27
Figure 16	Le schéma de principe de la première séquence de conduction	27
Figure 17	Le schéma de principe de la deuxième séquence de conduction	28
Figure 18	Véhicule avant modification	32
Figure 19	Véhicule après modification	33

Figure 20	Sortie onduleur 24 VDC TE 230 VAC	34
Figure 21	L'onduleur 24VDC TE230 VAC	35
Figure 22	Onduleur 24VDC/24VAC	36
Figure 23	Transformateur 24VAC/230VAC	37
Figure 24	Circuit coup courant	40
Figure 25	Interrupteur à pédale	40
Figure 26	Indicateur de clignotant	41
Figure 27	Phare	41
Figure 28	Capteur de vitesse numérique de vélos	42
Figure 29	le courant de la charge en fonction de temps	42
Figure 30	la tension de la super capacité en fonction de temps	43
Figure 31	Spécifications dans notre modèle de la batterie	44
Figure 32	Module de contrôle de la batterie	45
Figure 37	L'état de charge de la batterie en fonction de temps	46
Figure 33	la tension de la batterie en fonction de temps	46

Liste des tableaux

	TABLEAU	PAGE
Tableau 01	Présente les différentes caractéristiques pour différents types de batteries utilisées dans les véhicules électriques.	14
Tableau 02	Paramètres de la dynamique du véhicule	
Tableau 03	Description de la fonction de touche du clavier	38
Tableau 04	Description de la Fonction de Touche combinée	39
Tableau 05	Liste de menus de paramètres simples	39

Liste des Symboles

Symboles :	Signification :
v_v	vitesse du vent
ρ	Masse volumique de l'air
C_p	Coefficient de puissance
S	la surface utile traversée par le vent
R	Rayon de la voilure
H	hauteur de la voilure
Ω	Vitesse angulaire de rotation des pales
λ	Rapport de vitesse entre le vent et les pales
P_v	puissance délivrée par le vent
P_{eol}	Puissance développée par la turbine de l'éolienne
C_{eol}	le couple fournie par éolien
J_t	Inertie de la turbine
f_m	Coefficients de frottements de la machine
f_t	Coefficients de frottements des pales
J_m	Inertie de la machine
R_s	La résistance des phases statoriques
p	Le nombre de paires de pôles
$\begin{bmatrix} v & v & v \\ a & b & c \end{bmatrix}^T$	Les tensions des phases statoriques
$\begin{bmatrix} i & i & i \\ a & b & c \end{bmatrix}^T$	Les courants des phases statoriques
$[L_{ss}]$	Matrice d'inductances statoriques
ϕ_f	Flux des aimants permanents
$\begin{bmatrix} \phi & \phi & \phi \\ a & b & c \end{bmatrix}^T$	Les flux totaux à travers les bobines statoriques
M_L	l'indice de modulation
M_r	le rapport de modulation
L_{so}	Inductance propre d'une phase statorique
M_{sf}	Inductance mutuelle entre deux phases statoriques
θ	Caractère de la position angulaire du rotor par rapport au stator

$[p(\theta)]$	Matrice de Park
$[p(\theta)]^{-1}$	Matrice inverse de Park
d, q	Composante de Park directe et quadrature
v_d, v_q	Tensions statoriques dans de repère de Park
i_d, i_q	Courants statoriques dans le repère de Park
V_d^*, V_q^*	Tensions de référence selon l'axe d, q
v_{dc}	Tension du bus continu
i_{dc}	Courant de sortie du redresseur
i_{d-ref}, i_{q-ref}	Courants de référence selon l'axe d, q
L_d, L_q	Inductance de stator selon les axes d, q
t_{rep}	Temps de réponse
ζ	Coefficient d'amortissement
ω_o	Pulsation propre
e_d, e_q	Terme de découplage
C_{em}	Couple électromagnétique
P_{em}	Puissance mécanique
C_r	Le couple résistant impose par la charge mécanique
f	Coefficient de frottement visqueux
J	Couple d'inertie des masses tournantes
Ω	Vitesse de rotation mécanique
k_p	Coefficient proportionnel du régulateur PI
k_i	Coefficient intégral du régulateur PI
τ	Constante de temps électrique

GSAP	génératrice synchrone à aimant permanent
MLI	modulation largeur d'impulsion
ER	énergie renouvelable
PI	Régulateur proportionnel et intégrale
CV	Commande vectorielle

**L'entreprise qui nous a
accueillis pour
travailler sur notre
projet**



Company. I: Hard Facing Petroleum Industry

Le directeur : Ahmed Ammar Yousefi

Carte d'hébergement : 12 travailleurs

Le nombre de machines : 10 énormes machines

Prestations de service :

1. Soudage de métaux spéciaux
 2. Soudage à froid
 3. Réparation de tous les équipements de forage
- Produit :
1. Pignons
 2. Brides
 3. les arbres et les axes



albelt
Bande Transporteuse

Company. II : ALBELT : Pour la fabrication de bandes transporteuses

Le directeur : Alaa edine Yousefi

Carte d'hébergement : 12 travailleurs

Prestations de service :

1. Bandes transporteuses pour usines salariales et cimenteries
2. Fabrication de bandes alimentaires telles que semoule et four
3. Fabrication de ceintures aéroportuaires et d'équipements sportifs

Introduction générale

Introduction générale

Les batteries du véhicule sont l'élément le plus cher par rapport tous les organes du véhicule, donc il faut bien les dimensionner pour être augmenter l'autonomie du véhicule et au même temps de minimiser le cout de ce dernier.

L'autonomie du véhicule électrique c'est un élément très important qui est influé directement sur le cout et les performances de ce véhicule.

Parmi les solutions qui nous apportent dans ce travail pour augmenter l'autonomie du véhicule électrique est de bien dimensionner les batteries en vue que la puissance du moteur et par la suite la puissance du l'onduleur à associer.

Cette thèse est divisée en trois chapitres, dans le premier chapitre, nous avons traité des généralités sur l'histoire du véhicule électrique et de ses différents composants. Le deuxième chapitre présente la modélisation des différents composants du véhicule. Le troisième chapitre traite des mesures, calcule de dimensionnement des batteries de tels façons que le véhicule se déplace au maximum de kilométrage avec grand autonomie, vue que le point de ce véhicule influer sur l'autonomie de ce dernier. Ainsi que tous les résultats théoriques et expérimentaux sont basée sur notre propre véhicule réel.

Chapitre I

Historique sur les véhicules électriques

I.1. Introduction

Les véhicules électriques (VE's) et hybrides (VHE's) constituent actuellement une alternative possible aux véhicules conventionnels, permettant aux constructeurs de véhicules de pouvoir répondre aux exigences demandées par les utilisateurs des véhicules (performances et consommation du carburant) et les lois de protection de l'atmosphère (réduction des émissions de polluants) [1].

Ce chapitre a pour objectif de donner quelques généralités et définitions utilisées par la communauté scientifique travaillant sur ce vaste domaine qui est le véhicule électrique. Il commence par une présentation d'un bref état d'art de la traction électrique (la classification des voitures électriques, le système de puissance, le choix du type de configuration). Ensuite, nous discutons les principaux composants de la chaîne de traction (batteries, motorisation...) et nous déterminons la configuration la plus avantageuse. Enfin, nous citons quelques avantages et inconvénients des véhicules électriques.

I.2. Définition d'un véhicule électrique

Le véhicule électrique VE est une automobile dont la propulsion est assurée par un moteur fonctionnant exclusivement à l'énergie électrique. Contrairement aux véhicules à carburant, 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 [2].

Le système de propulsion électrique a une architecture très simple. Il est constitué d'un actionneur électrique, un dispositif de transmission, et des roues (Figure 1. 1).

1. Batteries
2. Moteur
3. Transmission
4. Freins
5. Régulateur



Figure I.1: Système de propulsion d'un VE [3]

I.3. Classification des véhicules électriques

Les véhicules électriques font partie de la famille des véhicules électrifiés qui désigne l'ensemble des véhicules hybrides, hybrides rechargeables et électriques. A l'intérieur de ces familles, plusieurs sous-catégories peuvent exister.

I.3.1 Véhicule tout électrique

Le développement de véhicule électrique, comme on l'a déjà dit précédemment, est fortement lié au développement de son alimentation en énergie : les batteries. Les batteries dont l'énergie massique est relativement faible sont de plus très lourdes et très coûteuses.

Selon la source d'énergie utilisée pour alimenter ces véhicules, on distingue essentiellement deux types de véhicules électriques : voitures électriques à batteries rechargeables par prise de courant et voitures électriques à alimentation par pile à combustible.

I.3.1.1 Véhicules électriques à batteries rechargeables par prise de courant

Les véhicules électriques fonctionnant avec des batteries, constituent aujourd'hui l'essentiel du parc mondial des véhicules électriques. Une batterie est un système embarqué pouvant stocker de l'énergie électrique pour la restituer par la suite. C'est à ce jour le système le mieux adapté pour l'alimentation des véhicules électriques. Son invention remonte au 19ème siècle, il est, de ce fait, le système de stockage le mieux maîtrisé techniquement.

I.3.1.2 Véhicules électriques à alimentation par pile à combustible.

L'application de cette technologie dans le domaine automobile est assez récente et relève encore de l'expérimentation. La pile à combustible existe depuis près deux cents ans. Elle fut inventée en Angleterre au début du 19ème siècle par deux anglais, Sir Henry Davy et Sir William Grove.

Le principe de fonctionnement de la pile à combustible (Figure 1.2) repose sur la production d'énergie par réaction entre de l'hydrogène et de l'oxygène. Cette réaction produit, en fait, de l'électricité, l'eau et de la chaleur selon l'équation suivante [4]:

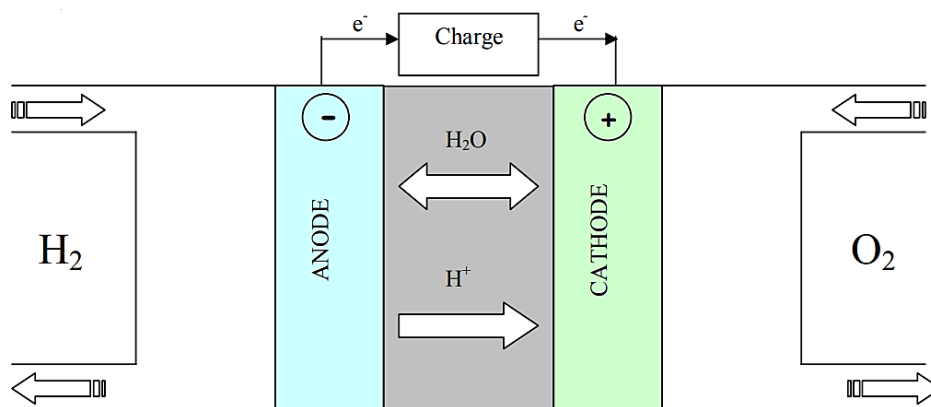
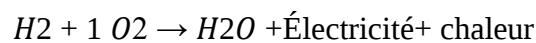


Figure I.2 : Principe de fonctionnement de la pile à combustible [5]

Toute la difficulté est de fournir les composés nécessaires à la réaction. Pour l'oxygène, il suffit de le puiser dans l'air ambiant. C'est la production d'hydrogène qui pose problème. Il existe, en fait, deux solutions :

- l'hydrogène est stocké à bord du véhicule ;
- l'hydrogène nécessaire à la réaction est produit directement à bord du véhicule, via un reformeur, à partir d'essence ou de méthanol.

Donc, la principale différence entre une pile à combustible (PAC) et une batterie provient du fait qu'une pile à combustible fonctionne tant qu'elle est alimentée en combustible et en carburant, et ne nécessite pas de recharge électrique.

I.4. Les différentes configurations des véhicules électriques

Notre objectif, est d'établir une liste non exhaustive de quelques ébauches de solutions aux problèmes de la motorisation d'un véhicule électrique. Cette dernière, est proposée sous une forme soit monomoteur, soit multi-moteurs[6]

I.4.1 Véhicules électriques mono moteur

L'architecture mono moteur (Figure 1.3) qui emploi un moteur à courant continu, une batterie plus un variateur (un hacheur réversible) en série et un réducteur différentiel (réduction de la vitesse, augmentation du couple)[7].

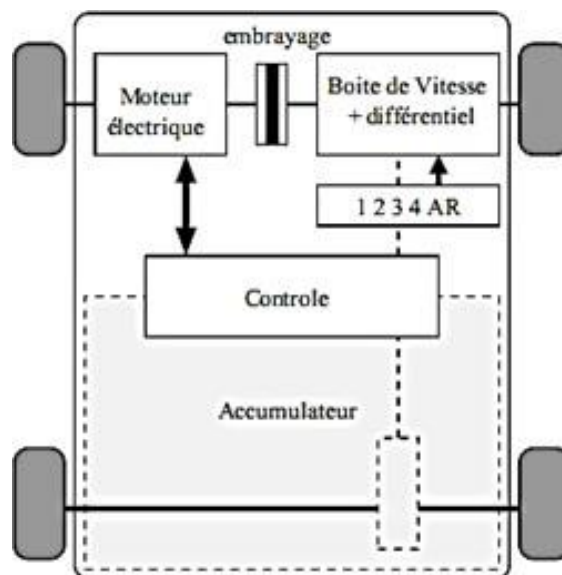


Figure I.3: Solution monomoteurs

I.4.2 Véhicules électriques multi-moteur

Sur les VE multi moteur on trouve deux grandes architectures, l'une utilise une double chaîne de traction à l'aide de deux moteurs à courant continu qui permet d'avoir plus de fiabilité coté moteur (Figure 1.3), l'autre utilise un moteur asynchrone et deux moteurs roue pour permettre d'augmenter le différentiel mécanique du véhicule [7].

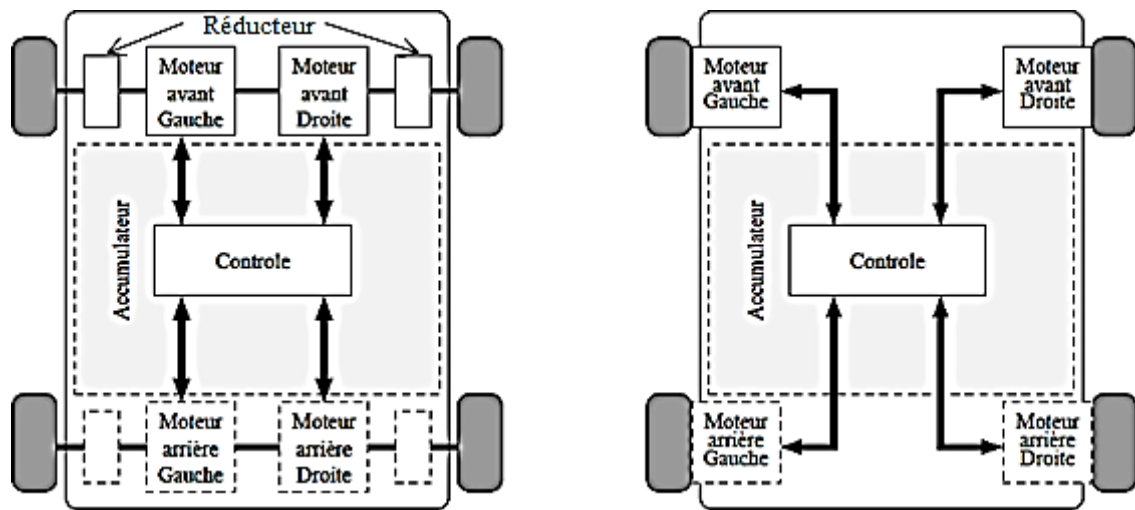


Figure 1.4 : Solution multi-moteurs.

Le moteur roue électrique (Figure 1.4) est très proche d'un moteur "normal". La seule différence repose sur son agencement. Au lieu d'avoir un seul moteur placé sous le capot, deux(voir quatre) moteurs de plus petites tailles sont insérés directement dans les roues du véhicule.

On notera que les batteries restent placées à l'intérieur de la voiture [8].

Ce système permet d'une part de contrôler avec haute précision et indépendamment le couple appliqué à chaque roue et d'autre part de maximiser la capacité du freinage régénérateur.

L'utilisation de ce type de moteur sur des roues directrices permet la suppression de toutes les parties mécaniques liées de la transmission, de commander indépendamment les roues et en même temps, de libérer de l'espace dans le véhicule [9]. Cette grande liberté permet un contrôle indépendant du couple ce qui peut améliorer la sécurité de transport.

Les inconvénients de ce type de moteur sont l'augmentation de la masse non-suspendue et la difficulté d'intégrer un réducteur. Ainsi, l'introduction d'un moteur à fort couple dans la roue peut avoir tendance à déstabiliser le véhicule.



Figure I.5 : Moteur-roue

I.5. Structure de la chaine de traction d'un véhicule électrique

La chaine de traction d'un VE est plus simple que celle d'un véhicule thermique. Le choix et l'arrangement des composants qui constituent la chaine de traction, ainsi que la gestion des flux d'énergie entre eux restent au stade de la recherche. Dans cette partie, on essaiera de présenter les organes de la traction électrique en justifiant le choix de chaque organe.

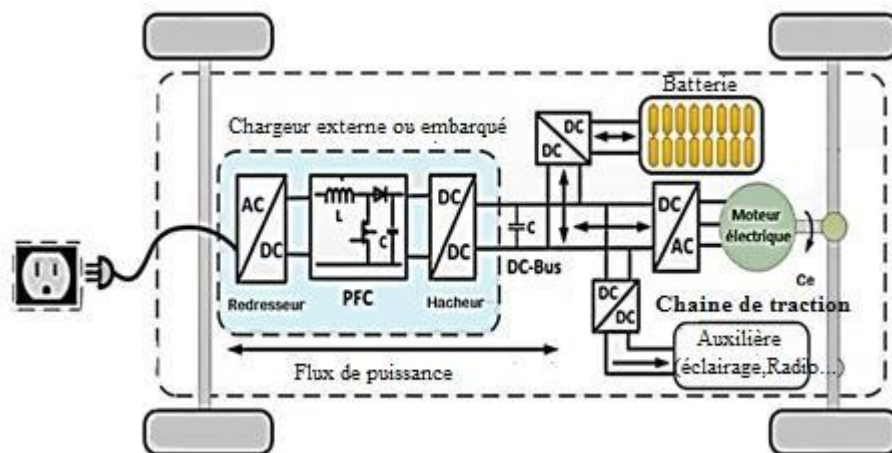


Figure I.6 : Structure de la chaine de traction dans un VE [10]

I.5.1 La batterie

La batterie est le point de stockage de l'électricité. Elle est connectée au moteur électrique par l'intermédiaire d'un régulateur et d'un convertisseur. La batterie est chargée, à partir d'une source extérieure pendant les périodes de repos.

Le choix de la batterie pour un véhicule électrique doit répondre aux conditions suivantes:

- Une bonne puissance massique permettant de bonnes accélérations
- Une tension stable
- Une bonne autonomie justifiée par une bonne énergie massique (Wh/kg)
- Une durée de vie élevée calculée en nombre de cycles de chargement et de déchargement.

- Un entretien faible un recyclage possible.

Il existe plusieurs types d'accumulateurs, parmi eux, on cite :

- l'accumulateur au plomb est le plus ancien et le plus utilisé, sa tension par élément est de 2V. Il reste le système le moins cher produit industriellement avec une des meilleures durées de vie

.Son inconvénient c'est qu'il présente une faible énergie massique de l'ordre de 40Wh/kg. Ce type de batterie a été adopté par General Motors pour la commercialisation de l'EV1 qui développe une forte puissance et de faible autonomie [11].

- l'accumulateur au nickel-cadmium est le plus performant et plus largement commercialisé avec une énergie massique meilleure que celle de l'accumulateur au plomb, sa tension par élément est de 1,2 V. Son problème c'est qu'il a une mauvaise tenue à des températures supérieures à 40°, aussi il présente un coût élevé par kilowattheure et une toxicité de la matière utilisée (cadmium) dans sa conception. Cet accumulateur a été choisi par les constructeurs automobiles français pour équiper leurs véhicules commercialisés depuis 1995.

- Les batteries lithium-ion demeurent l'espoir du véhicule électrique pur. Actuellement, seul ce système permet d'augmenter l'autonomie des véhicules électriques grâce à ces performances massiques et volumiques de capacité énergétique. Il présente une tension élémentaire de 4 volt/élément. En effet, un système élaboré de sécurité doit être associé à ce type de pile pour éviter tout dépôt de Li métal lors de la recharge. L'autre paramètre critique de ces batteries est le compromis coût/ durée de vie car pour obtenir des durées de vies raisonnables pour l'application véhicule électrique pur, il faut ajouter à l'électrode positive des additifs augmentant le coût de la batterie.

Si le lithium venait vraiment à manquer, la voiture électrique à batterie ne serait pas morte pour autant. D'autres perspectives restent envisageables. Des batteries fonctionnant par exemple au magnésium, un minéral très abondant, sont par exemple en cours de développement, bien qu'elles présentent aujourd'hui des performances trop limitées pour la voiture électrique. Des équipes de chercheurs travaillent également à utiliser des enzymes de la biomasse afin de produire des molécules chargées électrochimiquement [12].

La chaîne de traction du véhicule fonctionne le plus souvent avec des tensions supérieures à 12V, 3,2V ou 1,2V. Afin d'atteindre les niveaux demandés pour l'application, il faut faire une mise en série de batteries élémentaires. Ensuite l'autonomie du véhicule est directement liée à l'énergie que l'on peut emmagasiner dans le pack de batteries. En fonction de la capacité nominale de la batterie élémentaire il faudra faire une association parallèle des batteries. Donc le pack d'un véhicule résulte d'une association série parallèle de batteries élémentaires [13].

I.5.2 L'électronique de puissance dans un véhicule électrique

Dans la plupart des véhicules électriques, on trouve confronté à la compatibilité des sources d'énergie à courant continu et à courant alternatif. Ce problème de compatibilité sous-entend la présence à bord des véhicules électriques de convertisseurs électroniques dont le rôle est de lever les incompatibilités de fonctionnement.

De ce fait, on pourra trouver à bord des véhicules [14] :

- un chargeur adapte le courant apporté par la prise de branchement à ce que la batterie électrique peut recevoir,
- Des convertisseurs de courant continu fourni par la batterie en courant alternatif dont le moteur du véhicule électrique a besoin, que l'on appelle onduleurs.
- Des convertisseurs de courant alternatif en courant continu (AC-DC), que l'on appelle redresseurs.
- Des convertisseurs de courant continu en courant continu de tension différenciée (DC-DC), que l'on appelle hacheurs.

I.6. Les différents types de batteries :

Il existe différents types de batteries disponibles à l'heure actuelle sur le marché mais aucune d'elles ne parvient à égaler ou surpasser la densité énergétique des carburants fossiles.

a. La batterie Plomb Acide :

Inventée en 1859, c'est la pile électrochimique la plus ancienne et la plus utilisée. La tension de chaque élément est de 2V. Sa version automobile, plus récente (1970-1975)[16]. Aujourd'hui, les batteries au plomb sont la technologie la plus répandue dans les applications automobiles car elles sont les plus matures, les moins chères et les plus faciles à recycler [17]. Cependant, cette technologie a une faible énergie spécifique, une forte pollution et un recyclage non rentable. A ce titre, il tend à disparaître compte tenu des contraintes environnementales de plus en plus sévères.

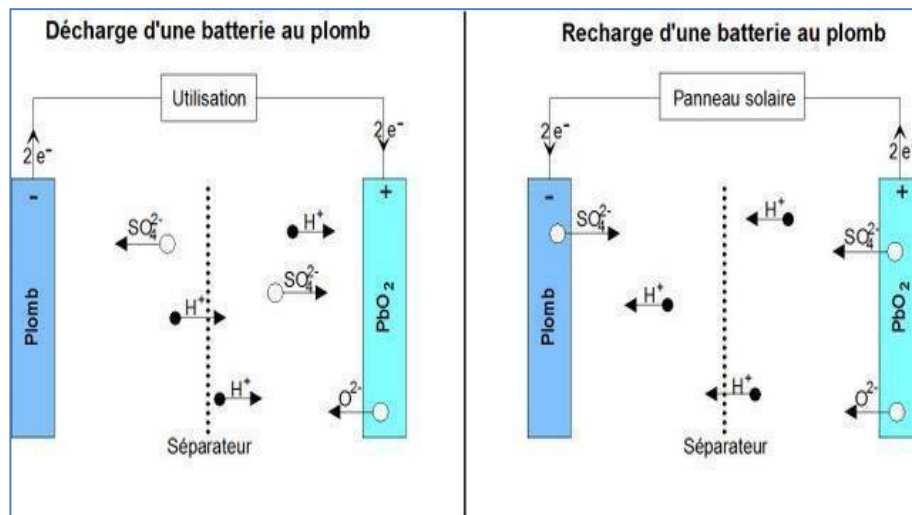


Figure II.7. Recharge et décharge d'une batterie au plomb. [18]

b. Les batteries Nickel-Cadmium (Ni-Cd) :

C'est aussi une technologie très ancienne, inventée en 1899 par le Suédois Waldemar Jungner. Il est très courant dans les appareils électroniques tels que les téléphones portables ou les appareils photo numériques qui nécessitent un courant élevé. Ce type de batterie a une durée de vie assez longue (environ 1000 cycles), mais le passage à la puissance et à la taille de la batterie nécessaire à l'électrification des véhicules présente des problèmes de fonctionnement et de fiabilité non résolus.[19]

c. Les batteries Nickel-hydrure Métallique (Nickel-Métal hybride Ni-Mh) :

C'est la technologie qui a suivi les batteries au nickel-cadmium qui sont arrivées sur le marché en 1990. Ces cellules sont de construction similaire aux batteries nickel- cadmium, avec une densité d'énergie double, mais avec une excellente résistance, nécessitant une phase de rodage des éléments pour produire de forts taux de courant. C'est une technique assez fragile car elle ne supporte pas la surcharge. [20]

Un avantage certain de cette technologie est qu'elle n'a pas d'effet mémoire mais a une Capacité d'auto-décharge élevée. Ce type de batterie est adapté à la transition vers les véhicules électriques, mais sa durée de vie n'est pas idéale. La technologie NiMH est la plus adaptée aux véhicules électriques, d'autant plus que son coût financier est inférieur à celui des batteries lithium-ion. [20]



Figure II.8. Batterie Ni-Mh d'une Toyota Prius seconde génération. [20]

d. Les batteries Lithium-ion (Li-ion) :

Actuellement, les batteries appartenant à la famille du lithium sont l'une des solutions les plus répandues pour alimenter de nombreux produits grand public disponibles sur le marché [21]. Ils ont une densité d'énergie et une énergie spécifique très élevées, ce qui est bénéfique pour leur utilisation dans le domaine des transports, notamment pour les véhicules électriques nécessitant des batteries de grande capacité. Dans cette partie, nous nous intéresserons aux systèmes de stockage à base de batteries Li-ion [22].

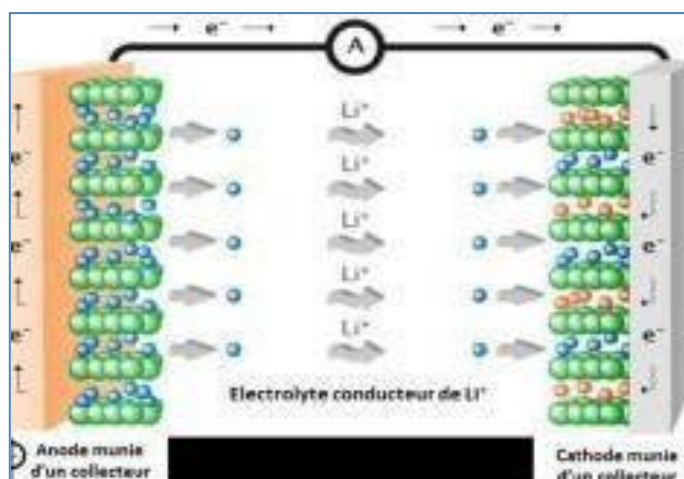


Figure II.9. Principe de fonctionnement d'une batterie Li-ion. [23]

e. Les batteries Lithium-ion Polymère (Li-po) :

Depuis 1999, il existe une nouvelle génération de batteries lithium-ion : le lithium-ion polymère (Li-po). L'électrolyte est un gel polymère qui donne des éléments très fins et plats qui peuvent prendre toutes les formes possibles. Encore chère aujourd'hui, cette dernière technologie a un long avenir. A terme, elle doit être moins chère à produire qu'une batterie lithium-ion classique. [24]

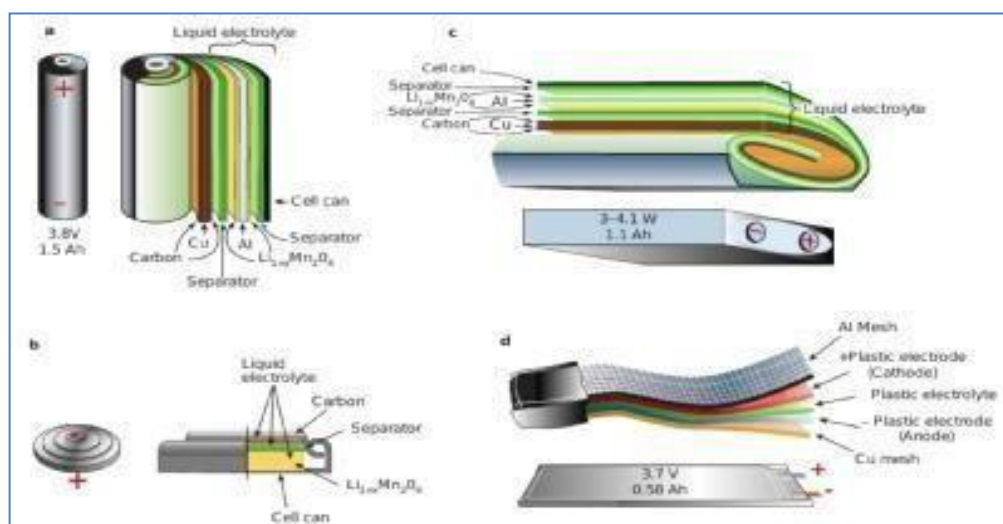


Figure II.10. Schémas représentant les différents designs de batteries Li-ion actuelles
a) Cylindrique, b) plate, c) prismatique et d) mince et plate. [25]

Le tableau I.1. Présente les différentes caractéristiques pour différents types de batteries utilisées dans les véhicules électriques. [25]

Batterie	Plomb Acide	Ni-Cd	Ni-Mh	Li-ion	Li-po
Densité Énergétique (Wh/kg)	30-50	45-80	60-120	160-200	100-130
Nombre de cycles (Charge décharge)	500 à 800	1000 à 2000	600 à 1500	400 à 1200	400 à 600
Temps de charge	6 à 12h	1h à 2h	2 à 4h	2 à 4h	2 à 4h
Temperature de Fonctionnement	-20 à 60°C	-40 à 60°C	-20 à 60°C	-20 à 60°C	0 à 60°C

La batterie affecte directement les performances et l'autonomie d'un véhicule électrique. Aujourd'hui, l'invention des batteries lithium ou lithium-ion permet d'améliorer les caractéristiques techniques des véhicules électriques, car le lithium peut stocker de grandes quantités de charges électriques sous forme d'ions sur des électrodes de manière très compacte. Ce dernier offre une autonomie d'environ 100 à 200 kilomètres avec un temps de charge d'une demi-heure à quelques heures. [20]

I.7. Avantages et inconvénient des véhicules électriques [15]

1.7.1 Avantages

La voiture électrique possède plusieurs avantages qui permettront aux consommateurs de faire à terme la différence entre les véhicules électriques et les véhicules thermiques :

- Les véhicules électriques sont dépourvus de pollution sonore puisqu'ils sont totalement silencieux.
- Les véhicules électriques sont agréables à conduire, avec un roulement qualifié de « doux » en raison d'une accélération continue et progressive car le moteur ne cale jamais (absence d'embrayage).
- L'architecture technique des véhicules électriques est simple il est composé de 6000 pièces de moins qu'une auto traditionnelle.
- Ces véhicules sont plus faciles d'entretien et leurs dépenses sont réduites de 30 à 40(par

exemple le moteur électrique ne requiert pas de vidange). De plus, les occasions de pannes sont 3 fois moins nombreuses.

- Les véhicules électriques ne consomment pas d'énergie dans les embouteillages et les freinages (la voiture se recharge seule). Ils sont donc très adaptés au milieu urbain qui sera le principal mode d'habitat du futur (mégapole).

- Le moteur électrique a un rendement énergétique 3 fois plus élevé que celui d'un moteur thermique.

- Le démarrage est très rapide, il suffit d'appuyer sur un bouton pour quelle se mette en marche (fini les problèmes de démarrages pendant les temps froids d'hiver).

- Le principal avantage est l'indépendance vis-à-vis du pétrole.

I.7.2 Inconvénients

Comme la voiture électrique possède plusieurs avantages, elle a aussi des malle-faits :

- Question autonomie.

- Sans oublier que la voiture se doit d'être la plus légère possible : plus la masse du véhicule

augmente, plus il demande d'énergie, et donc moins il circule longtemps.

- D'autant que comme les produits innovants ont un coût souvent élevé, le prix de ces voitures devrait être élevé.

- Ainsi la durée de recharge des batteries électriques est encore importante. De plus, lors de L'utilisation, le moteur électrique ne produit pas de chaleur. L'habitacle de la voiture n'est pas chauffé. Pour un meilleur confort (climatisation, radio, etc.), la décharge des batteries est accé- lérée.

I.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une généralité sur le véhicule électrique. Nous avons cité un aperçu historique sur les différents types de véhicules électriques classifiés selon leur source d'énergie. Ensuite nous avons présenté l'architecture de la chaîne de traction des VE en insistant sur les différentes technologies disponibles. Ceci nous a permis d'effectuer nos choix en procédant à une solution d'entraînement indirecte (avec réducteur) à deux roues motrices à l'arrière. Chaque roue motrice utilise un moteur synchrone à aimants permanents pour la propulsion du véhicule.

Dans le prochain chapitre, on présentera une modélisation de différent organe le véhicule électrique.

Chapitre II

Modélisation de organes du véhicule

II.1.Introduction

Après ce que nous avons fait dans le premier chapitre avec un aperçu de la voiture électrique et de ses composants (batteries, moteurs, etc.), dans ce chapitre nous allons nous intéresser à la modélisation des différents sous-systèmes du système de stockage par batterie, super condensateurs, Les convertisseurs DC-DC. Ensuite le dimensionnement de la source d'énergie (la batterie et le super condensateur) dans un véhicule électrique.

II.2.Présentation du véhicule

Actuellement de nombreuses applications automobiles sont basées sur l'utilisation de la batterie comme source principale d'énergie et les super condensateurs comme source auxiliaire de puissance. L'utilisation des super condensateurs permet de réduire la contrainte en puissance sur la source d'énergie principale [26]. Le système (architecture) multi-sources comprend :

- Une batterie qui représente la source principale d'énergie,
- Un pack de super condensateurs comme source auxiliaire d'énergie,
- Un hacheur buck-boost relié à la batterie permet de fonctionner dans les deux modes de charge et de décharge,
- Un hacheur buck-boost relié au super condensateur permet de fonctionner dans les deux modes de charge et de décharge,
- Un bus continu auquel sont reliés les deux hacheurs et qui permet le transfert des flux d'énergie,
- Un onduleur qui permet de fonctionner un moteur asynchrone

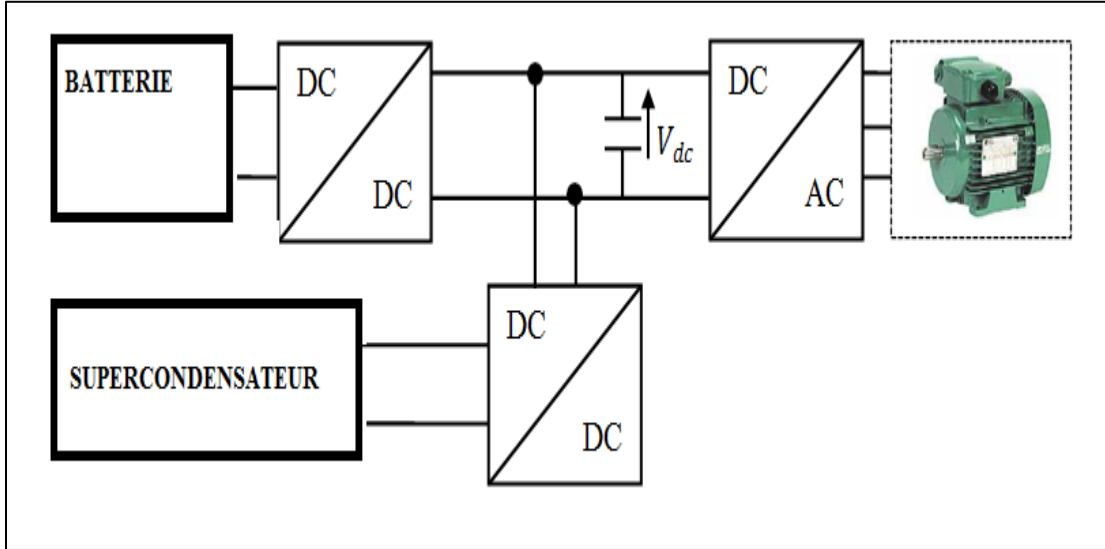


Figure II.1: architecture du véhicule

II.3. Modélisation et dimensionnement de la chaîne de traction.

II.3.1. Modèle dynamique du véhicule.

Afin de dimensionner les sources d'énergie du véhicule, il est important d'estimer la puissance demandée par le véhicule, en fonction de ses caractéristiques, de sa vitesse et de son accélération. Pour calculer la puissance nécessaire à l'avancement du véhicule, on applique le principe fondamental de la dynamique (P.F.D) [15],

$$M = \frac{dv}{dt} = \sum F_{ext} \quad (II.1)$$

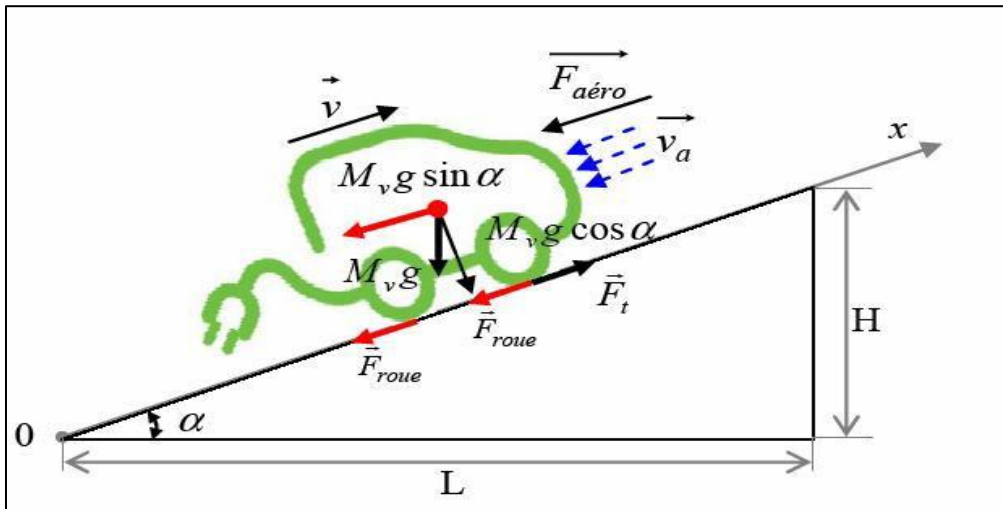


Figure II.2: Bilan des forces sur le véhicule.

Le bilan des forces extérieures appliquées au véhicule est illustré par la figure II.2. En lui appliquant le P.F.D,

$$M_V = \frac{dV}{dt} = \overrightarrow{F_{aéro}} + \vec{P} + \overrightarrow{F_{roue}} + \overrightarrow{F_t} \quad (II.2)$$

La force équivalente à la résistance de l'air $F_{aéro}$ sur le véhicule est donnée par l'équation suivante :

$$\overrightarrow{F_{aéro}} = -\frac{1}{2} \rho_{air} v^2 S C_x \vec{x} \quad (II.3)$$

Où v est la vitesse du véhicule (en m/s) et ρ_{air} la masse volumique de l'air ($\rho_{air}=1,3(Kg)/m^3$). La surface frontale du véhicule S et le coefficient de pénétration dans l'air C_x sont des paramètres de construction du véhicule.

La résistance des roues sur le sol $\vec{F}_{roue}$ est donnée par la formule suivante:

$$\overrightarrow{F_{roue}} = -P C_r \cos \alpha \vec{x} \quad (II.4)$$

Où P représente le poids du véhicule et α l'angle formé par la route et l'horizontale.

Le coefficient de roulement C_r dépend du type et de la pression des pneumatiques.

D'après la figure II.3, nous pouvons remarquer que la composante de la force de traction

$\overrightarrow{F_t}$ suivant $\vec{y}$ est nulle. On calcule donc $|\overrightarrow{F_t}|$ en projetant $\overrightarrow{F_t}$ sur l'axe porté par le vecteur $\vec{x}$.

$$M_v \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{x} = \left(-\frac{1}{2} \rho_{air} v^2 S C_x - M_v g \sin \alpha - M_v g C_r \cos \alpha + \overrightarrow{F_t} \right) \cdot \vec{x} \quad (II.5)$$

Donc, l'expression de la force de traction F_t mécanique est :

$$\overrightarrow{F_t} = M_v \frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{1}{2} \rho_{air} v^2 S C_x + M_v g \sin \alpha + M_v g C_r \cos \alpha \quad (II.6)$$

La puissance mécanique nécessaire à l'avancement du véhicule est égale au produit de la force de traction et de la vitesse,

$$P_m = F_t v \quad (\text{II.7})$$

Donc, d'après les équations (II.6) et (II.7), l'expression de la puissance de traction du véhicule en fonction de la vitesse v et de l'accélération dv / dt est,

$$P_m = v \left(M_v \frac{dv}{dt} + \frac{1}{2} \rho_{air} v^2 S C_x + M_v g \sin \alpha + M_v g C_r \cos \alpha \right) \quad (\text{II.8})$$

Les caractéristiques du véhicule considéré sont décrites dans le tableau (II.1) :

Tableau II.1 : Paramètres de la dynamique du véhicule.

Paramètres	Valeurs
Masse totale en charge	200 kg
Vitesse maximale	5 Km.h ⁻¹
Diamètre des pneus sous charge	0.5 m
Le coefficient de trainé	0.86
L'accélération due à la pesanteur	9.81 m.s ⁻²
La masse volumique de l'air	1.23 kg.m ⁻³
Le coefficient de roulement du véhicule	0.01

Le moteur choisi est un moteur à courant alternatif de tension nominale 380v et une puissance de 0.55 kW.

II.3.2. Dimensionnement des sources d'énergie

Le dimensionnement des sources d'énergie dans le véhicule dépend des performances dynamiques qui sont spécifiées par le cahier des charges. Elles sont notamment caractérisées par la vitesse maximale et par les temps d'accélération du véhicule. Ces contraintes dynamiques permettent de calculer les dimensionnements limites de la source de puissance hybride [27], c'est à dire la puissance maximale que doit fournir les super condensateurs et les batteries.

II.3.3. Dimensionnement des super condensateurs

Les super condensateurs constituent une source d'énergie auxiliaire qui intervient pendant les accélérations et lors du freinage du véhicule. La puissance maximale que les super condensateurs doivent fournir au véhicule pour qu'il satisfasse le cahier des charges (une accélération de 0 à $V_{tf} = 5 \text{ km / h}$ en $t_a = 5 \text{ s}$) est exprimée par :

$$P_{pack} = M_v \frac{dV_{tf}}{dt} * V_{tf} = 60kW \quad (II.9)$$

La méthodologie de dimensionnement consiste à déterminer :

- La plage de la tension de fonctionnement.
- L'énergie maximale transférée E_{max} .
- Le nombre d'éléments à mettre en série N_s et en parallèle N_p .

On définit les paramètres suivants :

- $N_{élé}$: Le nombre total de supercondensateurs
- $V_{élémax}$: La tension maximale autorisée d'un supercondensateur
- V_{cmax} : La tension maximale du module de super condensateurs

V_{cmin} : La tension minimale du module de super condensateurs généralement $V_{cmin} = V_{cmax} / 2$

L'énergie maximale transférée (correspond à 60 kW pendant 18 s) est donnée par :

$$E_{max} = P_{pack} * t_a = \frac{1}{2} C_{elem} N_{elem} (V_{ele_max}^2 - \frac{V_{ele_max}^2}{4}) \quad (II.10)$$

En utilisant l'équation (II.10), le nombre des supercondensateurs élémentaires nécessaires pour fournir la demande en énergie est exprimé par :

$$N_{elem} = N_s \times N_p = \frac{8}{3} \frac{E_{max}}{C_{elem} V_{ele_max}^2} \quad (II.11)$$

Si la capacité d'une cellule de supercondensateur est de valeur : $C_{élé} = 150F$, avec $V_{élémax} = 2.55V$ (la tension maximale étant fixée à cette valeur pour garantir une meilleure longévité)

D'où : $E_{max} = 7,50KJ$ et $N_{élé} = 20.5$ cellules.

La tension maximale du module de supercondensateurs est fixée à $V_{cmax} = 36V$

pour que le rendement du convertisseur soit acceptable, d'où :

$$N_s = \frac{V_{cmax}}{V_{ele-max}} = 141 \text{ et } N_p = \frac{N_{elem}}{N_s} \approx 2 \quad (\text{II.12})$$

Pour résumer, le module de supercondensateurs embarqué dans le véhicule est constitué de quatre blocs montés en parallèle. Chaque bloc contient 20.5 cellules de supercondensateurs montées en série. Chaque cellule a une capacité de 150F.

II.3.4. Dimensionnement de pack de batteries

Le pack de batteries constitue dans la deuxième architecture une source d'appoint qui intervient pendant les accélérations et lors du freinage de véhicule, et il permet aussi d'augmenter la vitesse du véhicule. Les batteries doivent rajouter une puissance donnée par la relation suivante :

$$P_{bat} = P_{V5_Km/h} = 998.4 \text{ W} \quad (\text{II.13})$$

La relation suivante permet approximativement de calculer la capacité des batteries :

$$C_{bat} \approx \frac{P_{bat} * aut}{V_{bat} * D_{bat}} \quad (\text{II.14})$$

C_{bat} : La capacité nominale des batteries (Ah).

P_{bat} : La puissance délivrée par le pack de batteries pour une vitesse de 5 Km/h (W).

V_{bat} : La tension nominale du pack de batteries (V).

aut : La durée d'autonomie de pack des batteries (h).

D_{bat} : La profondeur de décharge des batteries.

Les batteries sont montées en série afin d'obtenir une tension nominale de 24V. Et pour une profondeur de décharge de 80%, la capacité des batteries est calculée à 52 Ah.

II.4.Modélisation de la batterie

Actuellement, la technologie la plus largement utilisée pour les applications photovoltaïques est la technologie au Plomb (Pb)[27]. C'est encore la technologie la plus compétitive et la mieux maitrisée. Nous présentons ici le modèle de cet accumulateur.

Le modèle de la batterie adopté est celui permettant de prédire l'autonomie du système ascenseur, c'est-à-dire permettre à chaque instant d'estimer l'énergie restante (état de charge SOC ou profondeur de décharge DoD) dans la batterie [28]. Le modèle choisi est, par conséquent, un modèle équivalent électrique (fig. (II.3)) composé d'une source de tension en série avec une résistance (résistance interne) [29], [27].

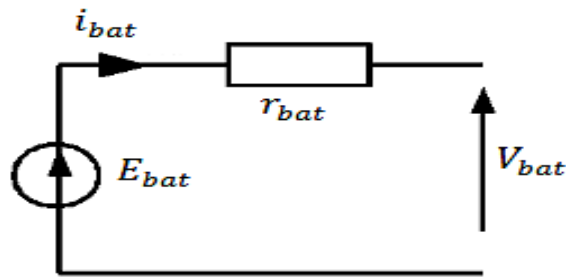


Figure II.3 : Modèle équivalent électrique simple d'une batterie

II.4.1. Equation électrique de charge et décharge

La tension en charge est déduite directement à partir de la tension à vide et de la chute de tension due à la résistance interne série [30]:

$$V_{bat} = E_{bat} - R_{bat} \cdot i_{bat} \quad (II.15)$$

La tension à vide E_{bat} est approximativement proportionnelle à l'état de charge de la batterie [31]. En considérant la variable DoD comme paramètre variant entre 0 et 1, selon que la batterie est chargée ou déchargée pleinement, l'équation (II.16) présente un modèle valide l'équation électrique.

$$E_{bat} = n (2.15 - DOD \cdot (2.15 - 2.00)) \quad (II.16)$$

$$DOD = 1 - SOC_{bat} \quad (II.17)$$

II.4.2 Equation de l'état de charge

L'état de charge de la batterie est un paramètre estimé pendant que la batterie est traversée par un courant électrique. Le SOC_{bat} est donné par le rapport entre la capacité actuelle disponible et la capacité totale effective disponible à l'instant qui précède l'utilisation [32].

$$SOC_{bat} = \frac{C_{actuelle}}{C_{totale}} = SOC_{b_{int}} + \frac{100}{C_N} \int i(t)dt \quad (II.18)$$

Pour tester la validité du modèle, la figure (II.4) représente les allures de tension et de l'état de charge de la batterie résultant d'une charge à courant constant ($i_{bat} = -8A$), puis une décharge à ($i_{bat} = 8 A$). On remarque bien une augmentation monotone du SOC_{bat} dans le premier cas jusqu'à 0.89, puis une diminution, allant à 0.3 en décharge.

II.5. Modélisation de la super capacité

Les super condensateurs constituent une nouvelle technologie de stockage d'énergie spécifique supérieure à celle des condensateurs usuels, et de puissance spécifique supérieure à celle des accumulateurs électrochimiques.

Les super condensateurs à couche double électrique, curieusement appelées capacités électrochimiques, ont en fait un fonctionnement analogue à celui des capacités électrostatiques classiques. Les dites sont typiquement constituées de deux électrodes métalliques séparées par un matériau diélectrique. L'énergie est stockée sous forme d'une charge électrique induite au voisinage de l'interface électrode-diélectrique, par l'application d'une différence de potentiel entre ces deux électrodes. Le rapport de la charge stockée sur la tension appliquée est connu sous le nom de capacitance, ou capacité, et est représentatif de l'aptitude du dispositif à stocker de l'énergie. Les relations de base s'écrivent, pour une capacité linéaire [33]:

$$C_1 = \frac{Q}{V_1} + \varepsilon \frac{A}{d} \quad (II.19)$$

$$W = \frac{1}{2} + C_1 V_1^2 \quad (II.20)$$

Ainsi, l'objectif est d'établir un modèle de connaissance du stockage de l'énergie par super condensateurs, suffisamment précis et accessible. Le modèle équivalent d'un élément super condensateur est un condensateur C_{sc} en série avec une résistance (R_{sc}) [34] fig. (II. 4)). La résistance décrit les pertes ohmiques de la composante tandis que la capacité désigne le comportement du super condensateur pendant la charge et la décharge [35].

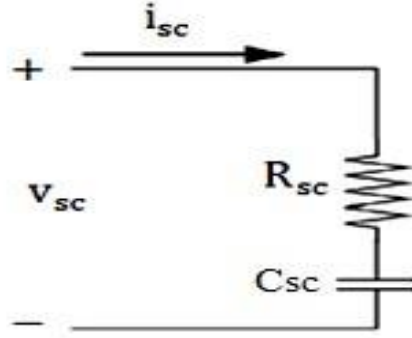


Figure II. 4 : Modèle d'un Super condensateur

II.5.1 Equation électrique de charge et décharge

Pour analyser le circuit du modèle précédent, on admet que le courant du super condensateur i_{sc} est positif pendant la phase de décharge et il est négatif pendant la phase de charge. La tension aux bornes des super condensateurs peut être présentée par :

$$V_{sc} = V_{c_{sc}} + R_{sc} \cdot i_{sc} \quad (II.22)$$

II.5.2 Equation de l'état de charge

L'état de charge, appelé SOC_{sc}, caractérise la quantité d'énergie présente dans les super condensateurs. Il vaut 100% lorsqu'ils sont complètement chargés et 0% lorsqu'ils sont chargés à leur valeur minimale. L'équation (II.23) présente le modèle adopté dans ce travail [36].

$$SOC_{sc} = \frac{V_{sc}^2}{V_{scmx}^2} \quad (II.23)$$

II.6. Modélisation de l'Hacheur Buck-Boost associé à la batterie et à la super capacité

II.6.1 Modèle moyen du convertisseur de la batterie

Dans le cas de l'hacheur utilisé pour adapter la tension aux bornes du générateur PV, le transfert d'énergie s'effectue dans un seul sens, de la source (générateur PV) vers le bus continu. Dans le cas de l' Hacheur utilisé pour la charge/décharge des batteries, le courant électrique doit être réversible. Ainsi, pour réaliser le transfert d'énergie dans les deux sens, un hacheur survolteur et un hacheur dévolteur ont été associés comme l'indique la Figure (II.10) [37].

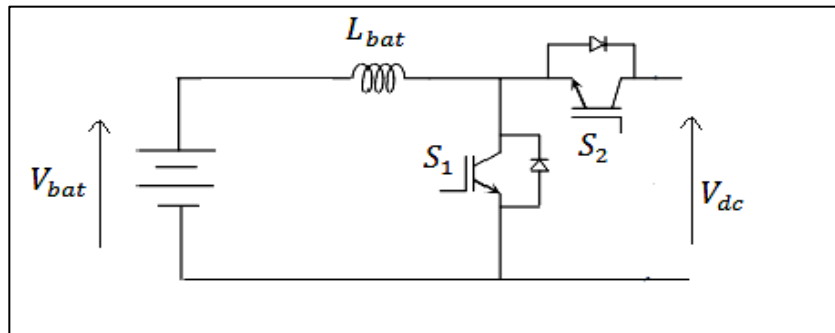


Figure II.5: Convertisseur associé aux batteries

De même, le modèle moyen du convertisseur réversible en courant de la batterie est adopté. Ce dernier permettra de tester les algorithmes de commande dans des modèles continus du système global. On distingue les deux phases de commutation des IGBT, représentés par un fil lorsqu'ils sont fermés et l'absence de connexion lorsqu'ils sont ouverts. Ainsi, la période de découpage (T_{pwm}) est scindée en deux [28], [38].

❖ 1ère séquence de conduction $t \in [0; abat. TPWM]$:

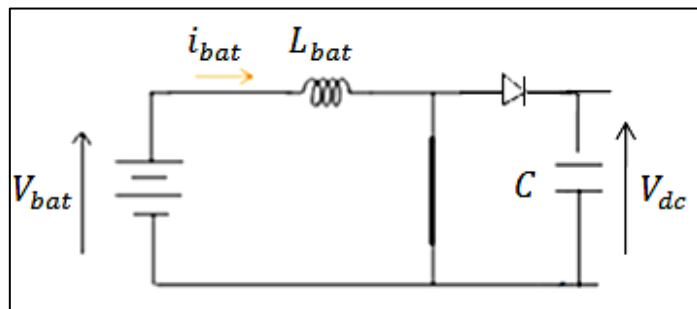


Figure II.6 : Le schéma de principe de la première séquence de conduction

L'équation dynamique du courant de la bobine s'écrit :

$$V_{bat} = L_{bat} \frac{di_{bat}}{dt} \quad (II.24)$$

❖ 2ème séquence de conduction $t \in [abat, TPWM; TPWM]$:

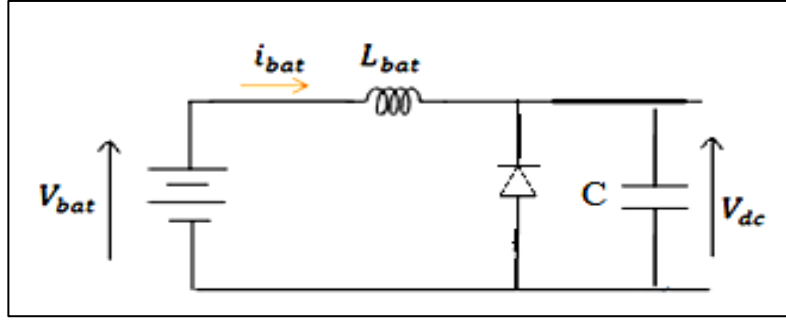


Figure II.7 : Le schéma de principe de la deuxième séquence de conduction

La relation dynamique reliant tension de la batterie et le bus est donnée par :

$$V_{bat} = L_{bat} \frac{di_{bat}}{dt} + V_{dc} \quad (II.25)$$

La moyenne temporelle de ces deux équations donne ainsi un modèle moyen de ce convertisseur :

$$L_{bat} \frac{di_{bat}}{dt} = V_{bat} - (1 - \alpha_{bat})V_{dc} \quad (II.26)$$

Le modèle de l'équation (II.11) reproduit le comportement de la batterie en cas de charge ($i_{bat} < 0$) et en décharge ($i_{bat} > 0$).

Remarque : Le convertisseur bidirectionnel du super condensateur est modélisé de façon analogue à celui de la batterie :

$$L_{sc} \frac{di_{sc}}{dt} = V_{sc} - (1 - \alpha_{sc})V_{dc} \quad (II.27)$$

II.7.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons appris la modélisation et le dimensionnement des sources d'énergie dans un véhicule électrique. Où nous avons discuté le modèle dynamique du véhicule, et le dimensionnement de la batterie et du super condensateur. nous aborderons dans le chapitre suivant l'étude expérimentale du dimensionnement des batteries dans un propre véhicule.

Chapitre III

**Mesures, calcul de
dimensionnement des**

III.1. Introduction

Dans ce chapitre Nous aborderons la description des différents parties du véhicule à réaliser (moteur, variateur de vitesse, onduleur, hacheur...). Ensuite les mesures, dimensionnement des batteries appliquer sur notre propre véhicule, de tels façons que les batteries c'est la source principale d'énergie dans ce véhicule.

III.2. Description du véhicule à réaliser



Figure III.1. Véhicule avant modification

Nous sommes choisies le véhicule électrique car il est écologique ; ne pollue pas la nature, nous avons apporté quelques modifications sont cites comme suit : au moteur à combustion internet qui est changer par un moteur électrique, au châssis et aux roues et changé les amortisseurs.

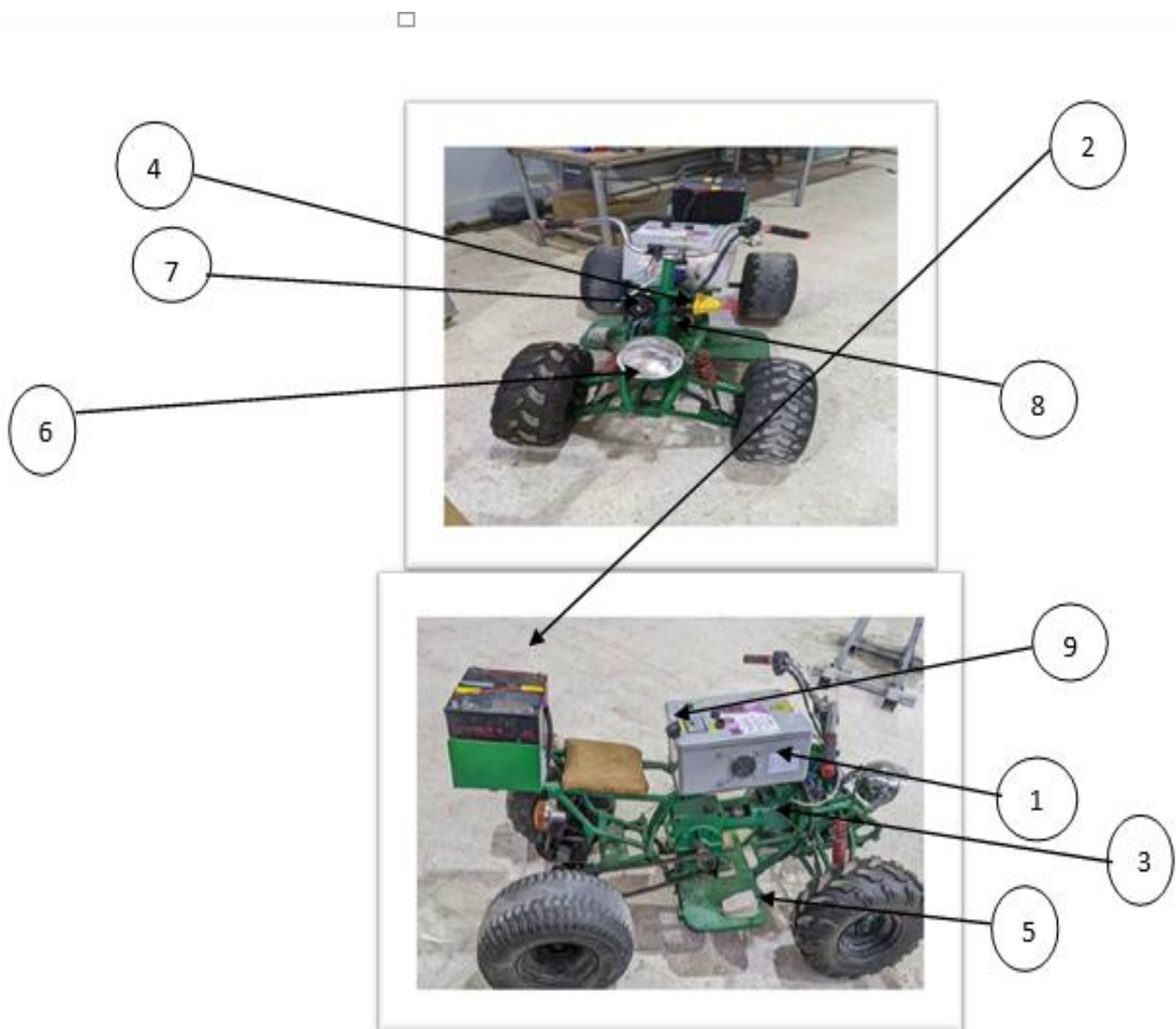


Figure III.2. Véhicule après modification

- 1 : L'onduleur
- 2 : La batterie
- 3 : Le moteur électrique
- 4 : Une coupe courante
- 5 : Un interrupteur à pédale
- 6 : Un phare
- 7 : Un klaxon
- 8 : Clignotants
- 9 : capteur de vitesse numérique du vélo

III.2.1.L'onduleur

Un onduleur peut être défini comme un appareil électrique compact et rectangulaire utilisé pour convertir une tension continue (24 DC) en une tension alternative (230 AC). Les applications du courant continu comprennent plusieurs petits types d'équipements tels que les systèmes d'énergie solaire.

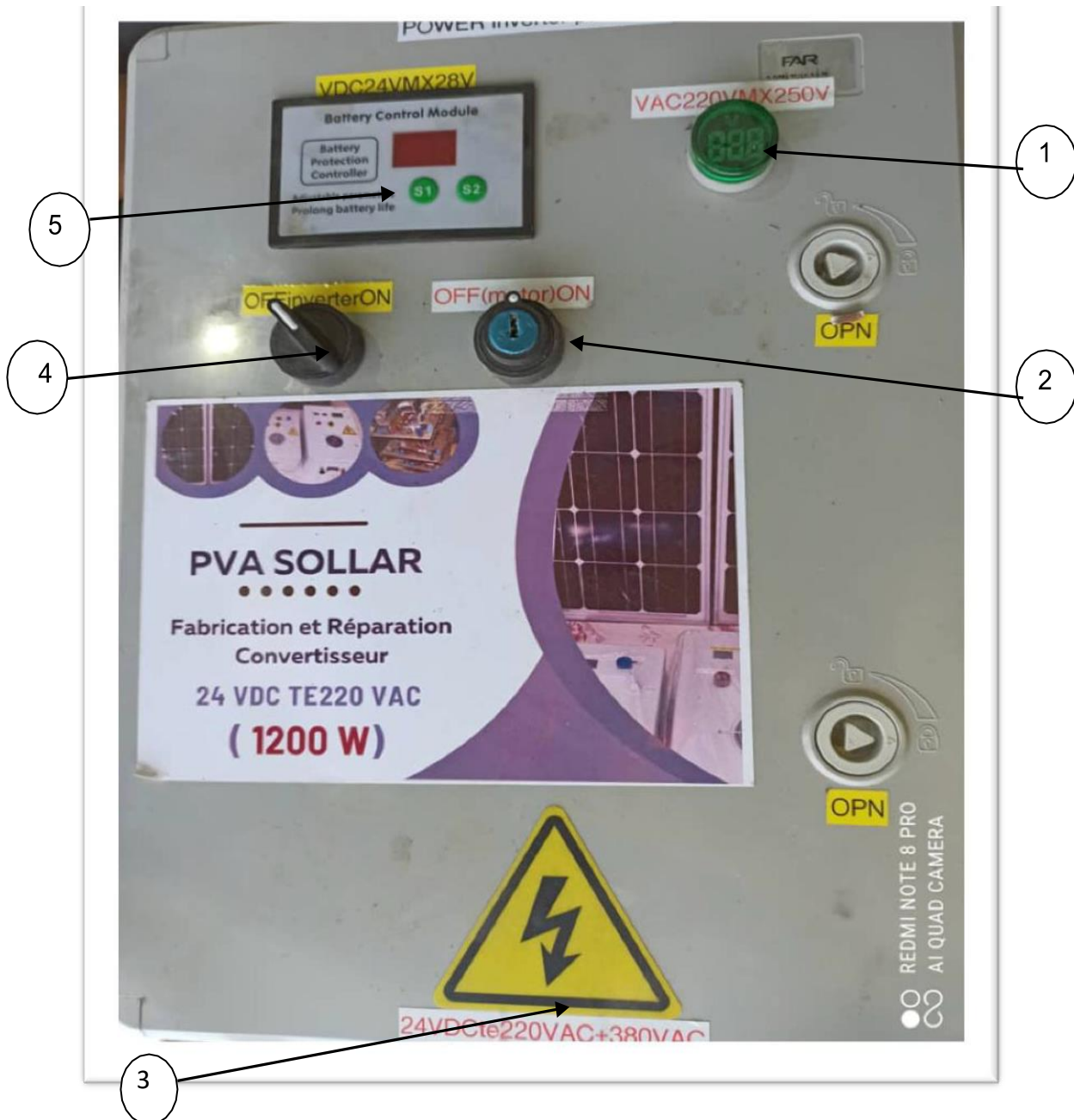


Figure III.3. Sortie onduleur 24 VDC TE 230 VAC

- 1 : lampe 230v
- 2 : sélecteur rotatif : trois positions (zéro, un, deux)
 - Position zéro : OFF, arrêt
 - Position un : ON, le moteur tourne dans le sens avant
 - Position deux : ON, le moteur tourne dans le sens arrière
- 3 : sortie triphasée : 230v AC
- 4 : sélecteur rotatif : deux positions (zéro, un)
 - Position zéro : OFF, arrêt
 - Position 1 : marche

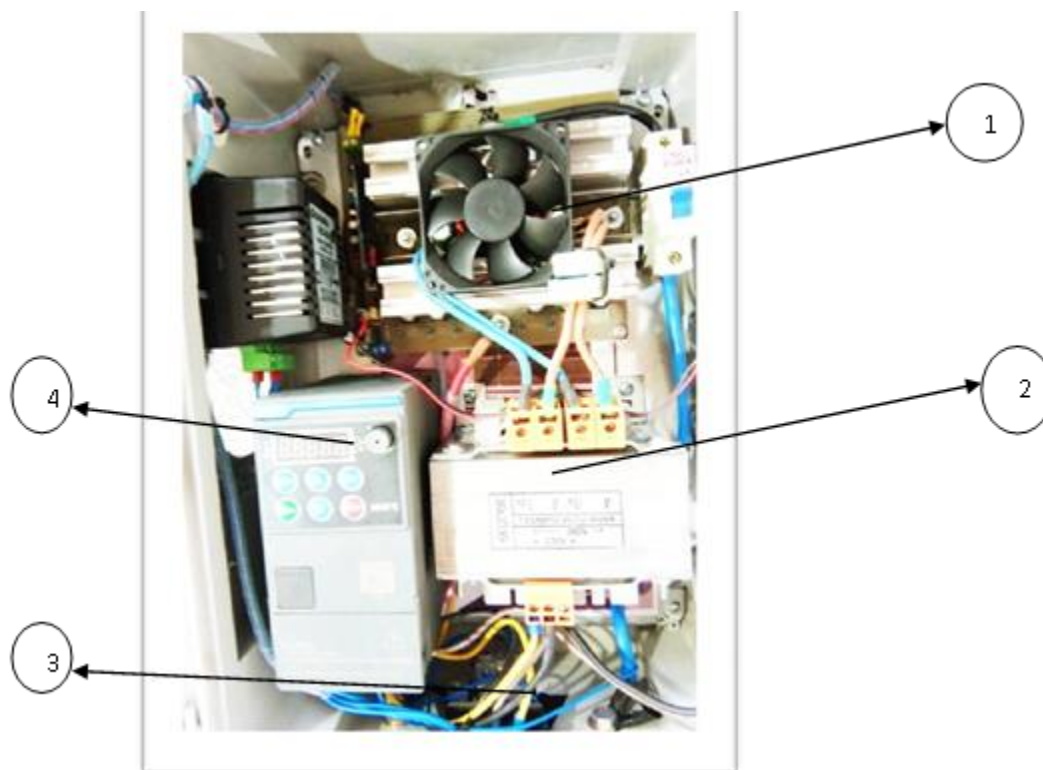


Figure III.4. L'onduleur 24VDC TE230 VAC

- 1 : onduleur 24VDC/24VAC
- 2 : Transformateur 24 VAC /220 VAC
- 3 : sortie triphasée 230VAC

4 : variateur de vitesse CHNT

III.2.1.A. Onduleur 24VDC /24VAC

Il est utilisé pour convertir la tension à courant continu (24V DC) en une autre tension à courant alternatif (24V AC)



Figure III.5. Onduleur 24VDC/24VAC

III.2.1.B. Transformateur 24 VAC /220 VAC

Le transformateur est un système de conversion électromagnétique qui permet de changer la tension et l'intensité du courant électrique 24V AC en une autre tension ou bien un autre courant de 240V AC, comme indiqué dans l'équation suivant :

$$T = \frac{v_2}{v_1} \quad (\text{III.1})$$

$$\frac{240}{24} = 10 \quad (\text{III.2})$$

T : rapport de transformation.



Figure III.6. Transformateur 24VAC/230VAC

III.2.1.C. variateur de vitesse CHNT

Le variateur de vitesse ou variateur de fréquence est un convertisseur de tension alternative à fréquence fixe (monophasée ou triphasée) en tension alternative à fréquence variable (triphasee).



Figure III.7. Le variateur de vitesse CHNT NVF5-0.4/TD2

Tableau III.1. Description de la fonction de touche du clavier

Key	Description	
	Long press PRG/S key, if the LED flash state is changed, then you can loosen this function switch key	
	Shift function : In parameter edit state, bit left shift ; In main interface, switch display parameters	PRG function : Enter and exit parameters group in parameter edit state
	Run Key	
	Stop key when normal state ; Reset fault key when fault state	
	Increase key (Change parameter group No., parameters and so on) , When inverter is power on, you can use ▲ key increase frequency reference directly. Setting frequency changing rate can be changed by parameter F0.12	
	Decrease key (Change parameter group No., parameters and so on) , When inverter is power on, you can use ▼ key decrease frequency reference directly. Setting frequency changing rate can be modified by parameter F0.12	
	Enter key (Save a change/Enter next level parameter menu)	
	When parameter F0.02 = 9, the potentiometer can be used on adjusting frequency. Also, you can modify parameter F7.12 and F7.13 to adjust frequency range.	

Tableau III.2. Description de la Fonction de Touche combinée

Key	Description	
	Parameter Menu Mode Selection (F7.11) 1、 Simple Parameter Menu Mode (U-1) ; 2、 Custom Parameter Menu Mode (U-2) ; 3、 Engineering Parameter Menu Mode (U-3)	
	The system is under the main interface	Lock Combinational Key
	In custom menu mode, in menu level one	Add custom parameters
	The system is under the main interface	Unlock Combinational Key
	In custom menu mode, in next level menu	Delete custom parameters

Tableau III.3. Liste de menus de paramètres simples

Code	Name	Parameter Description	Default
F0.00	Motor Control Mode	0 : Sensorless Vector Control 1 : Reserve 2 : V/F Mode	0
F0.14	Accelerate Time 1	(0.0~6500.0) s	Depend on Series
F0.15	Decelerate Time 1	(0.0~6500.0) s	Depend on Series
F2.00	Motor Type	0 : AC Induction Motor 1 : Reserve 2 : Reserve	0
F2.01	Motor NP Power	550w	Depend on motor type
F2.02	Motor NP Voltage	230v	Depend on motor type
F2.03	Motor NP Current	1.8A	Depend on motor type
F2.05	F2.05	2 ~ 24	4
F2.06	Motor NP RPM	(0~60000) rpm	1380rpm
F5.01	DI1 Function Selection	1	Forward (FWD)
F5.02	DI2 Function Selection	2	Reverse (REV)

III.2.4. Accessoires

III.2.4.A. Circuit coupe courante

Une coupe courant de voiture ou un disjoncteur de batterie est une partie importante de notre véhicule. Il s'agit d'un dispositif de sécurité souvent obligatoire pour la voiture de course. Il permet de sécuriser notre voiture et donc il est également indispensable pour notre propre sécurité ainsi que celle de nos passagers.



Figure III.8. Circuit coup courant

III.2.4.B. Interrupteur à pédale

Un interrupteur au pied, souvent appelé interrupteur "stop", est activé en appuyant sur l'actionneur, qui est généralement un bouton-poussoir ou une pédale.



Figure III.9. Interrupteur à pédale

Un avantage de l'utilisation d'un interrupteur à pied est qu'il est libéré les mains d'une personne pour d'autres tâches tout en permettant un contrôle complet de la commutation par un opérateur humain.

III.2.4.C. Indicateur de clignotant

Les clignotants de votre voiture sont un élément de sécurité important qui vous aide à exprimer vos intentions aux autres automobilistes. Un nombre croissant de personnes négligent d'utiliser leurs indicateurs, ce qui entraîne une augmentation des accidents.



Figure III.10. Indicateur de clignotant

III.2.4.D. Phare

Le but principal des phares automobiles est d'éclairer la route et de permettre une conduite sans fatigue et en toute sécurité. Par conséquent, les phares et leurs sources lumineuses sont des composants importants du véhicule pour la sécurité.



Figure III.11. Phare

III.2.4.F. capteur de vitesse numérique

Le capteur de vitesse de vélo est un petit appareil électromagnétique qui mesure la vitesse et la distance parcourue.



Figure III.12. Capteur de vitesse numérique de vélos

II.2.5. Simulation de la super capacité

La super capacité est un élément qui est stocké l'énergie de cette façon à délivrer cette énergie dans un temps très réduite.

La figure.III.13. Présente le courant de la charge en fonction de temps.de tels sorte que le courant est fixe à 5 A pendant la phase de la charge, et varier de (3 à 0.5 A) pendant la phase de décharge.

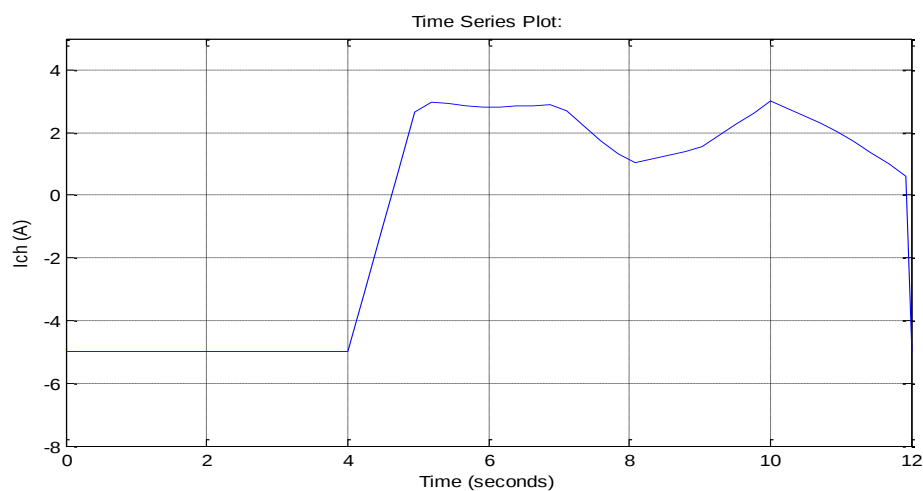


Figure III.13. le courant de la charge en fonction de temps

La figure III.16. Présente la tension de la super capacité en fonction de temps. D'après cette figure en remarque que la tension de la super capacité est augmenté rapidement pendant (0 à 4 s) et diminuer rapidement dépendant au courant de décharge pendant (4 à 12 s).

Donc la surcapacité est utilisée dans le véhicule électrique comme une source auxiliaire qui renforce la source principale qui est la batterie. Cette énergie est utilisée pendant l'accélération

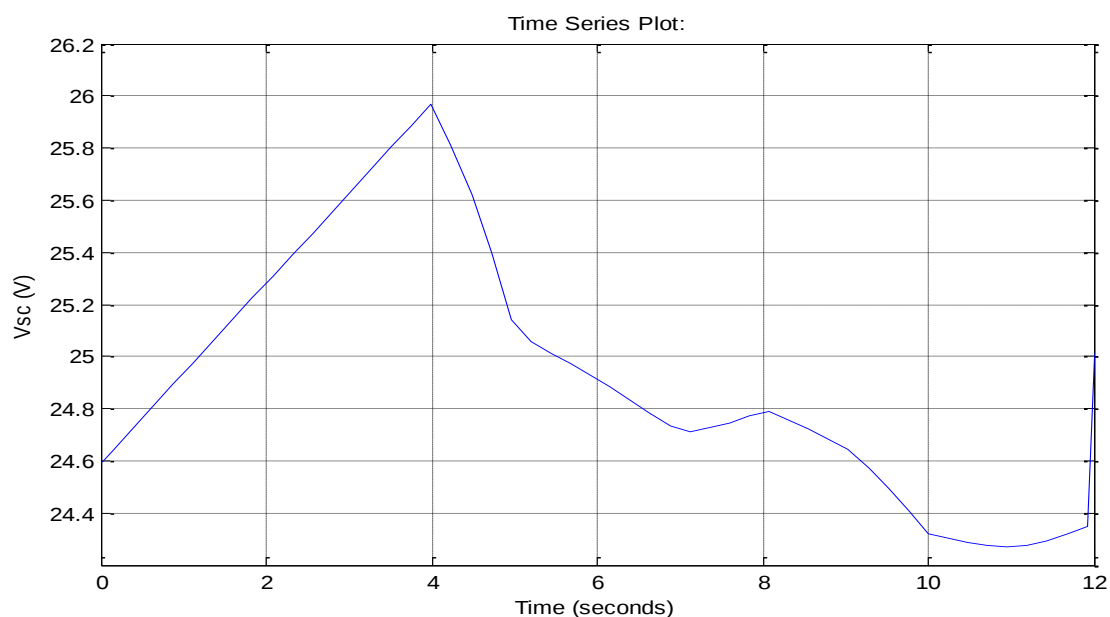


Figure III.14. la tension de la super capacité en fonction de temps

III.2.6. Dimensionnement de la batterie



Figure III.15. Image de la batterie GPL 12520 12V 52Ah

GPL 12520 est une batterie à usage général jusqu'à 10 ans en service de veille ou plus de 260 cycles à 100 % de décharge en service de cycle. Comme toutes les batteries CSB, toutes sont rechargeables, très efficaces, étanches et sans entretien. Puisque la batterie génère 12 volts, nous avons connecté deux batteries en série pour obtenir 24 volts.

► Specification	
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	52 Ah @ 20hr-rate to 1.75V per cell @25°C (77°F)
Weight	Approx. 18 kg(39.68 lbs)
Maximum Discharge Current	500A(5sec)
Internal Resistance	Approx. 5.5 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -15°C~50°C (5°F~122°F) Charge: -15°C~40°C (5°F~104°F) Storage: -15°C~40°C (5°F~104°F)
Nominal Operating Temperature Range	25°C±3°C (77°F±5°F)
Float Charging Voltage	13.5 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C (77°F)
Recommended Maximum Charging Current Limit	15.6A
Equalization and Cycle Service	14.4 to 15.0 VDC/unit Average at 25°C (77°F)
Self Discharge	CSB Batteries can be stored for more than 6 months at 25°C (77°F). Please charge batteries before using . For higher temperatures the time interval will be shorter.
Terminal	B4-L terminal to accept M6 nut & bolt
Container Material	Polypropylene(UL 94-V0/File E50955)*Flammability resistance of (UL 94-HB/File E216959) can be available upon request.

Figure III.16. Spécifications dans notre modèle de la batterie

a. Connexion de la batterie

Pour connecter deux batteries au plus, il y a plusieurs types de connexion, ces types dépendent de la tension, le courant et la capacité totale des batteries.

➤ Connexion en série

La connexion en série des batteries sera demandée pour augmenter la tension d'une seule batterie. Dans notre cas nous avons utilisé deux batteries identiques (12V, 52Ah), donc nous avons une tension totale de 24V et une capacité totale de 52Ah

➤ Connexion en parallèle

La connexion en parallèle des batteries sera demandée pour augmenter la capacité d'une seule batterie.

➤ Connexion mixte

La connexion mixte des batteries sera demandée pour augmenter la capacité et la tension d'une seule batterie.

b. l'état de charge de la batterie

L'état de charge de la batterie (SOC : state of charge) est défini comme le rapport entre l'énergie résiduelle dans la batterie sur l'énergie totale de la batterie. Donc est un élément très important dans le dimensionnement de la batterie, parce qu'il est dépend de l'autonomie de la batterie.

a. Technique d'estimation de l'état de charge de la batterie

Il existe plusieurs techniques d'estimation de l'état de charge de la batterie par exemple : la tension du circuit ouvert, la tension aux extrémités de la batterie, comptage coulomb métrique, logique floue, réseaux de neurones, filtre de Kalman...

Mesure de l'état de charge de la batterie

Dans notre propre véhicule nous avons utilisé le module de contrôle de la batterie pour mesurer l'état de charge de la batterie, ce module utilise la technique de mesure de la tension aux extrémités de la batterie (figure.III.17).ce module est programmer sur une tension de 22V comme une tension minimale, alors après cette valeur l'onduleur est déclenché automatiquement.

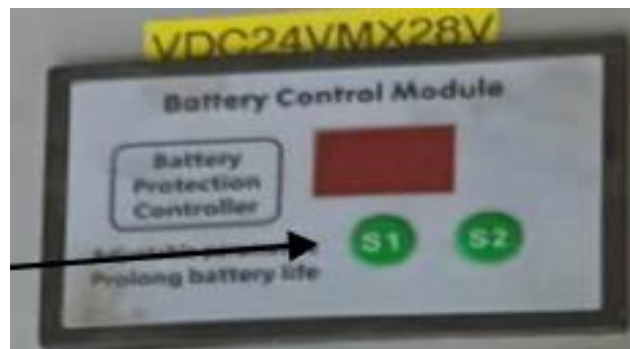


Figure III.17. Module de contrôle de la batterie

La figure III.17 présente le module de contrôle de la batterie : est chargé de surveiller et de contrôler l'état de charge de la batterie, ainsi que de réguler le courant et la tension qui lui sont délivrés. Il régule également la communication entre les nombreux composants de la voiture et la batterie, tout en aidant à économiser l'énergie en réglant la batterie sur la valeur la plus basse possible pendant l'utilisation.

La figure.III.18 présente l'état de charge de la batterie estimé par la méthode de comptage coulomb métrique (équation voir chapitre.2). Donc d'après cette figure l'état de charge de la batterie est varié (augmente pendant la charge et diminuer pendant la décharge) dans une plage de temps (0-12s) est déterminer par un courant de charge.

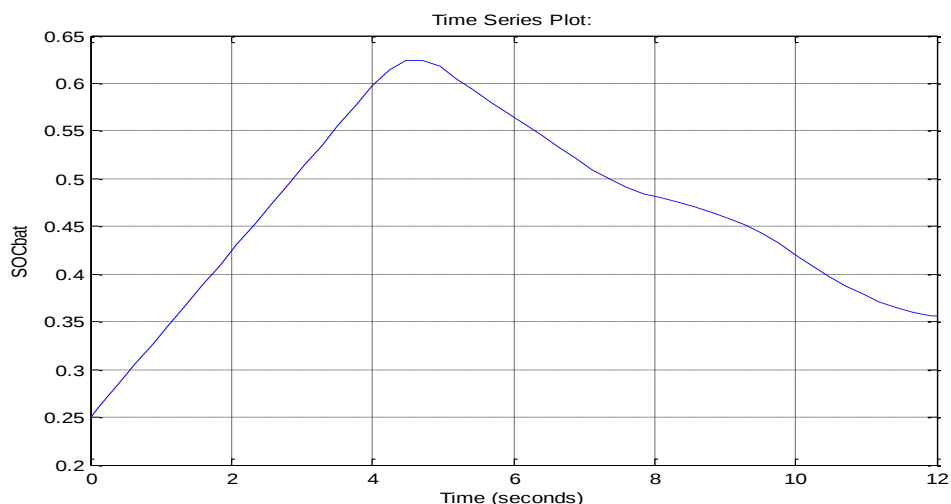


Figure III.18. L'état de charge de la batterie en fonction de temps

La figure.III.19 présente la tension de la batterie en fonction du temps (équation voir chapitre.2). donc d'après cette figure la tension de la batterie est varié (augmente pendant la charge et diminuer pendant la décharge) dans un plage de temps (0-12s) est déterminer par un courant de charge.de tels sorte que le courant de charge est constante est égal à 5 A alors que le courant de décharge est variable qui est varier entre (3 à 0.5 A) est estimer au courant du notre moteur.

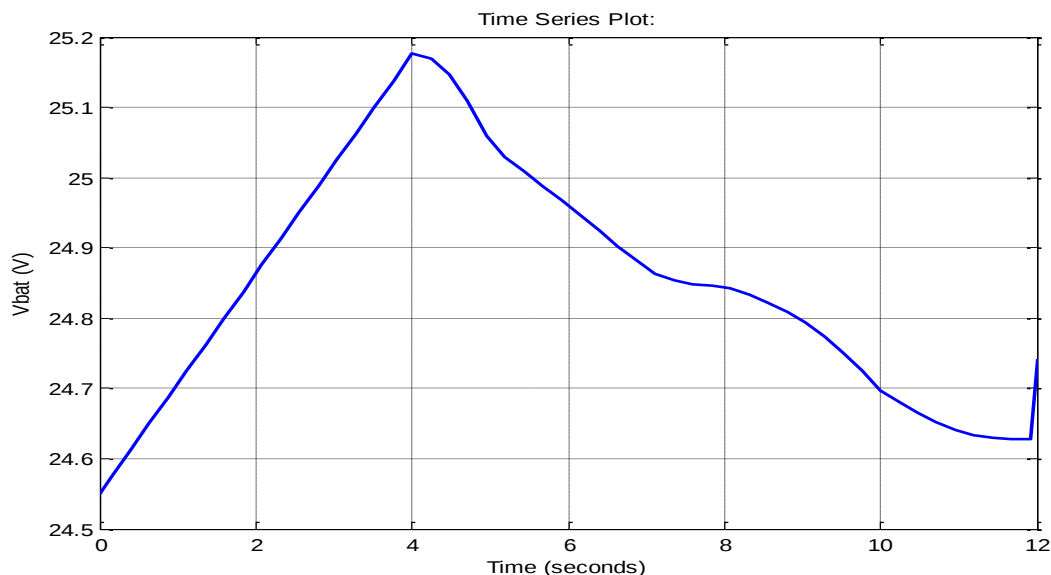


Figure III.19. la tension de la batterie en fonction de temps

III.3. Conclusion

Dans ce dernier chapitre, qui est la partie expérimentale dans notre travail, dans lequel nous avons traité de façon à mesurer et de dimensionner les batteries dans propre véhicule, de tels sorte que cette dernière et dépend de la masse et la vitesse du véhicule, alors par conséquence l'autonomie du ce véhicule.

Conclusion général

Conclusion général

L'objectif de ce travail c'est que de calculer et de mesurer le dimensionnement des batteries en vue que la masse totale du véhicule et puissance du moteur.

La clé de cette étude est de réaliser expérimentalement un véhicule électrique afin de justifier le dimensionnement à partir du nombre des batteries et de type de connexion et de leur puissance, afin d'augmenter l'autonomie de ce véhicule.

A partir des résultats expérimentaux et théoriques durant cette thèse, on a conclu que :

- La difficulté de calculer la force aérodynamique du véhicule (notre cas propre véhicule de forme inconnue) sera influée sur le dimensionnement des sources d'énergie.
- Le véhicule est bien dimensionné parce qu'il y a grand autonomie c'est presque plus de 6 heures, avec l'utilisation de deux batteries identique de tension de 12 V et de capacité de 52 Ah, les deux sont reliés en série afin d'augmenter la tension (24V, 52Ah) qui convenable à l'onduler à associer.
- L'avantage du moteur de ce véhicule a un grand couple c'est ça permet de faire rouler le véhicule dans n'importe quel trajectoire (plan, incline).
- L'inconvénient du moteur de ce véhicule c'est à faible vitesse (environ 1Km/h), c'est ça permet de minimiser le domaine d'application du véhicule (par exemple le châssis roulant d'handicapât).
- Simple à recharger les batteries de ce véhicule à partir d'une alimentation à simple prise du courant, et même déconnecte automatiquement lorsque les batteries sont chargées.

Comme perspectives on a :

- ✓ Utiliser les moteurs à roues (2,3 et 4) moteurs, afin d'augmenter la vitesse de ce véhicule.
- ✓ Minimiser le cout de consommation de l'énergie électrique durant la charge des batteries par l'utilisation des panneaux photovoltaïques pour faire rouler le véhicule et au même temps de charger les batteries à partir de l'énergie solaire.
- ✓ Utiliser le logiciel solid works pour faire le désigne du coke de ce véhicule.

Bibliographie

Bibliographie

[1]F. Khoucha, A. Khoudiri, M. Benbouzid, A. Kheloui, Commande DTC d'une propulsion moteur asynchrone / onduleur multi niveaux asymétrique pour un véhicule électrique, Européen Journal of Electrical Engineering 14, 2-3 (2011) 237-254.

[2]D. Benoudjit, Contribution à l'optimisation et à la commande d'un système de propulsion pour véhicule électrique, Thèse doctorat, Université de Batna, Janvier 2010.

[3]A. Daanoune, Contribution à l'Etude et à l'Optimisation d'une Machine Synchrone à Double Excitation pour Véhicules Hybrides, Thèse doctorat, Université de Grenoble, décembre 2012.

[4]A. PAYMAN, Contribution à la gestion de l'énergie dans les systèmes hybrides Multi-sources Multi charges, Thèse de doctorat, L'institut National Polytechnique de Lorraine, 2009.

[5]S. Jemeï. Modélisation d'une Pile à Combustible de type PEM par Réseaux de Neurones. Energie électrique, Thèse doctorat, Université de Technologie de Belfort-MontBeliard, Octobre 2004.

[6] A. Boucha , Réalisation et commande d'un véhicule électrique par dSpace embarqué , Mémoire de magister , Université des Sciences et de la Technologie d'Oran.

[7] S. Meziani , A.Bourenane, Contrôle par logique floue d'une chaine de traction d'un véhicule électrique basé sur une machine asynchrone à double alimentation, Mémoire de master, Université Abderahmane Mira Bejaia, 2013.

[6]K. Tanguy, Modélisation et optimisation de la recharge bidirectionnelle de véhicules électriques Application à la régulation électrique d'un complexe immobilier , Université laval, Québec, Canada, 2013.

[7] M. Ikkiss, R. El Ferrare, Voitures solaires électriques , Mémoire de Master, Faculté multydisciplinaire de Ouarzazate, Mai 2013.

[8] M. Florence , L. Benoit , Mobilité urbaine et technologies de l'information et de la communication (TIC) : enjeux et perspectives pour le climat , Studies , 5 :56 , 2012.

[9] A. Nouh, Contribution au développement d'un simulateur pour les véhicules électriques routiers, Thèse de doctorat, Université de technologie de Belfort-Montbéliard et par l'université de Franche-Comté, Mars 2008.

[10] K. Tanguy, Modélisation et optimisation de la recharge bidirectionnelle de véhicules électriques Application à la régulation électrique d'un complexe immobilier , Université laval, Québec, Canada, 2013.

[11] H. Gharbi, Modélisation et Commande d'un véhicule électrique hybride, Mémoire de Magister, Université Hassiba Ben Bouali Chlef, 2014.

[12] K. Houacine, Commande neuro-floue d'une machine asynchrone dans une chaîne de propulsion d'un véhicule électrique, Thèse doctorat, Université Mouloud Mammeri, Juin 2016.

[14] M. Ehsani, et al, Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles/Fundamentals, Theory, and Design, CRC Press, 2005.

[15] V. Mester, Conception optimale systématique des composants des chaînes de traction électrique, Thèse doctorat, Ecole centrale de Lille, Mai 2007.

[16] École Doctorale ICMS. Mehazzem F., (2010), Contribution à la Commande d'un Moteur Asynchrone destiné à la Traction électrique. Thèse de doctorat

[17] Mosdale R., (2003), transport Électrique Routier-Batteries pour Véhicule Électrique. Tech- nique d'ingénieur, Traité Génie Électrique, D5665.

[18] MEZIANI Sofiane, Etude et réalisation de la commande par DSP d'un convertisseur AC/DC, Mémoire Présenté pour Obtenir le diplôme de Magister en électrotechniques Option : Machines Electriques, Faculté de Génie Electrique et d'Informatique Département d'Electrotechnique, Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, Tizi-Ouzou, ALGERIE, P51-60.

[19] Nouh Aiman, « Contribution au développement d'un simulateur pour les véhicules électriques routiers ». Thèse doctorat 26 mars 2008.

[20] G. Iekhmisi « étude d'une chaîne de conversion d'énergie éolienne en utilisant une voile mécanique », thèse de Master en Génie électrique, université d'Oum el Bouaghi. Le 20/06/2013.

[21] Redah SADOON, « Intérêt d'une Source d'Energie Electrique Hybride pour véhicule électrique urbain – dimensionnement et tests de cyclage », thèse de doctorat ECOLE CENTRALE DE LILLE, France, 2013

[22] Gaoua Y., (2014), modèles mathématiques et techniques d'optimisation non linéaire et combinatoire pour la gestion d'énergie d'un système multi-source : vers une implantation temps réel pour différentes structures électriques de véhicules hybrides. Thèse de doctorat, université de Toulouse.

[23] Adame, Quel temps fera-t-il demain ? le changement climatique, Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), [http :// www.ademe.fr/ particuliers/Fiche /climat/ index.html](http://www.ademe.fr/particuliers/Fiche/climat/index.html).

[24] Marc DEBRUYNE « Apport de l'électronique de puissance pour la traction électrique » technique d'ingénieur. 2010

[25] Kevin Tanguy, « Modélisation et optimisation de la recharge bidirectionnelle de véhicules électriques Application à la régulation électrique d'un complexe immobilier », Québec, Canada, 2013.

[26] M.boukli-hacene Omar, «Conception et Réalisation d'un Générateur photovoltaïque Mini d'un Convertisseur MPPT Pour Une Meilleure Gestion Energétique», Mémoire de Magister de l'Université de ABOU BAKR BELKAID-TLEMCEM, décembre 2011.

[27] Yann Riffonneau, « gestion des flux énergétiques dans un système photovoltaïque avec stockage connecté au réseau – Application à l'habitat

», Thèse de doctorat de l'Université de JOSEPH FOURIER, soutenue le 23 octobre 2009

[28] Damien Paire, « Dimensionnement et gestion d'énergie de systèmes d'entraînements électriques hybrides : application à un ascenseur avec récupération d'énergie », Thèse de doctorat de l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, soutenue le 6 décembre 2010.

[29] Olivier Gergaud, « Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système de production éolien et photovoltaïque couplé au réseau et associé à un accumulateur », Thèse de doctorat de l'École Normale Supérieure de Cachan, Soutenue le 9 décembre 2002.

[30] Mohamed A. Ould Yahya 1, A. Ould Mahmoud 1 et I. Youm 2, « Modélisation d'un système de stockage intégré dans un système hybride (PV / Eolien / Diesel) », Revue des Energies Renouvelables, CDER, Vol. 10 N°2, 2007.

[31] Hoang Anh Dang¹, Caroline GUYON², Benoit DELINCHANT¹, Patrick BEGUERY², Frédéric WURTZ¹ « Gestion de l'énergie électrique dans l'habitat, cas du stockage électrochimique », rapport de Schneider Electric, juin 2012.

[32] Redha Sadoun, « Intérêt d'une Source d'Energie Electrique Hybride pour véhicule électrique urbain – dimensionnement et tests de cyclage », Thèse de doctorat de l'ECOLE CENTRALE DE LILLE, soutenue publiquement le 03/06/2013.

[33] Phatiphat Thounthong, « Conception d'une source hybride utilisant une pile à combustible et des super condensateurs », Thèse de doctorat à L'Institut National Polytechnique de Lorraine, Soutenue le 09 décembre 2005.

[34] Hattab Maker, « Optimisation et gestion d'énergie pour un système hybride : association Pile à Combustible et Super condensateurs », Thèse de doctorat de l'Université TECHNOLOGIEBELFORT MONTBELIARD, soutenue publiquement le 4 novembre 2008.

[35] M.Y. Ayad, M. Becherif, D. Paire, A. Djerdir et A. Miraoui , « Passivity based control of hybrid power sources using fuel cell, supercapacitors, and batteries on the dc link for energy traction system», IEEE International Electric Machines & Drives Conference IEMDC '07, volume 1, 2007.

[36] Damien Paire, Marcelo G. Simoes, Jérémy Lagorse and Abdellatif Miraoui «A real-time sharing reference voltage for hybrid generation power system», IEEE conférence, 2010.

[37] Ionel Vechiu, « modélisation et analyse de l'intégration des énergies renouvelables dans un réseau autonome », Thèse de doctorat de l'université du Havre, Soutenue le 15 décembre 2005.

[38] M. Becherif, M.Y. Ayad et A. Miraoui, « Modeling and Passivity-Based Control of Hybrid Sources: Fuel Cell and Supercapacitors», ISA 2006, vol.3, USA, Oct 2006.

الملخص بالعربية

تعد بطاريات السيارة العنصر الأعلى مقارنة بجميع أجهزة السيارة ، لذلك يجب أن تكون ذات حجم مناسب لزيادة استقلالية السيارة وفي نفس الوقت لتقليل تكلفة الأخير .

يعد استقلالية السيارة الكهربائية عنصراً مهماً للغاية يتأثر بشكل مباشر بتكلفة وأداء هذه السيارة.

من بين الحلول التي تجلبنا في هذا العمل لزيادة استقلالية السيارة الكهربائية هو تحديد حجم البطاريات بشكل صحيح في ضوء قوة المحرك وبالتالي قوة العاكس المطلوب ربطه.

Résumé

Les batteries du véhicule sont l'élément le plus cher par rapport tous les organes du véhicule, donc il faut bien les dimensionner pour être augmenter l'autonomie du véhicule et au même temps de minimiser le cout de ce dernier.

L'autonomie du véhicule électrique c'est un élément très important qui est influé directement sur le cout et les performances de ce véhicule.

Parmi les solutions qui nous apportent dans ce travail pour augmenter l'autonomie du véhicule électrique est de bien dimensionner les batteries en vue que la puissance du moteur et par la suite la puissance du l'onduleur à associer.

الكلمات المفتاحية باللغة العربية: السيارة الكهربائية، البطاريات، المحرك

الكلمات المفتاحية باللغة الفرنسية: Voiture électrique, batteries, moteur