

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

Mémoire présenté en vue de l'obtention  
du diplôme de Magister

Spécialité : Electrotechnique  
Filière : Entraînements électriques

*Présenté par*

**AMIEUR Oualid**

Thème

## **Conception et Commande d'un Moteur Asynchrone Destiné au Véhicule Electrique**

*Mémoire soutenu publiquement le 20/01/2015 devant le jury composé de :*

<b>M. MAIDI Ahmed</b>	Maître de Conférences A	UMMTO	Président
<b>M. MOHELLEBI Hassane</b>	Professeur	UMMTO	Rapporteur
<b>M. RACHEK M'hemed</b>	Maître de Conférences A	UMMTO	Examineur
<b>M. OULD OUALI Samy Hassani</b>	Maître de Conférences B	UMMTO	Examineur

## Remerciements

Avant tout Je remercie Allah, le tout puissant, de m'avoir appris ce que j'ignorais, de m'avoir donné la santé et tout dont je necessitais pour l'accomplissement de ce travail.

Ce travail a été effectué sous la direction de monsieur MOHELLEBI Hassane professeur au département d'Electrotechnique à l'UMMTO. Je tiens à lui exprimer ma reconnaissance pour la confiance qu'il m'a accordée et pour l'intérêt qu'il a constamment porté à mes travaux, avec patience et entière disponibilité, ainsi que pour ces conseils et suggestions à travers des fructueuses discussions, je ne saurai comment lui exprimer ma profonde gratitude.

Je tiens également à remercier et manifester ma profonde gratitude à tous les membres de Jury:

M. MAIDI Ahmed, Maître de Conférences A, UMMTO, je le remercie vivement pour l'honneur qu'il me fait de présider le Jury.

M. RACHEK Mhemed, Maître de Conférences A, UMMTO, pour le très grand honneur qu'il me fait en acceptant d'être membre de Jury et l'intérêt qu'il a bien voulu porter à ce travail.

M. OULD OUALI Samy Hassani, Maître de Conférences B, UMMTO, pour ses grandes qualités humaines et la confiance qu'ils m'ont manifestée. Je le remercie aussi pour l'honneur qu'il me fait en acceptant d'être membre de Jury et examinateur de ce travail.

Je tiens à remercier vivement toutes les personnes qui mon aidé à réaliser ce mémoire, ainsi tous ceux qui mon aidés de près ou de loin à accomplir ce travail.

Mes remerciements vont aussi à tous mes enseignants et mes collègues du département d'Electrotechnique de UMMTO.

Spécial merci à max pour ces bonnes années partagées à Tizi-Ouzou, qui j'espère vont continuer.

Finalement, je tiens à exprimer ma très profonde gratitude à **mes parents**, mes frères, mes sœurs, mes oncles, ma grande famille et mes amis pour leur soutien morale.

## **Résumé**

L'objectif assigné est de réaliser un travail de conception de machine associé à la commande de ce dernier. Le moteur de type asynchrone, objet d'étude, est utilisé pour la motorisation du véhicule électrique. La conception et la commande seront adaptées aux régimes de fonctionnement sévères de la machine asynchrone. L'environnement de travail sera l'outil MATLAB afin de pouvoir réaliser un transfert de données dans la conception vers la commande. Il s'agira vers la fin d'évaluer l'impact du travail réalisé sur l'économie d'énergie.

Mots-clés : conception, commande, machine asynchrone, véhicule, régime de fonctionnement, économie d'énergie

# *SOMMAIRE*

# **SOMMAIRE**

<b>SOMMAIRE</b> .....	1
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	4
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	6
<b>NOTATIONS et SYMBOLES</b> .....	7
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	9
1. GENERALITES .....	9
2. OBJECTIF DU PROJET .....	10
3. STRUCTURE DU MEMOIRE .....	10

## **Chapitre I :**

### **Généralités sur la Motorisation d'un Véhicule Electrique**

<b>INTRODUCTION</b> .....	12
<b>1.1. DOMAINE DE LA TRACTION ELECTRIQUE LEGERE</b> .....	12
1.1.1. Contexte général .....	12
1.1.2. Critères imposés par le domaine de traction électrique .....	13
1.1.3. Contraintes de dimensionnement des moteurs et choix du type de moteur .....	16
<b>1.2. STRUCTURES DES MACHINES ELECTRIQUES POUR LES VEHICULES</b> .....	18
1.2.1. Machines à courant continu (MCC) .....	18
1.2.2. Machines à réluctance variable à double saillance (MRVDS) .....	19
1.2.3. Machines synchrones .....	20
1.2.3. a. Machines synchrones à réluctance variable (MSRV) .....	20
1.2.3. b. Machines synchrones à rotor bobiné (MSRB) .....	21
1.2.3. c. Machines synchrones à aimants permanents (MSAP) .....	22
1.2.4. Machines asynchrones (MAS) .....	24
<b>1.3. SOLUTIONS EXISTANTES</b> .....	25
<b>1.4. LE MOTEUR ASYNCHRONE COMME SOLUTION DE TRACTION ELECTRIQUE</b> .....	26
<b>1.5. OUTILS DE COMMANDE POUR LE DIMENSIONNEMENT DYNAMIQUE DE SYSTEMES ELECTRIQUES</b> .....	27
1.5.1. Des outils de commande pour l'analyse dynamique du système .....	29
1.5.2. Des outils de commande pour la gestion énergétique .....	30
<b>CONCLUSION</b> .....	31

## **Chapitre II :**

### **Dimensionnement de la Machine Asynchrone à Cage d'Ecureuil**

<b>INTRODUCTION</b> .....	32
<b>2.1. MODELE MECANIQUE D'UN VEHICULE ELECTRIQUE</b> .....	32
<b>2.2. CALCUL DES DIMENSIONS GEOMETRIQUES DE LA MACHINE</b> .....	32
2.2.1. Les données de la machine .....	33
2.2.2. Circuit magnétique .....	33
2.2.3. Dimensions principales (longueur virtuelle et diamètre intérieur) .....	34
2.2.4. Dimensionnement de l'enroulement statorique .....	35

2.2.5. Dimensionnement de l'encoche statorique .....	36
2.2.6. Dimensionnement de l'encoche rotorique .....	39
2.2.7. Le courant magnétisant .....	41
2.2.8. Calcul des paramètres du schéma équivalent de la machine .....	43
2.2.9. Masse du moteur .....	47
2.2.10. Calcul des performances .....	47
- Au démarrage.....	48
- Fonctionnement à vide .....	48
- Fonctionnement en court-circuit .....	49
- Régime de fonctionnement nominal (en charge) .....	49
2.2.11. Refroidissement .....	50
<b>2.3. VALIDATION DES RESULTATS .....</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>51</b>

**Chapitre III :**  
**Modélisation de la Machine Asynchrone**

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>52</b>
<b>3.1. MODELISATION DE LA MAS TRIPHASEE .....</b>	<b>52</b>
3.1.1. Description de la MAS triphasée .....	52
3.1.2. Modèle de la MAS triphasée .....	53
3.1.3. Hypothèses simplificatrices .....	53
3.1.4. Equations générales de la MAS triphasée .....	54
➤ Equations électriques .....	54
➤ Equations magnétiques .....	54
➤ Equations mécaniques .....	55
<b>3.2. TRANSFORMATION DE PARK .....</b>	<b>56</b>
3.2.1. Différents repères .....	56
3.2.2. Application de la transformation de Park au modèle de la MAS .....	57
➤ Equations électriques .....	58
➤ Equations magnétiques .....	58
➤ Equations mécaniques .....	59
<b>3.3. ALIMENTATION DE LA MACHINE ASYNCHRONE .....</b>	<b>59</b>
<b>3.4. REPRESENTATION D'ETAT DU MODELE DE LA MAS .....</b>	<b>59</b>
<b>3.5. SIMULATION DU MODELE DE LA MAS EN TENSION .....</b>	<b>61</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>63</b>

**Chapitre IV :**  
**Commande Vectorielle de la Machine Asynchrone Triphasée**

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>64</b>
<b>4.1. COMMANDE VECTORIELLE DE LA MACHINE ASYNCHRONE TRIPHASEE .....</b>	<b>64</b>
4.1.1. Principe de base de la commande vectorielle .....	64
4.1.2. Choix de type d'orientation de flux .....	67
4.1.3. Stratégie de la commande .....	67
✓ Méthode de contrôle indirect du flux .....	67

✓ Méthode de contrôle directe du flux .....	67
<b>4.2. STRUCTURE DE LA COMMANDE VECTORIELLE DIRECTE DE LA MAS EN TENSION .....</b>	<b>70</b>
<b>4.3. ORGANISATION FONCTIONNELLE DE LA COMMANDE .....</b>	<b>70</b>
<b>4.4. ESTIMATION DU FLUX ROTORIQUE .....</b>	<b>70</b>
<b>4.5. CALCULS DES REGULATEURS .....</b>	<b>71</b>
4.5.1. Calcul du régulateur de flux .....	71
4.5.2. Calcul du régulateur de couple .....	72
4.5.3. Calcul du régulateur de vitesse .....	73
<b>4.6. MODÈLE LINÉAIRE EQUIVALENT DE LA MAS OBTENU PAR ORIENTATION DU FLUX ROTORIQUE .....</b>	<b>74</b>
<b>4.7. RESULTATS DE SIMULATION .....</b>	<b>75</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>76</b>

**Chapitre V :**  
**Optimisation de l’Energie Embarquée**

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>77</b>
<b>5.1. DIFFERENTES TECHNIQUES DE L’OPTIMISATION DU RENDEMENT ...</b>	<b>77</b>
<b>5.2. COMMANDE A RENDEMENT OPTIMAL .....</b>	<b>77</b>
<b>5.3. CONVERSION D’ENERGIE ET PERTES DANS LES SOUS SYSTEMES .....</b>	<b>78</b>
<b>5.4. CALCUL DES PERTES DANS LE CADRE D’UNE COMMANDE VECTORIELLE .....</b>	<b>79</b>
<b>5.5. ALGORITHME DE MINIMISATION DES PERTES .....</b>	<b>81</b>
5.5.1. Contraints .....	82
5.5.2. Le couple maximum pour chaque région .....	85
5.5.3. Variation du courant optimal générer par la commande .....	85
<b>5.6. SCHEMA BLOC DE LA CHAINE DE TRANSMISSION D’ENERGIE .....</b>	<b>87</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>90</b>

**Chapitre VI :**  
**Conception et Caractérisation du Prototype**

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>91</b>
<b>6.1. CONCEPTION D’UNE MAS ALIMENTEE PAR CONVERTISSEUR .....</b>	<b>91</b>
<b>6.2. PROBLEME D’OPTIMISATION DE LA CONCEPTION D’UN MAS ALIMENTE PAR UN CONVERTISSEUR .....</b>	<b>92</b>
<b>6.3. ALGORITHME PROPOSEE POUR LE DIMENSIONNEMENT .....</b>	<b>93</b>
6.3.1. Contraints .....	93
6.3.2. Application .....	94
6.3.3. Pertes fer .....	97
<b>6.4. VALIDATION DES RESULTATS .....</b>	<b>98</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>100</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>101</b>
<b>ANNEXE .....</b>	<b>103</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>110</b>

*LISTE DES FIGURES  
ET TABLEAUX*



# **LISTE DES FIGURES**

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1.1: Prévisions pour le marché international d'automobiles (source IEA) .....	12
Figure 1.2: Cycle NEDC de fonctionnement des voitures .....	14
Figure 1.3: Caractéristiques de fonctionnement du moteur de traction.....	14
Figure 1.4: Limite théorique dans le plan vitesse/puissance .....	17
Figure 1.5: Structure d'une machine à courant continu .....	18
Figure 1.6: MRV à double saillance .....	19
Figure 1.7: Rotor d'une machine synchrone à réluctance variable .....	20
Figure 1.8: Machine synchrone à rotor bobiné.....	21
Figure 1.9: Machine synchrone à rotor bobiné.....	22
Figure 1.9: Rotors de machines synchrones à aimants permanents .....	24
Figure 1.10: Structure d'une machine asynchrone à cage d'écureuil ou à rotor massif	37
Figure 2.1: Schéma de constitution d'une encoche statorique.....	37
Figure 2.2: Forme et disposition des têtes de bobines .....	40
Figure 2.3: Quelques dimensions nécessaires au modèle .....	43
Figure 2.4: schéma équivalent d'une phase de machine asynchrone .....	50
Figure 2.5: Ventilation intérieure .....	50
Figure 2.6: Ventilation extérieure .....	53
Figure 3.1: Modèle d'une machine asynchrone triphasée .....	57
Figure 3.2: Référentiel tournant d'axes (d- q) .....	59
Figure 3.3: Référentiel tournant d'axes (d- q) .....	61
Figure 3.3: Schéma bloc de la machine asynchrone alimentée en tension .....	62
Figure 3.4: Modèle de la machine asynchrone alimentée en tension .....	62
Figure 3.5: Résultats de simulation de la MAS en tension à vide.....	63
Figure 3.6: Résultats de simulation de la MAS en tension sous charge nominale après un démarrage à vide.....	65
Figure 4.1: Référentiel lié au flux rotorique.....	65
Figure 4.1: Référentiel lié au flux rotorique.....	66
Figure 4.2: Principe de commande découplée pour la MCC et la MAS.....	69
Figure 4.3: Région de fonctionnement à toutes vitesses.....	69
Figure 4.4: Reconstitution des tensions $V_{sd}$ et $V_{sq}$ .....	70
Figure 4.5: Commande découplée - Expressions de $i_{sd}$ et $i_{sq}$ .....	70
Figure 4.6: Commande découplée - Expressions de $\Phi_R$ et $C_{em}$ .....	72
Figure 4.7: Commande découplée - Expressions de $\Phi_R$ et $C_{em}$ .....	73
Figure 4.7: Principe de commande par contrôle vectoriel direct de la MAS en tension	74
Figure 4.8 : Schéma fonctionnel de régulation de flux.....	74
Figure 4.9: Schéma fonctionnel de régulation de couple.....	75
Figure 4.10: Schéma fonctionnel de régulation de vitesse.....	75
Figure 4.11: Schéma bloc du modèle linéaire équivalent de la MAS par la commande vectorielle directe.....	76
Figure 4.12: Résultats de simulation de la commande vectorielle de la MAS, en charge nominale après un démarrage à vide.....	79
Figure 5.1: Schéma équivalent de la machine asynchrone avec résistance de pertes fer parallèle dans le repère tournant (d-q) .....	83
Figure 5.1: Schéma équivalent de la machine asynchrone avec résistance de pertes fer parallèle dans le repère tournant (d-q) .....	86

Figure 5.2: Tension et courant limites dans le repère tournant (d-q) .....	87
Figure 5.3: Variation du couple et de la puissance d'une machine asynchrone .....	87
Figure 5.4: Organigramme de la commande proposée.....	88
Figure 5.5: Chemin de $i_{ds}$ pour les différentes régions.....	89
Figure 5.6: Schéma d'implantation pour l'optimisation d'énergie dans le cadre de la commande vectorielle.....	89
Figure 5.7: Différence entre les deux techniques de commande.....	90
Figure 5.8: Vitesse du véhicule électrique.....	95
Figure 5.9: Puissance du véhicule électrique.....	99
Figure 5.10: Variations des pertes du moteur électrique.....	99
Figure 5.11: Variations du courant .....	100
Figure 6.1: Organigramme de l'algorithme du dimensionnement proposée.....	103
Figure 6.2: Comparaison des pertes du moteur électrique.....	105
Figure 6.3: Variations du courant .....	105
Figure 6.4: Variations du couple.....	106
Figure A.1: Bilan des forces agissant sur le véhicule .....	106
Figure A.2: Puissance nécessaire à vitesse stabilisée sur terrain plat .....	106
Figure A.3: Accélération de 0-50 km/h .....	106
Figure.B.1: Facteur de puissance des moteurs normaux à bagues en fonction de la puissance nominal .....	107
Figure.B.2: Rendement de moteurs normaux à bagues en fonction de la puissance nominal .....	107
Figure.B.3: Courbe d'aimantation de l'acier coulé utilisés dans le circuit magnétique du stator et rotor .....	107
Figure.B.4: Perte pour une culasse de 0.5mm d'acier .....	107

# ***LISTE DES TABLEAUX***

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1.1: Caractéristiques des machines à courant continu.....	18
Tableau 1.2: Caractéristiques des machines à réluctance variable à double saillance...	19
Tableau 1.3: Caractéristiques des machines synchrones à réluctance variable.....	20
Tableau 1.4: Caractéristiques des machines synchrones à rotor bobiné.....	21
Tableau 1.5: Caractéristiques des machines synchrones à aimants permanents.....	23
Tableau 1.6: Caractéristiques des machines asynchrones à cage d'écureuil ou à rotor massif .....	25 27
Tableau 1.7: Comparaison des quatre moteurs pour la traction électrique légère.....	51
Tableau 2.1 : Résultats de dimensionnement du moteur asynchrone à cage d'écureuil	61
Tableau 3.1 : Les paramètres électriques de la machine asynchrone.....	84
Tableau 5.1: Solutions d'algorithme de minimisation des pertes.....	97
Tableau.6.1: Comparaison des performances de la machine.....	98
Tableau 6.2: Dimensions du prototype final d'un moteur asynchrone.....	
Tableau.B.1: Induction dans l'entrefer et densité linéaire de courant des machines asynchrones normales.....	107 108
Tableau.B.2: Marques d'acier recommandées et les coefficients de remplissage $K_c$ ....	108
Tableau.B.3: Dimensions d'encoche statorique.....	108
Tableau.B.4: Nombres d'encoches recommandés du stator et du rotor.....	109
Tableau.B.5: Classe des isolants.....	

*NOTATIONS ET  
SYMBOLES*

# ***NOTATIONS ET SYMBOLES***

## **NOTATIONS**

IEA	l'Agence Internationale de l'Énergie
NEDC	New European Driving Cycle
FTP75	Federal Test Procedure
EV	Véhicule Electrique
HEV	Véhicule Electrique Hybride
PMC	Puissance Maximale Constante
EUDC	European Urbain Driving Cycle
IEC	International Electrotechnical Commission

## **SYMBOLES**

$D$	Diamètre intérieur statorique
$l_i$	Longueur du moteur
$D_{cs}$	Diamètre extérieur
$\tau_p$	Pas polaire statorique
$\hat{\phi}$	Densité du flux/pôle statorique
$Z_1$	Nombre d'encoches statoriques
$N_e$	Conducteurs par encoches
$N_1$	Nombre de spires/phase
$I_n$	Courant statorique
$J_1$	Densité du courant statorique
$S_{co}$	Section du conducteur
$\hat{B}_{dsm}$	L'induction dans les dents statorique
$\hat{B}_{csm}$	L'induction dans la culasse statorique
$h_{cs}$	Hauteur de la culasse statorique
$D_{cs}$	Diamètre extérieur
$e$	Largeur d'entrefer
$D_r$	Diamètre extérieur du rotor
$Z_2$	Nombre d'encoches rotoriques
$I_r$	Courant rotorique
$J_b$	Densité du courant rotorique
$\hat{B}_{drm}$	L'induction dans les dents rotoriques
$\hat{B}_{crm}$	L'induction dans la culasse rotoriques
$h_{cr}$	Hauteur de la culasse rotorique
$L_{er}$	Largueur de l'encoche rotorique

$h_{er}$	Hauteur de l'encoche rotorique
$D_{ir}$	Diamètre intérieur rotorique
$\omega_s$	Pulsation statorique, liée à la fréquence du stator
$\omega$	Pulsation de glissement
$[V_{s_{abc}}] ([i_{s_{abc}}])$	Vecteur de tension (courant) statorique
$[V_{r_{abc}}] ([i_{r_{abc}}])$	Vecteur de tension (courant) rotorique
$[\Phi_{s_{abc}}] ([\Phi_{r_{abc}}])$	Vecteur de flux statorique (rotorique)
$[L_s] ([L_r])$	Matrice d'inductances statoriques (rotorique)
$[M_{sr}]$	Matrice des inductances mutuelles du couplage entre stator-rotor
$l_s, l_r$	Inductance propre d'une phase statorique (rotorique)
$M_s (M_r)$	Inductance mutuelle entre phases statoriques (rotorique)
$J$	Moment d'inertie des masses tournantes
$C_r$	Couple résistant imposé à l'arbre de la machine
$C_r$	Vitesse rotorique
$C_{em}$	Couple électromagnétique
$f$	Coefficient de frottement visqueux
$[V_{sd} V_{sq}]$	Tensions statorique selon les axes d et q
$[i_{sd} i_{sq} i_{rd} i_{rq}]$	Courants statorique (rotorique) selon les axes d et q
$[\Phi_{sd} \Phi_{sq} \Phi_{rd} \Phi_{rq}]$	Courants statorique (rotorique) selon les axes d et q
$\sigma$	Coefficient de dispersion total
$T_r$	Constante de temps rotorique
$R_t$	Résistance totale ramenée au stator
$\Phi_R^*$	Flux rotorique de référence
$\Phi_{R\ nom}$	Flux rotorique nominal
$\Omega_{\ nom}$	Vitesse nominale de rotation
$R_d, R_q$	Résistances équivalentes représentant les pertes selon les axes d et q
$V_{max} (I_{max})$	Les valeurs efficaces de la tension (courant) dans une phase du stator

*INTRODUCTION*  
*GENERALE*

## **INTRODUCTION GENERALE**

### **1. GENERALITES:**

La réduction de la consommation de pétrole et des émissions polluantes dans le secteur automobile est un enjeu important, et le marché du véhicule propre s'ouvre donc peu à peu. Ainsi, la nécessité de rendre les automobiles plus propres, conjugué au besoin naissant d'un nouveau type de consommateur de ce secteur, pousse les constructeurs automobiles à proposer des véhicules plus sobres. Une solution, qui permet d'éviter la consommation de pétrole pour ce type d'application et de ne plus émettre de gaz à effets de serre (au moins au niveau du véhicule), est la voiture électrique. Cependant, le passage d'un parc automobile mondial fonctionnant actuellement quasi-exclusivement au pétrole, vers un parc d'automobiles exclusivement électriques, ne peut être réalisé directement. Il faut en effet respecter certaines contraintes industrielles et économiques incontournables. Le passage du véhicule conventionnel au véhicule électrique est donc un travail à réaliser pas à pas, en partant des technologies bien maîtrisées actuellement.

Ce secteur va donc entraîner dans les années à venir une activité importante des constructeurs en termes de recherche et de développement car de nombreuses solutions apparaissent et doivent faire leurs preuves. Aujourd'hui, des nombreux systèmes de gestion de l'énergie ont été définis pour les véhicules électriques. Mais il existe encore de nombreuses opportunités pour renforcer, simplifier les architectures électriques et améliorer l'adéquation entre le véhicule et son infrastructure de charge.

Cependant, ce type d'architecture remet en questions les méthodes de conception et de commande initialement développées pour les machines triphasées. Mais les impacts techniques sont nombreux. En effet, les constructeurs des véhicules électriques doivent développer un nouveau métier sur la conception et la commande des moteurs électriques, et tout particulièrement gérer l'énergie liés spécifiquement à la batterie.

Les objectifs donnés au développement des outils concernent l'aide à la conception et à la commande de la machine asynchrone. Ainsi, depuis le début de leur développement, un lien étroit a été tissé entre les notions de conception et de commande dans le but de satisfaire les spécifications de la traction électrique et spécialement l'économie d'énergie.



## **2. OBJECTIF DU PROJET:**

Les objectifs de ce travail sont liés principalement à la notion de conception en vue de la commande, dans le but de satisfaire le rendement énergétique de la traction électrique. Cependant, on peut résumer ces objectifs dans les points suivants :

- ✓ Définition d'un cahier de charge et calcul d'une machine asynchrone.
- ✓ Implantation d'algorithme de commande pour le pilotage de la machine asynchrone dans le cadre d'une commande à hautes performances.
- ✓ Assurer un fonctionnement fiable de la machine asynchrone sur toute la plage de vitesse, dans le cadre d'une commande vectorielle.
- ✓ Augmenter le rendement énergétique de la machine asynchrone par le développement et l'implémentation des méthodes d'optimisation de l'énergie embarqué.

## **3. STRUCTURE DU MEMOIRE:**

Nous proposerons alors des extensions à ces outils, afin de répondre aux hypothèses de travail décrites par le système étudié. Nous chercherons à simplifier au maximum ces extensions, afin de garantir une modélisation relativement simple, à partir de laquelle il est possible de dégager une structure de commande offrant de bonnes performances. Pour décrire ce travail, nous décomposerons ce mémoire en six chapitres.

Le premier présente une recherche bibliographique l'état de l'art des véhicules électriques, les méthodes de conception analytique-empirique et stratégies de commande des machines électriques tournantes utilisées dans le domaine de la traction électrique légère. Les critères spécifiques à l'application de traction électrique seront identifiés et les avantages et les inconvénients des différents types de moteurs électriques seront répertoriés du point de vue de l'application. Le choix pour le moteur asynchrone est justifié sur la base de ces critères.

Dans la deuxième partie, le modèle mécanique du véhicule permet en premier lieu de déterminer la puissance demandée aux roues en fonction de différentes variables d'entrée qui seront identifiées. Ensuite, la thématique du dimensionnement est présentée, afin de définir un cahier de charge d'une machine asynchrone triphasée. Une partie de ce chapitre sera aussi consacrée à la détermination des paramètres caractéristiques du modèle.

L'objectif du troisième chapitre sera de trouver un modèle du notre moteur asynchrone alimenté par un convertisseur. Nous présentons la modélisation mathématique de la machine asynchrone pour l'étude de son fonctionnement suivi d'une simulation numérique dont le but est la validation du modèle de la machine proposée. La modélisation proposée s'appuiera sur les résultats de la conception de la machines asynchrone. Ce modèle devra être adapté à une définition simple des structures de commande du système.

Dans le quatrième chapitre, la commande vectorielle de la machine asynchrone sera présentée à partir d'une technique bien connue basée sur la méthode directe d'orientation du flux rotorique. Nous présentons également les différentes structures de commandes basées sur cette théorie. Pour cela, nous utiliserons la modélisation donnée dans le troisième chapitre. Les régulateurs classique (PI), vu leur rôle important dans l'exécution de cette commande, seront notamment présentés.

Ensuite, dans un cinquième chapitre, nous présentons la conception d'un algorithme d'optimisation du rendement énergétique dans le cadre d'une commande vectorielle. Nous présenterons et calculons les différentes pertes produites dans la chaine de transmission d'énergie. L'objectif sera de comparer différentes commandes, et de discuter des meilleurs choix à opéré pour contrôler le moteur asynchrone. Les différentes modes de fonctionnement de la machine électrique seront examinées.

Dans le dernier chapitre, nous étudierons les méthodes de dimensionnement des machines asynchrones fonctionnant à vitesse variable pour le choix de la méthode appropriée. Une contribution à l'amélioration des performances par l'action sur quelques paramètres du dimensionnement.

En fin, une conclusion générale permettra de rassembler un certain nombre de remarques nécessaires quand l'avantage de cette commande et des suggestions sur des perspectives éventuelles.

On terminera par des annexes ainsi qu'une bibliographie indiquant quelques sources d'informations utilisées.

# Chapitre I:

## *Généralités sur la Motorisation d'un Véhicule Electrique*