

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : ELECTRONIQUE

Domaine : SCIENCES ET TECHNIQUES

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et informatique industrielle et
automatique et Système

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**Développement d'organe de commande du véhicule
électrique**

Présenté par : Chaibrassou Mohamed Salah et Bouneb Khaled

Encadrant : Lafifi Mohamed Mourad MCA université de badji mokhtar

Jury de Soutenance :

Boulabtateche Brahim	MCB	université de badji mokhtar	Président
Lafifi Mohamed Mourad	MCA	université de badji mokhtar	Encadrant
Saadi Mohamed Nacer	MCB	université de badji mokhtar	Examineur

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciement

Nous remercions, en premier lieu, notre Dieu le plus Puissant
qui a bien Voulu nous donner la force et le courage Pour
effectuer Ce présent travail.

Nous exprimons nos profondes gratitudes à nos parents pour
leurs Encouragements, leur soutien et pour les sacrifices
qu'ils ont enduré.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur
Mr. Lafifi mourad pour son sérieux, sa compétence et ses
orientations.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants du
département Electronique qui ont contribué à notre
formation.

Aussi nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos
amis qui par leur amitié et leur bonne humeur, ont créé une
ambiance de travail parfaite.

Dédicace

Je dédie ce précieux travail aux êtres les plus chers au monde, à
qui je
témoigne mon amour et mon affection pour leur encouragement,
leur
compréhension et leur patience, qui ont su me comprendre et
m'ont poussé à
apprendre, c'est de vous dont je parle très chers parents. A mes
frères et sœurs et

Toute la famille : « **Chaibrassou** » sans exception.

A tous mes amis qui m'ont toujours soutenu, et tous mes amis .

Sans omettre mon binôme **Bouneb khaled** avec qui j'ai élaboré
mon projet de fin d'étude.

En fin à tous ceux qui m'apprécient à ma juste valeur.

Chaibrassou Mohamed Salah

Dédicace

Je dédie ce précieux travail aux êtres les plus chers au monde,
à qui je
témoigne mon amour et mon affection pour leur encouragement,
leur
compréhension et leur patience, qui ont su me comprendre et
m'ont poussé à
apprendre, c'est de vous dont je parle très chers parents.

A mes frères et sœurs et

Toute la famille : « **Bouneb** » sans exception.

A tous mes amis qui m'ont toujours soutenu, et tous mes amis.

Sans omettre mon binôme **Chaibrassou Mohamed Salah** avec
qui j'ai élaboré mon projet de fin d'étude.

En fin à tous ceux qui m'apprécient à ma juste valeur.

Bouneb Khaled

Résumé

Un véhicule électrique (VE) est une voiture propulsée par un moteur Spécifiquement pour l'électricité.

Le travail de thèse s'articule autour des points suivants :

- La première étape consiste à modéliser le véhicule électrique. Modèle dynamique direction longitudinale du véhicule, modélisation d'une machine synchrone à aimants permanents et Le couplage entre les deux modèles est introduit.
- Dans la deuxième étape, nous continuons avec le contrôle de vitesse linéaire classique Portrait de VE. Commandes modernes supplémentaires affichées ; triées par modèle Commandes Slider et Backstepping.

Les résultats obtenus pour les contrôles longitudinal, latéral, vertical et de lacet confirment que c'est Le contrôle offre une meilleure robustesse en présence de variations de paramètres et de perturbations.

Abstract

An electric vehicle (VE) is an automobile whose propulsion is provided by an engine operating exclusively with electrical energy.

The thesis work is structured around the following points:

- A first step consists to model the electric vehicle. A longitudinal dynamic model of the vehicle, a modeling of a synchronous motor with permanent magnets and the coupling between the two models are presented.
- In a second step, we proceed to the classical linear control of the longitudinal velocity of the VE. Other modern controls that fit better with these non-linear systems will be presented; the command by sliding mode and the command Backstepping.

The results obtained for longitudinal, lateral, vertical and yaw control confirms that these controls offer robust robustness in the presence of parametric variations and disturbances.

المخلص

السيارة الكهربائية (VE) هي مركبة تعمل بمحرك يعمل بشكل حصري على الطاقة الكهربائية.

يتمحور عمل الأطروحة حول النقاط التالية:

- الخطوة الأولى هي تصميم السيارة الكهربائية. يتم تقديم نموذج الديناميكيات الطولية للمركبة، ونمذجة آلة متزامنة بمغناطيس دائم، والاقتران بين النموذجين.
- في الخطوة الثانية، نواصل التحكم الخطي الكلاسيكي للسرعة الطولية. سيتم تقديم أدوات تحكم حديثة أخرى مناسبة بشكل أفضل لهذه الأنظمة غير الخطية؛ الأمر Sliding Mode وأمر Backstepping

تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها لعناصر التحكم الطولية والجانبية والرأسية والانعراج أن هذه الضوابط توفر متانة قوية في ظل وجود اختلافات واضطرابات في المعلمات

Sommaire

Tableau de contenu

Remerciement	1
Dédicace	2
Dédicace	3
Résumé.....	4
Sommaire.....	1
Liste de figure.....	3
Liste des tableaux :.....	4
Liste des abréviations.....	4
INTRODUCTION GENERALE :.....	1
Pourquoi véhicule électrique :.....	2
Chapitre I : Généralités sur le véhicule électrique	3
I.1 INTRODUCTION :.....	4
I.2 HISTORIQUE :.....	5
I.3 DEFINITION D'UN VEHICULE ELECTRIQUE :.....	11
I.4 ARCHITECTURE D'UN VEHICULE ELECTRIQUE :.....	12
I.5 CLASSIFICATION DES VEHICULES ELECTRIQUES:.....	14
I.5.1 VEHICULE TOUT ELECTRIQUE :.....	14
I.5.1.1 VEHICULES ELECTRIQUES A BATTERIES RECHARGEABLES PAR PRISE DE COURANT.....	14
I.5.1.2 VEHICULES ELECTRIQUES A ALIMENTATION PAR PILE A COMBUSTIBLE	15
I.5.2 VEHICULE HYBRIDE.....	17
I.5.2.1 VEHICULE HYBRIDE SERIE.....	17
I.5.2.2 VEHICULE HYBRIDE PARALLELE.....	18
I.5.2.3 VEHICULE HYBRIDE COMBINE.....	19
I.6 AVANTAGES ET INCONVENIENT DES VE :.....	20
I.6.1 Avantage :.....	20
I.6.2 Inconvénients :.....	21
I.7 CONCLUSION :.....	21
CHAPITRE II: Description d'un véhicule électrique et leurs fonctionnements	22
II.1 Introduction :.....	23
II.2 Définition de la chaîne de traction :.....	23
II.3 Les systèmes de propulsion :.....	24

II.3.1 Les redresseurs (AC/DC) :	25
II.3.2 Les onduleurs (DC/AC) :	26
II.3.3 Les hacheurs (DC/DC) :	27
II.3.4 Le chargeur :	27
II.4 Moteur électrique :	29
II.4.1 Le moteur à courant continu (MCC) :	29
II.4.2 Le moteur asynchrone (MAS) :	30
II.4.3 Le moteur synchrone :	30
II.5 Les sources d'énergie électrique :	32
II.5.1 La batterie :	32
II.5.2 Types de batteries :	33
II.5.2.1 Plomb / acide :	34
II.5.2.2 Nickel-cadmium : Ni-Cd	34
II.5.2.3 Nickel-hydrure métallique : Ni-MH	34
II.5.2.4 Lithium :	34
II.6 Les super condensateurs :	35
II.6.1 Les volants d'inertie :	36
II.7 Convertisseurs électriques :	37
II.8 Les Auxiliaires :	38
II.9 Conclusion :	39
Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique	40
III.1 INTRODUCTION :	41
III.2 LOGICIEL SUR LEQUEL VOUS AVEZ TRAVAILLE :	41
III.2.1 MATLAB :	41
III.2.2 SIMULINK :	42
III.3 MODEL DE SIMULATION :	43
III .3.1 DRIVER INPUT:	45
III .3.2 MOTEUR ET CONTROLEUR :	48
III.3.3 Batterie lithium-ion	51
III.3.4 CARROSSERIE DU VÉHICULE ET PNEUS.....	52
III.4 RESULTATS DE SIMULATION :	54
.....	57
Conclusion	58
Conclusion générale	58

Liste de figure

Figure I.1 : Voiture toute électrique. [3].....	4
Figure I.2 : Première voiture au monde	6
Figure I.3 : La jamais contente.....	6
Figure I.4 : La première voiture hybride.....	7
Figure I.5 : La Prius.....	8
Figure I.6 : Le Tesla Roadster I. [7]	9
Figure I.7 : La Nissan LEAF	10
Figure I.8 : La Renault ZOE.....	10
Figure I.9 : architecture d'un véhicule électrique	13
Figure I.10 : les composants le système de traction d'une voiture électrique	13
Figure I.11 : Principe de fonctionnement de la pile à combustible.....	16
Figure I.12 : Auto bus à pile à combustible	16
Figure I.13 : Principe de l'architecteur série.....	18
Figure I.14 : Principe de l'architecture parallèle	18
Figure I.15 : Principe de l'architecteur hybride combiné, type Prius	19
Figure II.16 : Schéma fonctionnel de la chaîne de traction d'un véhicule tout électrique	24
Figure II.17 : Schéma de fonctionnement pour un système de propulsion électrique [12] ...	25
Figure II.18 : Redresseur	26
Figure II.19 : Onduleur.....	26
Figure II.20 : Hacheur	27
Figure II.21 : chargeur de batterie d'un véhicule électrique	28
Figure II.22 : moteur électrique.....	29
Figure II.23 : Différentes types des batteries.	33
Figure II.24 : Schéma fonctionnel d'un super-condensateur.	36
Figure II.25: Les volants d'inertie	37
Figure III.26 : schéma fonctionnel de véhicule électrique.....	43
Figure III.27: Our Approche	44
Figure III.28: Drive Input.....	45
Figure III.29: Block Parameters Longitudinal Driver	46
Figure III.30: Drive Cycle Source	47
Figure III.31 : moteur et controlleur.....	48
Figure III.32: PARAMÈTRES DE BLOC H-BRIDGE	49
Figure III.33 : PARAMÈTRES DE BLOC TENSION PWM CONTRÔLÉE :	50
Figure III.34: batterie	51
Figure III.35: PARAMÈTRES DE BLOC DE BATTERIE	52
Figure III.36 : carrosserie du véhicule et pneus.....	53
Figure III.37 : PARAMÈTRES DE BLOC CARROSSERIE DU VEHUCILE	53

Figure III.38: Stockage de la batterie.....	54
Figure III.39 : LE COURANT	55
Figure III.40 : voltage.....	56
Figure III.41 : La Distance.....	57
Figure III.42 : la vitesse	58

Liste des tableaux :

Tableau I.1 : Comparaison de performances de différents types de véhicules entre 2010 et 2020. [6]	11
Tableau II.2 : Comparaison des différents Moteurs.....	32
Tableau II.3 : Puissances consommées par les auxiliaires des véhicules conventionnel.	39

Liste des abréviations

DC	Courant continu (Direct current) ;
AC	Courant alternatif (alternative current) ;
MCC	Machine à courant continu ;
MCA	Machine à courant alternatif ;
Ni-Cd	Nickel-Cadmium ;
Ni-Mh	Nickel-hydrure Métallique ;
Li-ion	Lithium-ion ;
Li-po	Lithium-ion Polymère ;
SOC	Etat de charge de la batterie ;
VE	Véhicule Electrique ´
BEV	Battery Electric Vehicle
HEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle
PHEV	Hybrid Electric Vehicle
ICE	Intern Combustion Engine
MSAP	Moteurs Synchrones a Aimants Permanents

PMSM	Permanant Magnet Synchronous Motor
------	------------------------------------

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE :

La stagnation probable de la production pétrolière entre 2020 et 2030 et les conséquences du changement climatique dans les décennies à venir obligeront les gouvernements à utiliser l'énergie plus efficacement et à se tourner vers de nouvelles sources d'énergie moins polluantes.

Les véhicules électriques comme objet de recherche sont des questions ouvertes, à la fois technologiques et socio-économiques.

Le véhicule électrique est en effet devenu un enjeu de société fondamental du fait de l'importance croissante des préoccupations environnementales, de la volatilité des prix du pétrole et de la souveraineté des pouvoirs publics.

La volonté politique de déplacer les émissions polluantes vers la production d'énergie se concentre d'une part et la nécessité de réduire la facture énergétique d'autre part a conduit à plusieurs façons de penser scientifique.

Travailler sur la structure de puissance interne du véhicule ou considérer son intégration comme une charge utile, ou même une génératrice, non conventionnelle dans le réseau seul ou de concert avec d'autres charges, y compris le bâtiment.

D'autres vont plus loin en pensant à un "groupe énergétique" où la voiture est un acteur important avec des générateurs d'énergie renouvelable et enfin des bâtiments et des réseaux intelligents.

Les objectifs généraux des véhicules électriques sont les suivants :

Réduction des émissions de gaz à effet de serre (CO₂) ou toxiques (PCx, CO, etc.), portée améliorée, coûts réduits, expédition rapide, systèmes de stockage plus longs et sécurité opérationnelle.

Les objectifs sont d'accroître l'indépendance et de réduire le stress de la batterie en améliorant les flux d'énergie, en créant de bonnes structures électriques autour du stockage et en concevant des algorithmes de contrôle basés sur une norme technique économique (coûts d'installation, maintenance, indépendance, repos, etc.).

Pourquoi véhicule électrique :

La voiture électrique est propre à l'usage :

On parle de voiture « propre » pour désigner la voiture électrique car lorsqu'elle roule, elle n'émet pas de CO2 et dégage moins de particules fines que les véhicules thermiques. Il serait un peu excessif d'assurer que la voiture électrique est propre à 100% - car sa fabrication et l'alimentation de sa batterie génèrent des émissions de CO2 - mais le bilan carbone à l'usage d'un tel véhicule est bien meilleur que celui d'un modèle essence ou diesel. Par ailleurs, des progrès sont faits pour rendre la production et le recyclage des batteries électriques plus écologique.

La voiture électrique est économique :

Eh oui ! Si ce type de véhicule est vendu plus cher qu'une voiture à moteur thermique classique - en raison du prix de la batterie électrique - les aides à l'achat d'une voiture électrique permettent de réduire cet écart. En plus, à l'usage, celle-ci se révèle plus économique :

La durée de vie du moteur :

(Et donc de la voiture électrique) est plus longue : elle est estimée à plusieurs millions de kilomètres !

La voiture électrique est facile à entretenir :

Comme évoqué juste avant, la voiture électrique ne nécessite, par définition, aucune vidange, ne comporte ni courroie de distribution, ni filtre, ni pot d'échappement et elle est équipée d'un moteur très résistant.

En bref, la voiture électrique est civique

Opter pour un véhicule électrique, c'est faire le choix d'une voiture écologique et moins polluante à l'usage, mais aussi plus silencieuse pour contribuer à réduire les nuisances sonores... et améliorer notre santé grâce à l'absence d'émissions de CO2. Choisir la voiture électrique, c'est aussi réfléchir à ses usages pour optimiser ses déplacements, en entrant par exemple dans une logique de partage de véhicule !

Chapitre I : Généralités sur le véhicule électrique

I.1 INTRODUCTION :

Avec une présence importante au début de l'histoire de l'automobile, le véhicule tout électrique est réapparu ces derniers temps comme une solution potentielle au remplacement du véhicule conventionnel. Même s'il n'est pas encore en mesure de s'imposer sur le marché des véhicules particuliers, il reste sans conteste une bonne solution en rapport à la disposition d'une source d'énergie embarquée performante.

Les véhicules autonomes tout électriques utilisent des batteries comme seule source d'énergie électrique. [2]

Cette énergie est utilisée pour alimenter un ou plusieurs moteurs électriques de traction.

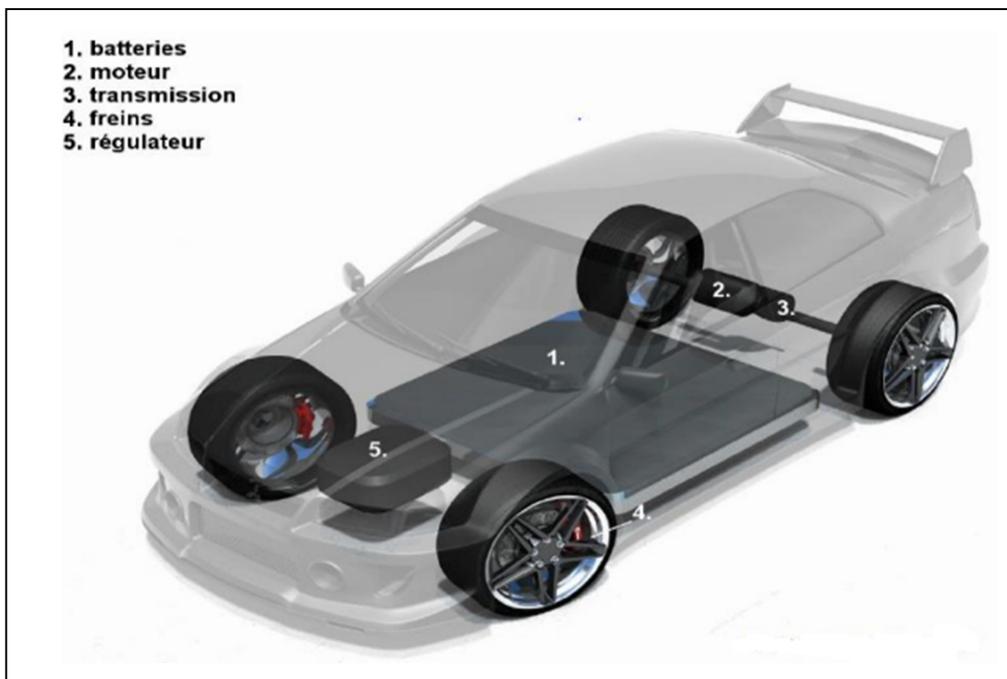


Figure I.1 : Voiture toute électrique. [3]

I.2 HISTORIQUE :

Aujourd'hui, la voiture propre est un problème sur lequel travaillent un nombre d'entreprises de l'industrie d'automobile, pour répondre aux problèmes que pose la pollution atmosphérique. La voiture électrique, que l'on présente d'ailleurs comme « la solution » au problème de la pollution des gaz d'échappement, n'est pas une idée d'hier.

À la fin du 19ème siècle, au début de l'automobile, plusieurs modes de propulsion étaient en compétition (le moteur électrique, le moteur à vapeur et le moteur thermique). D'ailleurs, les performances des premiers prototypes de véhicule électrique n'avaient rien à envier à celles des véhicules à propulsion thermique de l'époque. [4]

- dans les années 1830 (1832-1839), le premier véhicule électrique fit son apparition. L'homme d'affaires écossais Robert Anderson fut la première personne à avoir inventé une voiture électrique. Il s'agissait plutôt d'une carriole électrique.
- vers 1835, l'américain Thomas Davenport construit une petite locomotive électrique.
- vers 1838, l'écossais Robert Davidson arriva avec un modèle similaire qui pouvait rouler jusqu'à 6 km/h.
- en 1859, le français Gaston Planté inventa la batterie rechargeable au plomb acide, qui sera améliorée par Camille Faure en 1881.
- en 1884, Thomas Parker assis dans la première voiture électrique au monde.



Figure I.2 : Première voiture au monde

- En 1899 en Royaume-Uni, « la jamais contente », la première voiture électrique qui a dépassé les 100 km/h a été construite.

La voiture était pilotée par le belge Camille Jenatton et elle était en forme de torpille.

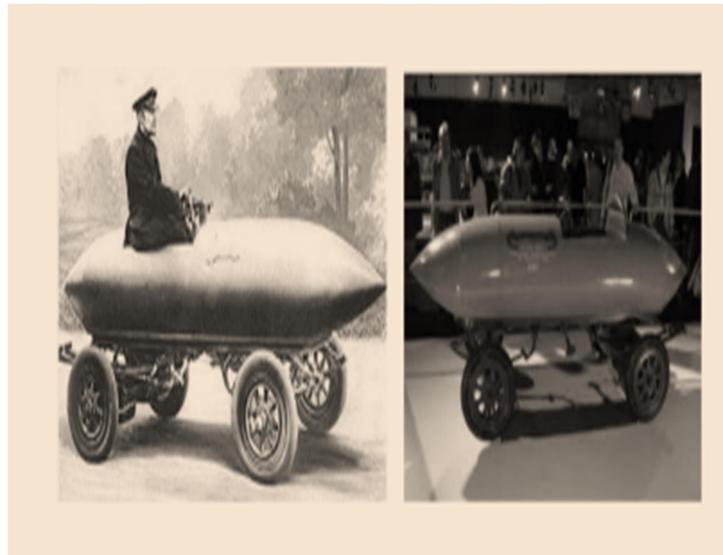


Figure I.3 : La jamais contente

- Dès 1900, la voiture électrique a connu ses beaux jours. En circulation, plus que le tiers des voitures sont électriques et le reste étant des voitures à essence et à vapeur.
- Dans les années 1920, certains facteurs comme la faible autonomie, la vitesse trop basse, le manque de puissance, la disponibilité du pétrole, et le prix deux fois plus élevé que celles à essence, ont mené au déclin de la voiture électrique.
- En 1972, Victor Wouk, le parrain du véhicule hybride construit la première voiture hybride, la Buick Skylark de GM (Général Motors).



Figure I.4 : La première voiture hybride

En 1976, « the Electric and Hybrid Vehicle Research, Development and Demonstration Act » a été adopté par le Congrès américain, qui a permis de favoriser le développement des nouvelles technologies de batteries, moteurs et composants hybrides.

- Dès 1988, la société automobile Général Motors lance un projet de recherche pour développer une nouvelle voiture électrique qui deviendra l'EV 1 et qui va être produite entre 1996 et 1998.

- En 1997, Toyota lance la Prius, la première voiture hybride à être commercialisée en série 18 000 exemplaires ont été vendus au Japon la première année et en 2006 Toyota a passé le cap des 500.000 unités vendues à travers le monde avec son célèbre véhicule hybride.



Figure I.5 : La Prius

- De 1997 à 2000, de nombreux modèles électriques hybrides ont été lancés : la Honda EV Plus, la G.M. EV1, le Ford Ranger pickup EV, Nissan Altra EV, Chevy S-10 EV et le Toyota RAV4 EV.

- Cependant à partir de 2000, la voiture électrique va ré-mourir à nouveau. En 2004, c'est la fin de l'EV1, GM va récupérer tous les véhicules EV1 pour les détruire, et ce malgré plusieurs mouvements de protestation.

Le constructeur fut accusé de céder au lobbying des sociétés pétrolières.

- En 2008 Tesla à démarrer la production en série du premier véhicule, le Roadster Tesla (Figure I .6).



Figure I.6 : Le Tesla Roadster I. [7]

- En Juillet 2009, La Mitsubishi i-MiEV a été lancée au Japon pour les professionnels, et en Avril 2010 pour les clients individuels, puis on a commencé à la vendre au public Hongkongais en mai 2010.

- En décembre 2010, La Nissan LEAF (Leading, EnvironmentallyFriendly, Affordable, Family car) la voiture électrique à cinq places annoncée qui a été déjà annoncé en 2009, a pu être commercialisée au Japon et aux Etats-Unis et en arrivant aux marchés européens la fin 2011.



Figure I.7 : La Nissan LEAF

- Aujourd'hui, le véhicule électrique est devenu une réalité. Les principaux constructeurs automobiles, à l'image de Renault avec la ZOE en 2013, ont développé un modèle 100% électrique et non un seul véhicule électrifié.

Les installations de bornes de recharge sont aujourd'hui de plus en plus nombreuses.



Figure I.8 : La Renault ZOE

I.3 DEFINITION D'UN VEHICULE ELECTRIQUE :

La voiture électrique présente la particularité d'être mue par un ou plusieurs moteurs électriques qui transmettent la force motrice aux roues selon la solution de transmission retenue.

Compte tenu des progrès scientifiques et technologiques accomplis dans le domaine de l'électronique de puissance, 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. [17] Le système de propulsion électrique est l'organe principale du VE, il est propulsé électriquement par des moteurs et comporte un système de transmission formé par un ou plusieurs moteurs électriques entraînant deux roues motrices.

Performances	Véhicule Essence	Véhicule urbain	Véhicule électrique	Véhicule routier	Véhicule rechargeable
2010:Consommation	4.8L/100 km	4.2L/100km	0.2kWh/100 km	5.8L/100km	mix
2010/ Emission de co2 en circulation (g co2/km)	115	100	0	155	78
2020:Consommation	3.7L/100 km	3.1L/100km	0.2 kWh/100km	4.7L/100km	mix
2020/Émission de co2 en circulation (gco2/km)	90	85	0	125	63

Tableau I.1 : Comparaison de performances de différents types de véhicules entre 2010 et 2020. [6]

I.4 ARCHITECTURE D'UN VEHICULE ELECTRIQUE :

La solution la plus simple pour réaliser un véhicule électrique est de le construire sur la base d'un véhicule thermique existant, en remplaçant le moteur thermique par un moteur électrique.

Cependant, la transmission mécanique peut être simplifiée.

La capacité des moteurs électriques à démarrer à couple élevé et de fonctionner sur une large plage de vitesse.

Par contre, comme le couple est une grandeur dimensionnée, l'absence de boîte de Vitesse implique un moteur plus lourd, plus encombrant et donc plus coûteux. Aussi, pour réduire la masse embarquée, les VE peuvent être conçus avec un réducteur qui permet au moteur électrique de travailler à grande vitesse.

Ce réducteur permet de réduire la taille du moteur grâce à la réduction du couple demandé.

Cette chaîne de traction centrée autour d'un seul moteur de traction couplé à un réducteur à rapport fixe représente la solution dite classique pour l'architecture des VE.

La chaîne de traction classique d'un VE comprend donc, la source d'énergie, le convertisseur, le moteur électrique, la transmission mécanique englobant le différentiel et les roues.

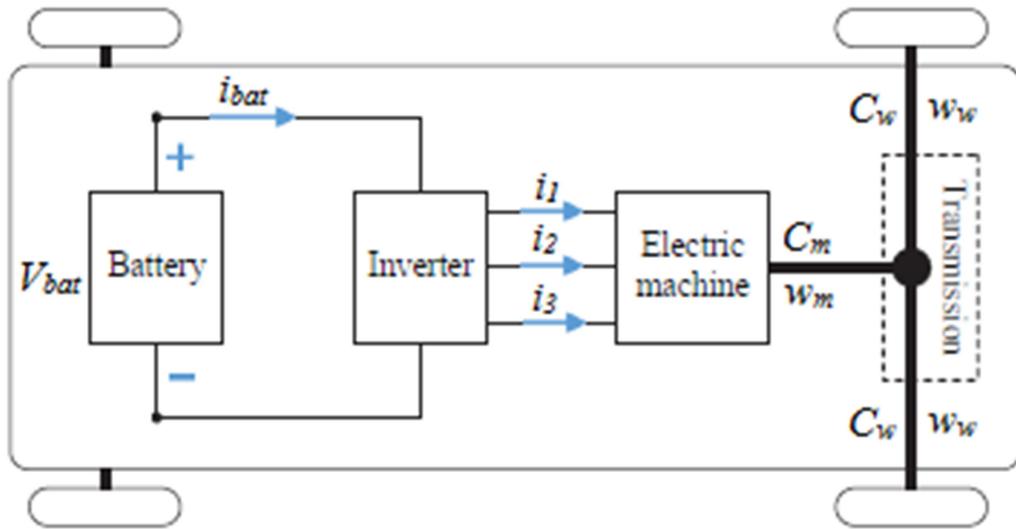


Figure I.9 : architecture d'un véhicule électrique

Cette configuration est présentée sur la figure suivante :

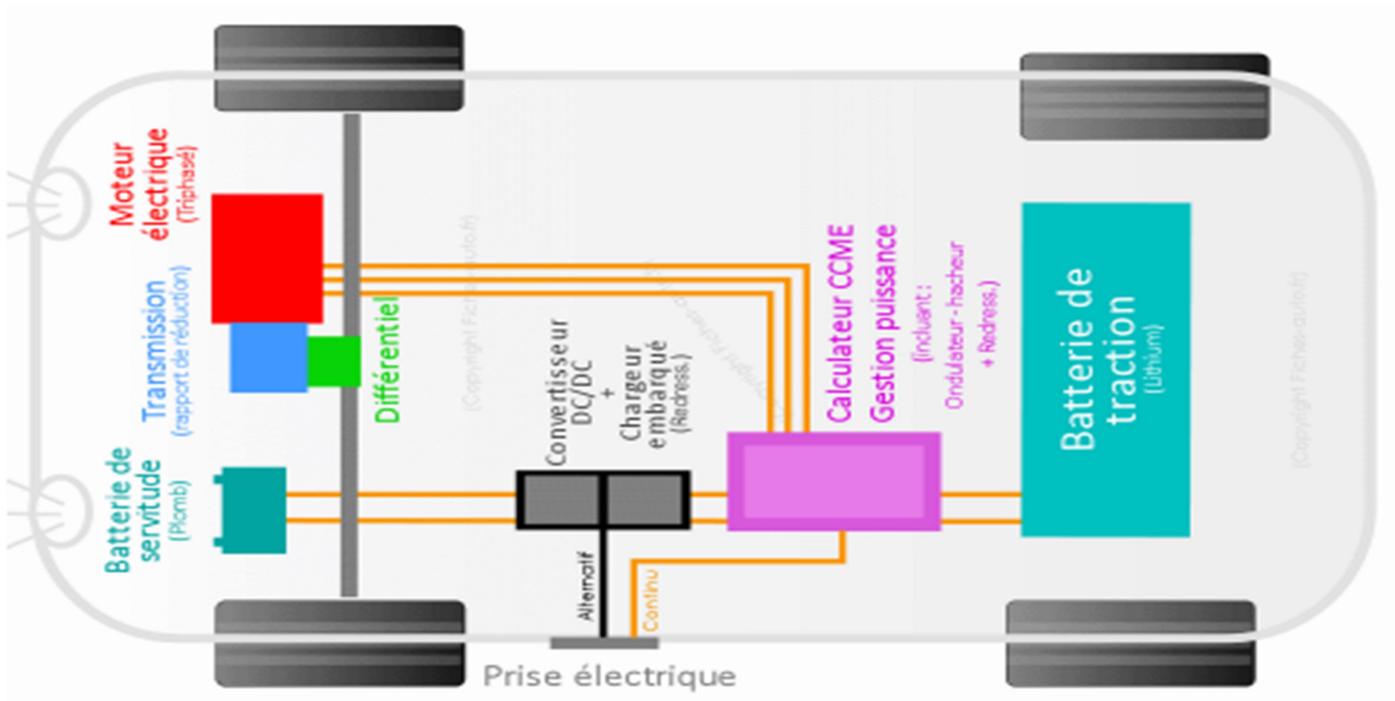


Figure I.10 : les composants le système de traction d'une voiture électrique

I.5 CLASSIFICATION DES VEHICULES ELECTRIQUES:

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.5.1 VEHICULE TOUT ELECTRIQUE :

Le développement de VE 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.5.1.1 VEHICULES ELECTRIQUES A 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.5.1.2 VEHICULES ELECTRIQUES A ALIMENTATION PAR PILE A COMBUSTIBLE

Les VE s à pile à combustible sont semblables aux autres véhicules électriques sauf qu'ils produisent leur propre électricité à bord.

La source de cette électricité est la pile à combustible, un dispositif électrochimique semblable à une batterie à plusieurs égards. Plutôt que de stocker et relâcher l'énergie électrique comme une batterie, une pile à combustible produit toutefois de l'électricité par réaction chimique aussi longtemps qu'elle reste alimentée en carburant.

Il y a divers types de piles à combustible qui fonctionnent avec différents carburants mais la pile à membrane échangeuse de protons, considérée comme la plus prometteuse pour les véhicules automobiles, utilise de l'hydrogène H₂ et l'oxygène de l'air ambiant comme carburants.

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 19^{ème} siècle par deux anglais, Sir Henry Davy et Sir William Grove.

Son principe de fonctionnement (Figure I.11) 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 :



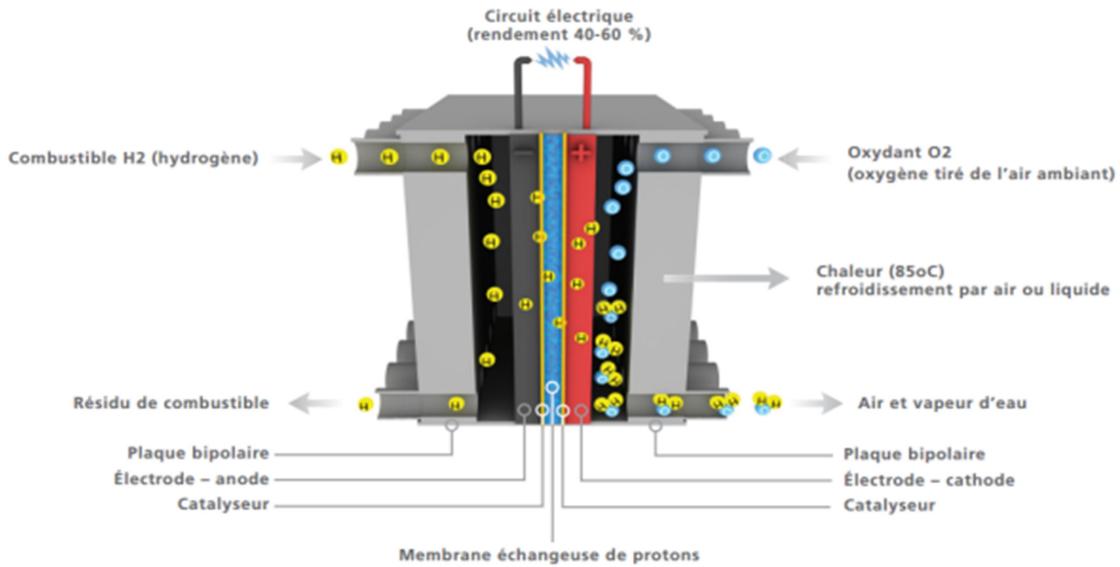


Figure I.11 : Principe de fonctionnement de la pile à combustible

Ballard Power Systems a annoncé d'être la première entreprise de pile à combustible à avoir permis à des bus (Figure I.12) en service de circuler sur plus de 10 millions km cumulés.



Figure I.12 : Auto bus à pile à combustible

La société a réussi cet exploit en sept générations de son moteur à pile à combustible FC Vélo City, déployé au sein des autobus de 15 pays sur 5 continents au cours des 10 dernières années.

Durant cette période, Ballard a travaillé avec 13 fabricants d'autobus pour développer une variété de configurations de bus à pile à combustible, et ceci en étudiant un large éventail de conditions climatiques et de financement.

I.5.2 VEHICULE HYBRIDE

Un véhicule hybride est un véhicule disposant d'au moins deux sources d'énergie, typiquement un réservoir de carburant et une batterie, associés à des machines de conversion de l'énergie, telles que les moteurs électriques et les moteurs à Combustion interne.

On dénit communément trois familles d'architectures hybrides :

I.5.2.1 VEHICULE HYBRIDE SERIE

Dans l'architecture série, seul le moteur électrique est connecté directement aux roues et leur transmet un couple.

Le moteur électrique est donc dimensionné pour pouvoir assurer seul la traction du véhicule, selon la demande de couple du conducteur.

La Figure schématise le fonctionnement d'un véhicule hybride série.

Le moteur électrique est alimenté soit par des batteries, soit par une génératrice entraînée par le moteur thermique, soit par un mélange des deux.

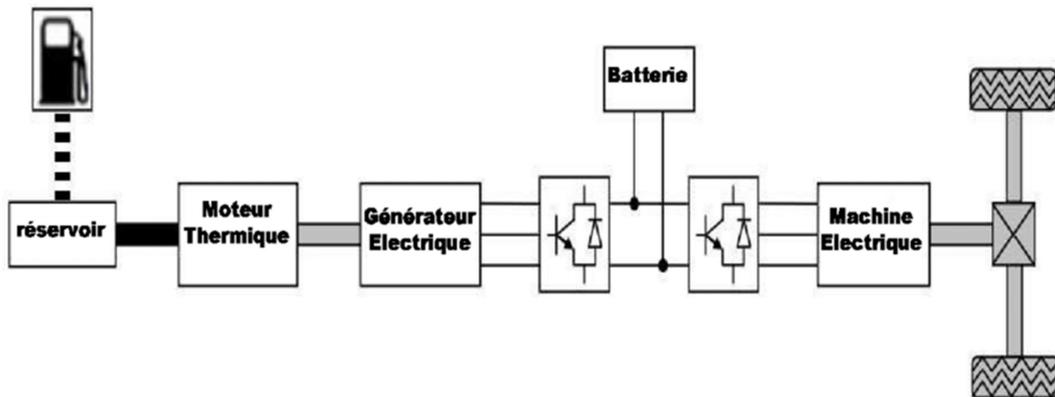


Figure I.13 : Principe de l'architecture série

I.5.2.2 VEHICULE HYBRIDE PARALLELE

La première idée est de faire deux véhicules en un, en bénéficiant des avantages de chacun et Le VHP possède ainsi deux moteurs fonctionnant en parallèle, un électrique et une thermique.

Les deux moteurs sont utilisés séparément et on résout alors le problème écologique du moteur thermique en ville, en fonctionnant en mode électrique et celui de l'autonomie du véhicule électrique pour les grands déplacements hors des agglomérations en fonctionnant en mode thermique (Figure I.14).

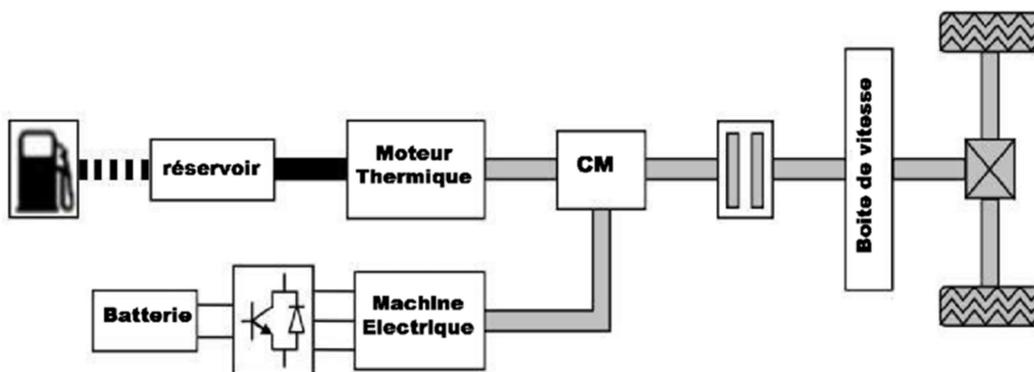


Figure I.14 : Principe de l'architecture parallèle

I.5.2.3 VEHICULE HYBRIDE COMBINE

La catégorie des architectures combinées correspond aux hybrides série/parallèle, dont la Toyota Prius fait partie.

Appelée aussi hybride parallèle à dérivation de puissance, cette architecture intègre un moteur électrique, une génératrice, et un moteur thermique.

Grâce à une gestion efficace des puissances demandées d'un côté, et fournies de l'autre, il est possible de contrôler en régime le moteur thermique, et de partager son couple entre les demandes du véhicule, et la recharge de la batterie. La Figure schématise le fonctionnement d'un hybride combiné.

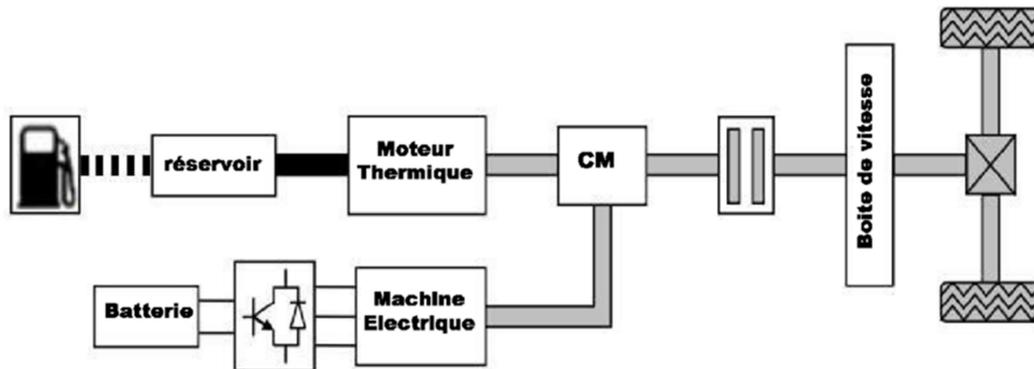


Figure I.15 : Principe de l'architecteur hybride combiné, type Prius

I.6 AVANTAGES ET INCONVENIENT DES VE :

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

I.6.1 Avantage :

- 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 composés 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 principale 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.6.2 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 accélérée.
- La durée de vie de la batterie et la puissance du moteur électrique ne sont pas encore très importantes.

I.7 CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous donnons une présentation générale des véhicules électriques (VE), puis révélons leur évolution dans le temps, puis nous nommons leurs différents types et classifications en fonction des sources d'énergie.

Nous démontrons également des architectures de groupes motopulseurs de véhicules électriques basées sur différentes technologies utilisées dans ces véhicules.

À la fin de ce chapitre, nous avons parlé des avantages et des inconvénients des véhicules électriques.

CHAPITRE II: Description d'un véhicule électrique et leurs fonctionnements

II.1 Introduction :

On s'intéresse dans ce présent chapitre à la présentation de la Chaîne de traction électrique d'un véhicule et les éléments de ce dernier, que nous voulons l'intégrer dans notre réalisation.

Les composants présents dans les voitures électriques ne sont jamais les mêmes selon le Constructeur du modèle et la technologie utilisée. Cependant certains sont indispensables pour Pouvoir qualifier un véhicule automobile comme électrique.

Le véhicule électrique comporte une batterie haute tension dont le volume et la masse sont importants (environ 300 kg).

La batterie fournit l'énergie provenant soit de la charge par câble depuis une source extérieure, soit de la décélération du véhicule. La capacité des batteries est de l'ordre de 5 à 40 kWh, leur tension totale de 300 à 500 V.

La voiture est aussi équipée de plusieurs convertisseurs, des chargeurs de batterie et quelques accessoires ainsi d'un ou plusieurs moteurs électriques.

Nous allons aussi nous intéresser aux éléments importants utilisés dans un véhicule électrique comme les sources d'énergie électrique et les systèmes de propulsion électrique ainsi les auxiliaires.

II.2 Définition de la chaîne de traction :

L'architecture de la chaîne de traction de la voiture électrique est beaucoup plus simple : il n'y a pas besoin de boîte de vitesse ou de composants pour convertir le mouvement vertical des pistons en mouvement rotatif (cas d'un moteur thermique) : l'axe du moteur tourne directement sur l'axe des roues de la voiture électrique.

La chaîne de traction classique d'une voiture électrique comprend la source d'énergie, le convertisseur, le moteur électrique, la transmission mécanique.

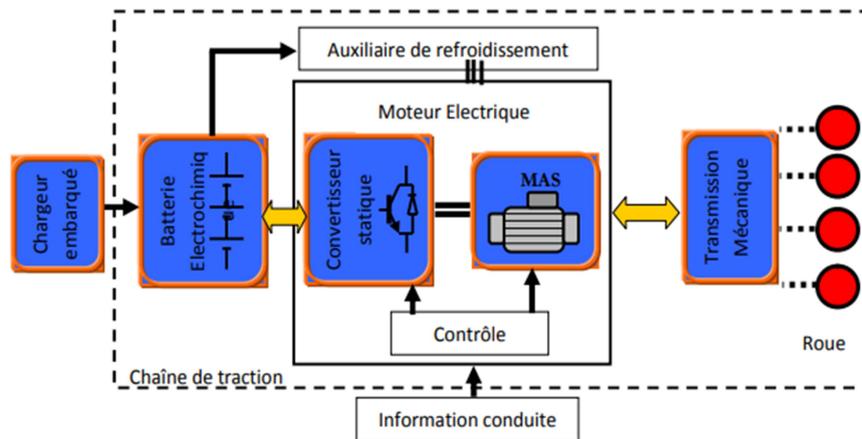


Figure II.16 : Schéma fonctionnel de la chaîne de traction d'un véhicule tout électrique

Plusieurs possibilités d'association d'éléments nécessaires à la transmission de puissance qui sont le réducteur mécanique, la boîte de vitesse, et éventuellement le différentiel.

II.3 Les systèmes de propulsion :

Le système de propulsion électrique est le cœur des véhicules électriques. Ils se composent des moteurs électriques, de convertisseurs de puissance et de leurs contrôles/commandes. Le moteur électrique est utilisé pour convertir l'énergie électrique qui provient de la source d'énergie mécanique utilisée pour propulser le véhicule ou inversement pour permettre la récupération d'énergie pendant le freinage. Lors du freinage, la chaîne mécanique devient en partie la source de puissance, et la source d'énergie principale devient le récepteur. Le convertisseur de puissance est alors utilisé pour alimenter le moteur électrique dans les limites admissibles de tension et de courant.

Pour une bonne gestion de tous les composants qui constituent le système de propulsion électrique, le système de contrôle-commande fournit des signaux de commande et des références à poursuivre en couple ou en vitesse suivant les desiderata du conducteur et de la mission. [12]

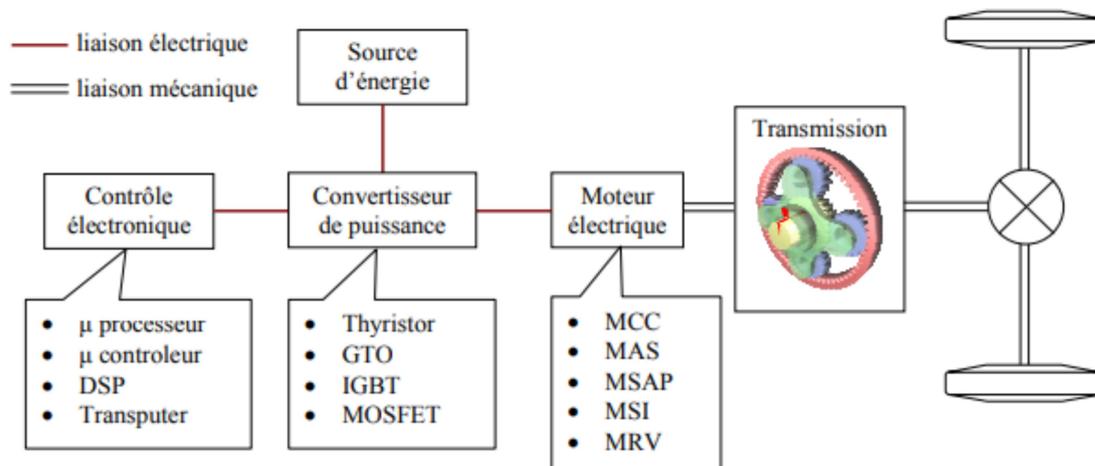


Figure II.17 : Schéma de fonctionnement pour un système de propulsion électrique [12]

Le choix des systèmes de propulsion électrique pour le véhicule électrique et hybride dépend essentiellement de trois facteurs, à savoir la source d'énergie, [13] le cycle de conduite, et des contraintes du véhicule. Le cycle de conduite est défini comme le cycle qui comprend l'accélération, la vitesse maximale, le freinage et la durée des différentes phases.

Les contraintes du véhicule, y compris le volume et le poids sont fonction du type et de la mission du véhicule. Les principales sources d'énergie sont les batteries, les super condensateurs, les volants d'inertie, etc. L'interaction des sous-systèmes et les impacts probables des facteurs exogènes sont bien entendu un point d'orgue nécessitant toute l'attention. [12]

II.3.1 Les redresseurs (AC/DC) :

Dans un véhicule électrique, les redresseurs sont utilisés pour transformer l'énergie électrique à courant alternatif fournie, soit par le réseau de distribution générale, soit par un alternateur placé à bord du véhicule et accouplé à un moteur thermique, en

énergie électrique à courant continu qui peut être stockée dans une batterie d'accumulateurs électrochimiques ou dans une batterie de grande capacité. [14]

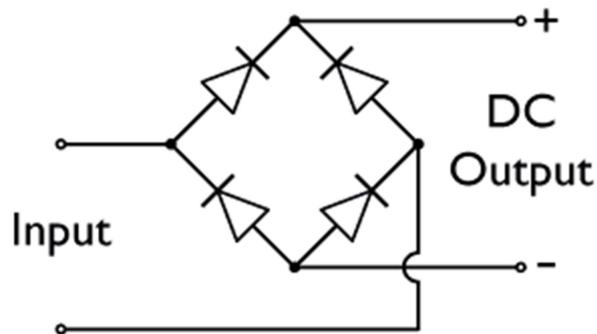


Figure II.18 : Redresseur

II.3.2 Les onduleurs (DC/AC) :

Dans les véhicules électriques équipés d'un moteur à courant alternatif, il est nécessaire d'interposer entre la source d'énergie et le ou les moteurs de traction un dispositif de conversion appelé onduleur, qui transforme l'énergie électrique à courant continu en énergie électrique à courant alternatif et qui permet de réaliser la commande du couple des moteurs et le réglage de la vitesse du véhicule tant en mode traction qu'en mode freinage. [14] [15]

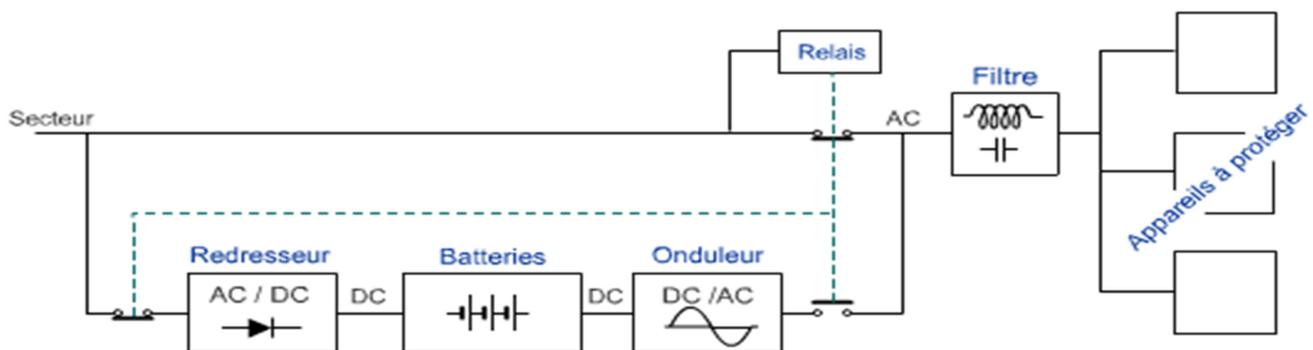


Figure II.19 : Onduleur

II.3.3 Les hacheurs (DC/DC) :

Un hacheur est un convertisseur de courant qui permet d'obtenir à partir d'une source de tension à courant continu de valeur sensiblement constante, des tensions et des courants contrôlés, réglables et adaptés aux besoins nécessaires à l'alimentation des divers récepteurs (capteurs, régulateurs, etc.). Dans un véhicule électrique, les hacheurs ont deux usages essentiels :

- Ils sont indispensables dans l'alimentation des moteurs de propulsion quand ceux-ci sont des moteurs à courant continu.
- Ils sont nécessaires pour adapter la tension de la batterie principale à celle des auxiliaires électroniques utilisés (capteurs, régulateurs,).

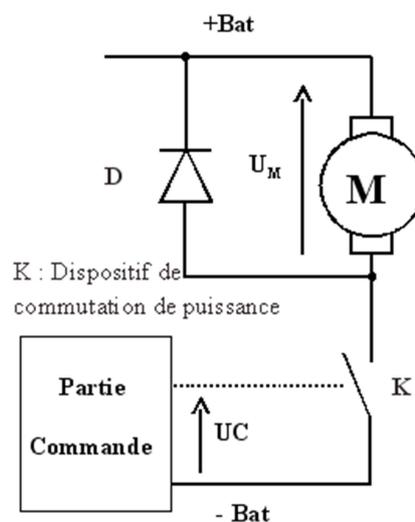


Figure II.20 : Hacheur

II.3.4 Le chargeur :

Les chargeurs de batteries sont spécifiques au type d'alimentation électrique à leur emplacement (embarqués ou non au sein du véhicule) et au mode de transmission de l'énergie. Pendant la charge, la batterie se comporte comme un récepteur de courant.

Deux grands types des chargeurs ont été définis pour cette fonction :

- les chargeurs de type " lents " : est un dispositif d'une puissance moyenne, généralement de 3 kW. Il nécessite pour une charge complète du pack de batteries une durée de 5 à 8 heures. Cette opération peut donc s'effectuer en heures creuses.
- les chargeurs de type " rapides " : Les structures, dont la puissance transitiée est supérieure à 10 kW, ont été classées dans les chargeurs dits rapides. La puissance maximale atteint aujourd'hui 150 kW. L'objectif de ce type de montage est de permettre, en peu de temps (inférieur à 30 min.) une recharge partielle (80 %) des batteries. [16]

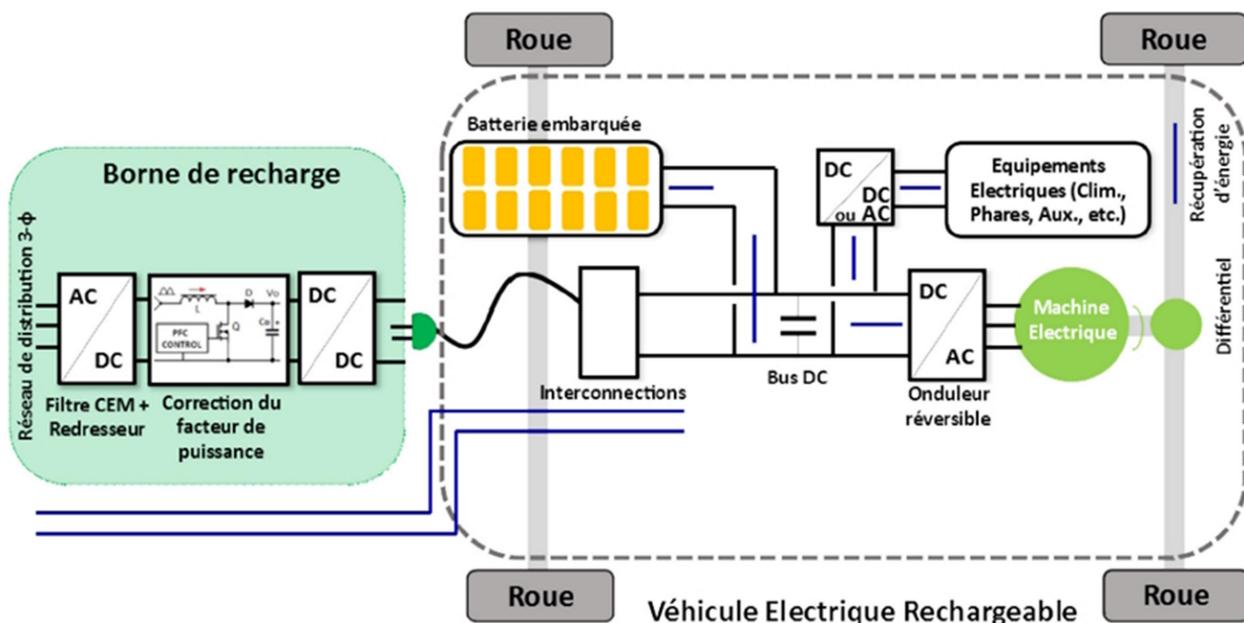


Figure II.21 : chargeur de batterie d'un véhicule électrique

II.4 Moteur électrique :

C'est un composant très simple au cœur de la voiture électrique, il joue sur les forces d'interactions (vecteurs forces) entre un électroaimant et un aimant permanent. Il est utilisé pour convertir l'énergie électrique qui provient de la source, en énergie mécanique utilisée pour propulser le véhicule durant les phases de traction, ou inversement l'énergie mécanique en énergie électrique lors des phases de freinage, pour permettre la récupération d'énergie (régénération).

Lors du freinage, la chaîne mécanique devient en partie la source de puissance, et la source d'énergie principale (batterie) devient le récepteur. [15]

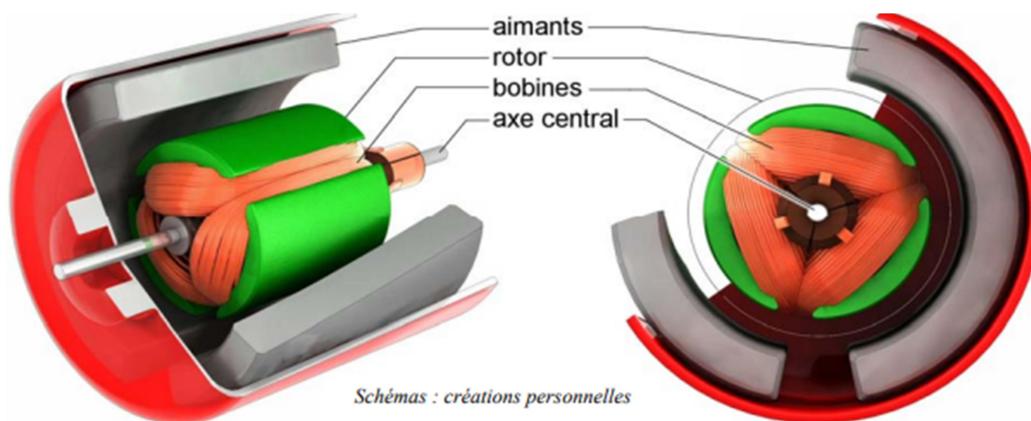


Figure II.22 : moteur électrique

II.4.1 Le moteur à courant continu (MCC) :

La source d'énergie provenant de la batterie étant à courant continu, le choix d'un moteur à Courant continu semble un choix évident. Historiquement, les entraînements utilisant des moteurs à courant continu ont été employés bien en avant dans les véhicules électriques parce qu'ils offrent un contrôle de vitesse simple. De plus, ce

type de moteur dispose d'excellentes caractéristiques pour la propulsion électrique (courbe du couple très favorable à faible vitesse).

En revanche, leur fabrication est onéreuse et nécessite l'entretien du système balais-collecteur. Leur vitesse est limitée et ayant une faible puissance massique avoisinant en générale, les 0,3 à 0,5 kW/kg, alors que celle des moteurs à essence est de l'ordre 0,75 à 1,1 kW/kg. Ce qui les rend moins fiables et non appropriés dans ce domaine d'application. [17]

Les types de moteurs :

II.4.2 Le moteur asynchrone (MAS) :

Le moteur asynchrone est formé d'un stator et d'un rotor :

- **Stator** : la partie fixe du moteur. Il comporte trois bobinages (ou enroulements) qui peuvent être couplés en étoile (Y) ou en triangle selon le réseau d'alimentation.

- **Rotor** : la partie tournante du moteur. Cylindrique, il porte soit un bobinage (d'ordinaire triphasé comme le stator) accessible par trois bagues et trois balais, soit une cage d'écureuil non accessible, à base de barres conductrices en aluminium. Dans les deux cas, le circuit rotorique est mis en court-circuit (par des anneaux ou un rhéostat). [3]

La machine asynchrone, du part sa simplicité de fabrication et d'entretien est actuellement la machine la plus répandue dans le secteur industriel et présente de bien meilleures performances que les autres types de machines.

Par ailleurs, ces machines possèdent un couple massique, un rendement et un facteur de puissance plus faible que les machines à aimants.

II.4.3 Le moteur synchrone :

Bien que plus délicats à piloter, plus coûteux et potentiellement moins robuste, le choix du moteur synchrone s'est imposé dans les véhicules électriques et hybrides. La machine synchrone offre le meilleur rendement en mode générateur et moteur.

Le moteur synchrone se compose, comme le moteur asynchrone, d'un stator et d'un rotor séparés par un entrefer.

La seule différence se situe au niveau de la conception du rotor et la vitesse de synchronisation.

Dans cette catégorie, on trouve plusieurs sortes de configurations dont nous citons deux types Les plus fréquents :

- a- A aimants permanents : C'est le moteur la plus populaire pour l'entraînement des véhicules électriques car, il offre des meilleures performances en termes de rendement, de couple et de puissance massique.

De plus, il demande peu de maintenance et il est relativement facile à commander.

Cependant le coût de production, dépendant essentiellement de la qualité des aimants, est parmi les plus élevés.

- b- A réluctance variable : Le moteur synchrone à réluctance variable gagne l'intérêt des constructeurs car c'est un moteur solide, facile à contrôler, sans balais donc sans usure ou entretien, et pouvant avoir de bonnes performances en termes de couple maximum, de rendement et de facteur de puissance. Le rotor de ce type de moteur ne contient ni aimants, ni bobinage d'excitation. Le couple est créé seulement grâce à l'effet réluctance.

Le stator est semblable à celui de la majorité des machines à courant alternatif.

Le rotor est construit de manière à ce que le rapport entre l'inductance dans l'axe direct et l'axe en quadrature (L_d/L_q) soit le plus important possible.

La plage de fonctionnement en vitesse à puissance constante est directement liée à ce rapport.

Il en est de même pour le facteur de puissance (plus ce rapport est élevé plus le facteur de puissance est grand). L'obtention d'un rapport (L_d/L_q) élevé induit des contraintes au niveau de la fabrication, qui se répercutent négativement sur le coût.

Chacun de ces moteurs a des avantages et des inconvénients, mais ce sont essentiellement les notions de coût et de difficulté de la commande qui s'affrontent. Le tableau ci-dessus résume les avantages et les inconvénients des principaux types de moteurs utilisés dans les véhicules électriques.

+ : avantage ; 0 : neutre ; - : désavantage.

	MCC	MAS	MSAP	MRV
Rapport puissance/poids	0	+	++	+
Vitesse de rotation max	-	+	+	+
Rendement(%)	80-85	85-90	90-95	90-94
Contrôlabilité	++	+	+	+
Maintenance	-	+	0	+
Coût du moteur	-	++	-	+

Tableau II.2 : Comparaison des différents Moteurs

II.5 Les sources d'énergie électrique :

II.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 major problème de cette dernière c'est la durée de vie qui n'est pas très grande, et le temps

important qu'elle prenne pour se charger. Elles peuvent être en plomb, en Ni-Cd, en Ni-Mh ou en lithium.



Batterie Li-ion polymère de Nissan



batterie NiMH de la Toyota Prius



Batterie au plomb de Hawker , l'Armasafe



batterie NiCd de Saft , type MRX

Figure II.23 : Différents types des batteries.

II.5.2 Types de batteries :

Une batterie typique consiste en deux ou plusieurs cellules électrochimiques réunies. La batterie convertit l'énergie chimique stockée en énergie électrique. Une cellule de batterie unique est faite de deux électrodes dont l'une est négative et l'autre est positive, qui sont connectés par un électrolyte. La réaction chimique entre les électrodes et l'électrolyte génère de l'électricité. Cette batterie est Rechargeable

II.5.2.1 Plomb / acide :

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

Les plaques et grilles de plomb sont en réalité constituées de plomb durci (par exemple à l'aide d'étain, de cadmium et de strontium, à raison de quelques pourcent de l'alliage).

II.5.2.2 Nickel-cadmium : Ni-Cd

Une batterie au nickel-cadmium est une batterie rechargeable utilisée pour les appareils portatifs et autres petits appareils alimentés par batterie nécessitant une décharge de puissance uniforme. Les Ni-Cd utilisent des électrodes faites d'hydroxyde d'oxyde de nickel, de cadmium métallique et d'un électrolyte alcalin d'hydroxyde de potassium.

II.5.2.3 Nickel-hydrure métallique : Ni-MH

La technologie Ni-MH est extrêmement répandue dans les accumulateurs portables d'usage courant :

- les modèles AA/HR6 dont la capacité peut atteindre 2 900 Mah pour les plus performants.
 - les modèles AAA/HR3 dont la capacité maximale est de 1 000 Mah. Hormis le nickel (sous forme d'oxy-hydroxyde) de l'électrode positive, les accumulateurs Ni-MH utilisent comme électrolyte une solution d'hydroxyde de potassium.
- Ainsi qu'un alliage hydrurable à base de lanthane et de nickel de type LaNi₅.

II.5.2.4 Lithium :

Il existe trois sortes principales d'accumulateurs lithium :

L'accumulateur lithium métal, où l'électrode négative est composée de lithium métallique (matériau qui pose des problèmes de sécurité).

- Les accumulateurs lithium-ion, où le lithium reste à l'état ionique grâce à l'utilisation d'un composé d'insertion aussi bien à l'électrode négative (généralement en graphite) qu'à l'électrode positive (dioxyde de cobalt, manganèse, phosphate de fer).
- Les accumulateurs lithium-polymère sont une variante et une alternative aux accumulateurs lithium-ion.

Ils délivrent un peu moins d'énergie, mais sont beaucoup plus sûrs.

Contrairement aux autres accumulateurs, les accumulateurs lithium ion ne sont pas liés à un couple électrochimique.

Tout matériau pouvant accueillir en son sein des ions lithium peut être à la base d'un accumulateur lithium ion.

Ceci explique la profusion de variantes existantes, face à la constance observée avec les autres couples.

Il est donc délicat de tirer des règles générales à propos de cet accumulateur, les marchés de fort volume (électronique nomade) et de fortes énergies (automobile, aéronautique, etc.) n'ayant pas les mêmes besoins en termes de durée de vie, de coût ou de puissance.

II.6 Les super condensateurs :

Les super condensateurs stockent l'énergie sous forme électrostatique. Ils sont des systèmes de stockage d'énergie de faible densité d'énergie mais d'une densité de puissance importante.

Par conséquent, ils sont utilisés dans les phases transitoires pour fournir les pics de puissance demandés, afin de réduire les sollicitations en courant, de diminuer la taille et d'augmenter la durée de vie de la source principale d'énergie (batteries ou pile à combustible)

Le super condensateur se compose de deux collecteurs métalliques, chacun couplés à deux électrodes carbonées, poreuses et imprégnées d'électrolyte.

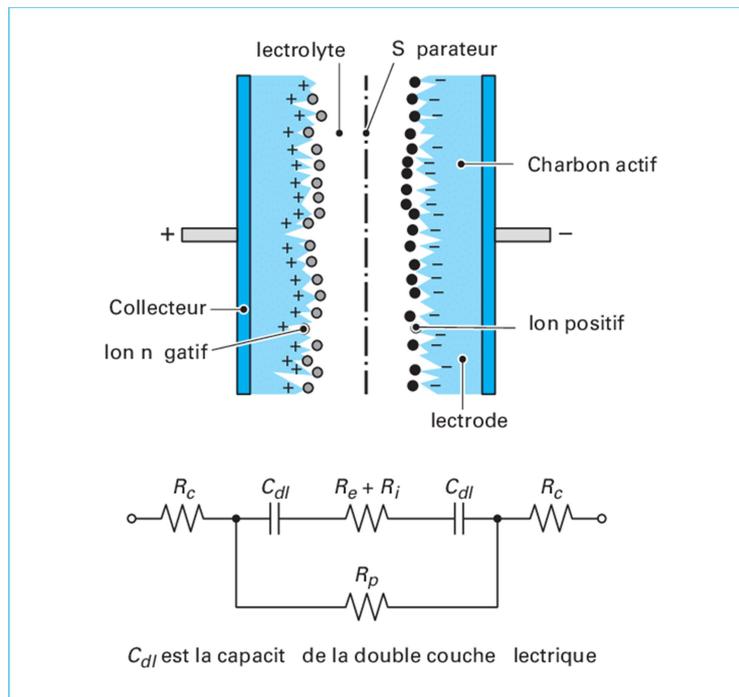


Figure II.24 : Schéma fonctionnel d'un super-condensateur.

Pour remédier aux problèmes de surdimensionnement des batteries dans les applications VEH, les super condensateurs présentent des propriétés très intéressantes. La cinétique du transfert de charge est plus rapide que dans le cas des batteries. Leur durée de vie est de l'ordre de quelques centaines de milliers de cycles de charge/décharge.

II.6.1 Les volants d'inertie :

Les volants d'inertie stockent l'énergie électrique sous forme d'énergie cinétique. Ils sont soit totalement mécanique avec un système d'embrayage et un multiplicateur de vitesse soit le système est composé d'un volant entraîné par une machine électrique. Les points positifs sont la durée de vie des éléments sous vide et la puissance massique. La sécurité est le problème majeur de cette technologie car le rotor tourne à très haute vitesse (jusqu'à 80 000tr/min).

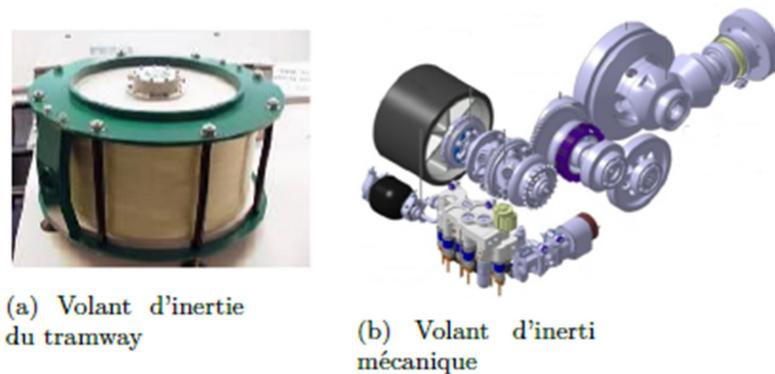


Figure II.25: Les volants d'inertie

Le couplage de ce volant avec un moto-générateur permet de transformer l'énergie cinétique sous forme électrique.

Pour augmenter la densité d'énergie et pour minimiser le volume du système, on préfère augmenter la vitesse plutôt que le moment d'inertie.

Les volants d'inertie modernes à très haute vitesse utilisent un volant en matériaux composites capables de résister à la force centrifuge et surtout à de très grandes vitesses périphériques, la limite étant à environ 800m/s.

Actuellement, l'utilisation d'un volant d'inertie n'est pas envisagée pour les véhicules légers et elle est limitée aux véhicules lourds car ils restent une procédure complexe qui conduit à un coût élevé.

II.7 Convertisseurs électriques :

L'emploi d'une chaîne de traction électrique au sein d'un véhicule sous-entend la présence à leur bord d'une source d'énergie électrique qui est un accumulateur de capacité adéquate à la durée d'utilisation désirée du véhicule. Dans la majorité des automobiles électriques, on est faisant face à la compatibilité des sources d'énergie à courant continu et a courant alternatif et en même temps a des compatibilités entre les tensions des sources et des récepteurs. Puisque l'énergie électrique générée par les sources électriques est sous forme d'une tension continue (DC), il est nécessaire d'introduire, entre l'unité de production et d'application (la charge), une interface permettant l'adaptation entre les caractéristiques des sources d'énergie et les caractéristiques de la charge.

Afin d'assurer certaines fonctions comme l'alimentation d'un niveau de tension adéquate (dans des limites convenables), la protection du super condensateur ou la gestion de l'énergie entre la batterie et les autres éléments de stockage, une interface de puissance doit être mise en place.

Ainsi on peut identifier trois fonctions principales de l'interface de puissance :

- adapter les caractéristiques de tension à des tensions acceptables pour les applications visées.
- optimiser les performances du système.
- contrôler l'état de l'énergie produite, stockée ou fournie.

Dans la plupart des VE, le choix du type de structure d'interface de puissance dépend de plusieurs critères découlant de l'application. Dans ces applications, la structure se décompose en deux parties avec des rôles différents, DC (Direct Curent) et AC (Alternative Curent).

Il faut utiliser des convertisseurs DC/DC, des convertisseurs DC/AC ou des convertisseurs AC/DC

II.8 Les Auxiliaires :

Il s'agit de tous les équipements électriques, pneumatiques et hydrauliques non impliqués dans le remorquage du véhicule. Comme les voitures thermiques, les voitures électriques ont aussi le même adjuvant. De nombreuses fonctionnalités sont apparues au cours des trois dernières décennies. Citons le verrouillage centralisé et la protection antivol, la direction assistée, les vitres électriques, la climatisation, les airbags, devenus indispensables vers 1995, citons également les essuie-glaces électriques, l'éclairage intérieur, les voyants, la radio, le tableau de bord avec voyants. Dans le tableau II.3, nous listons la consommation des auxiliaires répertoriés dans la majorité des véhicules électriques.

Ordres de grandeur De puissances électriques	Puissance (W)
Phares et éclairage additionnel	250
Feux de brouillard avant	110
Feux de brouillard arrière	30
Radio, système audio	15-100
Vitre arrière dégivrante	150
Chauffage de siège	150
Essuie-glace avant	50
Chauffage	5000

Tableau II.3 : Puissances consommées par les auxiliaires des véhicules conventionnel.

II.9 Conclusion :

Nous venons de présenter, dans ce chapitre une description d'un véhicule électrique avec les différents éléments qui constituent sa chaîne de traction et leur fonctionnement et définition.

Ceci nous a permis d'effectuer nos choix et nos besoins à l'aide de ses systèmes de propulsion, en procédant à une solution d'entraînement à deux roues motrices.

Dans le prochain chapitre, nous avons abordé une optimisation et simulation de la transmission d'un véhicule électrique.

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

III.1 INTRODUCTION :

À travers le développement de technologies de motorisation alternatives, alternatives, il y a eu une tendance vers le développement de véhicules hybrides électriques et électriques purs (PEV).

Les nouvelles applications industrielles nécessitent des variateurs de vitesse ayant des hautes performances dynamiques.

Ces dernières années plusieurs techniques ont été développées pour permettre aux moteurs synchrones à aimants permanents d'atteindre ces performances.

Cependant le contrôle vectoriel, qui permet un découplage entre les variables de commande, reste le plus utilisé en raison des performances dynamiques élevées qu'il offre pour une large gamme d'applications.

Pour l'obtention de performances exigées dans un système de commande, nous avons amené à adjoindre au système à commander des organes extérieurs appelés régulateurs (PI), qui ont pour rôle de maintenir la grandeur régulée à une valeur de la consigne malgré la présence des perturbations dans le fonctionnement en régulation ou de suivre la variation d'une consigne dans le fonctionnement en asservissement.

L'objectif de ce chapitre est de proposer un modèle de véhicule électrique.

III.2 LOGICIEL SUR LEQUEL VOUS AVEZ TRAVAILLE :

III.2.1 MATLAB :

Le langage de l'informatique technique. Des millions d'ingénieurs et de scientifiques du monde entier utilisent **MATLAB** pour analyser et concevoir les systèmes et les produits qui transforment notre monde.

Le langage **MATLAB** basé sur des matrices est le moyen le plus naturel au monde d'exprimer les mathématiques computationnelles.

Les graphiques intégrés facilitent la visualisation et l'obtention d'informations à partir des données.

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

L'environnement de bureau invite à l'expérimentation, à l'exploration et à la découverte. Ces outils et fonctionnalités **MATLAB** sont tous rigoureusement testés et conçus pour fonctionner ensemble.

MATLAB vous aide à emmener vos idées au-delà du bureau. Vous pouvez exécuter vos analyses sur des ensembles de données plus volumineux et évoluer vers des clusters et des clouds. Le code **MATLAB** peut être intégré à d'autres langages, ce qui vous permet de déployer des algorithmes et des applications dans des systèmes Web, d'entreprise et de production.

III.2.2 SIMULINK :

Simulink est un environnement de diagramme de blocs pour la simulation multi domaine et la conception basée sur des modèles.

Il prend en charge la conception au niveau du système, la simulation, la génération automatique de code et le test et la vérification continus des systèmes embarqués.

Simulink fournit un éditeur graphique, des bibliothèques de blocs personnalisables et des solveurs pour modéliser et simuler des systèmes dynamiques.

Il est intégré à **MATLAB**, ce qui vous permet d'incorporer des algorithmes **MATLAB** dans des modèles et d'exporter les résultats de simulation vers **MATLAB** pour une analyse plus approfondie.

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

III.3 MODEL DE SIMULATION :

Dans ce chapitre, nous avons démontré la modélisation électrique d'un véhicule.

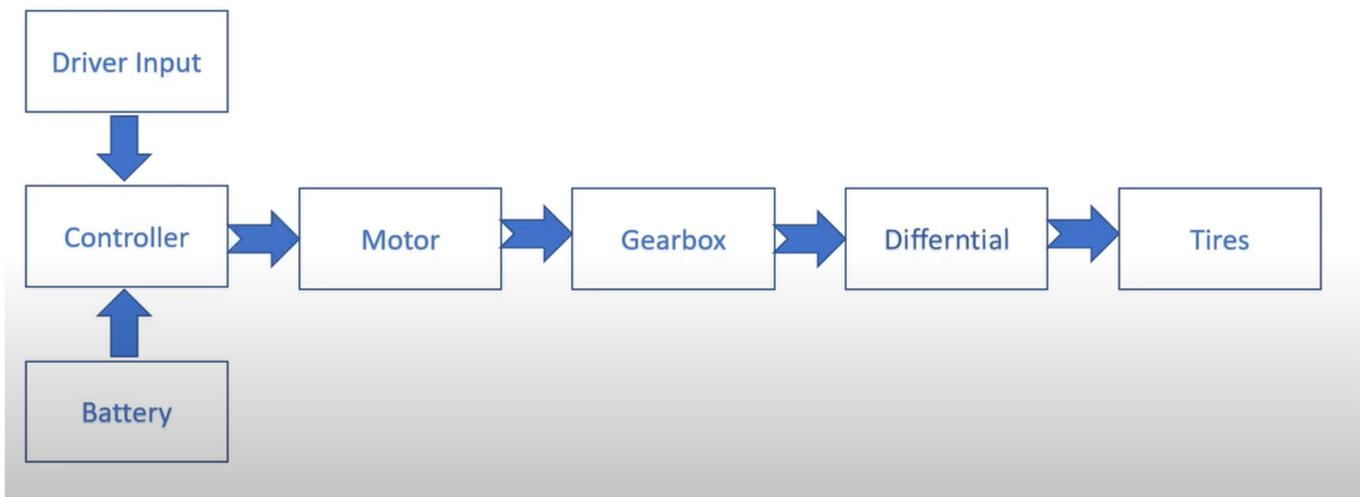


Figure III.26 : schéma fonctionnel de véhicule électrique

Le schéma fonctionnel de base d'une véhicule électrique, la première chose dont nous avons besoin est que le moteur produise de la puissance et du couple et que ce couple sera fourni à la boîte vitesse (Gearbox), afin que la boîte vitesse multiplie le couple et alimente le différentiel après différentiel le couple sera transmis aux pneus (Tires).

Nous avons besoin pour fournir une certaine puissance au moteur, nous fournirons donc cette puissance via la batterie mais nous ne pouvons pas fournir directement car cette puissance sera incontrôlée signifie que nous ne pouvons pas contrôler sa vitesse, donc nous avons besoin d'un contrôleur.

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

Le contrôleur fonctionnera en fonction de l'entrée du conducteur (drive input) représentée comme accélérateur et frein, et après avoir converti ce signal, le contrôleur fournira ce signal au moteur.

Le premier bloc est le corps et les pneus différentiels à engrenage unique et les pneus, le deuxième bloc est le moteur et le contrôleur.

Donc, notre moteur sera là, le contrôleur sera là, puis l'entrée du conducteur, donc ici nous utiliserons un cycle de conduite différent ou une entrée d'accélérateur du conducteur (figureIII.2).



Figure III.27: Our Approche

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

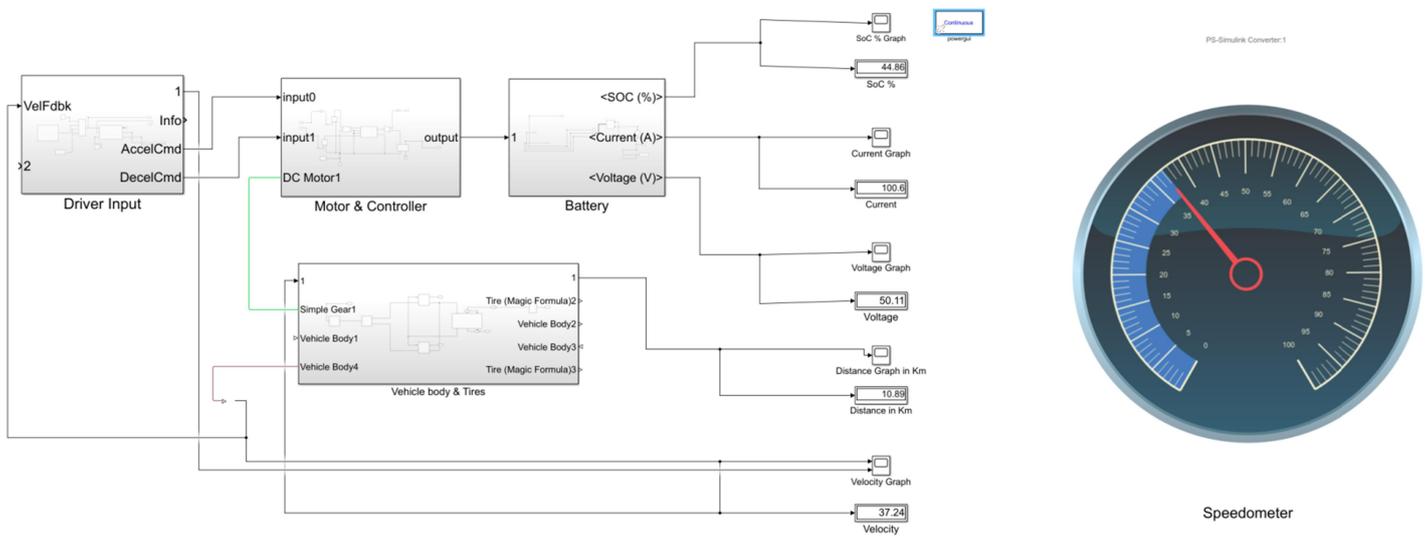


Figure III.28 : Model Simulation d'un véhicule électrique

La figure III.3 présente le système de véhicule électrique, car nous voyons qu'il combine les composants de la voiture électrique avec les portes qui affichent les signaux.

Composé de :

III .3.1 DRIVER INPUT:

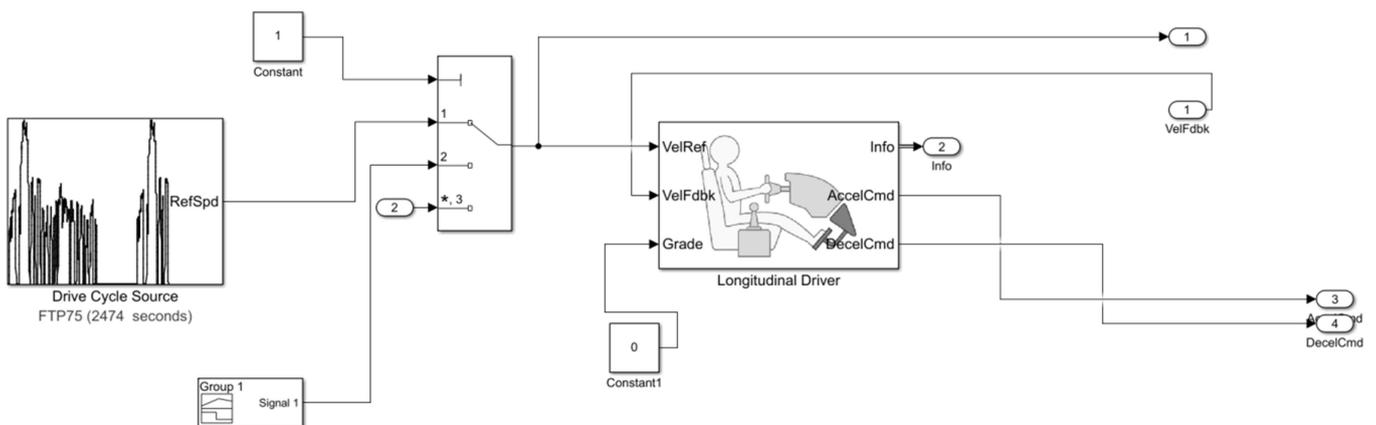


Figure III.29: Drive Input

Longitudinal Drive:

L'invention concerne un contrôleur paramétrique de suivi de vitesse longitudinale pour générer des commandes d'accélération et de freinage normalisées basées sur des vitesses de référence et de rétroaction.

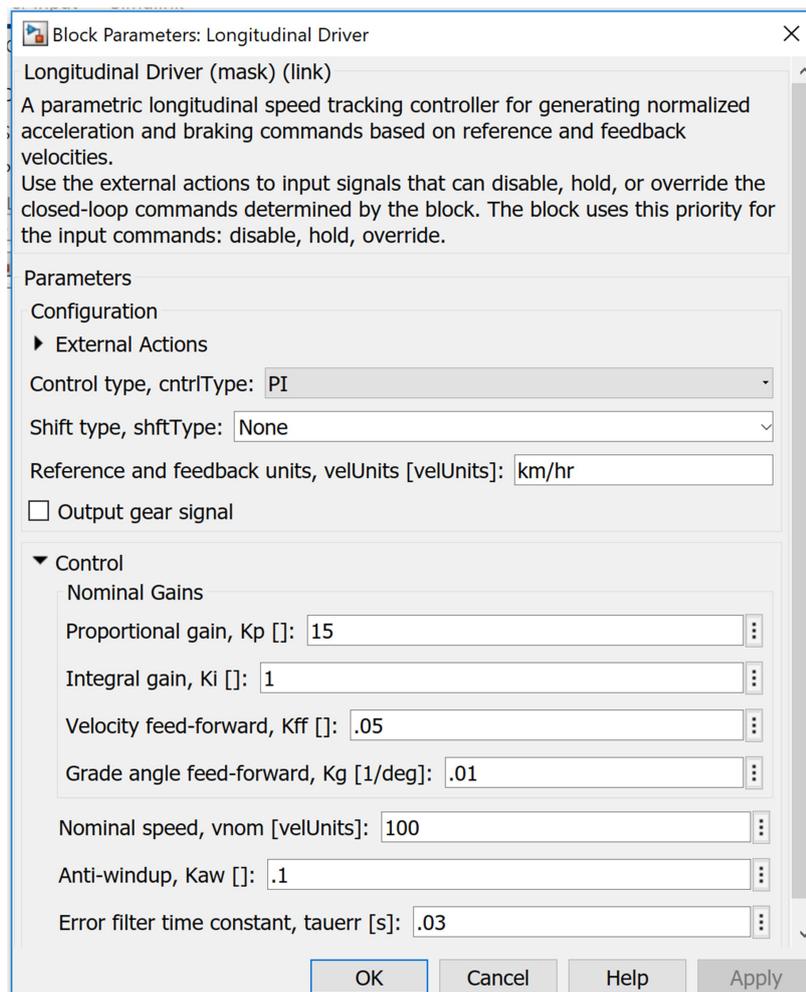


Figure III.30: Block Parameters Longitudinal Driver

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

Drive Cycle Source :

Génère un cycle de conduite longitudinal standard ou spécifié par l'utilisateur. La sortie du bloc est la vitesse longitudinale du véhicule. Vous pouvez importer des cycles de conduite depuis :

-Sources prédéfinies.

-Variables d'espace de travail, y compris les tableaux et les objets de série chronologique.

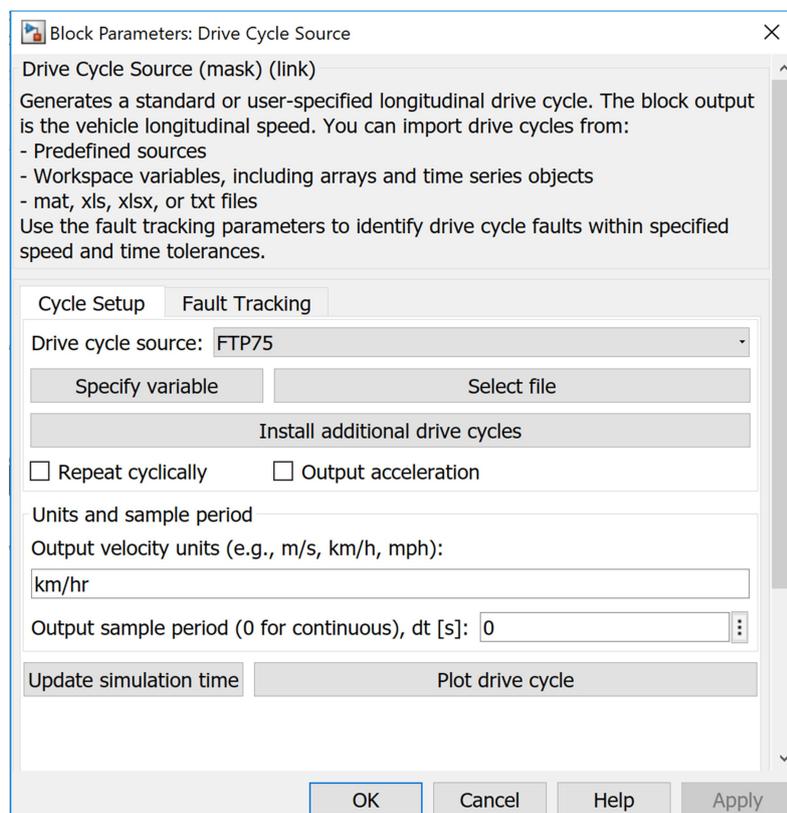
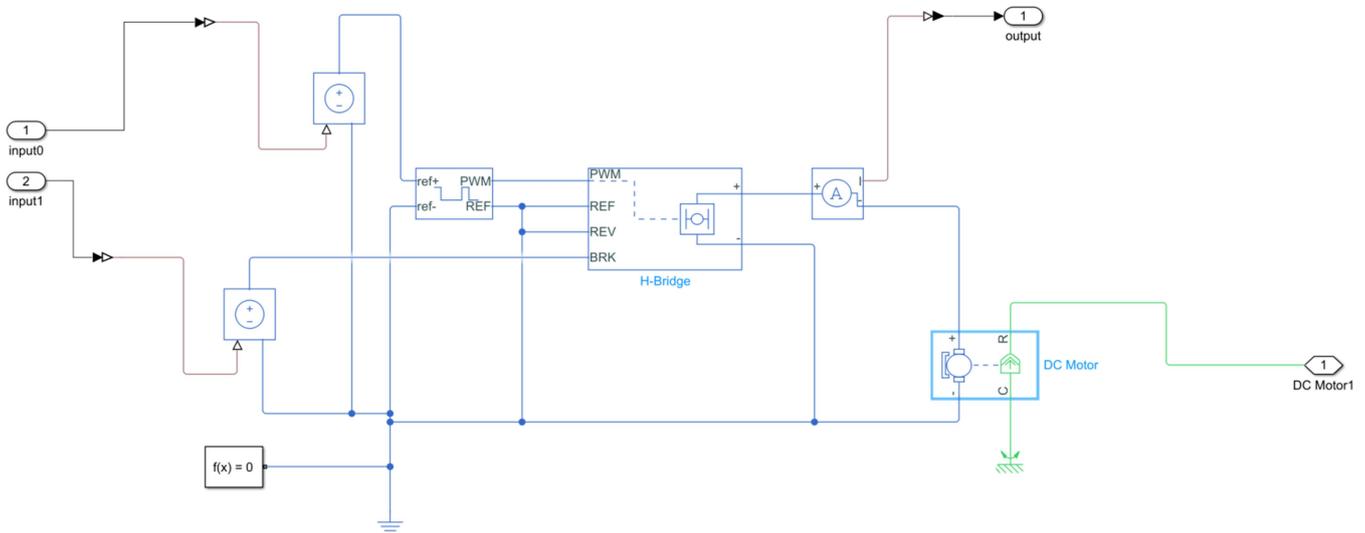


Figure III.31: Drive Cycle Source

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

III.3.2 MOTEUR ET CONTROLEUR :

Ce compose de :



FigureIII.32 : moteur et controlleur

DC MOTEUR :

Un actionneur courant dans les systèmes de contrôle est le moteur à courant continu. Il fournit directement un mouvement rotatif et, couplé à des roues ou des tambours et des câbles, peut fournir un mouvement de translation. Le circuit électrique de l'induit et du corps libre

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

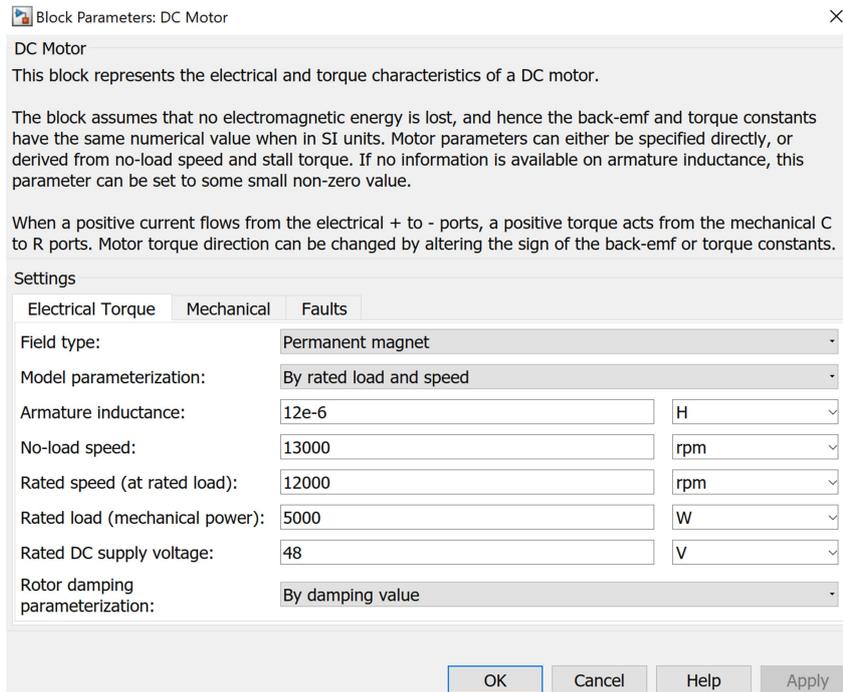


Figure III.33 : PARAMÈTRES DE BLOC DC MOTEUR

H-BRIDGE:

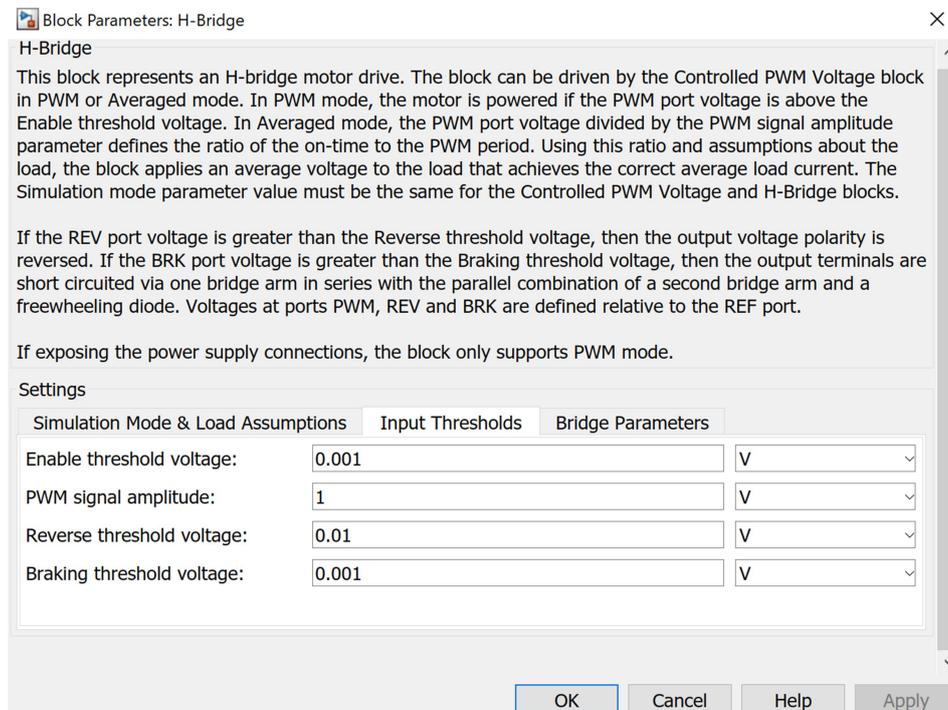


Figure III.34: PARAMÈTRES DE BLOC H-BRIDGE

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

Ce bloc représente un variateur de vitesse à pont en H. Le bloc peut être piloté par le bloc Controller PWM Voltage en mode PWM ou Moyenné.

Un pont en H est un circuit électronique qui permet d'appliquer une tension aux bornes d'une charge dans les deux sens. Ces circuits sont souvent utilisés dans la robotique et d'autres applications pour permettre aux moteurs à courant continu de fonctionner en avant et en arrière.

TENSION PWM CONTRÔLÉE :

Ce bloc crée une tension modulée en largeur d'impulsion (PWM) sur les ports PWM et REF.

La tension de sortie est nulle lorsque l'impulsion est faible et est égale au paramètre d'amplitude de la tension de sortie lorsqu'elle est élevée.

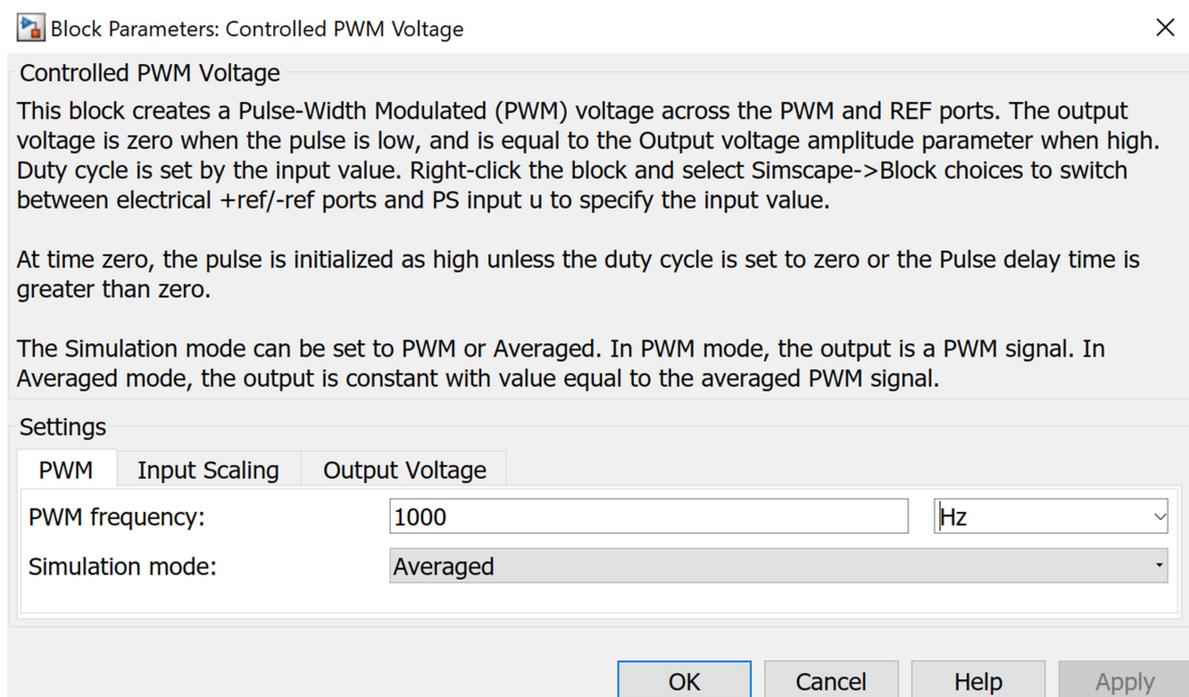


Figure III.35 : PARAMÈTRES DE BLOC TENSION PWM CONTRÔLÉE

III.3.3 Batterie lithium-ion

Une batterie lithium-ion ou batterie Li-ion est un type de batterie rechargeable composée de cellules dans lesquelles les ions lithium se déplacent de l'électrode négative à travers un électrolyte vers l'électrode positive pendant la décharge et reviennent lors de la charge.

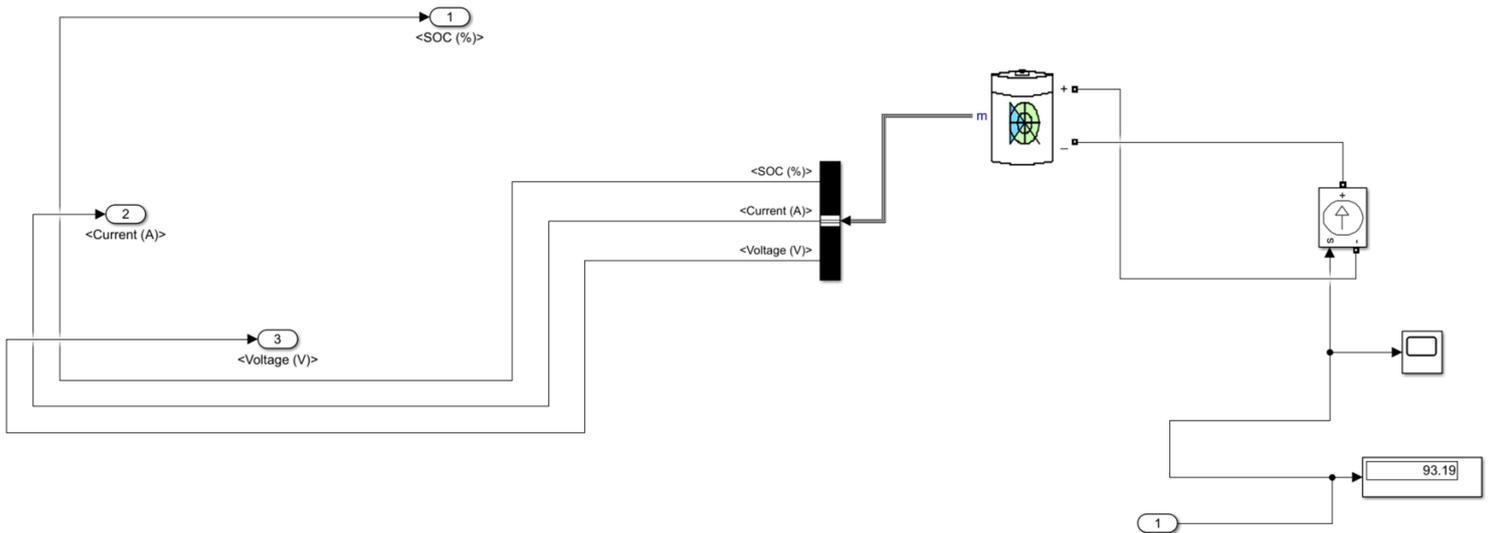


Figure III.36: batterie

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

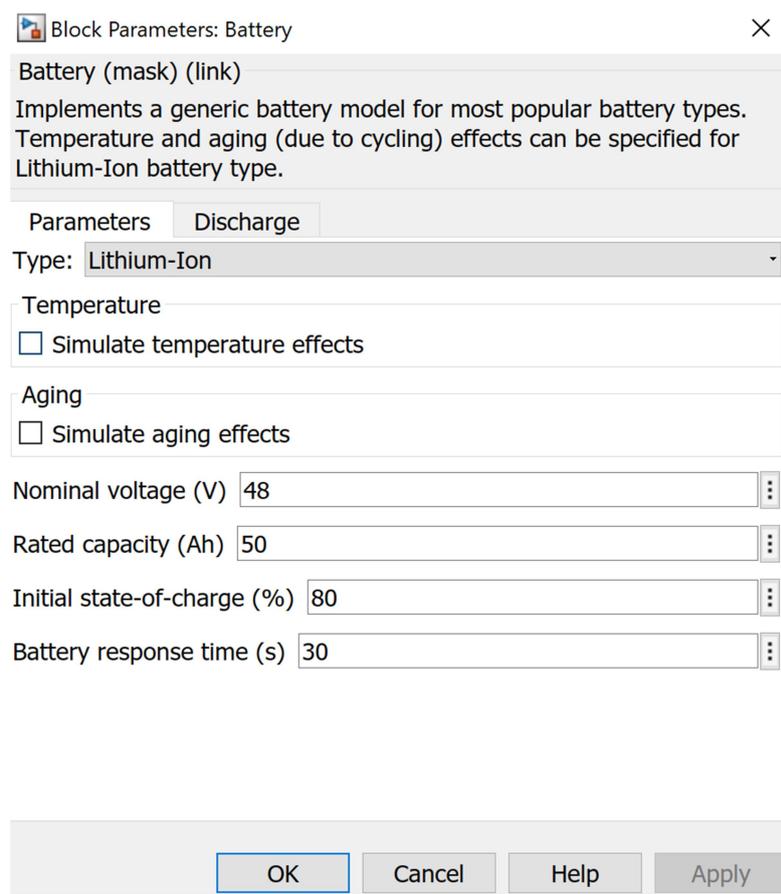


Figure III.37: PARAMÈTRES DE BLOC DE BATTERIE

III.3.4 CARROSSERIE DU VÉHICULE ET PNEUS

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

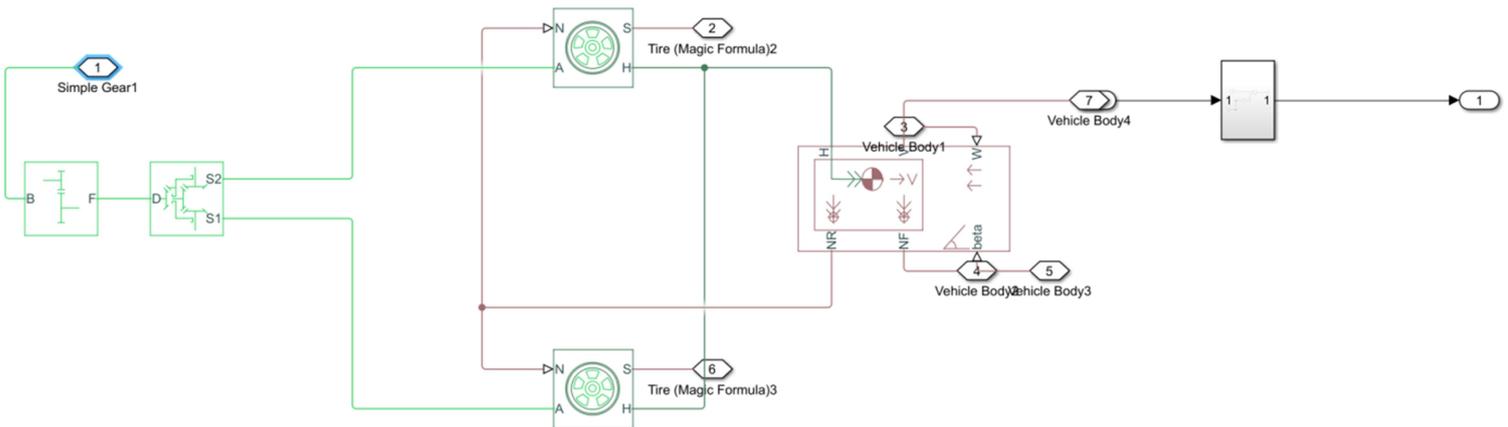


Figure III.38 : carrosserie du véhicule et pneus

Carrosserie du véhicule

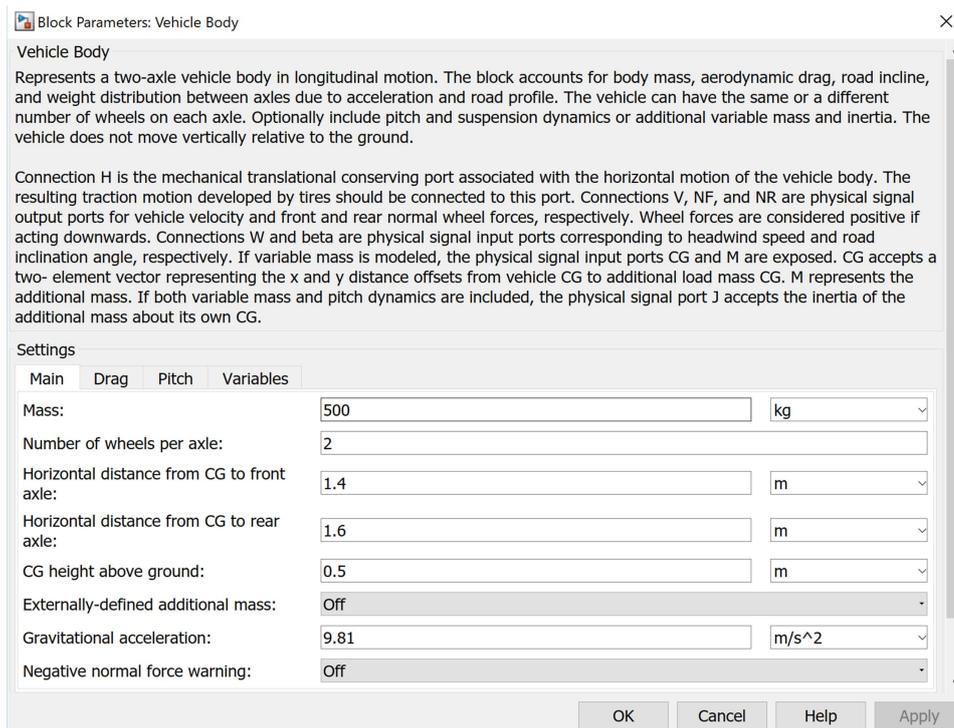


Figure III.39 : PARAMÈTRES DE BLOC CARROSSERIE DU VEHUCILE

III.4 RESULTATS DE SIMULATION :

Stockage (state of charge):

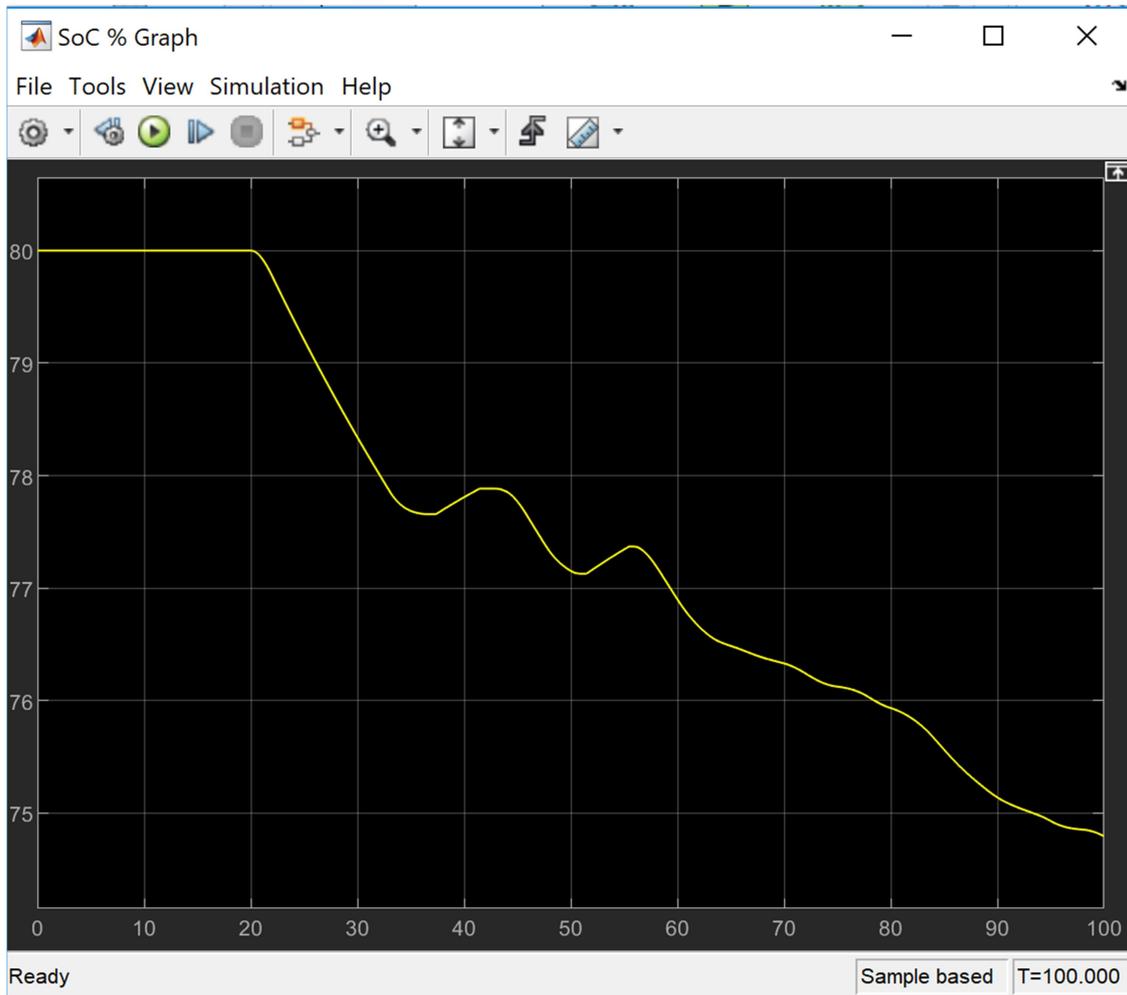


Figure III.40: Stockage de la batterie

Dans cette figure on va présenter le stockage de la batterie dans des différentes étapes que ce soit en marche ou freinage, Notamment on $T = [0 ; 20]$ on remarque que le stockage est stable à cause de aucun mouvement.

Dans $T = [20 ; 35]$, il y a de consommation de batterie à cause d'accélération, Donc le moteur DC consomme de l'énergie.

Chapitre III : Optimisation et Simulation de la transmission de véhicule électrique

$T = [35 ; 42]$ et $T = [50 ; 55]$, le stockage augmente un peu grâce au freinage ce qu'il veut dire le moteur DC fonctionne comme une génératrice.

Le Courant

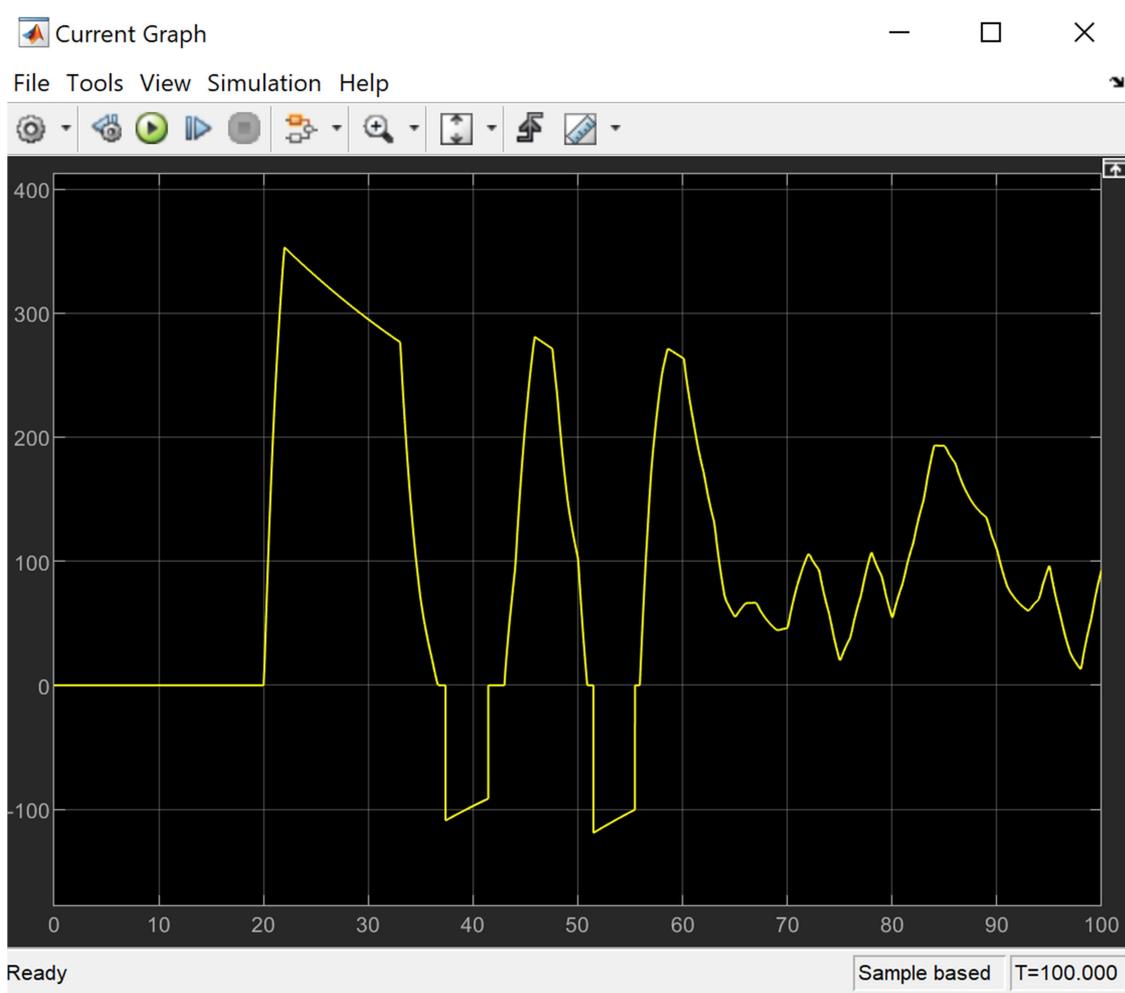


Figure III.41 : LE COURANT

Dans cette figure on remarque que il y a un courant max a cause du couple, Apres il deminue et sa commence chaque fois dans le cycle.

Voltage

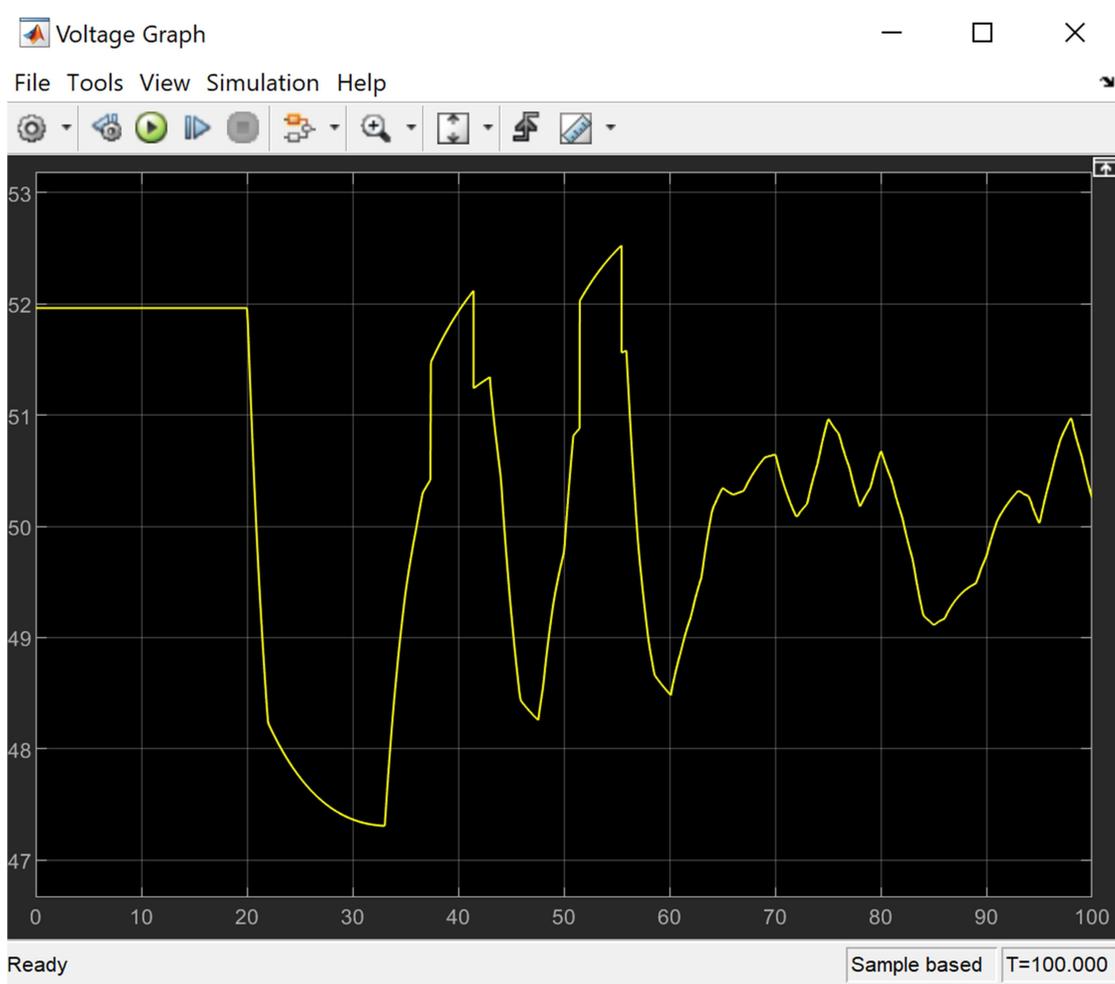


Figure III.42 : voltage

$T = [0, 20]$, Stable parce que il aucune ordre d'accélération.

$T = [20, 35]$, il à diminuer en parallèle avec l'augmentation de l'accélération.

Dans l'intervalle $T = [35, 42]$, il a augmenté en série avec la diminution de l'accélération.

Elle reste toujours en boucle.

Distance

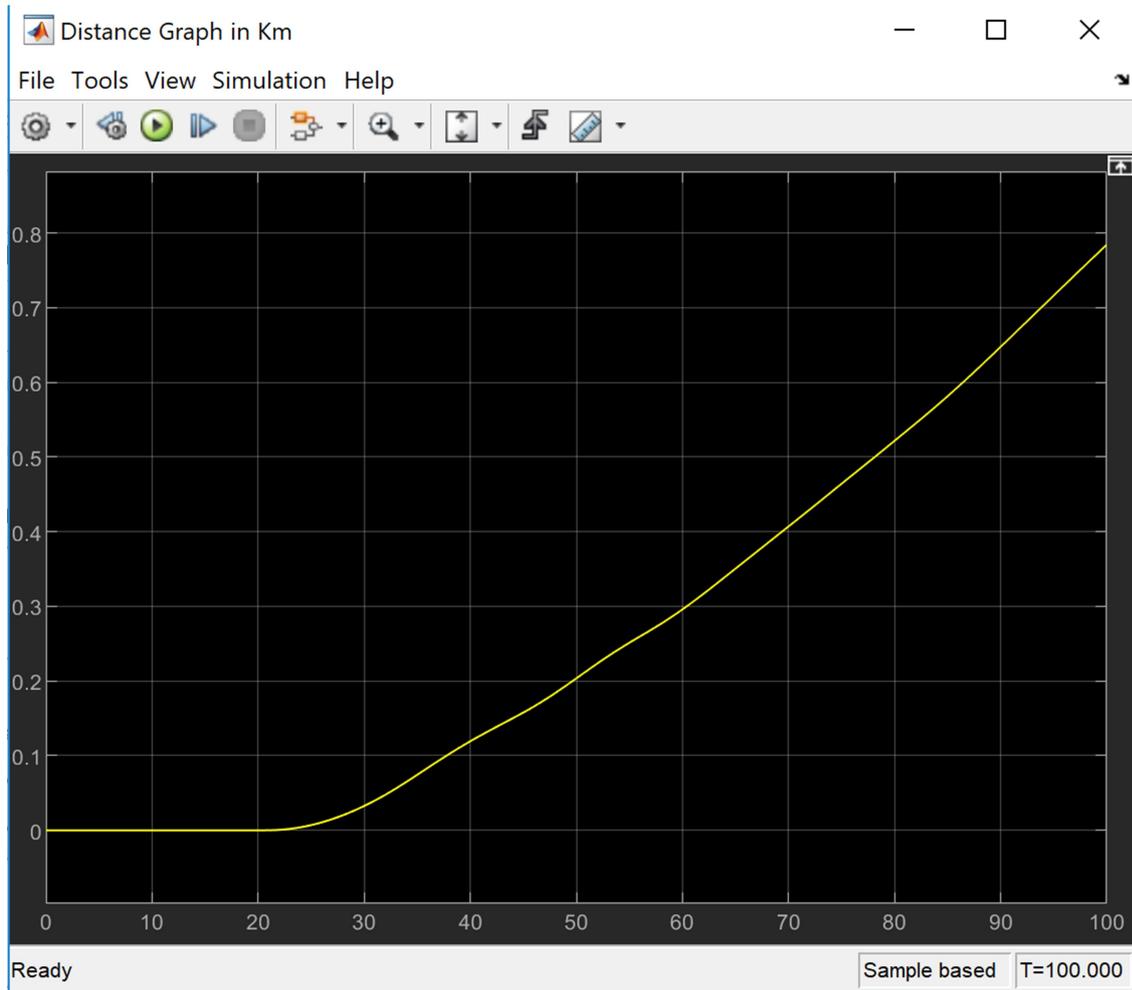


Figure III.43 : La Distance

La figure III.41 montre que la distance est compliée par les véhicules.

La Vitesse

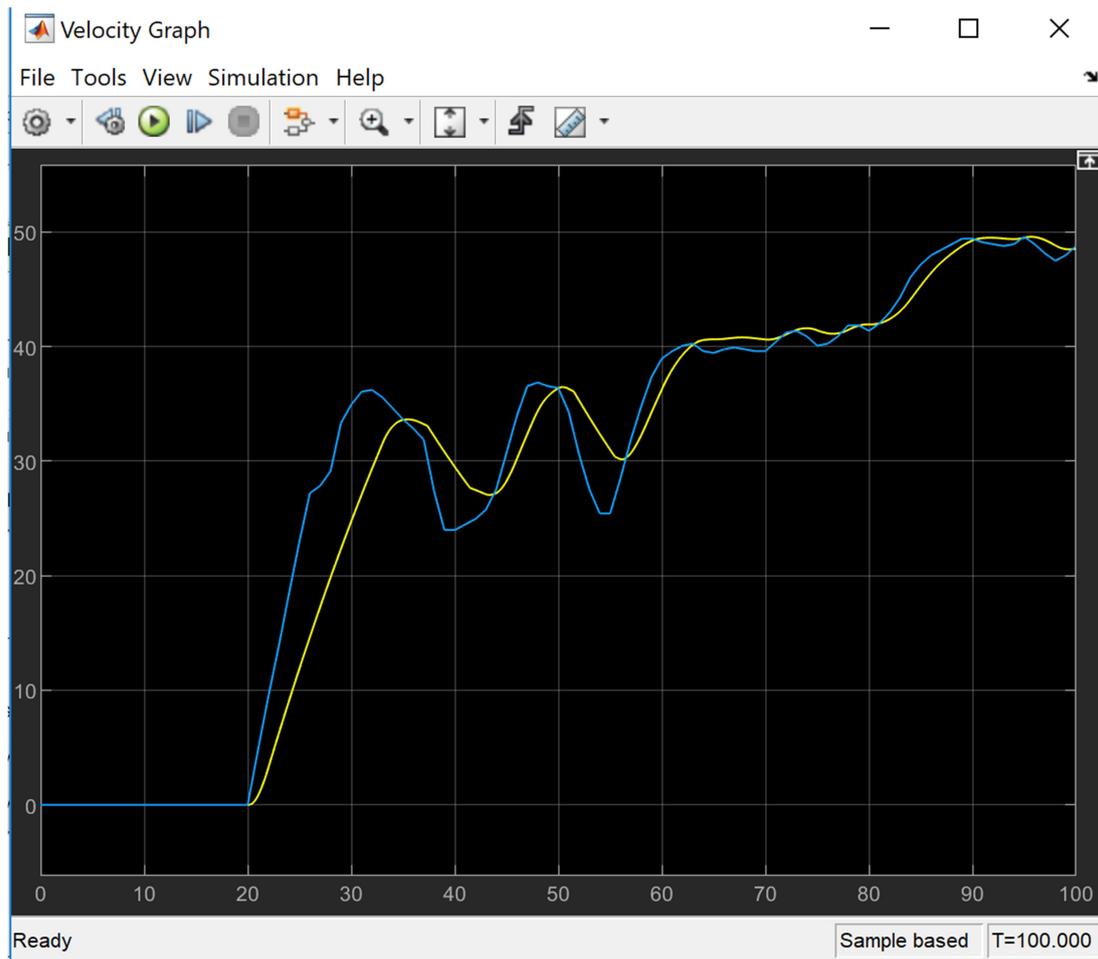


Figure III.44 : la vitesse

Dans cette figure il y a 2 signaux:

Le jaune c'est un signal de consigne (entrée), Ce signal en peut le commander pour avoir une sortie c'est le signal en bleu qui est le signal de sortie.

Conclusion

Dans ce chapitre on a fait l'étude générale de notre projet avec l'utilisation de Matlab Simulink, On a fait aussi les différents résultats qui sont a probablement parfait.

Ces valeurs nous assurent la minimisation d'énergie et vérifier tous les études d'un véhicule électrique.

Conclusion générale

L'objectif de ce travail consiste à l'étude de la conception et réalisation d'une simulation d'un véhicule électrique pour vérifier des plusieurs conditions permis ces conditions la pollution, et la minimisation d'énergie et la facilite d'utilisation d'un véhicule.

La première partie introduit la conception et les différents types d'un véhicule électrique et classifications en fonction des sources d'énergie, ainsi que les différentes architectures.

Dans la 2ème partie, On traite nos paramètres pour nos besoin, Ainsi que les systèmes de propulsion et les différents composants (hacheur, redresseur...etc.) pour faire la combinaison d'un véhicule électrique .

La 3ème partie la validation de la simulation concernant le véhicule électrique, qui nous donnons des différents figures (batterie, voltage, courant, distance, vitesse).

Références et Bibliographie :

- [1]. <https://ekwateur.fr/2019/06/03/pourquoi-choisir-voiture-electrique-pour-contre/>
- [2]. BOUGHANEM SAMIR et CHAOUCHI RABAH, Commande en vitesse d'un véhicule électrique, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 18 septembre 2018.
- [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]. H. Benariba, Contribution à la commande d'un véhicule électrique, Thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen, Décembre 2018.
- [5]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00160666/document>
- [6]. A. Neffati. Stratégies de gestion de l'énergie électrique d'un système multi-source : décision floue optimisée pour véhicule électrique hybride. Thèse de doctorat, Université Toulouse III, Paul Sabatier, 2013.
- [7]. Tesla(automobile).
- [8]. Burke,A. Jungers, B., Yang, C. and Ogden, J. (2007). Battery Electric Vehicles: <<An Assessment of the Technology and Factors Influencing Market Readiness. Public Interest Energy Research (PIER) Program California Energy Commission.>>.
- [9]. Fetcenko, M. A., Ovshinsky, S. R., Reichman, B. (2007). <<Recent advances in NiMH battery technology. Journal of Power Sources >>165 544–551.
- [10]. Linden, D. and Reddy, T. B. (2002). <<Handbook of batteries. Third edition. McGraw-Hill.>>

Références et Bibliographie

- [11]. Hadjipaschalis,I,Poullikkas,A. and Efthimiou,V.(2009).<<Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews >>13 1513–1522.
- [12]. Adrian Florescu. Gestion optimisée des flux énergétiques dans le véhicule électrique. Energie électrique. Université de Grenoble, 2012.
- [13]. M. EHSANI, Y. GAO, S. E. GAY and A. EMADI, « Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles. Fundamentals, theory, and design », Boca Raton (USA) CRC Press, 2005.
- [14]. 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.
- [15]. S. Zaouzaou, S. Meziani, Etude et simulation des convertisseurs statiques existant dans un véhicule électrique, Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 2017.
- [16]. B. Chauchat, Chargeur de batteries intégrée pour véhicule électrique, Thèse de doctorat, Novembre 1997.
- [17]. D. Benoudjit, Contribution à l'optimisation et à la commande d'un système de propulsion pour véhicule électrique, Mémoire de magister, Université de Batna, Thèse de doctorat, Janvier 2010.