

Notations et symboles .....	I
Sommaire .....	III
Table des figures .....	VIII
Liste des tables .....	XII
INTRODUCTION GENERALE.....	1

## Chapitre I

### Modélisation de l'ensemble MAS - Convertisseur Statique

<b>I.1 Introduction</b> .....	4
<b>I.2. Modélisation de la machine asynchrone</b> .....	5
I.2.1 Présentation de la machine.....	5
I.2.2 Les hypothèses simplificatrices .....	5
I.2.3. Modèle dynamique de la machine asynchrone.....	5
I.2.4 Equations électriques .....	6
I.2.5 Equations magnétiques.....	7
<b>I.2.6 Transformation de Park</b> .....	8
I.3 Transformation de PARK appliquée à la machine asynchrone triphasée .....	9
I.3.1 Equations électriques d'un enroulement triphasé dans les axes d et q.....	9
I.3.2 Equations magnétiques d'un enroulement triphasé dans les axes d et q .....	10
<b>I.4 Choix du repère de référence</b> .....	11
I.4.1 Référentiel (d-q) lié au stator ( $\alpha$ - $\beta$ ) .....	11
I.4.2 Référentiel (d-q) lié au rotor.....	11
I.4.3 Référentiel (d-q) lié au champ tournant.....	11
<b>I.5.1 Expressions du couple électromagnétique et de la puissance</b> .....	12
I.5.2 Equation du mouvement .....	13
<b>I.6 Mise sous forme d'équations d'état</b> .....	13
<b>I.7 Modélisation de l'alimentation de la machine</b> .....	14
I.7.1 Introduction .....	14
I.7.2 Modélisation du redresseuse triphasée double alternance à diodes .....	15
I.7.3 Modélisation du filtre .....	16
I.7.4 Modélisation de l'onduleur de tension.....	17

<b>I.8 Commande de l'onduleur de tension</b> .....	19
I.8.1 La technique de commande par hystérésis .....	20
I.8.2 La technique de commande par MLI.....	24
I.9 Conclusion .....	31

## Chapitre II

### Commande directe du couple de la machine à induction

<b>II-1 : Introduction</b> .....	32
<b>II.2 Principe du contrôle direct de couple</b> .....	32
<b>II.3 Principes généraux du contrôle vectoriel de couple</b> .....	33
<b>II-4 principes du contrôle du flux statorique</b> .....	34
<b>II-5 choix du vecteur de tension</b> .....	36
<b>II-6 les estimateurs</b> .....	37
II-6 -1 estimation du flux statorique.....	37
II-6-2 Estimation de couple électromagnétique.....	38
<b>II-7 Elaboration du vecteur de commande</b> .....	38
II-7-1 Elaboration du contrôleur de flux .....	38
II-7-2 Elaboration de contrôleur de couple .....	39
II-7-2-1 Contrôleur de couple à deux niveaux .....	39
II-7-2-2 Contrôleur de couple à trois niveaux .....	39
<b>II-8 Elaboration du table de commutation</b> .....	40
II-8-1 stratégie de commutation dans la DTC .....	40
II-8-2 table de commutation fonctionnement à quatre quadrants .....	41
<b>II-9 structure générale de contrôle du couple</b> .....	41
Le choix de la largeur des bandes d'hystérésis .....	42
<b>II-10 résultats de simulation</b> .....	42
II-10-1 Démarrage à vide .....	43
II-10-2 introduction d'un couple de charge .....	45
II-10-3 Test avec couple de charge variable (avec boucle de vitesse) .....	48

II-10-4 Test avec inversion de sens de rotation .....	49
<b>II-11 la Robustesse vis-à-vis des variations paramétriques</b> .....	<b>50</b>
II-11-1 test pour la variation de la résistance statorique: .....	50
II-11-2 test pour faible vitesse de rotation .....	52
<b>II-12 Amélioration des performances du DTC</b> .....	<b>53</b>
II-12-1 La commande DTC modifiée (amélioration dans les faibles vitesses) .....	53
II-12-2 La commande DTC avec table de 12 secteurs .....	56
<b>II-13 conclusion</b> .....	<b>60</b>

## Chapitre III

### Commande DTC-SVM de la machine à induction

<b>III-1 Introduction</b> .....	<b>61</b>
<b>III. 2 La modulation vectorielle</b> .....	<b>61</b>
III. 2.1 Principe de la MLI vectorielle .....	61
<b>III-3 les étapes de la réalisation d'une MLI vectorielle :</b> .....	<b>64</b>
III-3-1 Détermination des secteurs .....	64
III-3-2 calcul des variables X, Y et Z.....	64
III-3-3 Génération des signaux modulateurs $T_{aon}, T_{bon}, T_{con}$ .....	65
III-3-4 Génération des séries d'impulsions $S_a, S_b, S_c$ .....	66
III-3-5 Avantages de la modulation vectorielle .....	66
III-3-6 simulation de l'algorithme MLI vectorielle .....	67
<b>III.4 la commande DTC-SVM basée sur des régulateurs PI</b> .....	<b>68</b>
III-4 -1 stratégie de la structure .....	68
III-4-1-1 Modèle de la machine en vue de la commande.....	68
III-4-1-2 Contrôle du flux statorique.....	69
III-4-1-3 calcul des paramètres du PI de la régulation du flux .....	71
III-4-1-4 Contrôle du couple électromagnétique.....	73
III-4-1-5 calcul des paramètres de PI, de la régulation du couple .....	74
<b>III-5 la commande DTC-SVM basée sur le contrôle de l'angle de charge</b> .....	<b>77</b>
III-5-1 stratégie de contrôle.....	78

III-5-1-1 estimation du flux du rotor .....	78
III-5-1-2 estimation du flux du stator .....	79
III-5-1-3 estimation du couple .....	79
<b>III-6 test de simulation.....</b>	<b>80</b>
<b>III-7 Conclusion .....</b>	<b>84</b>

## Chapitre IV

### La commande prédictive directe du couple de la machine à induction

<b>IV-1 Introduction .....</b>	<b>85</b>
<b>IV-2 la commande prédictive .....</b>	<b>85</b>
IV-2 -1 La philosophie de la commande prédictive .....	85
IV-2-2 le principe et la stratégie générale de la commande prédictive .....	86
IV-2-3 Intérêts de la commande prédictive .....	87
<b>IV-3 commande prédictive généralisée .....</b>	<b>88</b>
IV-3-1 Principe de fonctionnement de la commande prédictive généralisée.....	88
<b>IV-4 Formulation du modèle .....</b>	<b>89</b>
<b>IV -5 Critère d'optimisation.....</b>	<b>91</b>
IV-5-2 Prédicteur optimal sous forme matricielle.....	92
IV-5-3 Critère quadratique matriciel .....	93
IV-5-4 Minimisation de la fonction de coût .....	93
IV-5-5 Choix des paramètres de réglage.....	93
<b>IV-6 association de la commande DTC-SVM à un régulateur prédictif de vitess.....</b>	<b>94</b>
Influence de l'horizon de prédiction $N_2$ .....	95
Influence du coefficient de pondération $\lambda$ .....	96
IV-7 La régulation de la vitesse : Comparaison entre le PI et la commande prédictive.....	98
<b>IV-8 Commande par linéarisation entrée –sortie .....</b>	<b>99</b>
linéarisation entrée-sortie .....	99
<b>IV-9 Application de la technique de la linéarisation entrée-sortie à la machine asynchrone en vue de la commande prédictive directe de couple.....</b>	<b>102</b>

---

IV-9-1 la commande flux-couple .....	103
IV-9-2 Linéarisation entrée-sortie .....	104
IV-9-3 linéarisation du système .....	104
IV-9-4 exploitation de la technique de la linéarisation entrée-sortie dans la commande prédictive directe de couple.....	105
IV-9-4-1 Influence du coefficient de pondération $\lambda$ .....	106
IV-9-4-2 Influence de l'horizon de prédiction $N_2$ .....	107
<b>IV-10 Tests de simulation .....</b>	<b>108</b>
Test de variation de la charge .....	113
<b>IV-11 Conclusion .....</b>	<b>115</b>
CONCLUSION GENERALE.....	117
ANNEXE A .....	119
ANNEXE B .....	120
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	122