

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté de génie électrique et informatique
Département d'électrotechnique



En vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en
Electrotechnique

Option: machines électriques

mémoire

Thème

*Etude et expérimentation d'un variateur de
vitesse pour machine asynchrone*

Proposé et dirigé par :

M^r: A. CHALLAL
M^r : B. AIT MENGUELLET

Réalisé par :

M^r : CHAUCHE Farid
M^r : CHAUCHE Malek
M^r : NEGROUCHE Massinissa

Promotion : 2010

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur Monsieur B. Ait Menguellet, également monsieur A. Challal ainsi qu'à Melle R. Kachenoura pour leurs disponibilités, Pour leurs conseils, pour leur aide précieuse et de nous avoir fait profiter de leur rigueur scientifique, de leurs expérience et de nous avoir aussi encouragés tout au long de ce travail, et qu'ils trouvent dans ce mémoire nos sincères reconnaissances.

Nous exprimons notre sincère gratitude à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Et, Nous tenons aussi à remercier les membres du jury, pour nous avoir honorés et acceptés d'examiner ce modeste travail, et que leurs critiques et réflexions soient utiles au renforcement de nos connaissances.

Nous adressons aussi nos plus vifs remerciements à :

- Mr HADDAD S, enseignant et chef du département.*
- Mr NAHI, enseignant au département.*

Pour leurs aides et leurs encouragements, ont été toujours disponibles pour répondre à nos questions. Qu'ils trouvent ici, tout notre respect et notre profonde reconnaissance.

Nous remercions aussi tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'élaboration de ce mémoire, que nous espérons qu'il soit une base pour les futures promotions, pour des études plus profondes.

DEDICACES

Je dédie ce travail

A ma mère et à mon père qui me sont très chers

A mes frères et à ma sœur

A mes oncles et à mes tantes

A mes cousins et cousines

A la mémoire de mon cousin MOHAMED

A tous mes amis en particulier M.T

MALIK

Introduction générale.....	6
Chapitre I : <i>Généralités sur les machines asynchrones</i>	
I.1. Introduction.....	7
I.2. Définition de la machine à induction	7
I.3. Constitution de la machine asynchrone.....	8
I.3.1. Le stator.....	8
I.3.2. Le rotor.....	9
I.3.2.a. Le rotor bobiné.....	9
I.3.2.b. Le rotor à cage d'écureuil.....	10
I.4. Principe de fonctionnement.....	10
I.5. Définition du glissement.....	11
I.6. Bilan des puissances.....	11
I.6.1 Puissance électrique absorbée P_a	12
I.6.2. Pertes par effet joule au stator P_{js}	12
I.6.3. Pertes fer au stator P_{fs}	12
I.6.4. Puissance transmise P_t	12
I.6.5. Moment du couple électromagnétique C_{em}	12
I.6.6. Puissance mécanique totale P_m	12
I.6.7. Pertes par effet joule et pertes dans le fer au rotor P_{jr} et P_{fr}	13
I.6.8. Pertes mécanique P_v	13
I.6.9. Pertes collectives P_c	13
I.6.10. Puissance utile P_u	14
I.7. Les régimes de fonctionnement de la machine asynchrone.....	14
I.8. Les problèmes posés par les MAS.....	16
I.8.1. Inversion du sens de marche	16
I.8.2. Le freinage.....	16
I.8.2.a. Freinage à contre courant.....	16
I.8.2.b. Freinage par courant continu.....	16
I.8.2.c. Freinage par récupération.....	17
I.8.3. Le démarrage.....	18

I.9. Procédés de démarrage des moteurs asynchrone.....	19
I.9.1. Moteur à rotor bobiné.....	19
I.9.2. Moteur à cage.....	20
I.9.2.1. Démarrage direct sur la tension du réseau.....	20
I.9.2.2. démarrage à tension réduite.....	20
I.9.2.2.a. Démarrage étoile triangle.....	21
I.9.2.2.b. Démarrage par résistance ou inductance statorique.....	22
I.9.2.2.c. Démarrage par autotransformateur.....	22
I.9.2.3. Démarrage par augmentation de la résistance rotorique.....	22
I.10. Classification des moteurs asynchrone.....	22
I.10.1. Moteur à couple de démarrage normale (classe B).....	22
I.10.2. Moteur à couple de démarrage élevé (classe C).....	23
I.10.3. Moteur à glissement élevé (classe D).....	23
I.11. La variation de la vitesse de moteur asynchrone	24
I.11.1. Action sur le glissement.....	24
I.11.2. Variation de la fréquence du réseau.....	24
I.11.3. Variation du nombre de paires de pôles.....	25
I.12. Conclusion	25

Chapitre 2 : *Différents variateurs de vitesse de la machine asynchrone*

II.1 Introduction	26
II.2. Variation de vitesse à fréquence d'alimentation fixe.....	26
II.2.1. Variation de tension. Gradateur.....	27
II.2.1.1. Principe.....	27
II.2.1.2. Association gradateur-machine asynchrone.....	28
II.2.1.3. Modes de fonctionnement.....	33
II.2.1.4. Avantage et inconvénient d'associer gradateur-moteur.....	34
II.2.1.4.a. Avantage.....	34
II.2.1.4.b. Inconvénient.....	34
II.2.1.5. Différents types de circuits de gradateur.....	34

II.2.2. Variation de la résistance rotorique.....	36
II.2.2.1. Mise en œuvre du procédé.....	36
II.2.2.2. Avantage et inconvénient.....	39
II.2.3. Cascade hyposynchrone.....	40
II.2.3.1. Réglage à couple constant.....	40
II.2.3.2. Réglage à puissance constante.....	41
II.2.3.3. Etude simplifiée	41
II.2.3.4. Avantage et inconvénient.....	44
II.3. Variation de vitesse à fréquence variable.....	45
II.3.1. Introduction.....	45
II.3.2. Types des commandes utilisées.....	46
II.3.2.1. Commande scalaire.....	46
II.3.2.1.a. Contrôle V/f de la machine asynchrone.....	46
II.3.2.1.b. Commande scalaire du courant.....	49
II.3.2.2. Contrôle vectoriel.....	49
II.3.2.2.a. Commande vectoriel indirecte par orientation du flux rotorique....	50
II.3.2.2.b. Commande directe du couple.....	51
II.3.3. Les convertisseurs utilisés.....	51
II.3.3.1. Variateur de fréquence directe. Le cycloconvertisseur.....	51
II.3.3.2. Variateur de fréquence indirecte.....	55
II.3.3.2.1. Alimentation par un onduleur de courant.....	55
II.3.3.2.2. Alimentation par un onduleur de tension.....	55
II.3.3.2.2.a. Onduleur de tension triphasé.....	56
II.3.3.2.2.b. Modèle de l'onduleur de tension : liaison entre le coté continu et le coté alternatif.....	57
II.3.3.2.2.c. Onduleur de tension à MLI.....	60
1. Modulation de largeur d'impulsion sinus-triangle.....	61
2. Principe.....	61
II.4. Conclusion	63

Chapitre 3: *Présentation et fonctionnement du banc d'essai*

III.1. Présentation du fabricant Lucas Nulle	64
III.2. Présentation du banc d'essai.....	64
III.3. Module de commande à LCD.....	65
III.4. Présentation du variateur de vitesse	65
III.4.1. Raccordements et leur signification.....	66
III.4.2. Caractéristiques techniques.....	68
III.4.3. caractéristique spéciales.....	68
III.5. Convertisseur de fréquence 8200 vector.....	69
III.5.1. Présentation du convertisseur de fréquence 8200 vector.....	70
III.5.2. Terminologie.....	71
III.5.3. Utilisation des convertisseurs de fréquence 8200 vector.....	71
III.5.4. Protection du moteur	71
III.6. Programmation.....	72
III.6.1. Programmation à l'aide des modules de commutation.....	72
III.6.1.1. Programmation du clavier de commande.....	72
III.6.1.1.1. Installation et mise en service.....	73
III.6.1.1.2. Affichages et fonctions.....	73
III.6.1.2. Programmation à l'aide du module de communication LECOM-A (RS232).....	75
III.6.1.2.1. Raccordement au maître (PC ou API).....	75
III.6.1.2.2. Les accessoires.....	76
III.6.1.2.3. Les codes de programmation à l'aide de LECOM-A (RS232).....	76
III.6.2. Programmation à l'aide des modules de fonction BUS.....	76
III.7. Le fonctionnement du variateur de vitesse	77
III.7.1. Mode de fonctionnement.....	77
III.7.1.a. Fonctionnement en U/f.....	77
III.7.1.b. Contrôle vectoriel.....	78
III.7.1.c. Régulation de couple sans capteur.....	78
III.7.2. Optimisation de fonctionnement.....	78
III.7.2.a. Compensation de glissement.....	78

III.7.2.b. Fréquence de découpage.....	78
III.7.2.c. Amortissement des instabilités.....	78
III.7.2.d. Fréquences masquées.....	79
III.7.3. Réglage des valeurs limites.....	79
III.7.3.a. Plage de vitesse.....	79
III.7.3.b. Limitations de courant.....	79
III.7.4. Accélération, décélération.....	79
III.7.4.1. Temps d'accélération et de décélération.....	79
III.7.4.2. Arrêt rapide.....	79
III.7.4.3. Inversion du sens de rotation.....	80
III.7.4.4. Freinage.....	80
III.7.4.4.a. Freinage sans résistance de freinage.....	80
III.7.4.4.b. Freinage avec résistance de freinage.....	81
III.8. Exemples d'application.....	82
1) Fonctionnement à couple constant.....	82
2) Fonctionnement en quadratique.....	85
III.9. Conclusion.....	87

INTRODUCTION GENERALE

Les moteurs électriques sont de nos jours, à l'exception des dispositifs d'éclairage, les récepteurs les plus nombreux dans les industries et les installations tertiaires. Leur fonction, de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique, leur donne une importance économique toute particulière qui fait qu'aucun concepteur d'installation ou de machine, aucun installateur et aucun exploitant ne peut les ignorer.

Parmi tous les types des moteurs existants, les moteurs asynchrones triphasés notamment les moteurs à cage sont les plus utilisés dans l'industrie. De plus, bien que leur commande par des équipements à contacteurs soit parfaitement adaptée pour un grand nombre d'application, l'emploi de matériels électroniques en constante progression élargit leur champ d'application. C'est le cas pour contrôler le réglage précis de la vitesse. Les variateurs mécaniques et les groupes tournants ont été les premières solutions, puis les variateurs électroniques se sont imposés dans l'industrie comme la solution moderne, économique, fiable et sans entretien.

Un variateur est un convertisseur d'énergie dont le rôle consiste à moduler l'énergie électrique fournie au moteur. Les variateurs de vitesse assurent une mise en vitesse et une décélération progressive, ils permettent une adaptation précise de la vitesse aux conditions d'exploitation. Les variateurs de vitesse sont de type redresseur contrôlé pour alimenter les moteurs à courant continu, ceux destinés aux moteurs à courant alternatif sont des convertisseurs de fréquence.

Historiquement, le variateur pour moteur à courant continu a été la première solution offerte. Les progrès de l'électronique de puissance et de la microélectronique ont permis la réalisation de convertisseur de fréquence fiable et économique. Les convertisseurs de fréquence modernes permettent l'alimentation de moteurs asynchrones standards avec des performances analogues aux meilleurs variateurs de vitesse à courant continu.

Dans ce qui suit, notre travail est consacré à l'étude et l'expérimentation de l'un de ces types de variateurs qu'est : le variateur de fréquence indirecte pour machine asynchrone.

Pour mener bien notre travail, nous avons choisi de le répartir sur trois chapitres.

Dans le premier chapitre, nous exposons les généralités sur les machines asynchrones.

Dans le second chapitre nous présentons l'étude des différents variateurs de vitesse pour machine asynchrone.

On termine notre travail par un troisième chapitre qui cerne la présentation et le fonctionnement du banc d'essai.

I.1. Introduction

Plus de la moitié de l'énergie électrique produite dans les pays industrialisés est transformées en énergie mécanique, par des moteurs. La plupart de ceux-ci appartiennent à l'un des types suivants : à courant continu, asynchrone, synchrone, à courant alternatif à collecteur. On estime généralement que les moteurs asynchrones représentent 70% de la puissance installée, et qu'ils absorbent 40 à 50% de l'énergie totale consommée. Même si ces chiffres sont imprécis, ils montrent l'importance de ce type d'équipement.

I.2. Définition de la machine à induction

On appelle machine asynchrone toute machine, qui, ayant $(2p)$ pôles de fréquence f_s , ne tourne pas exactement à la vitesse synchrone $(\frac{60f_s}{p})$. On parle généralement de moteurs asynchrones car ces machines sont destinées à fournir de la puissance mécanique à partir du réseau électrique.

Parmi les machines asynchrones, on peut distinguer deux types :

- ❖ Les machines d'induction.
- ❖ Les machines à collecteur.

Le moteur d'induction est tellement plus utilisé que les autres que lorsqu'on parle de moteur asynchrone on sous-entend d'induction. La machine d'induction est caractérisée par une armature non alimentée (rotor), parcourue par des courants induits par l'autre armature qui est alimentée à partir d'un réseau de fréquence f_s (stator).



Figure I.1 : Machine asynchrone

I.3. Constitution de la machine asynchrone

Le moteur asynchrone comprend un stator et un rotor, constituée de tôles d'acier au silicium et comportant des encoches dans lesquelles sont placés les enroulements. Le stator est fixe ; on y trouve les enroulements du rotor qui sont accessibles de l'extérieur ou sont fermés sur eux-mêmes en permanence, on définit deux types de rotor : bobiné ou à cage d'écureuil.

Dans notre étude, nous allons considérer le cas d'une machine asynchrone à cage d'écureuil. [1]

I.3.1. Le stator

Le circuit magnétique du stator est un empilement de tôles fines d'acier découpées, faisant apparaître les différentes encoches statoriques. On utilise des tôles minces dont l'épaisseur varie entre 0.35 et 0.50mm pour minimiser les pertes dans le circuit magnétique. De plus, afin de limiter l'effet des courants de Foucault, on isole habituellement les tôles d'une mince couche de vernis ou de silicate de soude.

Le bobinage statorique est constitué de deux parties : les conducteurs et les têtes de bobines. Les conducteurs permettent de créer dans l'entrefer le champ magnétique à l'origine de la conversion électromagnétique. Les têtes de bobines permettent, quant à elles, la fermeture des courants en organisant leur circulation, l'objectif étant d'obtenir une répartition des forces magnétomotrices et du flux la plus sinusoïdale possible dans l'entrefer pour limiter les oscillations du couple électromagnétique.

Physiquement, on peut effectuer les bobinages statoriques de plusieurs façons, mais on utilise habituellement trois types d'enroulement :

- L'enroulement imbriqué.
- L'enroulement concentrique.
- L'enroulement ondulé.

Chaque type présente des avantages dans certaines applications.

Placé dans les encoches, le bobinage est ensuite englué dans un vernis qui le maintient collé, tout en améliorant l'isolation électrique. L'une des caractéristiques importantes des

verniss utilisés pour couvrir les fils ronds réside dans le fait qu'ils doivent rester flexibles après séchage, ceci pour pouvoir absorber les différents mouvements lors du fonctionnement.

I.3.2. Le rotor

Le rotor se compose d'un cylindre de tôles poinçonnées à leur périphérie extérieure pour former les encoches destinées à recevoir des conducteurs. Il est séparé du stator par un entrefer très court de l'ordre de 0.4 à 2 mm seulement. Il existe deux types de rotors :

Le rotor à cage d'écureuil et le rotor bobiné.

I.3.2.a. Le rotor bobiné

Le rotor bobiné comprend un bobinage triphasé, semblable à celui du stator, placé dans les encoches. Il est composé de trois enroulements raccordés en étoile ; l'extrémité libre de chaque enroulement est reliée à une bague tournant avec l'arbre. Ces bagues permettent, par l'intermédiaire de trois balais, d'insérer une résistance extérieure en série avec chacun des trois enroulements normaux, les trois balais sont court-circuités.

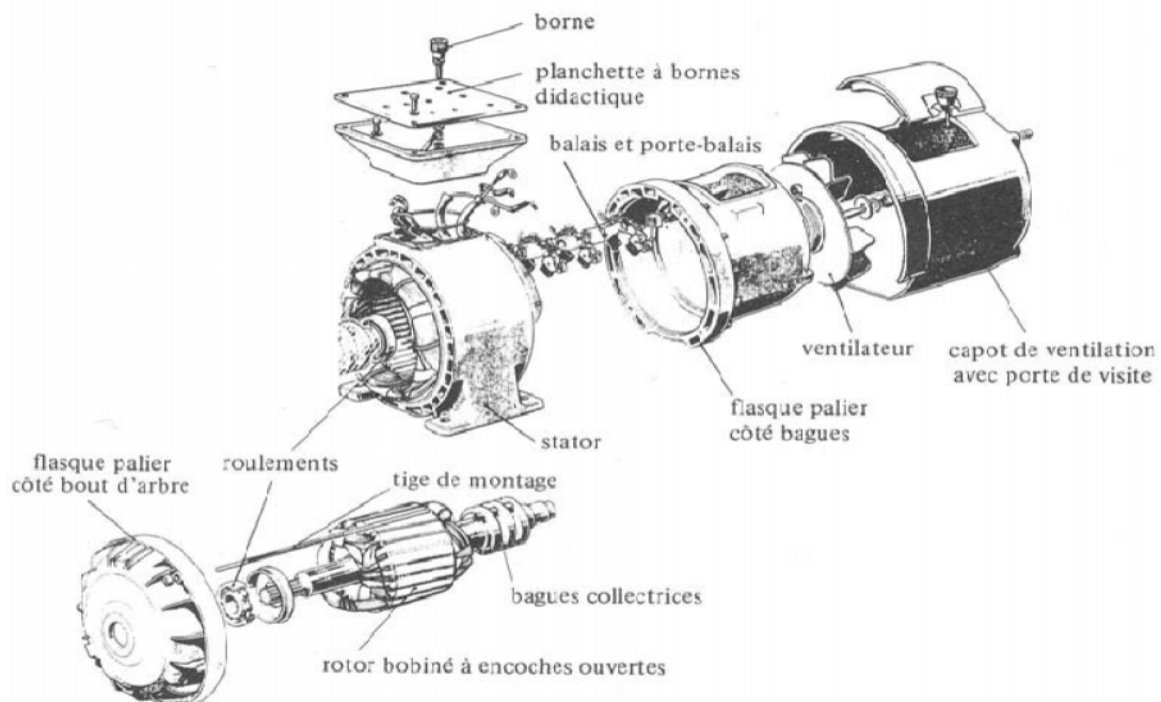


Figure I.2 : Vue éclatée d'une machine asynchrone triphasée à bagues.

I.3.2.b. Rotor à cage d'écureuil

L'enroulement est constitué de barres de cuivre nues introduites dans les encoches ; ces barres sont soudées à chaque extrémité à deux anneaux qui les court-circuitent. L'ensemble ressemble à une cage d'écureuil d'où le nom de rotor à cage d'écureuil, ou simplement rotor à cage. Dans les moteurs de petite et moyenne puissance, les barres et les anneaux sont formés d'un seul bloc d'aluminium coulé.

Ce type de moteur est le plus employé, car il est facile à construire, moins coûteux et plus robuste que les moteurs à rotor bobiné. [2]

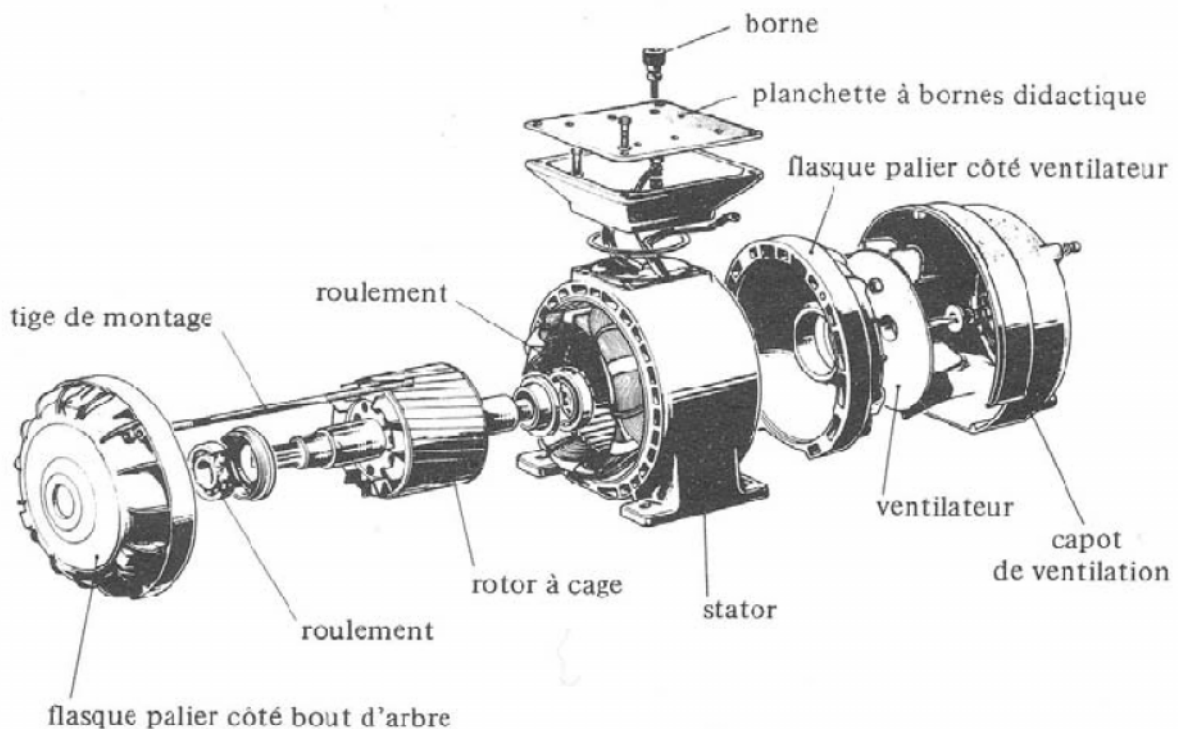


Figure I.3 : Vue éclatée d'une machine asynchrone triphasée à cage.

I.4. Principe de fonctionnement

L'alimentation du stator par un système de courant triphasé donne naissance à un champ tournant à la vitesse de synchronisme au niveau de l'entrefer, ce qui crée des f.é.m.

induites dans les enroulements du rotor qui sont court-circuités et, par conséquent des courants induits.

Ces courants placés dans le champ magnétique créée par le stator sont soumis à des forces qui font tourner le rotor, à une vitesse de rotation N_r inférieure à celle du synchronisme N_s , d'où le nom de machine asynchrone.

Cette différence de vitesse de rotation du rotor par rapport à celle du champ tournant, nous ramène à définir un paramètre qui caractérise les machines asynchrones, qu'on appelle le glissement.

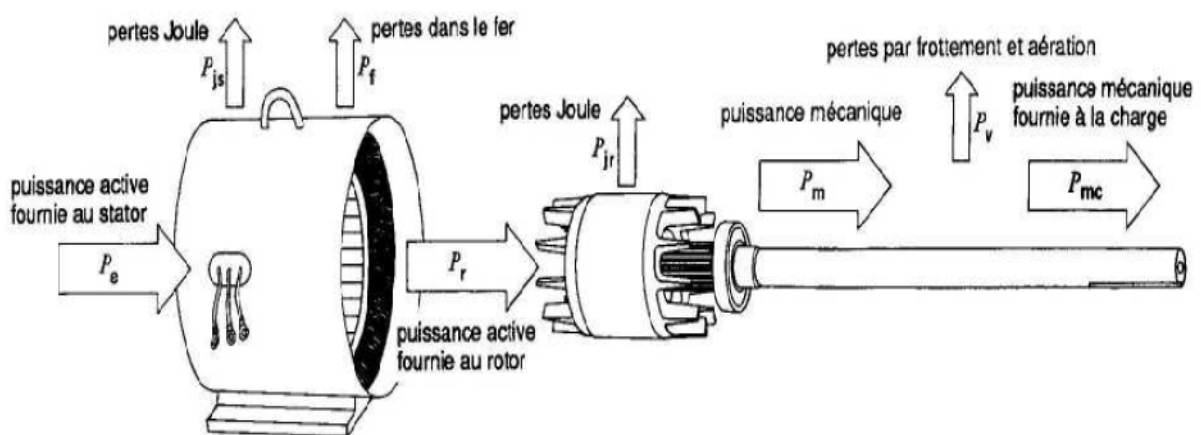
I.5 Définition du glissement

Le glissement qu'on note « g » est le rapport de la vitesse du glissement ($N_s - N_r$) du rotor par rapport au champ tournant du stator à la vitesse de synchronisme N_s . Il est exprimé en pourcent. [3]

On écrit alors :

$$g = \frac{(N_s - N_r)}{N_s} \times 100 \quad (\text{I.1})$$

I.6. Bilan des puissances



I.6.1. Puissance électrique absorbée : P_a

$$P_a = 3UI\cos\varphi \quad (I.2)$$

U : tension entre deux bornes du moteur

I : courant en ligne

I.6.2. Pertes par effet joule au stator : P_{js}

$$P_{js} = \frac{3}{2} R I^2 \quad (I.3)$$

R : résistance entre deux bornes du stator

I.6.3. Pertes fer au stator : P_{fs}

Elles ne dépendent que de la tension U et de la fréquence f et sont donc constantes si le moteur est couplé au réseau.

I.6.4. Puissance transmise : P_t

$$P_t = P_a - P_{js} - P_{fs} \quad (I.4)$$

C'est la puissance que reçoit le rotor.

I.6.5. Moment du couple électromagnétique :

L'action de l'ensemble des forces électromagnétiques se réduit à un couple électromagnétique résultant de moment C_{em} .

$$C_{em} = \frac{P_t}{\Omega_s} \quad (I.5)$$

I.6.6. Puissance mécanique totale : P_m

Le couple électromagnétique de moment C_{em} entraîne le rotor à la vitesse Ω . Il lui communique donc la puissance mécanique totale P_m .

$$P_m = C_{em}\Omega \quad (I.6)$$

Soit $P_m = C_{em}\Omega = P_t \frac{\Omega}{\Omega_S} = P_t (1 - g)$

Cette puissance comprend la puissance utile et les pertes mécaniques.

I.6.7. Pertes par effet joule et pertes dans le fer au rotor : P_{jr} et P_{fr}

Ces pertes représentent la différence entre P_t et P_m . Elles sont dues aux courants induits. Elles ne sont pas mesurables car le rotor est court-circuité. On les calcule.

Donc :

$$P_{jr} + P_{fr} = P_t - P_m = P_t - P_t (1 - g) = gP_t \quad (I.7)$$

$P_{jr} \approx gP_t$ Les pertes fer du rotor sont négligeables.

I.6.8. Pertes mécaniques : P_v

$$P_v = P_m - P_{me} \quad (I.8)$$

La vitesse de rotation variant peu en marche normale, ces pertes sont pratiquement constantes.

I.6.9. Pertes « collectives » : P_c

$$P_c = P_{jr} + P_v \quad (I.9)$$

On définit le couple de perte

$$C_P = \frac{P_c}{\Omega_S} \quad (I.10)$$

Le couple de perte est une grandeur constante quelle que soit la vitesse et la charge de la machine.

I.6.10. Puissance utile : $P_{me} = P_u$

$$\text{Puissance utile : } P_u = P_m - P_v \quad (\text{I.11})$$

$$\text{Couple utile : } C_U = \frac{P_U}{\Omega} \quad (\text{I.12})$$

$$\text{Rendement : } = \frac{P_U}{P_a} \quad (\text{I.13})$$

I.7. Les régimes de fonctionnement de la machine asynchrone

Selon les valeurs que peut prendre le glissement « g », on peut définir les régimes de fonctionnement de la machine asynchrone comme suit :

a) Si $0 < g < 1$: (N_r comprise entre 0 et N_s)

Dans ce cas le champ statorique tend à accélérer le rotor pour l'amener au synchronisme.

On dit alors que la machine fonctionne en moteur.

b) Si $-1 < g < 0$: ($N_r > N_s$)

Dans ce cas le champ statorique tend à ramener la vitesse de l'arbre au synchronisme.

On dit alors que la machine fonctionne en génératrice.

c) Si $g > 1$: ($N_r < 0$)

Dans ce cas le champ statorique tend à amener le rotor à tourner dans son propre sens.

On dit alors que la machine fonctionne en frein.

On peut voir bien clairement ces régimes de fonctionnement sur la caractéristique couple/vitesse et, d'après le sens des puissances de chaque cas, qu'on résume sur la figure (I.4). [1]

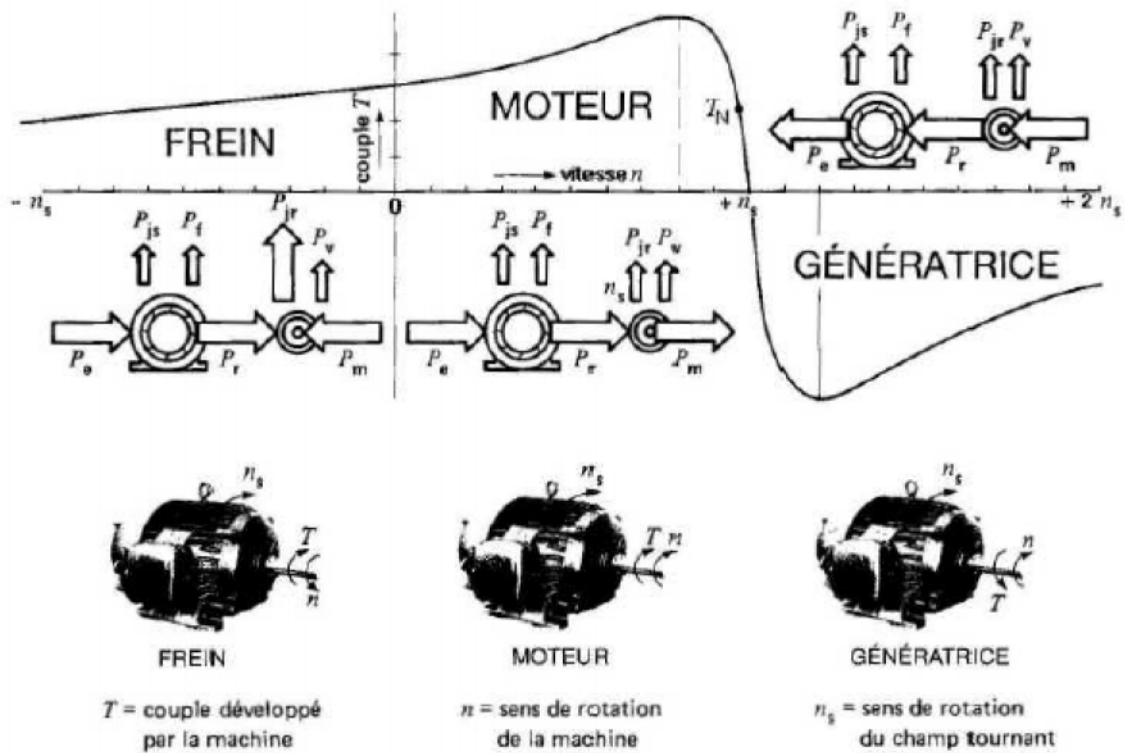


Figure I.4 : Courbe généralisée donnant le couple en fonction de la vitesse d’une MAS. Noter le sens des puissances dans les trois modes d’opération.

Avec :

P_e : la puissance électrique.

P_t : la puissance électromagnétique.

P_m : la puissance mécanique.

P_{js} : les pertes Joule statoriques.

P_f : les pertes fer.

P_{jr} : les pertes Joule rotoriques.

P_v : les pertes par ventilation et friction dans le rotor.

I.8 Les problèmes posés par les MAS

Malgré la simplicité structurelle des MAS et ses différents avantages, elles possèdent également des inconvénients tels que:

- des performances médiocres qui concerne, le freinage, l'inversion du sens de marche et le démarrage.
- la difficulté d'identification directe des variables interne du rotor, ce qui nous amène à exprimer les grandeurs rotoriques à travers leurs actions sur le stator et, donc une modification de l'équation vectorielle rotorique.

I.8.1 Inversion du sens de marche

Ce problème est particulièrement facile à résoudre, car il suffit de croiser deux des fils d'alimentation du stator, ce qui inverse le sens de rotation du champ tournant et, par suite, le sens de rotation du moteur.

I.8.2 Le freinage

Le freinage des machines asynchrones peut être réalisé mécaniquement et cela par un frein à disque incorporé au moteur, on appelle l'ensemble MOTEUR FREIN (figure I.5), ou bien électriquement par l'une des trois principales méthodes qui suit:

I.8.2.a. Freinage à contre courant :

Son principe est l'inversion du sens de rotation du champ tournant, mais des courants excessifs auront lieu, donc l'insertion des résistances au niveau du rotor est nécessaire pour éviter sa détérioration. Puis on réduit progressivement ces résistances avant le redémarrage du moteur dans le sens inverse (figure I.6).

I.8.2.b. Freinage par courant continu :

Son principe consiste, après avoir déconnecté la machine de l'alimentation, à exciter son stator par un courant continu, ce qui va créer un champ fixe dans la machine qui s'oppose au mouvement.

Cette méthode est la plus efficace, car elle est moins dangereuse et, on peut contrôler le freinage par le contrôle de l'intensité du courant d'excitation qui peut atteindre 2 à 6 fois le courant nominal (figure I.6).

I.8.2.c. Freinage par récupération :

Son principe est d'imposer au moteur une fréquence qui nous permettra d'avoir une vitesse de rotation du rotor supérieure à celle du synchronisme.

Le moteur fonctionne alors en génératrice qui renvoie de l'énergie au réseau à la même fréquence, d'où la récupération d'énergie.

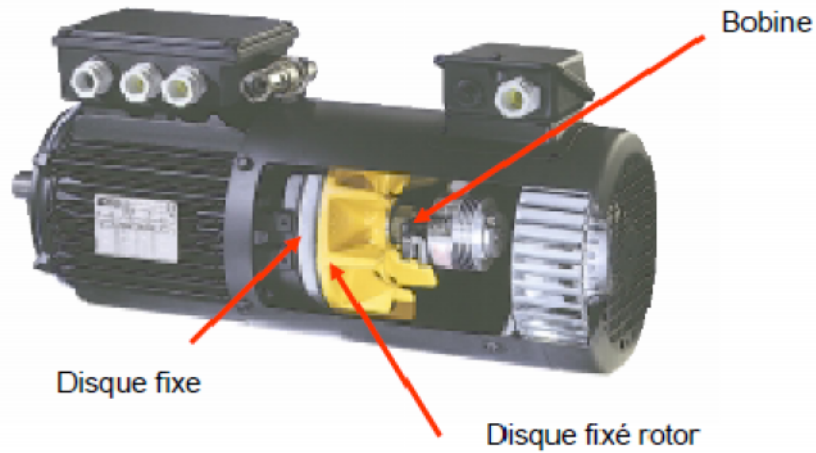


Figure I.5 Exemple d'un moteur à frein.

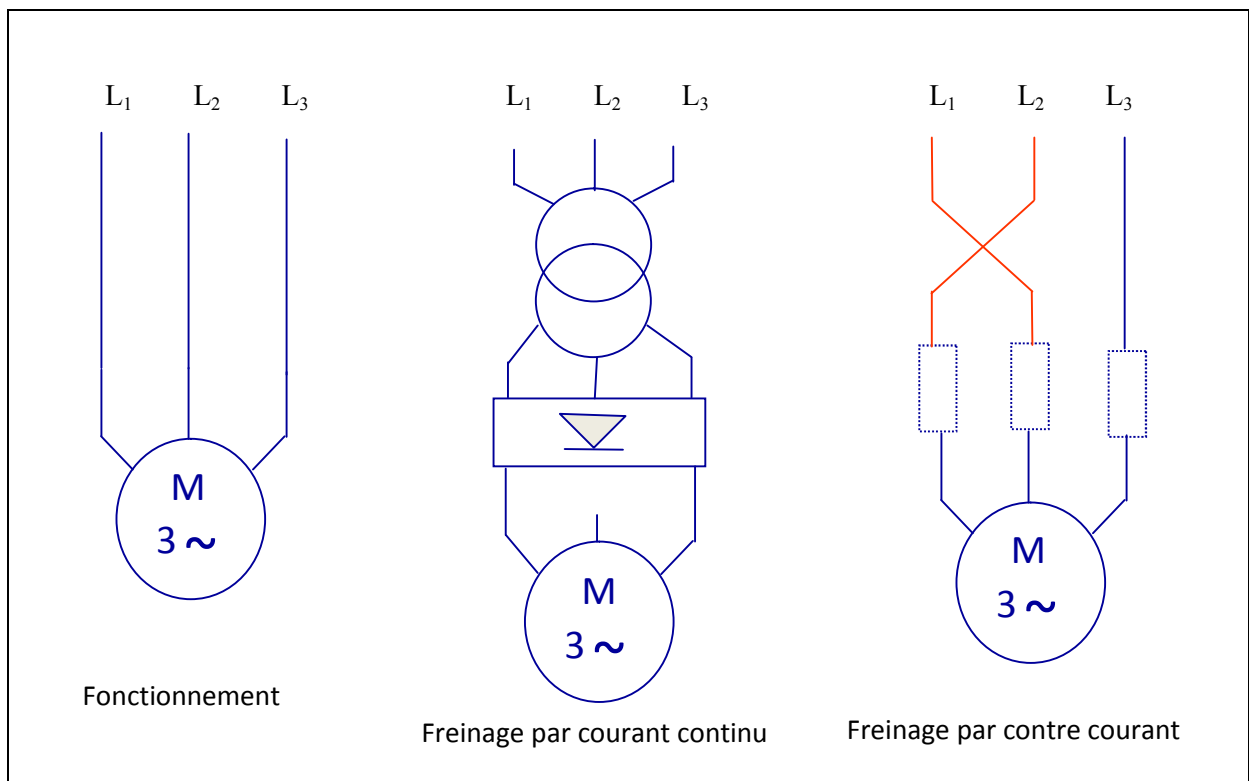


Figure I.6

I.8.3 Le démarrage

Les éléments principaux du démarrage sont le couple de démarrage et le courant de démarrage. Ils sont donnés pour un glissement unitaire, $g=1$, par les formules suivantes :

$$C_d = C_{em}(g=1) = \frac{mV_1^2}{\Omega_s} \frac{R_2}{[(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2]} \quad (\text{I.14})$$

$$I_d = \frac{V_1}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2}} \quad (\text{I.15})$$

Avec :

R_1, X_1 : Résistance et réactance du stator,

R_2, X_2 : Résistance et réactance du rotor ramenées au stator,

m : nombre de phases,

Ω_s : vitesse de synchronisme (rd/s),

g : le glissement.

Le démarrage ne s'effectuera que pour un couple moteur supérieur au couple résistant pendant toute la durée du démarrage. Dans certains cas (démarrage des concasseurs, des compresseurs, etc.), un important couple de démarrage est exigé, égal au couple nominal ou même supérieur.

Pendant la phase de démarrage d'une machine, la plage du couple moteur compatible avec un démarrage correct de la charge, nécessite un appel de courant important à la mise sous tension, ce qui entraîne :

- Des chutes de tensions supplémentaires par rapport au régime permanent dans les réseaux de faible puissance et des moteurs de grande puissance, ce qui nuit au fonctionnement des appareils voisins.

- Des contraintes thermiques supplémentaires pour le moteur ; les machines sont dimensionnées pour un point de fonctionnement nominal, lors du démarrage il convient de s'assurer que l'échauffement imposé au moteur ne risque pas de le détériorer. C'est-à-dire qu'il faut s'assurer que le temps de démarrage ne soit pas trop long, compte-tenu de la valeur du courant de démarrage.

Le problème de démarrage concerne donc essentiellement la limitation de l'appel de courant, tout en conservant un couple de démarrage suffisamment important. []

I.9 Procédés de démarrage des moteurs asynchrones

Selon le type du rotor du MAS, on distingue les procédés de démarrage qui suivent:

I.9.1 Moteur à rotor bobiné

Pour ce type de moteur, la diminution du courant de démarrage s'effectue par l'insertion dans le circuit rotorique d'un ensemble de résistances qui seront court-circuitées progressivement pendant la phase de démarrage (fig. I.7).

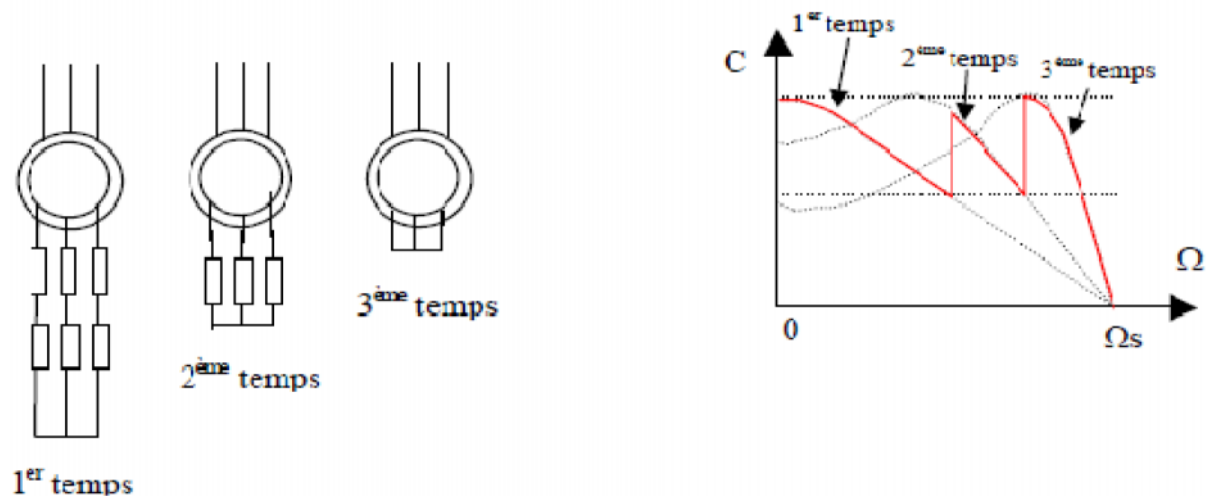


Figure I.7

Ce procédé permet la diminution du courant de démarrage et l'augmentation du couple de démarrage, mais il présente un équipement plus cher. Il n'est utilisable que pour des moteurs à rotor bobiné.

I.9.2. Moteur à cage

Pour ce type de moteur, le démarrage s'effectue selon trois procédés :

- un démarrage direct sur la tension du réseau,
- un démarrage à tension réduite,
- un démarrage par augmentation de la résistance rotorique.

I.9.2.1. Démarrage direct sur la tension du réseau :

Pour des moteurs de faible puissance, le démarrage s'effectue directement sur la tension du réseau sans aucun dispositif supplémentaire.

Ce procédé est le plus simple, il nous permet d'avoir un démarrage en moins de temps avec un couple énergétique, mais le démarrage est brutal et l'appel de courant est important.

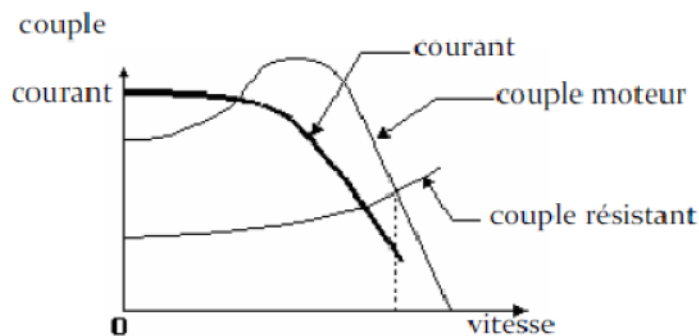


Figure I.8. Courant et couple en fonction de la vitesse pour un démarrage direct

I.9.2.2. Démarrage à tension réduite :

Le principe de ce démarrage consiste à réduire la tension aux bornes du moteur, ce qui provoquera une diminution du courant de démarrage. Et comme le couple moteur est proportionnel au carré de la tension, toute diminution de celle-ci entraîne une diminution du couple moteur. Par conséquent, ce type de démarrage ne peut s'appliquer qu'à des machines centrifuges.

La réduction de la tension peut se faire par l'une des méthodes suivantes :

I.9.2.2.a. Démarrage étoile triangle :

Avant la mise en marche du moteur, on doit coupler ses enroulements statoriques en étoile et une fois démarré, on rétablit le couplage en triangle.

Ce procédé nous permet d'avoir un courant de démarrage trois fois plus faible que lors de démarrage direct en triangle. Mais le couple de démarrage diminue également de la même quantité que le courant.

On utilise ce procédé en cas de machines démarrant à vide ou presque à vide (machines-outils, compresseurs centrifuges, etc.). C'est un procédé économique qui nécessite toutefois que le moteur soit prévu pour fonctionner en marche normale avec ses enroulements couplés en triangle.

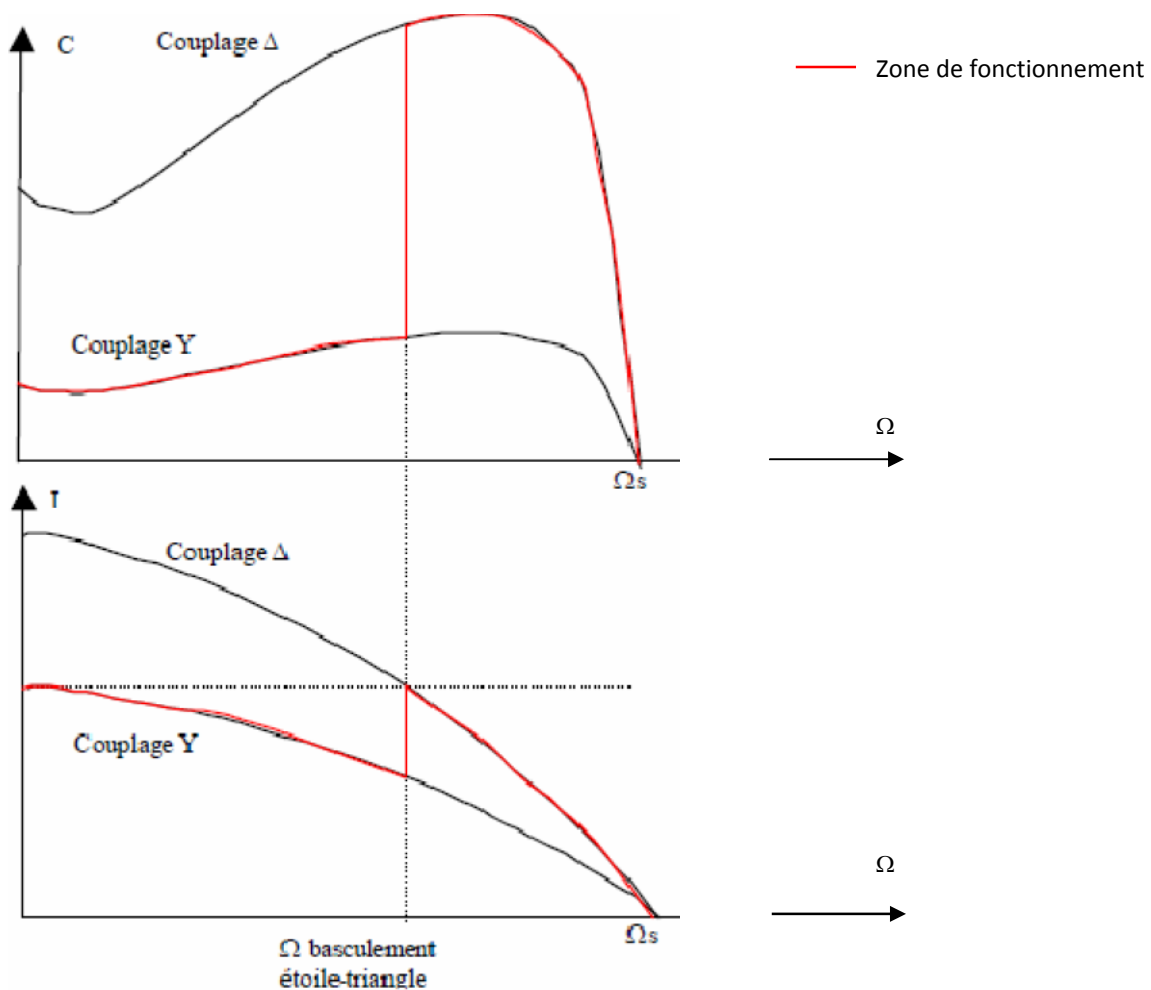


Figure I.9 courant et couple en fonction de la vitesse

I.9.2.2.b. Démarrage par résistance ou inductance statorique :

La connexion des enroulements statoriques au réseau se fait par l'intermédiaire des résistances ou des inductances, qu'on élimine progressivement ou bien en une seule fois (selon le couple désiré) après avoir atteint le régime permanent.

Un tel dispositif présente l'inconvénient de diminuer le couple de démarrage plus que le courant. Mais il nous permet de choisir l'intensité de décollage et donc du couple de démarrage. Il est essentiellement valable pour des machines présentant un couple de démarrage plus faible que le couple nominal (compresseurs centrifuges, pompes, ...).

I.9.2.2.c. Démarrage par autotransformateur :

Son principe consiste à réduire la tension du réseau au moyen d'un autotransformateur, ce qui causera la diminution du courant et du couple de démarrage de m^2 (m : est le rapport de transformation de l'autotransformateur). Mais cette diminution du couple est moins forte par rapport aux autres procédés.

Ce dispositif nous permet le réglage du couple de démarrage à la valeur désiré, mais la nécessité d'un autotransformateur le rend plus onéreux. Il est réservé aux machines de forte puissance ($P_n > 100$ KW, EX : compresseurs rotatifs et à piston).

I.9.2.3. Démarrage par augmentation de la résistance rotorique :

L'augmentation de la résistance des moteurs à cage ne s'effectue que par leurs nouvelles formes qu'on appelle moteurs à double cages et moteurs à encoches profondes. [2]

I.10. Classification des moteurs asynchrones

Les moteurs asynchrones sont classés selon les conditions environnementales dont ils seront exposés et selon leurs caractéristiques électriques et mécaniques dont on citera les principales catégories qui suivent :

I.10.1. Moteur à couple de démarrage normal (classe B) :

La grande majorité des moteurs asynchrones appartient à ce groupe. Ces moteurs, d'usage général, peuvent entraîner des ventilateurs, des pompes centrifuges, des machines outils, etc.

I.10.2. Moteur à couple de démarrage élevé (classe C) :

Ces moteurs comportent, en général, un rotor à double cages. Ils sont utilisés dans les cas où le démarrage est difficile ou d'une durée plutôt longue. Par exemple les pompes et les compresseurs à piston.

I.10.3. Moteur à glissement élevé (classe D) :

Ce sont des moteurs à glissement élevé, avec un courant de démarrage plus faible, leur vitesse nominale est d'environ 10% plus faible que leur vitesse synchrone, leur régime de charge doit être intermittent afin de prévenir tout échauffement excessif. Ils sont utilisés dans le cas où le démarrage est lent (comme un séchoir centrifuge) et pour l'entraînement de machines telles que les cisailles, poinçonneuses et presses. La cage d'écureuil de ces moteurs est faite en laiton pour augmenter sa résistance.

Les caractéristiques couple-vitesse de ces différents moteurs, ainsi que les détails de construction de leurs rotors sont représentés sur la figure (I.10).

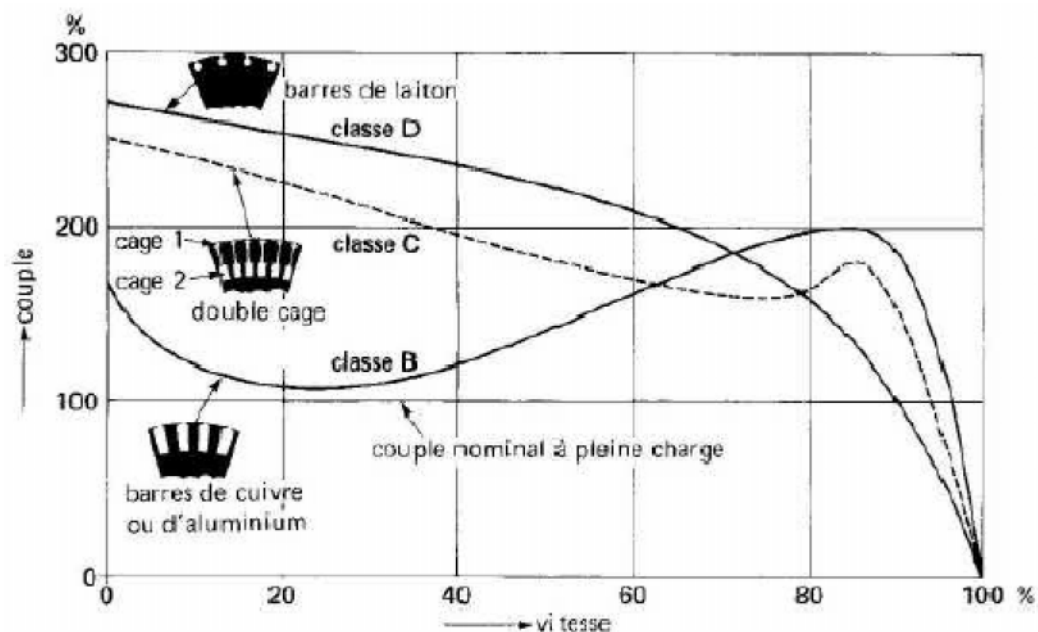


Figure I.10 Courbe du couple en fonction de la vitesse pour moteurs de classe B, C et D. La coupe du rotor indique le genre de conducteurs utilisés.

Ces différentes caractéristiques sont obtenues surtout pour des changements effectués sur le rotor. Ainsi, plus la résistance du rotor est élevée, plus le couple de démarrage est grand et plus la vitesse nominale est basse. L'emploi du laiton au lieu du cuivre dans le rotor a pour effet d'augmenter sa résistance et, par conséquent, son couple. Par contre, plus la résistance

du rotor est considérable, plus les pertes dans celui-ci sont grandes en régime normal, et plus le rotor s'échauffe. [1]

I.11. La variation de la vitesse de moteur asynchrone

La vitesse de rotation d'un moteur asynchrone est inférieure à celle du synchronisme et, elle est donnée par la formule suivante :

$$N_r = (1 - g) \frac{f}{p} \quad (\text{I.16})$$

Donc, il est bien clair que, pour la faire varier, on doit agir, soit sur le nombre de paires de pôles « p », soit sur le glissement « g », ou bien sur la fréquence du réseau « f ».

I.11.1. Action sur le glissement :

L'augmentation du glissement d'un moteur alimenté à fréquence constante nous permet la variation de sa vitesse de marche et, cela peut se faire par :

- Une réduction de la tension d'alimentation, en utilisant un gradateur pour chacune des phases statoriques ou bien un autotransformateur, si le moteur est à cage.
- Une augmentation de la résistance rotorique par l'addition d'un rhéostat, si le moteur est à bagues.
- Un prélèvement de l'énergie au rotor pour la réinjecter au réseau par l'intermédiaire d'un redresseur, un onduleur puis un transformateur triphasé. On appelle le système, la cascade hyposynchrone qui est utilisable pour des moteurs à bagues.

I.11.2. Variation de la fréquence du réseau :

L'alimentation du moteur par une tension de fréquence variable peut se faire à travers deux méthodes.

- Une conversion directe, en utilisant des cycloconvertisseurs qui ont comme principe la « construction » des tensions d'alimentation à travers des portions convenablement choisies des tensions de réseau.
- Une convention indirecte qui consiste à alimenter le moteur par l'intermédiaire d'un redresseur puis un onduleur de tension ou de courant.

I.11.3. Variation du nombre de paires de pôles :

L'action sur le bobinage primaire d'une machine, nous permet la variation de son nombre de paires de pôles et par suite sa vitesse de marche, on distingue alors :

- Des machines à bobinage primaire unique (système Dahlander), qui sont caractérisées par un rapport de vitesse égale à deux. Le couplage se fait en triangle série pour les petites vitesses et en étoile parallèle dans le cas de grandes vitesses.
- Des machines à plusieurs enroulements, en général elles sont caractérisées par leur stator qui comporte deux enroulements indépendants l'un de l'autre, avec commutation du nombre de pôles de chacun d'eux. Elles sont plus encombrées, mais le rapport des vitesses peut être différent de deux. [4]

I.12. Conclusion

Ce chapitre contient deux parties. La première partie est consacrée pour la constitution des machines asynchrones, leur principe et les différents modes de fonctionnement.

La deuxième partie est consacrée principalement au problème de démarrage du moteur asynchrone, et les paramètres sur lesquels on agit pour faire varier la vitesse de la machine.

L'action sur ces paramètres se fait à l'aide des dispositifs appelés variateurs de vitesse, qui seront traités au deuxième chapitre.

II.1. INTRODUCTION

La commande électrique des moteurs à courant continu permet d'obtenir une bonne performance et un rendement élevé. Ces systèmes de commande peuvent fonctionner dans les 4 quadrants. Ce qui est souvent requis par les procédés industriels.

Les mêmes remarques s'appliquent à la commande électronique des moteurs à courant alternatif. Ainsi, les moteurs synchrones, asynchrones se prêtent bien à la commande électronique. Toutefois, le mode de contrôle de ces moteurs est très différent de celui des moteurs à courant continu. Alors que l'on commande les moteurs à c.c, on fait varier la tension et le courant, la commande des moteurs à c.a. se réalise en faisant varier la tension ou/et la fréquence.

Etant donné la bonne performance des systèmes d'entraînement des machines à c.c, on peut se demander pourquoi on emploie aussi les machines à courant alternatif. En voici les principales raisons :

- 1) Les machines à c.a. n'ont pas de collecteur ; par conséquent, elles nécessitent moins d'entretien.
- 2) Pour une puissance et une vitesse données ; les machines à c.a. sont moins chères et moins lourdes que celles à c.c.
- 3) Les machines à c.a. sont plus robustes et travaillent mieux dans un environnement difficile.
- 4) A cause du collecteur, la tension des machines à c.c, est limitée à environ 1500V ; par contre, la tension des machines à c.a. peut atteindre plusieurs milliers de volts, ce qui permet, pour les grosses puissances, une diminution importante du courant.
- 5) La puissance des machines à c.a. peut dépasser 50 000 KW, alors que celle des machines à c.c, est limitée à 2000 KW environ.
- 6) La vitesse des moteurs à c.a. peut atteindre 100 000 tr/min tandis que celle des moteurs à c.c, à cause de la commutation, est limitée à environ 3000 tr/min.

II.2. Variation de vitesse à fréquence d'alimentation fixe

Trois possibilités existent pour faire varier la vitesse d'une machine asynchrone, sans modifier la fréquence statorique. La première consiste en variation de la tension statorique (gradateur), la deuxième correspond à la variation de la résistance rotorique et la troisième correspond à la récupération de la puissance dissipée au rotor (cascade hyposynchrone).

II.2.1. Variation de tension. Gradateur

II.2.1.1 Principe

En négligeant la résistance statorique, le couple électromagnétique du moteur asynchrone triphasé est donné par la relation :

$$C_{em} = \frac{3 P m^2 V_s^2 \left(\frac{R_r}{g \omega_s}\right)}{(R_r/g)^2 + (l_r \omega_s)^2} \quad (\text{II.1})$$

Avec g glissement :

$$g = (N_s - N) / N_s \quad (\text{II.2})$$

Où $N_s = \Omega_s / 2\pi = \omega_s / 2\pi P$ est la vitesse de rotation (en tr. s⁻¹) du champ tournant ou vitesse de synchronisme, et $N = \Omega / 2\pi$ celle du rotor (en tr. s⁻¹) ;

l_r Inductance de fuites totales par phase du rotor :

$$l_r = \sigma L_r \quad (\text{II.3})$$

Où σ est le coefficient de dispersion et L_r l'inductance propre du rotor ;

m rapport de transformation du moteur ;

R_r Résistance par phase du rotor ;

P nombre de paires de pôles ;

V_s Valeur efficace de la tension par phase au stator ;

ω_s Pulsation statorique.

Le couple électromagnétique est proportionnel au carré de la tension statorique. La variation de V_s modifie la caractéristique C_{em} (N) comme indiqué sur la figure II.1. Les intersections avec la courbe C_r (N) du couple résistant imposé sur l'arbre du moteur en fonction de la vitesse montrent que la vitesse évolue avec la tension. Deux caractéristiques C_r (N) ont été tracées, correspondant à :

$$C_r = \text{Cte} \quad \text{et} \quad C_r = k_1 N^2$$

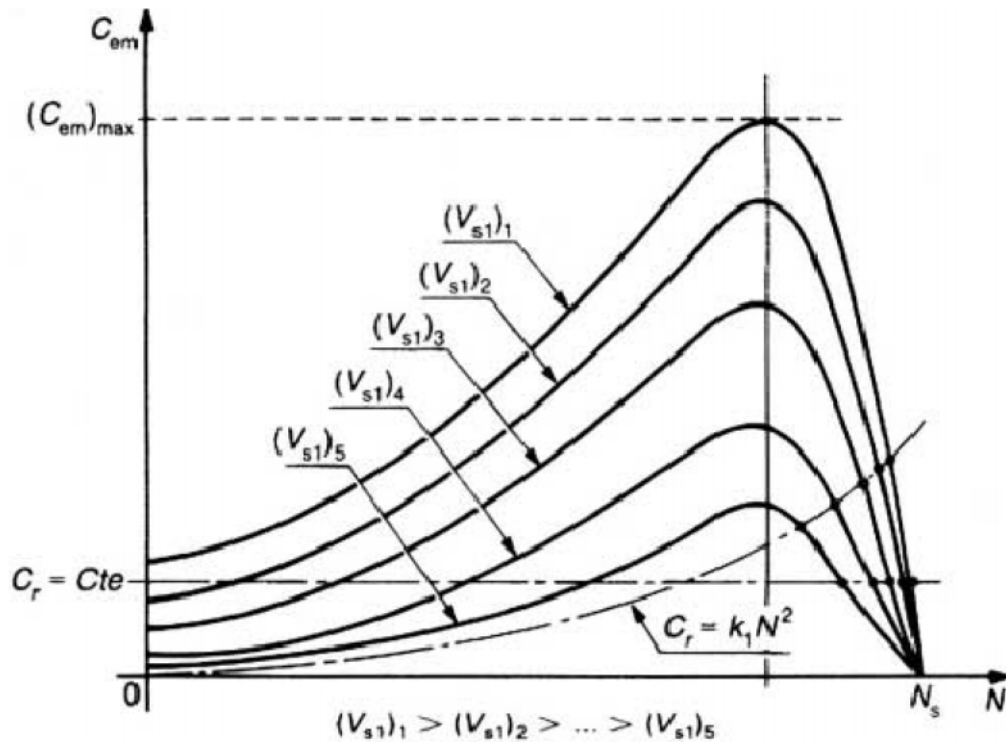


Figure II.1 – Caractéristiques couple-vitesse d'une machine asynchrone pour différentes valeurs de la tension statorique de la phase 1

Pour une même variation de tension, l'amplitude de l'évolution de la vitesse est plus importante avec la deuxième caractéristique.

Cette variation de vitesse sera d'autant plus grande que la pente de $C_{em}(N)$, au voisinage de la vitesse de synchronisme N_s , sera plus faible. Or, cette pente est directement liée à la résistance rotorique R_r .

II.2.1.2 Association gradateur-machine asynchrone

Pour varier l'amplitude de la tension statorique, on intercale entre le réseau et le stator un convertisseur à thyristors, appelé gradateur, dont un des schémas, constitué par trois ensembles de deux thyristors montés tête-bêche, est indiqué la figure II.2. Le réglage de V_s se fait par action sur l'angle d'amorçage α des thyristors.

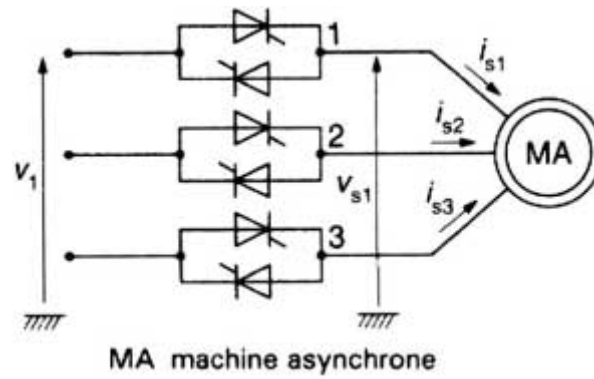
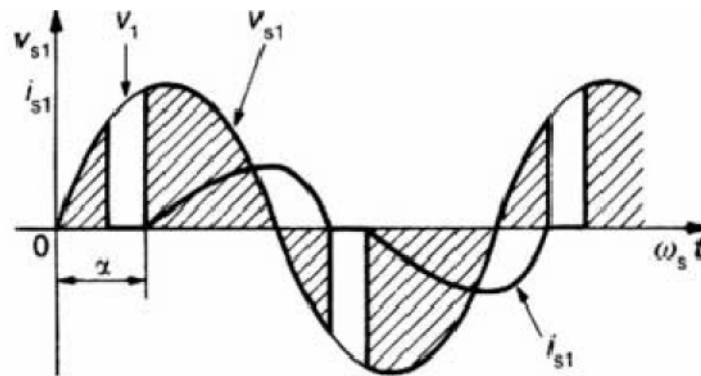


Figure II.2 – Exemple de gradateur

Les formes idéalisées de la tension et du courant associés à la phase 1 du stator sont données sur la figure II.3.



v_1 tension du réseau

Les parties hachurées sont limitées par la tension par phase appliquée au stator.

Figure II.3 – Formes des signaux, courant et tension, associés à la phase 1 du stator, à la sortie du gradateur

Les amorçages des semi-conducteurs sont synchronisés sur les tensions d'alimentation, de manière à maintenir sur les trois phases des signaux identiques, déphasés entre eux de $2\pi/3$.

Pour augmenter la plage de variation de vitesse, il faut utiliser des moteurs à fort glissement (figure II.4), c'est-à-dire des moteurs à cage très résistante. L'inconvénient réside dans leur mauvais rendement ;

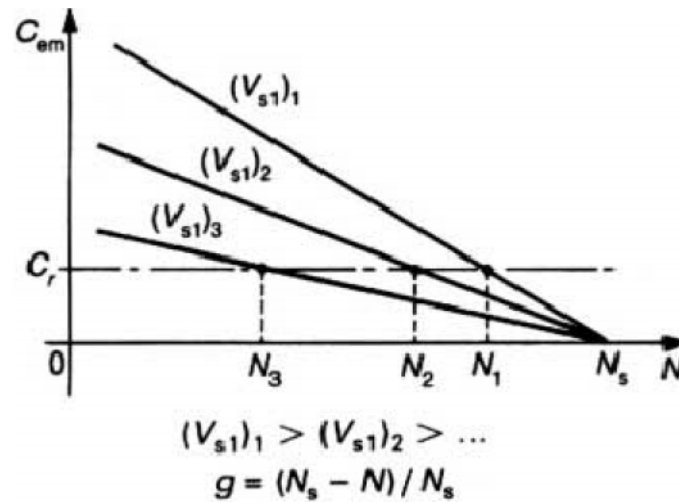


Figure II.4 – Caractéristiques couple-vitesse d'une machine à forte résistance rotorique

En effet, celui du rotor, seul, vaut $(1-g)$. L'utilisation de moteurs asynchrones, de construction classique et autoventilés, nécessite de prendre en compte l'évolution des pertes rotoriques en fonction de la vitesse. Considérons les trois types de couple résistant les plus couramment rencontrés.

Dans la plage de vitesse considérée, le couple moteur s'exprime en première approximation par :

$$C_{em} = A R_r (I_r)^2 / g \quad (\text{II.4})$$

I_r Étant la valeur efficace du courant par phase au rotor et A une constante dépendant des paramètres de la machine.

- **Couple résistant proportionnel au carré de la vitesse : $C_{r1} = k_1 N^2$**

A l'équilibre, la relation : $C_{em} = C_{r1} \quad (\text{II.5})$

Entraîne : $AR_r (I_r)_1^2 = g k_1 N^2 = g k_1 N_s^2 (1-g)^2 \quad k_1 = \text{Cte} \quad (\text{II.6})$

Ce qui correspond à un courant : $(I_r)_1 = (1-g) N_s \sqrt{\frac{k_1 g}{AR_r}} \quad (\text{II.7})$

La variation de ce courant en fonction de g est représentée sur la figure 5a et sa valeur maximale, obtenue pour $g = 1/3$, est :

$$(I_r)_{1max} = \frac{2}{3} N_s \sqrt{\frac{k_1}{3AR_r}} \quad (\text{II.8})$$

- **Couple résistant proportionnel à la vitesse : $C_{r2} = k_2 N$**

On a, dans les mêmes conditions, un courant :

$$(I_r)_2 = \sqrt{\frac{k_2 N_s g (1-g)}{AR_r}} \quad k_2 = \text{Cte} \quad (\text{II.9})$$

Représenté sur la figure 5b et dont la valeur maximale, obtenue pour $g = 1/2$, est :

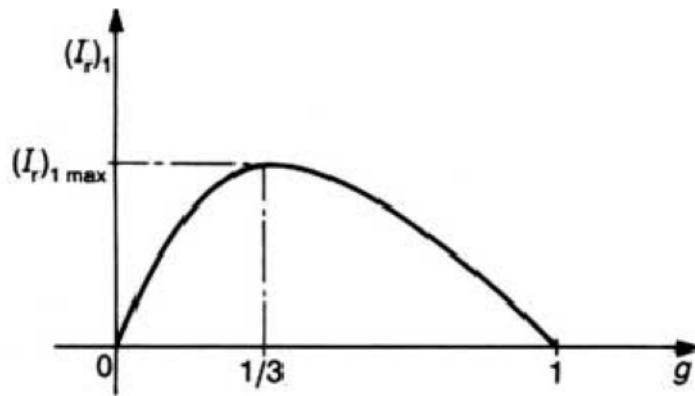
$$(I_r)_{2max} = \sqrt{\frac{k_2 N_s}{4AR_r}} \quad (\text{II.10})$$

- **Couple résistant constant : $C_{r3} = k_3 = \text{Cte}$**

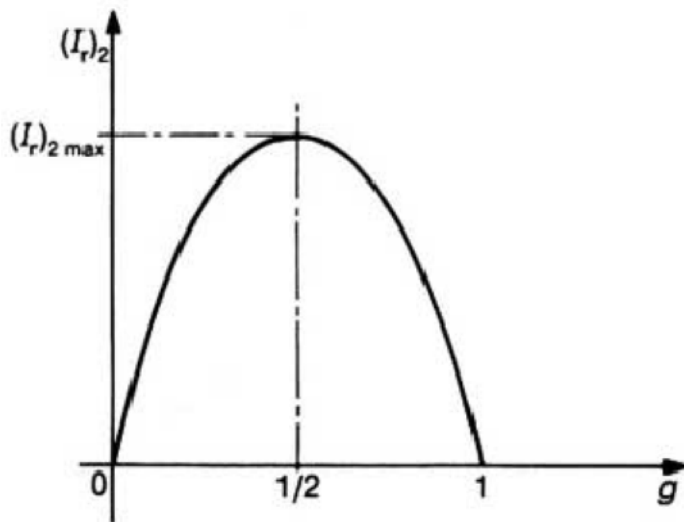
Le courant permanent :

$$(I_r)_3 = \sqrt{\frac{k_3 g}{AR_r}} \quad k_3 = \text{Cte} \quad (\text{II.11})$$

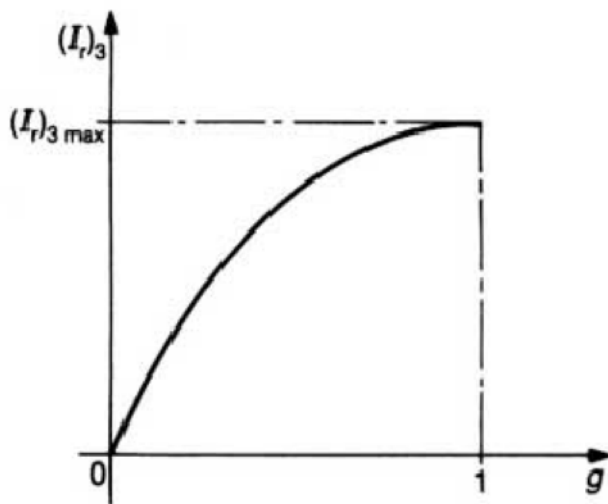
Représenté sur la figure 5c, est maximal pour $g = 1$.



Ⓐ $C_{r1} = k_1 N^2$



Ⓑ $C_{r2} = k_2 N$



Ⓒ $C_{r3} = k_3 = Cte$

Figure II.5 – Variation du courant rotorique en fonction du glissement pour plusieurs types de couple résistant

Cette comparaison confirme l'intérêt du fonctionnement de ce variateur avec un couple résistant variable avec la vitesse et de préférence proportionnel au carré de la vitesse (pompes, ventilateurs, compresseurs, etc.). De plus, le démarrage avec un couple résistant constant est pratiquement impossible, car une faible tension entraîne un faible couple électromagnétique au démarrage.

II.2.1.3 Modes de fonctionnement

Le freinage en génératrice asynchrone s'obtient en donnant à l'angle d'amorçage une valeur :

Le gradateur passe alors, progressivement, d'un fonctionnement en redresseur à un fonctionnement en onduleur non autonome, le courant se déphasant d'un angle supérieur à $\pi/2$ par rapport à la tension (figure II.6). L'inversion du sens de rotation se fait par inversion du champ tournant, obtenue par inversion de deux phases du stator.

Cette opération est possible à l'aide de deux éléments supplémentaires (figure II.7), les ensembles de thyristors 2' et 3' étant utilisés à la place des ensembles 2 et 3. Elle s'effectue sous faible tension, donc à faible vitesse pour éviter les surintensités.

La régulation de vitesse de la machine peut être assurée suivant un schéma semblable à celui d'une machine à courant continu.

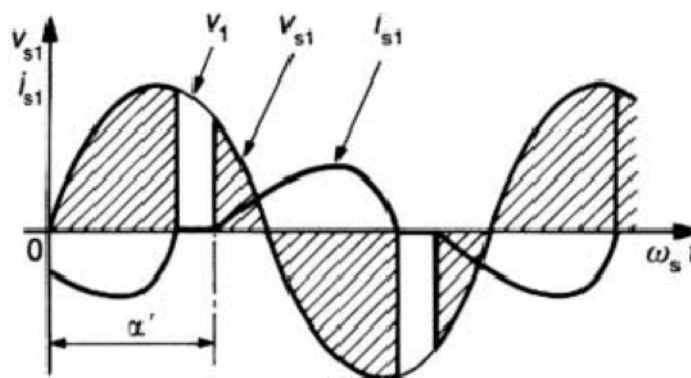


Figure II.6 – Forme des signaux, courant et tension, dans le fonctionnement en génératrice

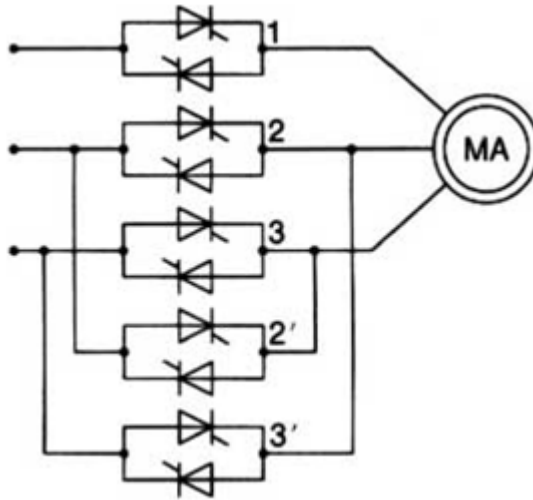


Figure II.7 – Montage pour assurer l'inversion du sens de rotation

II.2.1.4. Avantage et inconvénient d'associer gradateur-moteur

II.2.1.4.a. Avantage

- Simplicité du montage ;
- Commutation naturelle des composants ;
- Utilisation de moteur à cage ;
- Fonctionnement dans les quatre quadrants du plan couple-vitesse ;

II.2.1.4.b. Inconvénient

- Faible variation de vitesse ;
- Utilisation limitée aux faibles puissances (quelques dizaines de kilowatts), en raison de la dégradation du rendement avec la diminution de vitesse.

Les principales applications de cette association sont la ventilation et le pompage.

II.2.1.5. Différents types de circuits de gradateur

Ils sont représentés sur la figure II.8.

Les circuits (5) et (7) ne diffèrent que par le couplage des enroulements du stator de la machine asynchrone et correspondent au circuit considéré sur la figure II.2

Le circuit (6), intéressant pour des charges passives car il réduit la pollution du côté du réseau, est à proscrire avec un moteur asynchrone, car il provoque la circulation d'harmoniques homopolaires (multiples de 3)

Les montages mixtes thyristors-diodes (circuit ④) présentent des harmoniques pairs de courant et de tension qui croissent avec l'angle d'amorçage. Ces montages se placent, tant vis-à-vis du réseau que du récepteur, plus mal que les montages constitués uniquement de thyristors.

Les montages dissymétriques (①, ②, ③ et ⑧) envisagés que pour les très petites puissances :

- Le circuit ① présente des courants excessifs dans les deux phases contrôlées ;
- Le circuit ② se caractérise par une grande simplicité, mais par des courants élevés dans les phases non contrôlées ;
- Le circuit ⑧ présente les mêmes inconvénients que le circuit ② ;
- Enfin, le circuit ③ est proche du circuit ④, mais l'absence de diodes nécessite une augmentation du calibre des thyristors ; la présence d'harmoniques pairs dans ce circuit amène aux mêmes réticences que pour le circuit ④

De cette comparaison rapide, on déduit que, excepté pour les très faibles puissance (< 1KW) ou les montages dissymétriques où ils sont avantageux, il est préférable d'utiliser un montage symétrique et ne comportant que des thyristors (⑤ et ⑦). [2]

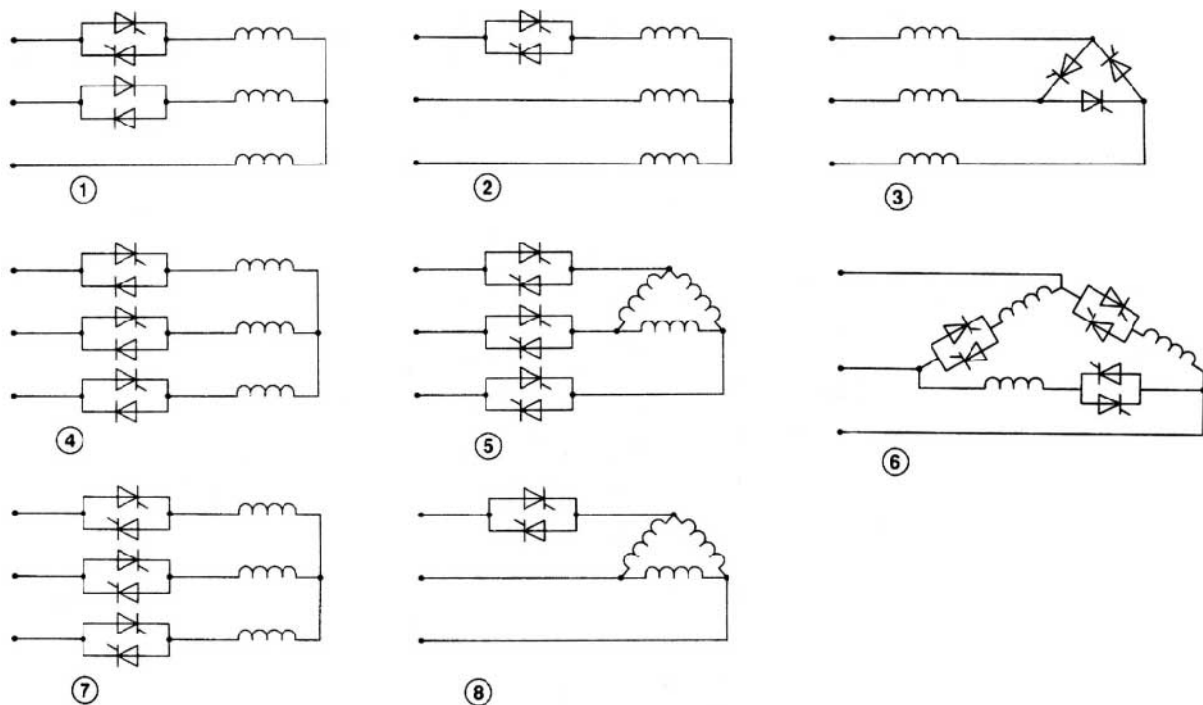


Figure II.8 : Divers schémas de gradateurs.

II.2.2. Variation de la résistance rotorique

Il est possible de faire varier la vitesse d'un moteur asynchrone en augmentant la résistance du rotor à l'aide d'un rhéostat de résistance Rh_2 .

En effet d'après l'expression du couple moteur, on a :

$$C = cte \quad \text{Pour} \quad \frac{R_2}{g} = cte$$

Ainsi pour les entraînements à couple résistant constant on fait passer de R_2 à $R_2 + Rh_2$ la résistance par phase du rotor, le couple obtenu avec un glissement g est maintenant obtenu avec un glissement g' tel que $\frac{R_2 + Rh_2}{g'} = \frac{R_2}{g}$ ou $g' = g \frac{R_2 + Rh_2}{R_2}$

Cette relation montre comment par action sur Rh_2 on modifie la caractéristique mécanique $C(N)$ (figure II.9) [2]

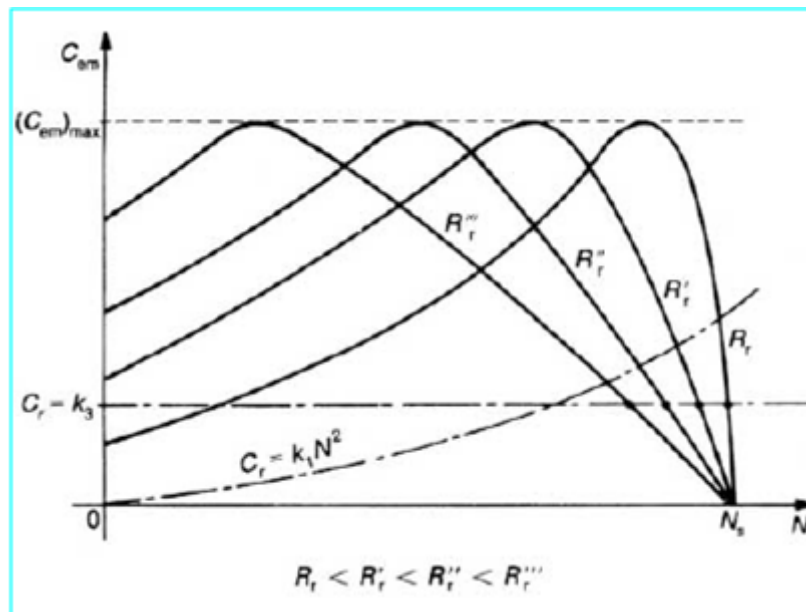


Figure II.9 : caractéristique couple-vitesse pour différentes valeur de la résistance rotorique

II.2.2.1. Mise en œuvre du procédé :

La variation de vitesse par rhéostat rotorique reste encore souvent utilisée en levage, le rhéostat est divisé en plusieurs portions qui, à l'aide de contacteurs, sont éliminées les unes

après les autres quand on veut augmenter la vitesse, réintroduites quand on veut la diminuer. (Figure II.10)

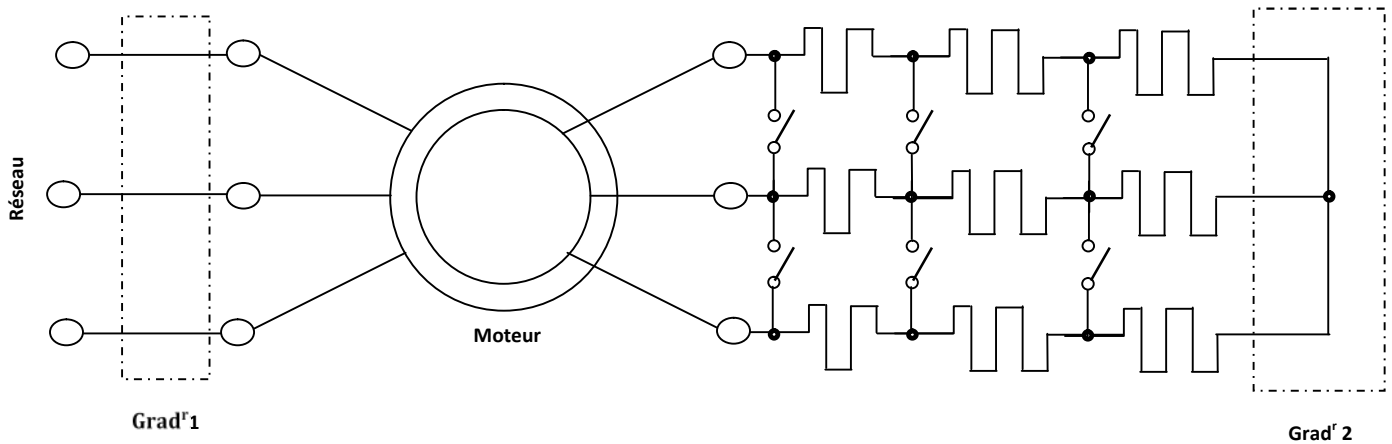


Figure II.10

On peut améliorer le procédé par addition d'un convertisseur statique :

-si on place un gradateur 1 (sur la fig. II.10) entre le réseau et les bornes du stator, par une faible variation de la tension à l'entrée du moteur, on peut rendre progressifs les passages entre les caractéristiques mécaniques correspondant aux diverses valeurs du rhéostat.

-souvent on place un gradateur 2 (sur la fig. II.10) à la formation du point neutre rotorique. Il n'est alors utilisé que pour les fonctionnements aux basses vitesses et les positionnements précis.

Quand les semi-conducteurs sont ouverts, la résistance apparente du rotor est infinie ; quant ils sont fermés, la résistance du rotor par phase est $R_2 + Rh_2$

Par la durée relative des intervalles de fermeture des semi-conducteurs durant chaque période, on peut faire varier la résistance totale de l'infini à $R_2 + Rh_2$

Le montage de la figure (II.11) permet de supprimer les contacteurs et d'obtenir une variation continue de la vitesse depuis l'arrêt jusqu'à la vitesse maximale.

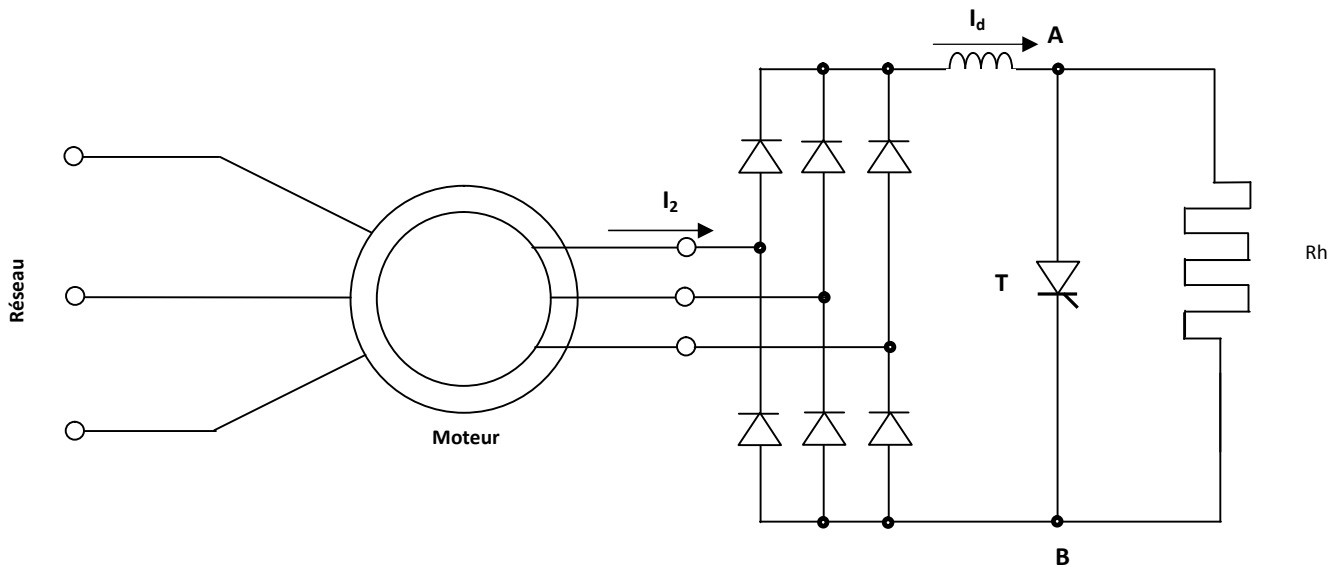


Figure II.11

Les tensions entre les bagues sont redressées grâce à un pont à six diodes. Le courant redressé I_d est lissé à l'aide d'une inductance L placée en série avec la résistance R_h . Aux bornes de celle-ci, on monte un semi-conducteur T à fermeture et ouverture commandées.

Quand T est fermé la résistance entre les bornes A et B est nulle, quand T est ouvert, elle est égale à R_h . Si on désigne par α la durée relative de l'intervalle de fermeture de T durant chacune de ces périodes de fonctionnement, la résistance apparente R_h' entre les bornes A et B est :

$$R_h' = R_h(1 - \alpha) \quad (\text{II.12})$$

Dans un pont redresseur à six diodes le courant redressé I_d est lié à la valeur efficace I_2 des courants altératifs à l'entrée par :

$$I_d = I_2 \sqrt{\frac{3}{2}} \quad (\text{II.13})$$

La résistance additionnelle par phase R_{h_2} est donc telle que :

$$3R_{h_2}I_d^2 = R_h'I_d^2 \quad (\text{II.14})$$

Ce qui donne :

$$R_{h_2} = \frac{1}{3}R_h' = \frac{1}{3}R_h(1 - \alpha) \quad (\text{II.15})$$

Quand α varie de zéro à 1, R_{h_2} va de $\frac{R_{h_2}}{2}$ à zéro

II.2.2.2. Avantage et inconvénient

Ce procédé présente deux inconvénients:

- ❖ Ce n'est pas une vraie variation de vitesse, on peut régler la vitesse à vide qui reste voisine de la vitesse synchrone. C'est une variation de la chute de vitesse en charge.
- ❖ En augmentant le glissement on augmente les pertes joules dues aux courants rotoriques $p_{jr} = g p_1$ et on diminue le rendement.

Mais par rapport au premier procédé, il présente trois avantages :

- ❖ Il est utilisable quelle que soit la charge entraînée puisque l'on reste toujours sur la partie stable des caractéristiques mécaniques.
- ❖ Les pertes joules dues à l'augmentation du glissement sont dissipées dans le rhéostat et non plus dans le rotor lui-même.
- ❖ Le couple lié au courant rotorique par :

$$C = \frac{1}{\Omega} 3 \frac{R_2'}{g} I_2'^2$$

A couple donné, le courant I_2' est le même quel que soit le glissement puisqu'on fait varier celui-ci par action sur R_2' à $\frac{R_2'}{g}$ constant.

Le déclassement du moteur est simplement dû à la diminution de l'efficacité du refroidissement quand la vitesse diminue.

Les perturbations dues aux harmoniques du courant absorbé par le moteur disparaissent ou sont fortement diminuées, si on associe un convertisseur statique à la variation de la résistance rotorique.

Mais la nécessité d'un moteur à bagues rend ce second procédé nettement plus onéreux que le premier qui utilisait un moteur à cage. [4]

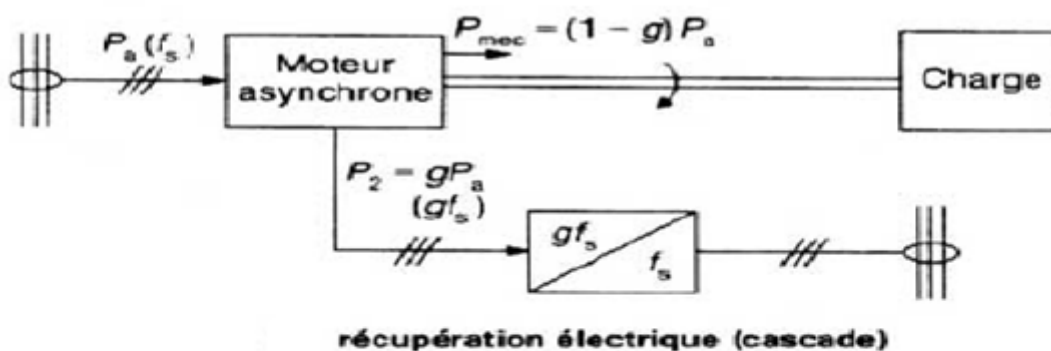
II.2.3. Cascade hyposynchrone:

Comme on l'a expliqué, le réglage de vitesse d'un moteur asynchrone à bague peut s'effectuer très simplement, en insérant des résistances dans le rotor. Le mode de réglage convient bien pour un entraînement à couple résistant constant, car la puissance absorbée au réseau demeure constante, ce qui entraîne un échauffement sensiblement constant du moteur aux différentes vitesses. Malheureusement, il est défavorable sur le plan technique, car les caractéristiques sont de plus en plus tombantes et il est désastreux sur le plan économique, c'est ainsi qu'à demi-vitesse, le rendement tombe de 100 à 50 pour cent. Aussi ce mode de réglage n'est-il utilisé qu'en régime transitoire, c'est à dire pour le démarrage ou pour le freinage du moteur.

Pour améliorer le rendement du moteur, on essaie de récupérer la puissance de glissement au lieu de la gaspiller. À cet effet, on dispose de deux procédés fondamentaux [5]:

II.2.3.1 Réglage à couple constant

La puissance de glissement dont la fréquence est f_2 est transformée à la fréquence f_1 du réseau par un changeur de fréquence, puis elle est renvoyée au réseau (figure II.12), on peut même essayer de rendre cette puissance négative en alimentant le stator par le réseau et le rotor par le changeur de fréquence. Dans ces conditions, la vitesse du moteur dépasse la vitesse de synchronisme.



P_a	puissance électrique fournie au stator (fréquence f_s)
P_{mec}	puissance mécanique fournie sur l'arbre par le moteur asynchrone
P'_{mec}	puissance mécanique fournie sur l'arbre par le moteur à courant continu
$P_2 = g P_a$	puissance disponible dans le circuit rotorique (fréquence $g f_s$)

Figure II.12

II.2.3.2. Réglage à puissance constante

Un deuxième procédé consiste à transformer en puissance mécanique la puissance de glissement (figure II.13). En alimentant alors par les bagues, un deuxième moteur calé sur l'arbre du moteur asynchrone, le deuxième moteur fournit une puissance mécanique qui vient s'ajouter à la puissance mécanique fournie par le moteur asynchrone. Aussi cet ensemble peut-il délivrer une puissance mécanique constante, avec une puissance absorbée constante, c'est à dire sans échauffement excessif.

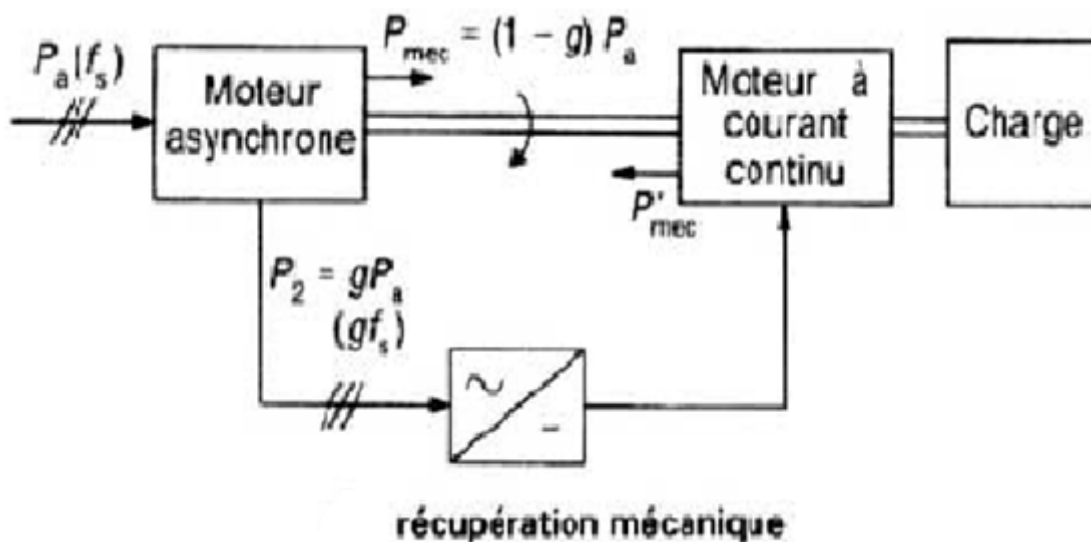


Figure II.13

Dans le passé de nombreux types de cascade ont été réalisés, faisant appel à l'un ou à l'autre de ces deux modes de réglage, l'importance du convertisseur ou du moteur de réglage étant fonction de la puissance de glissement c'est-à-dire de la chute de vitesse demandée. De nos jours, grâce aux progrès de l'électronique, on s'intéresse à la première de ces deux méthodes, le convertisseur tournant est remplacé par un convertisseur statique. [6]

II.2.3.3. Etude simplifiée

Le convertisseur de fréquence utilisé dans la cascade hyposynchrone comporte deux organes fondamentaux (fig. II.14) :

a) Un redresseur formé d'un pont de six diodes qui transforme la puissance de glissement en puissance continue.

b) Un onduleur formé d'un deuxième pont de six thyristors qui transforme cette puissance continue en puissance triphasé de la fréquence f_1 égale à la fréquence du réseau.

A ces deux organes fondamentaux, il faut ajouter une inductance de lissage chargée d'améliorer la qualité du courant continu et un transformateur qui permet d'adapter la tension de l'onduleur à celle du réseau avec le meilleur facteur de puissance possible pour une vitesse donnée. Le réglage de la vitesse du moteur s'effectue en agissant sur l'angle de retard à l'amorçage des thyristors du pont de l'onduleur.

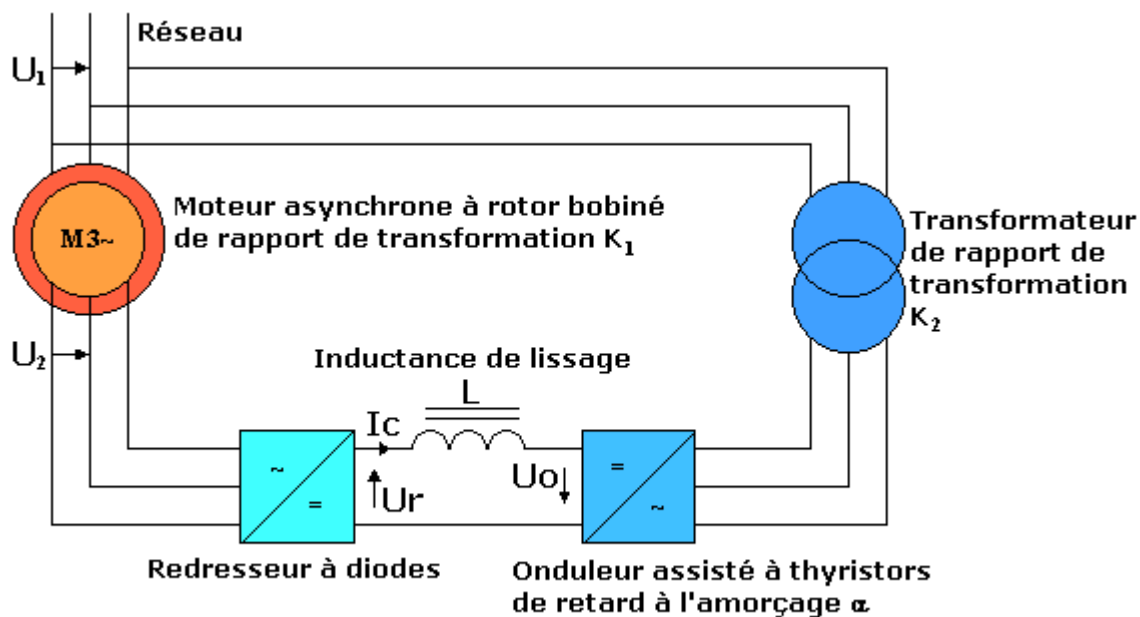


Figure II.14

$$U_2 = g \times K_1 \times U_1$$

$$U_r = \frac{3 \times \sqrt{2}}{\pi} \times U_1 \times K_1 \times g$$

$$U_o = \frac{3 \times \sqrt{2}}{\pi} \times U_1 \times K_2 \times \cos \alpha$$

$$\overline{U_r} = -\overline{U_o}$$

$$\Rightarrow g = -\frac{K_2}{K_1} \times \cos \alpha \quad \text{avec } 90^\circ < \alpha < 150^\circ$$

$$\text{pour } \alpha = 90^\circ, g = 0, \Omega = \Omega_s$$

$$\text{pour } \alpha = 150^\circ, g = g_{\max} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{K_2}{K_1}, \Omega = \Omega_{\min}$$

Le glissement est donc relié à l'angle d'amorçage α de l'onduleur par :

$$g = -\frac{k_2 \cos \alpha}{k_1} \quad (\text{II.16})$$

Pour éviter un court-circuit en onduleur, on limite α à environ 150° , ce qui définit :

$$g_M = \frac{\sqrt{3} K_2}{2 K_1} \quad (\text{II.17})$$

Le choix de k_2 est guidé, pour un moteur donné, par la plage de variation de vitesse désirée. Pour une application, g_M est défini pour que le facteur de puissance, pour l'onduleur, soit optimal, il convient de travailler avec un angle α maximal ($\alpha=150^\circ$), ce qui, pour un moteur donné (k_1), permet de définir le rapport de transformation k_2 .

En négligeant les pertes dans le rotor et dans le redresseur, le principe de la conservation des puissances conduit aux relations :

$$g P_a = U_r I_r = 2\pi N_S C_{em} = 3 \frac{\sqrt{6} K_1 V_1 g I_r}{\pi} \quad (\text{II.18})$$

On en déduit le couple électromagnétique :

$$C_{em} = 3 \frac{\sqrt{6} K_1 V_1}{\pi^2 N_S} I_r \quad (\text{II.19})$$

Ainsi, le couple électromagnétique C_{em} est l'image de courant I_r , donc la variation de α modifie U_0 , I_r , donc le couple, et, par la suite la vitesse de rotation.

Les caractéristiques $C_{em}(N)$, tracées à $\alpha = \text{cte}$ (fig. II.15) coupent l'axe des abscisses pour les vitesses correspondant aux valeurs de g solutions de :

$$g = -\frac{K_2 \cos \alpha}{K_1}$$

Pour $\alpha = \frac{\pi}{2}$, on a sensiblement la caractéristique naturelle (rotor en court-circuit) de la machine.

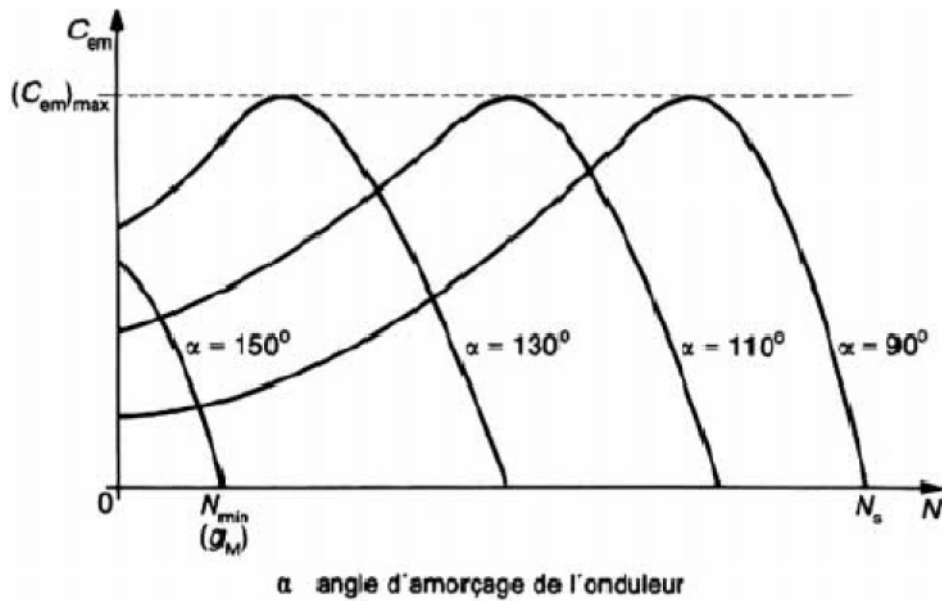


Figure II.15

II.2.3.4. Avantages et inconvénients

Ce procédé permet une vraie variation de vitesse puisqu'il permet de régler la vitesse même à vide.

Il nécessite, outre un moteur à rotor bobiné, un redresseur, un onduleur et un transformateur dans le circuit de récupération. L'onduleur est très simple car il s'agit d'un onduleur non autonome dont les commutations sont assurées par le réseau.

Il faut noter que tous les éléments du circuit de récupération n'ont à être dimensionnés que pour une puissance gP_1 , donc pour une puissance d'autant plus faible que le glissement maximum désiré est plus faible.

Ce procédé est intéressant quand on peut se contenter d'une variation de vitesse réduite, dans une station de pompage par exemple. [7]

II.3. Variation de vitesse à fréquence variable

II.3.1. INTRODUCTION

Avec le moteur asynchrone à cage, pour obtenir une variation de vitesse, il faut faire varier la fréquence des tensions d'alimentation.

Ce procédé, dont le champ d'application va en s'élargissant, utilise un moteur particulièrement simple et robuste, nécessite des convertisseurs et une commande plus élaborés.

Les performances des convertisseurs de fréquence dépendent des caractéristiques des semi-conducteurs qu'ils utilisent. Les composants électroniques présents sur le marché permettent de répondre à la presque totalité des besoins industriels, tant sur le plan technique que sur le plan économique.

D'autre par, les progrès en matière de microprocesseurs permettent de réaliser des commandes performantes à coût réduit.

Par rapport aux autres solutions, la méthode de variation de vitesse avec moteur asynchrone à cage et changeur de fréquence présente, entre autres avantages :

- D'améliorer l'exploitation des processus en assouplissant la conduite des machines ;
- D'optimiser la consommation d'énergie ;
- D'augmenter la sécurité et la disponibilité des entraînements.

La vitesse obtenue en agissant sur la fréquence statorique dépend :

- De la valeur de la fréquence d'alimentation statorique
- De la valeur de la tension statorique
- De couple résistant de la charge mécanique

Donc la variation de vitesse de la machine asynchrone nécessite le contrôle de son couple électromagnétique, qui dépend du flux magnétique résultant Φ . Pour contrôler ce flux on fait appel à deux types de commande :

- ✓ Commande scalaire : basée sur le modèle de la machine en régime permanent qui se caractérise par une dynamique lente, mais elle est simple à implanter.

- ✓ Commande vectorielle : dans le cas où on désire parfaitement contrôler le couple électromagnétique même lors des régimes transitoires il faut contrôler en permanence l'amplitude et la phase des champs tournants. [5]

II.3.2. Types de commandes utilisés

On distingue deux types de commandes ; la commande scalaire et la commande vectorielle :

II.3.2.1. Commande scalaire

Plusieurs commandes scalaires existent selon que l'on agit sur le courant ou sur la tension. Elles dépendent surtout de la topologie de l'actionneur utilisé. L'onduleur de tension étant maintenant le plus utilisé en petite et moyenne puissance, c'est la commande en V/f qui est la plus utilisée.

II.3.2.1.a. Contrôle de la machine asynchrone

Son principe est de maintenir $\frac{v}{f} = \text{constant}$ ce qui signifie garder le flux constant.

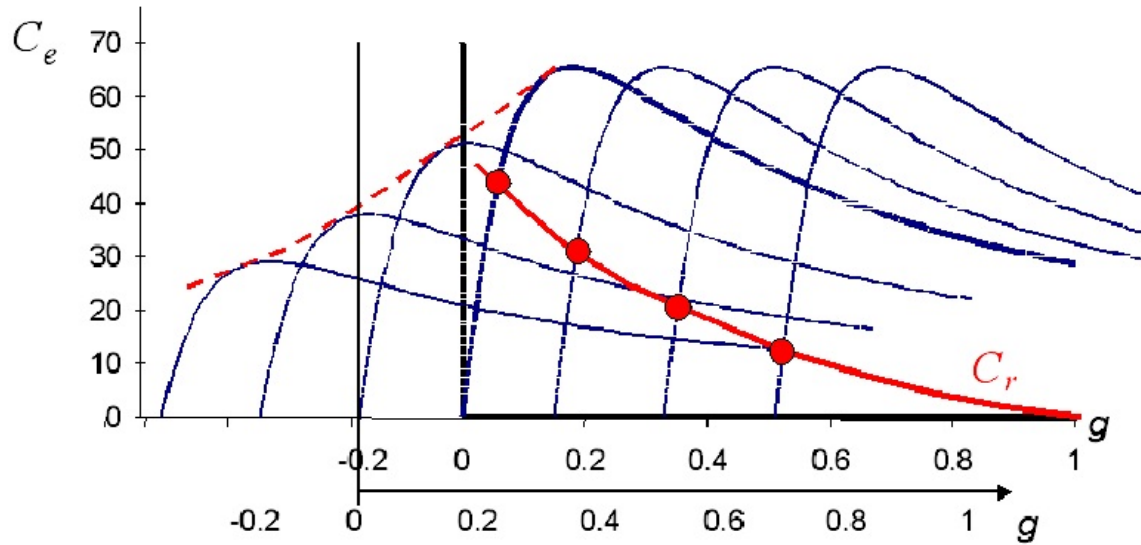
Le contrôle du couple se fait par l'action sur le glissement.

En effet, d'après le modèle établi en régime permanent le couple maximum s'écrit :

$$C_{max} = \frac{3P}{2N_r} \left(\frac{V_s}{\omega_s}\right)^2 \quad (\text{II.20})$$

On voit bien que le couple est directement proportionnel au carré du rapport de la tension sur la fréquence statorique.

En maintenant ce rapport constant et en jouant sur la fréquence statorique, on déplace la courbe du couple électromagnétique de la machine asynchrone (Figure II.16)



Déplacement de la caractéristique couple-glissement en fonction de la fréquence d'alimentation

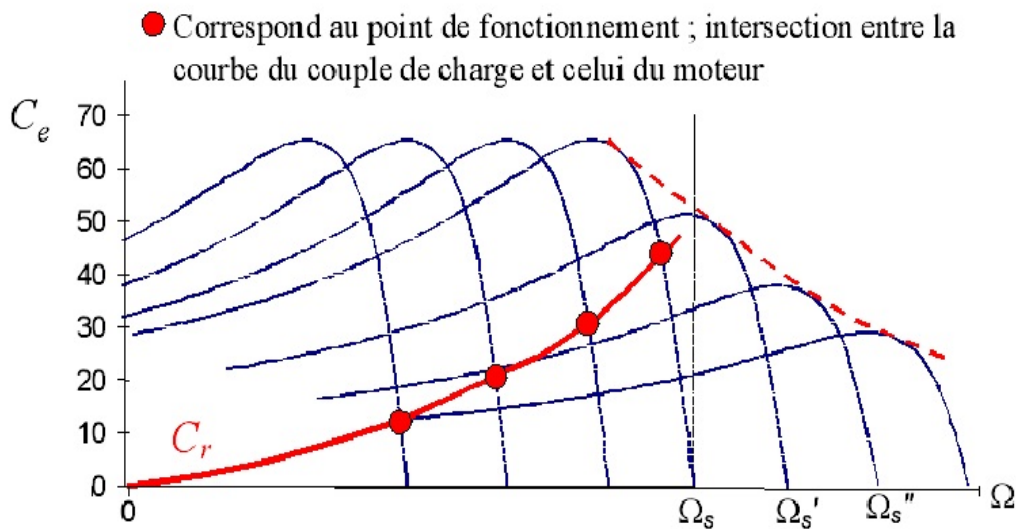


Figure II.16 : Déplacement de la caractéristique couple-vitesse en fonction de la fréquence d'alimentation

En fait garder le rapport constant revient à garder le flux constant. Quand la tension atteint sa valeur maximale, on commence alors à décroître ce rapport ce qui provoque une diminution du couple que peut produire la machine, on est en régime de « défluxage », ce

régime permet de dépasser la vitesse nominale de la machine, on l'appelle donc aussi régime de survitesse

A basse vitesse, la chute de tension ohmique ne peut pas être négligée. On compense alors en ajoutant un terme de tension V_0 (Figure II.17)

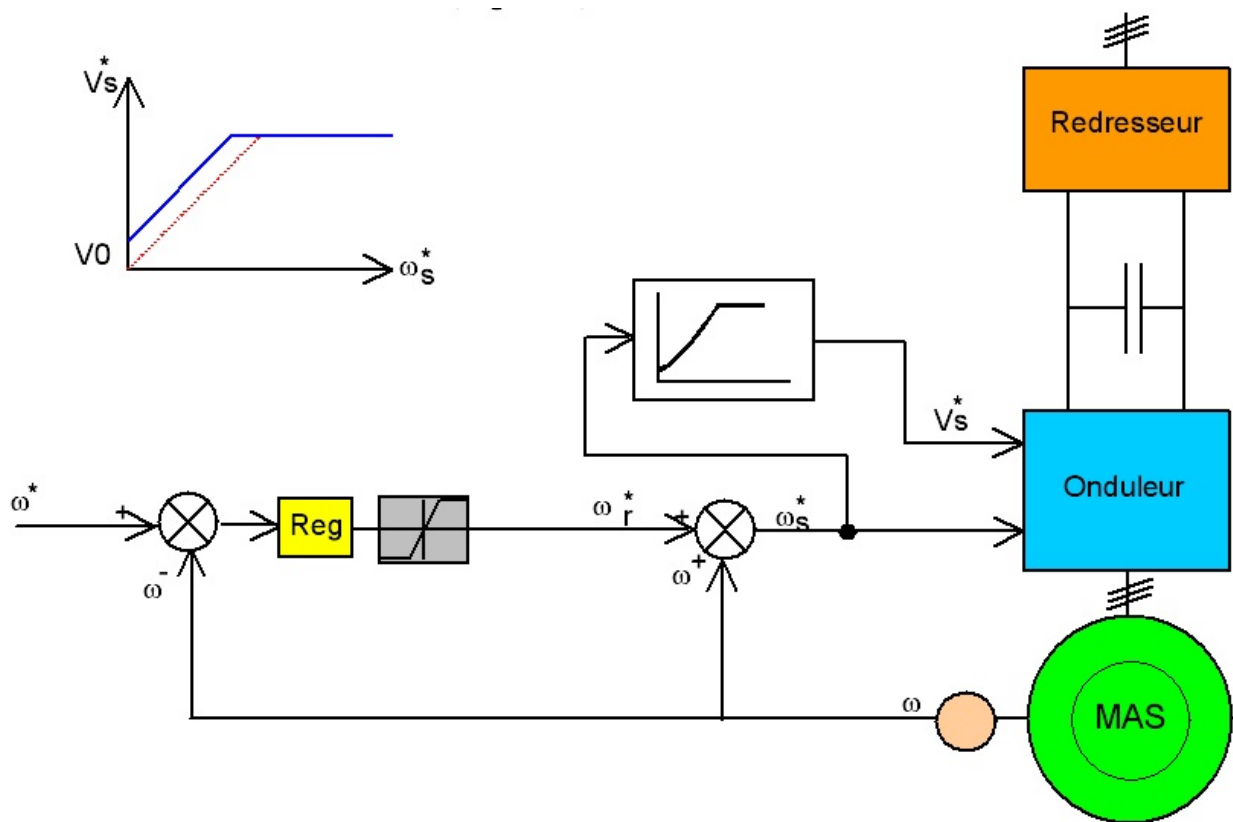


Figure II.17 : Contrôle scalaire de la tension

Le schéma de commande présente la manière de réguler la vitesse de la machine en reconstituant la pulsation statorique à partir de la vitesse et de la pulsation rotorique. Cette dernière, qui est l'image du couple de la machine est issue du régulateur de vitesse. Si la machine est chargée, la vitesse a tendance à baisser, le régulateur va fournir plus de couple afin d'assurer cet équilibre. La pulsation statorique est donc modifiée pour garder cet équilibre. La tension est calculée de manière à garantir le mode de contrôle en V/f de la machine.

II.3.2.1.b. Commande scalaire du courant

La différence avec la commande précédente, c'est que c'est un onduleur de courant qui est utilisé (fig.18), on impose des courants dans les phases de la machine, la fréquence du fondamental est calculée de la même manière. La valeur du courant I_d est égale à une constante près de la valeur efficace imposée I_s . Elle est imposée par une régulation à l'aide d'un pond redresseur contrôlé. Le dispositif est plus complexe qu'un contrôle scalaire de la tension.

$$I_s = \frac{\sqrt{6}}{\pi} I_d \quad (\text{II.21})$$

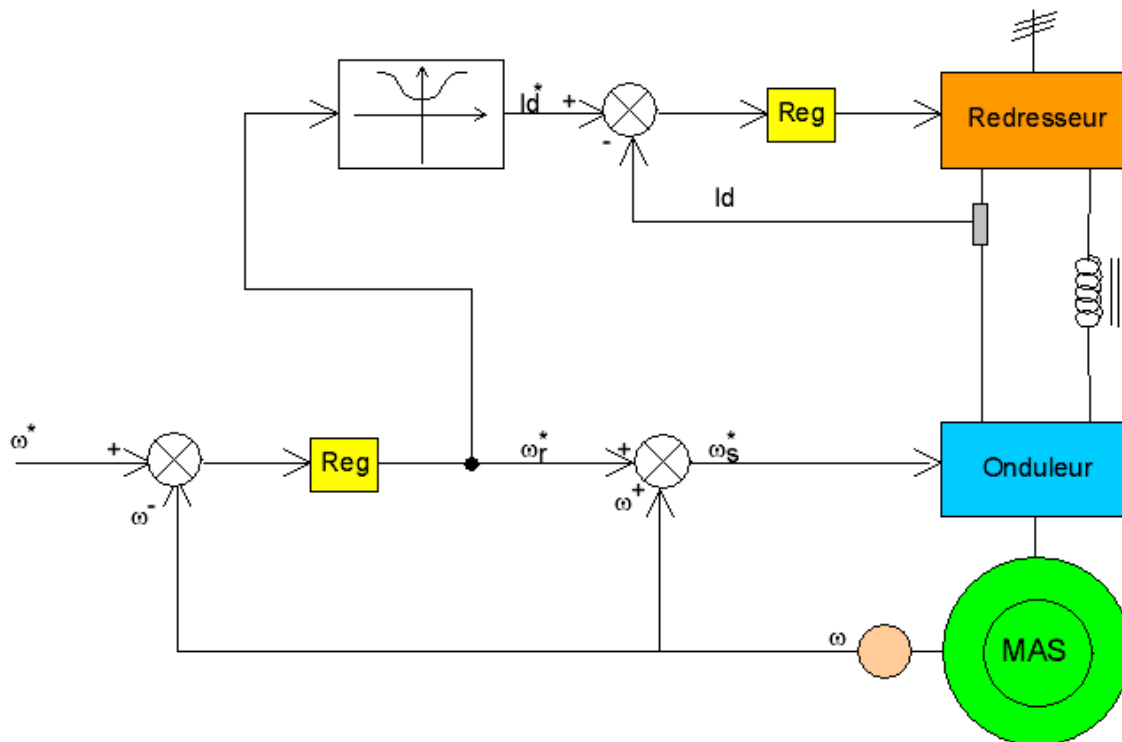


Figure II.18. Contrôle scalaire de courant

II.3.2.2. Contrôle vectoriel

Cette méthode basée sur le choix de référence lié au flux rotorique. Si on décompose le courant statorique en ses composantes i_{ds} suivant le flux rotorique et i_{qs} en quadrature avec ce flux, on met en évidence une commande découplée du flux et du couple. On obtient alors des fonctionnements comparables à ceux d'une machine à courant continu à excitation séparée ou le courant inducteur contrôle le flux et le courant induit contrôle le couple. Il existe plusieurs types de contrôle vectoriel :

II.3.2.2.a. Commande vectoriel indirecte par orientation du flux rotorique

Le principe de la commande vectorielle par orientation du flux rotorique est basé sur la connaissance dynamique (modèle de Park) de la machine.

Le couple électromagnétique en régime transitoire s'exprime dans le repère dq comme un produit croisé de flux ou de courant.

$$C_{em} = P \frac{M}{L_r} (\theta_{dr} i_{qs} - \theta_{qr} i_{ds}) \quad (\text{II.22})$$

On s'aperçoit si l'on élimine le deuxième produit ($\theta_{qr} i_{ds}$), alors le couple ressemblerait fort à celui d'une machine à courant continu. Il suffit, pour ce faire, d'orienter le repère dq de manière à annuler la composante de flux en quadrature. C'est-à-dire, de choisir convenablement l'angle de rotation de Park de sorte que le flux rotorique soit entièrement porté sur l'axe direct (d) et donc d'avoir $\theta_{qr} = 0$. Ainsi $\theta_r = \theta_{dr}$ uniquement (Figure II.19).

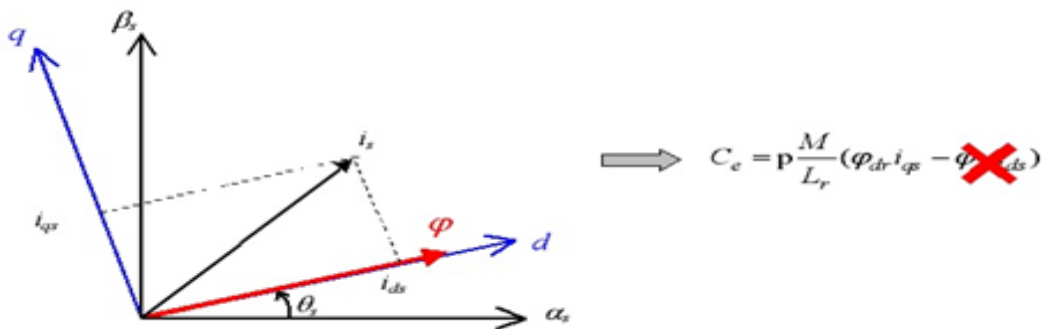


Figure II.19 : principe de contrôle vectoriel

Le couple s'écrit alors :

$$C_{em} = p \frac{M}{L_r} \theta_{dr} i_{qs} \quad (\text{II.23})$$

Il convient de régler le flux en agissant sur la composante i_{ds} du courant statorique et on règle le couple en agissant sur la composante i_{qs} .

On a alors deux variables d'action comme dans le cas d'une machine à courant continu.

II.3.2.2.b. Commande directe du couple

La méthode de contrôle directe du couple (DTC) consiste à agir directement sur la commande de l'onduleur à MLI vectorielle pour obtenir un couple optimal.

Cette commande intègre à la fois la modélisation du moteur, l'estimation des valeurs, mais aussi le système de modulation de largeur d'impulsion, elle évite la compensation de « temps mort »

Pratiquement, elle élabore une commande à partir d'une valeur estimée du couple électromagnétique en temps réel. [5]

II.3.3. Les convertisseurs utilisés

Pour obtenir les tensions de valeur et de fréquence variables appliquées au moteur à partir des tensions de valeur et de fréquence constantes du réseau industriel, on peut :

- Soit utiliser un convertisseur direct, qui construit ses tensions de sortie par un échantillonnage convenable de ses tensions d'entrée, autrement dit utiliser un cycloconvertisseur ;
- Soit utiliser un convertisseur indirect, c'est-à-dire redresser les tensions du réseau, puis onduler à la fréquence voulue la tension redressée, autrement dit utiliser une cascade redresseur-onduleur. L'onduleur pouvant être :

- ❖ Soit un onduleur de courant,
- ❖ Soit un onduleur de tension.

Le choix entre ces trois solutions dépend

- ❖ De la puissance de l'entraînement,
- ❖ De la gamme des fréquences à réaliser,
- ❖ Des réversibilités à assurer. [9]

II.3.3.1. Variateur de fréquence directe. Le cycloconvertisseur :

Un cycloconvertisseur triphasé est composé de trois groupes de convertisseur alimentant chacun une phase du moteur. Les trois enroulements du moteur sont isolés afin que

les trois groupes puissent fonctionner indépendamment l'un de l'autre. Ils ne sont donc pas connectés en étoile ou en triangle.

On commande la vitesse du moteur par l'application des impulsions appropriées aux gâchettes des thyristors afin de faire varier simultanément la fréquence et la tension.

Ce système d'entraînement donne de bonnes caractéristiques couple-vitesse dans les quatre quadrants. Le moteur peut accélérer, arrêter, changer de sens de rotation et freiner avec une récupération de l'énergie sans que l'on soit obligé de changer de connexion.

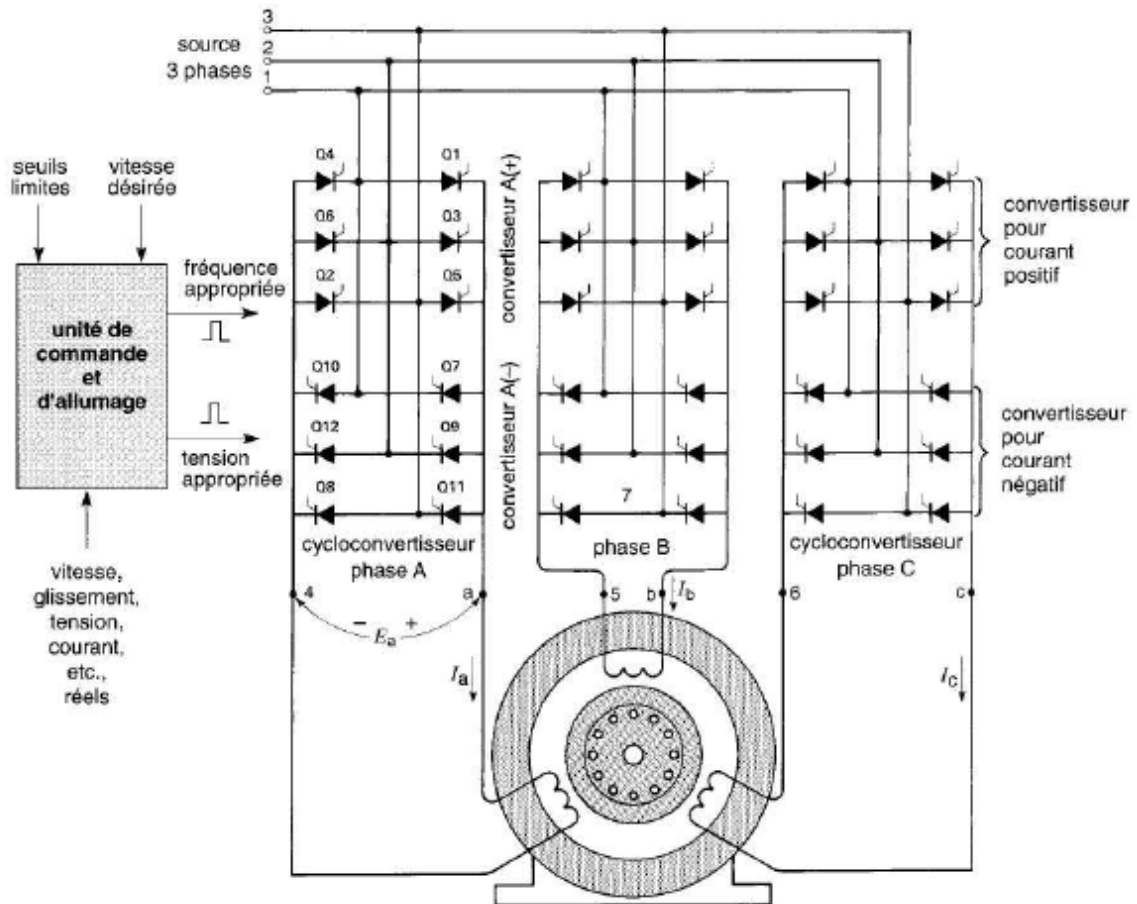


Figure II.20

On peut comprendre le fonctionnement du cycloconvertisseur en se référant à la phase A de la figure II.20. Lorsque le convertisseur A(+) conduit, il peut seulement porter un courant I_a positif dont le sens est imposé par la polarité de ces thyristors. Toutefois, ce convertisseur peut fonctionner en redresseur ou onduleur. Ainsi, lorsque E_{a4} est positive, le convertisseur fonctionne en redresseur et fournit une puissance à la phase A. Inversement,

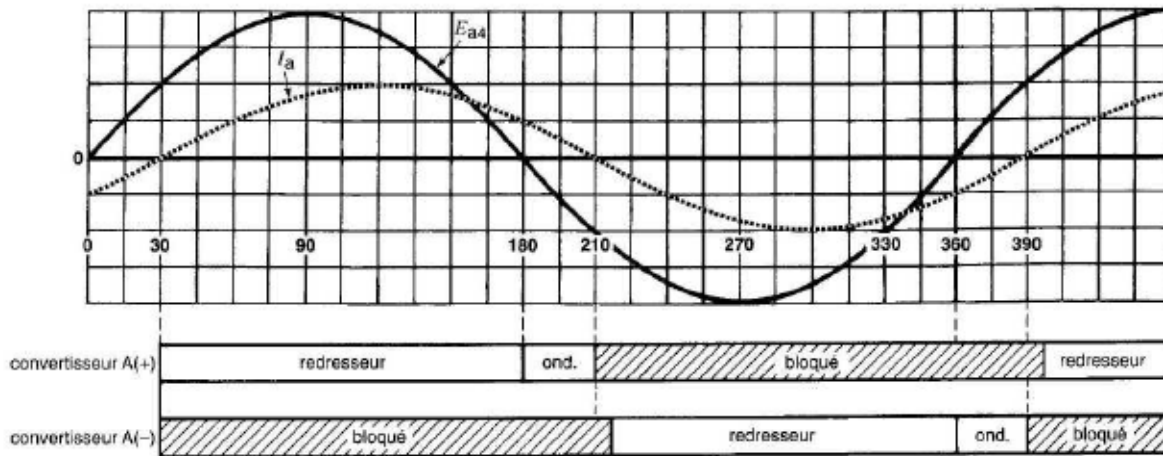


Figure II.22

La figure II.22, montre les modes de fonctionnement successifs des deux convertisseurs en redresseur /onduleur.

Les convertisseurs des phases B et C fonctionnent de la même manière, sauf que les thyristors respectifs sont allumés 120^0 et 240^0 plus tard.

Le cycloconvertisseur nécessite beaucoup de semi conducteurs, mais il s'agit de simples thyristors faciles à commander et à protéger.

Ce convertisseur présente l'avantage d'être intrinsèquement réversible. Il ne présente aucune discontinuité dans la commande.

Le cycloconvertisseur présente l'inconvénient d'envoyer dans le réseau des courants harmonique importants. Il équivaut, en effet, à trois redresseurs, un par phase, dont on fait varier l'angle de retard au déblocage des thyristors à la fréquence des tensions de sortie.

Les harmoniques habituels des redresseurs sont donc modulés à la fréquence de sortie, ce qui donne un spectre très riche contenant des termes basses fréquence donc difficiles à arrêter par des filtres.

Le cycloconvertisseur fait circuler aussi une puissance fluctuante dans le réseau qui l'alimente.

Enfin, ce convertisseur présente une gamme de fréquences limitées ($f_s \leq 20$ Hz)

Ce procédé est intéressant pour la réalisation d'entraînements lents ou très lents, avec moteur asynchrone de forte puissance.

II.3.3.2. Variateur de fréquence indirecte

Le réglage de la vitesse des moteurs alternatifs de type asynchrone est réalisé avec succès par des convertisseurs statiques de fréquence opérant une double conversion en passant par le stade intermédiaire de courant continu. Ce type de convertisseur comprend essentiellement un redresseur, ou un hacheur, un circuit intermédiaire à tension ou à courant continu et un onduleur qui assume le rôle de commutateur du courant de la machine.

II.3.3.2.1. Alimentation par un onduleur de courant

L'onduleur de courant présente un grand inconvénient en raison de l'inductance du moteur asynchrone, donc ce dernier se prête mal à l'alimentation par un onduleur de courant qui tend à lui fournir des créneaux de courant. Lors de la montée et la descente rapide du courant dans une phase, l'inductance de celle-ci crée des surtensions d'autant plus fortes que ces transitions sont plus brèves.

II.3.3.2.2. Alimentation par un onduleur de tension

Pour réaliser un onduleur triphasé classique alimenté par une source de tension continue (munie d'un filtrage capacitif), dont le récepteur est une charge alternative qui se comporte comme une source de courant (le stator d'une machine à courant alternatif), on a besoin de six interrupteurs bidirectionnels en courant. Il faut aussi disposer de diodes rapides et performantes, montées en antiparallèle avec les transistors IGBT.

Cette configuration permet d'imposer aux moteurs des courants présentant une faible distorsion harmonique et conduit ainsi à l'élaboration des systèmes d'entraînements à base de moteurs à courant alternatif à hautes performances. Les techniques dites (Modulation de Largeur d'Impulsions, *MLI*) ou (Pulse Width Modulation, *PWM*, dans le jargon anglo-saxon) sont utilisées. Ces stratégies de commande des onduleurs s'appuient sur les performances en fréquence de découpage permises par les composants électroniques utilisés. [2]

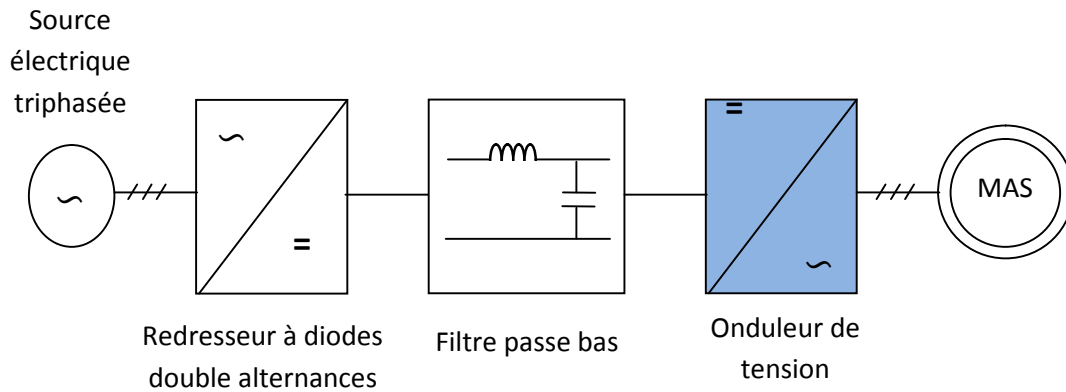


Figure II.23: Schéma global d'un MAS à vitesse variable et de son alimentation

II.3.3.2.2.a. Onduleur de tension triphasé

Un onduleur de tension triphasé, dont les composants semi-conducteurs contrôlables sont des transistors ou des thyristors GTO, est le cœur de l'organe de commande du moteur asynchrone. Il peut être considéré comme un amplificateur de puissance, il est constitué de trois bras, de deux interrupteurs pour chacun. Chaque interrupteur est monté en antiparallèle avec une diode de récupération. Pour assurer la continuité des courants alternatifs, les interrupteurs K_1 et K_2 , K_3 et K_4 , K_5 et K_6 doivent être contrôlés de manière complémentaire. Le schéma structurel d'un tel convertisseur statique alimentant le stator du moteur est illustré par la figure II.24 :

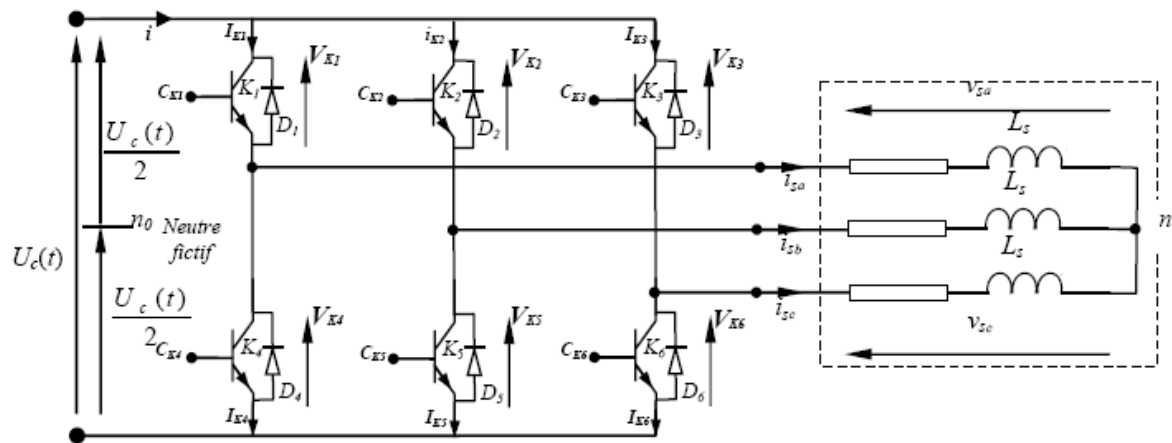


Figure II.24 : Schéma d'un onduleur de tension alimentant le stator d'un moteur asynchrone.

II.3.3.2.2.b. Modèle de l'onduleur de tension: liaison entre le coté continu et le coté alternatif

Pour simplifier l'étude, on supposera que :

- La commutation des interrupteurs instantanée;
- La chute de tension aux bornes des interrupteurs négligeable;
- La charge triphasée, est équilibrée, couplée en étoile avec un neutre isolé.

On aboutit au schéma simplifié de la figure II.25 :

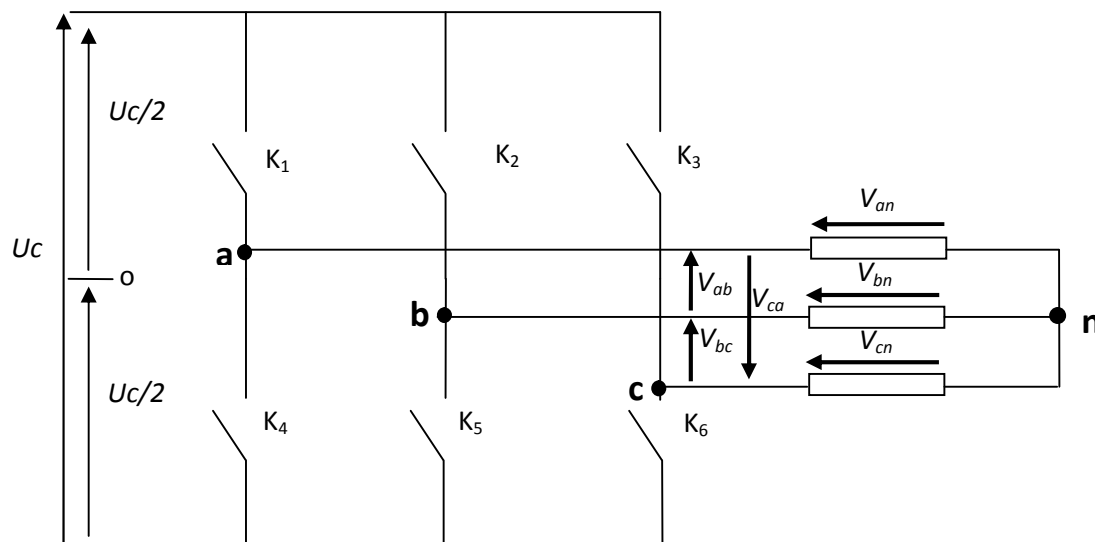


Figure II.25 : Schéma simplifié d'un onduleur de tension.

Où :

V_{an}, V_{bn}, V_{cn} : sont les tensions simples ;

V_{ab}, V_{bc}, V_{ca} : les tensions composées.

On établit la liaison entre le coté continu et le coté alternatif à travers ces interrupteurs, il est toujours utile de rappeler que la commande des interrupteurs d'un même bras est complémentaire. L'état des interrupteurs supposés parfaits peut être défini par trois grandeurs booléennes de commande C_{ki} ($i = a, b, c$).

$C_{ki} = 1$, cas où l'interrupteur du haut est fermé et celui d'en bas est ouvert ;

$C_{ki} = 0$, cas où l'interrupteur de haut est ouvert et celui d'en bas fermé.

Dans ces conditions on peut écrire les tensions de phases $V_{i=(a, b, c)}$ en fonction des signaux de commande C_{ki} :

$$V_{in(a,b,c)} = C_{ki}U_c + \frac{U_c}{2} \quad (\text{II.24})$$

Les trois tensions composées, V_{ab}, V_{bc}, V_{ca} sont définies par les relations suivantes en tenant compte du point fictif o :

$$\begin{cases} V_{ab} = V_{ao} + V_{ob} = V_{ao} - V_{bo} \\ V_{bc} = V_{bo} + V_{co} = V_{bo} - V_{oc} \\ V_{ca} = V_{co} + V_{ao} = V_{co} - V_{oa} \end{cases} \quad (\text{II.25})$$

Soit « n » le point neutre du côté alternatif, on a alors :

$$\begin{cases} V_{ao} = V_{an} + V_{no} \\ V_{bo} = V_{bn} + V_{no} \\ V_{co} = V_{cn} + V_{no} \end{cases} \quad (\text{II.26})$$

La charge est considérée équilibrée, il en résulte :

$$V_{an} + V_{bn} + V_{cn} = 0 \quad (\text{II.27})$$

En remplaçant (II.27) dans (II.25) on peut écrire :

$$V_{no} = \frac{1}{3}(V_{ao} + V_{bo} + V_{co}) \quad (\text{II.28})$$

La substitution de (II.26) dans (II.28) nous donne pour les tensions simples :

$$\begin{cases} V_{an} = \frac{2}{3}V_{ao} - \frac{1}{3}V_{bo} - \frac{1}{3}V_{co} \\ V_{bn} = -\frac{1}{3}V_{ao} + \frac{2}{3}V_{bo} - \frac{1}{3}V_{co} \\ V_{cn} = -\frac{1}{3}V_{ao} - \frac{1}{3}V_{bo} + \frac{2}{3}V_{co} \end{cases} \quad (\text{II.29})$$

L'utilisation de l'expression (II.24) permet d'établir les équations instantanées des tensions simples en fonction des grandeurs de commande :

$$\begin{bmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{bmatrix} = \frac{U_c}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{ka} \\ C_{kb} \\ C_{kc} \end{bmatrix} \quad (\text{II.30})$$

Avec:

V_{ao}, V_{bo}, V_{co} correspondent aux tensions à l'entrée de l'onduleur (valeurs du coté continu) et si V_{an}, V_{bn}, V_{cn} sont les tensions à la sortie de celui-ci (valeurs du coté alternatif du MAS), par conséquent l'onduleur qui établit cette liaison entre les deux cotés est modélisé par la matrice de transfert T donnée par :

$$T = \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \quad (\text{II.31})$$

Les différentes combinaisons des trois grandeurs de commande (C_{ka}, C_{kb}, C_{kc}) permettent de générer huit états de commande dont deux sont nuls, ces états sont notés $V_0, V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6,$ et V_7 comme le montre la figure (26) et (27).

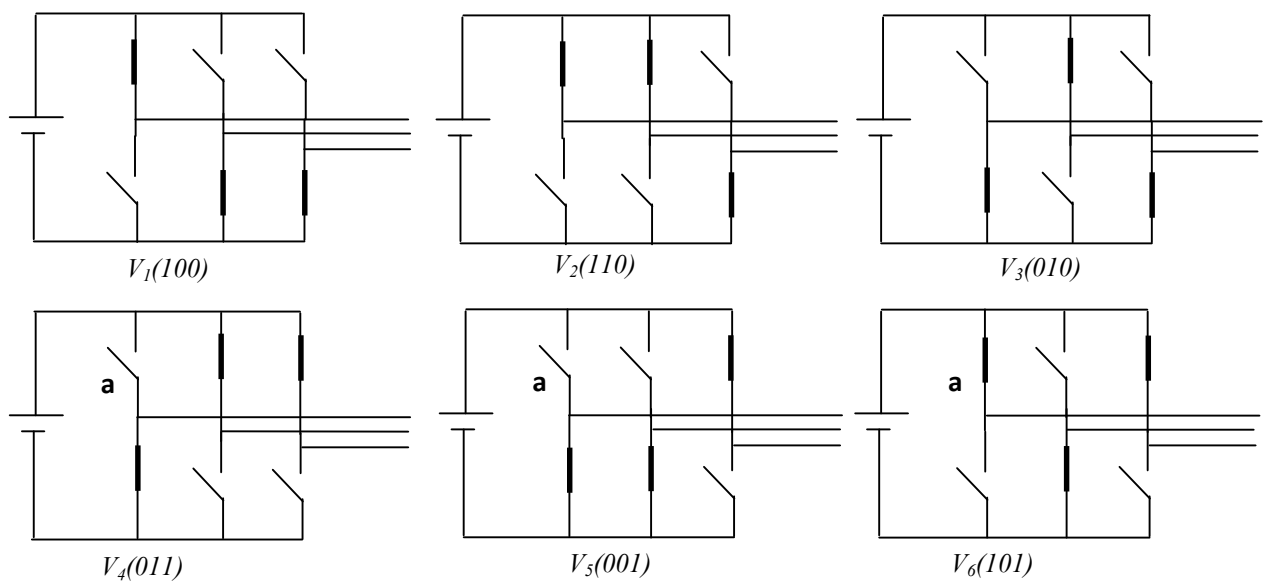


Figure II.26 : Les six états de commande actifs.

Les deux états nuls V_0 , V_7 .

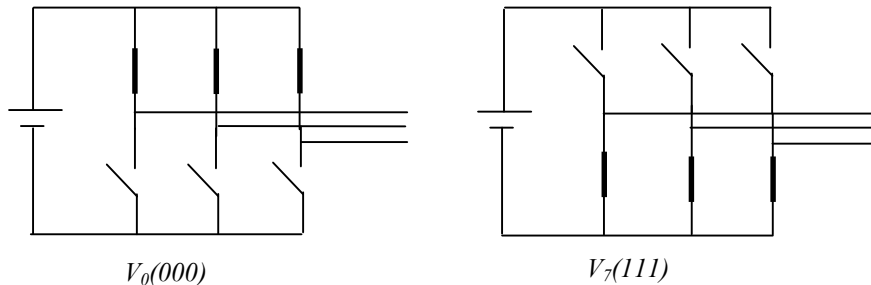


Figure II.27 : Les deux états de commande nuls.

II.3.3.2.2.c. Onduleur de tension à MLI

L'onduleur de tension à MLI est habituellement choisi pour sa réponse très rapide et ses performances élevées, il permet d'imposer à la machine des ondes de tension à amplitude et fréquence variables.

A partir d'un réseau d'alimentation standard (220/380V, 50HZ) après redressement et filtrage, la tension U_c (étage continu) est appliquée à l'onduleur. Plusieurs types de MLI se présentent pratiquement, on peut citer :

- Les modulations *sinus-triangle* effectuant la comparaison d'un signal de référence sinusoïdal à une porteuse généralement triangulaire.
- Les modulations *précalculées* pour lesquelles les angles de commutation sont calculés hors ligne pour annuler certaines composantes du spectre de la tension, et donner une certaine onde fondamentale.
- Les modulations *postcalculées* appelées encore MLI régulières symétriques ou MLI vectorielles dans lesquelles les angles de commutation sont calculés en ligne.

On présentera dans ce qui suit la première stratégie qui est la plus utilisée.

1. Modulation de Largeur d'Impulsions sinus-triangle

La MLI permet de former à la sortie d'un onduleur chaque alternance de la tension à l'aide d'une succession de créneaux rectangulaires, dont la largeur varie suivant une loi de commande qui a pour but de :

- Repousser les harmoniques à des fréquences élevées pour faciliter leur filtrage;
- Faire varier la valeur efficace du fondamental de la tension de sortie.

2. Principe

Elle consiste à convertir une modulante $V_{ref}(t)$ (tension de référence au niveau commande), généralement sinusoïdale, en une tension sous forme de créneaux successifs générée à la sortie de l'onduleur (niveau puissance). Au niveau électronique, son principe repose sur la comparaison de la modulante avec la porteuse $V_p(t)$ (tension à haute fréquence de commutation) figure II.28.

Le signal de commande de l'interrupteur électronique d'un bras de l'onduleur triphasé $Ki=1, 2, 3$ est fermé si l'onde de référence de la phase correspondante est supérieure ou égale à la porteuse triangulaire, et vice versa.

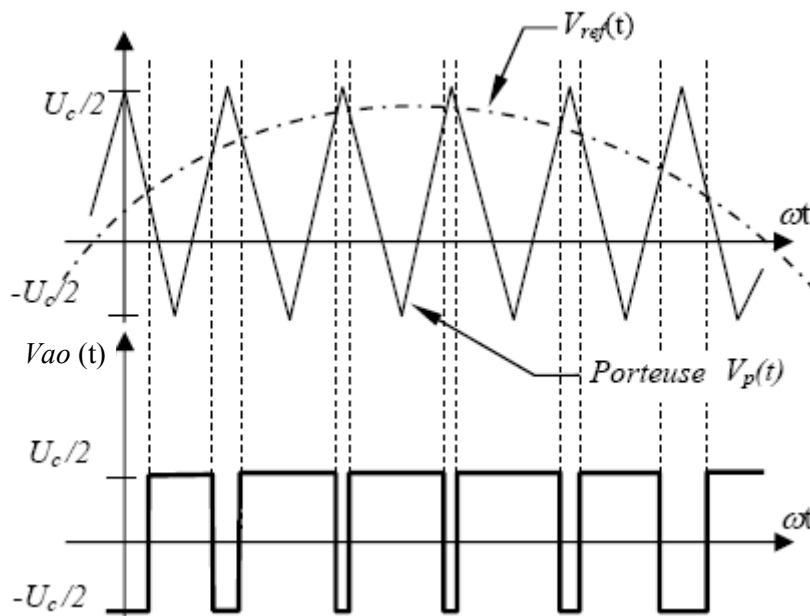


Figure II.28 : MLI sinus triangle.

Selon la figure II.28 la tension de sortie de l'onduleur a les caractéristiques suivantes :

$$\text{Si: } V_{ref}(t) > V_p(t) \quad \Rightarrow \quad V_{ao} = U_c/2 ;$$

$$\text{Si: } V_{ref}(t) < V_p(t) \quad \Rightarrow \quad V_{ao} = -U_c/2.$$

- La fréquence de la MLI est égale à la fréquence de la tension de la porteuse $V_p(t)$.
- L'amplitude est contrôlée par l'amplitude de $V_{ref}(t)$.
- La fréquence du fondamental est contrôlé par la fréquence de $V_{ref}(t)$.

On peut régler la tension à la sortie de l'onduleur en agissant sur le coefficient de réglage 'r' défini comme suit :

$$r = \frac{V_{ref}}{V_p} = \frac{\max(V_{ao})_1}{U_c/2} \quad (\text{II.32})$$

$(V_{ao})_1$: Fondamental de la tension V_{ao} ;

V_p : valeur crête de la porteuse.

La valeur maximale de la tension fondamentale (à la sortie de l'onduleur) vaut :

$$(V_{ao})_{max1} = \frac{U_c}{2} r \quad (\text{II.33})$$

L'indice de modulation « m » est défini comme étant la valeur du rapport de la fréquence de la porteuse triangulaire (ou en dent de scie) sur celle de la modulante, son choix procède d'un compromis entre une bonne neutralisation des harmoniques et un bon fonctionnement de l'onduleur (meilleur rendement): [10]

$$m = \frac{\text{fréquence de } v_p(t)}{\text{fréquence de } v_{ref}(t)} \quad (\text{II.34})$$

II.4. Conclusion

Ce chapitre contient deux parties :

La première partie est consacrée à la variation de la vitesse de la machines asynchrone à fréquence fixe.

La deuxième partie est consacrée à la variation de la vitesse à fréquence variable dont on a passé en revue tous les types de commandes.

Dans la partie pratique on se limitera à traiter le convertisseur de fréquence indirecte en utilisant un onduleur de tension

III.1. Présentation du fabricant Lucas Nülle

Le fabricant Lucas Nülle est une société allemande présente depuis plus de 30 ans dans le développement, la fabrication et la commercialisation de matériel pédagogique et scientifique de fabrication allemande destiné aux laboratoires de recherche et aux établissements industriels et d'enseignement secondaire, technique et supérieur. Il est présent en Algérie depuis 1973 avec son représentant exclusif Phywe Maghreb.

III.2. Présentation du banc d'essai

Les convertisseurs de fréquence se sont imposés dans le quotidien. Ils permettent un réglage de vitesse en continu et sans pertes, de moteurs asynchrones triphasés à tel point que ces moteurs économiques et surtout exempts d'entretien remplacent de plus en plus les machines à courant continu utilisées traditionnellement. Les tout derniers convertisseurs de fréquence se basent sur des microcontrôleurs, des modules de puissance à IGBT à fonctions de protection autonomes et sur des unités de commandes intelligentes. Le convertisseur de fréquence LN (Lucas Nülle) est un appareil moderne de la toute nouvelle génération. Il comporte un étage final de puissance comprenant 6 IGBT avec alimentation et coupure à surintensité autonomes, une alimentation de circuit intermédiaire à tension constante et un microprocesseur moderne comme unité de commande. Un régulateur PI est également intégré. L'étage final du convertisseur de fréquence dispose, en liaison avec un moteur asynchrone triphasé de 300W de telles réserves de puissance (750W, 1120W pour 60s) que le moteur peut être mis en charge jusqu'à l'arrêt pour enregistrer la caractéristique couple/vitesse correspondante.

Le schéma électrique est compréhensible, avec des couleurs claires sur fond sombre. Toutes les entrées et sorties sont disposées de manière fonctionnelle. La commande du convertisseur de fréquence s'effectue par menus avec l'unité de commande multifonctionnelle. Tous les paramètres peuvent être transmis à d'autres appareils via l'unité de commande multifonctionnelle.

III.3. Module de commande à LCD

Le module de commande à LCD est une unité de commande et de manipulation avec son propre microcontrôleur, un affichage à cristaux liquides, un clavier à membrane et une mémoire lecture/écriture pour quatre jeux complets de paramètres.

En alternative au module de commande à LCD, il est possible d'enficher une interface RS485/RS232 sur le convertisseur de fréquence, qui, associé au logiciel DRIVESOFT, permet le paramétrage et la surveillance du convertisseur de fréquence par ordinateur.

III.4. Présentation du variateur de vitesse

Le redresseur de fréquence SO3636-5D est utilisé pour le réglage à faibles pertes et en continu de la vitesse des moteurs asynchrones à courant triphasé.

Il comprend un redresseur de fréquence LENZE de la série 8200 vector avec borne E/S standard.

Grace à la puissante unité de commande à microprocesseurs, divers procédés comme la commande vectorielle et la commande à courbe caractéristique U/f peuvent être réalisés. A coté d'un régulateur PID intégré, le redresseur de fréquence comprend un transistor chopper de freinage, ce qui permet de n'avoir qu'une résistance de freinage en mode générateur.

Le redresseur de fréquence peut fonctionner de différentes manières :

- Conventionnelle avec potentiomètre et tension pilote analogique.
- Avec la « LCD-Keypad »
- Avec PC et logiciel.
- Avec module de bus de champ.

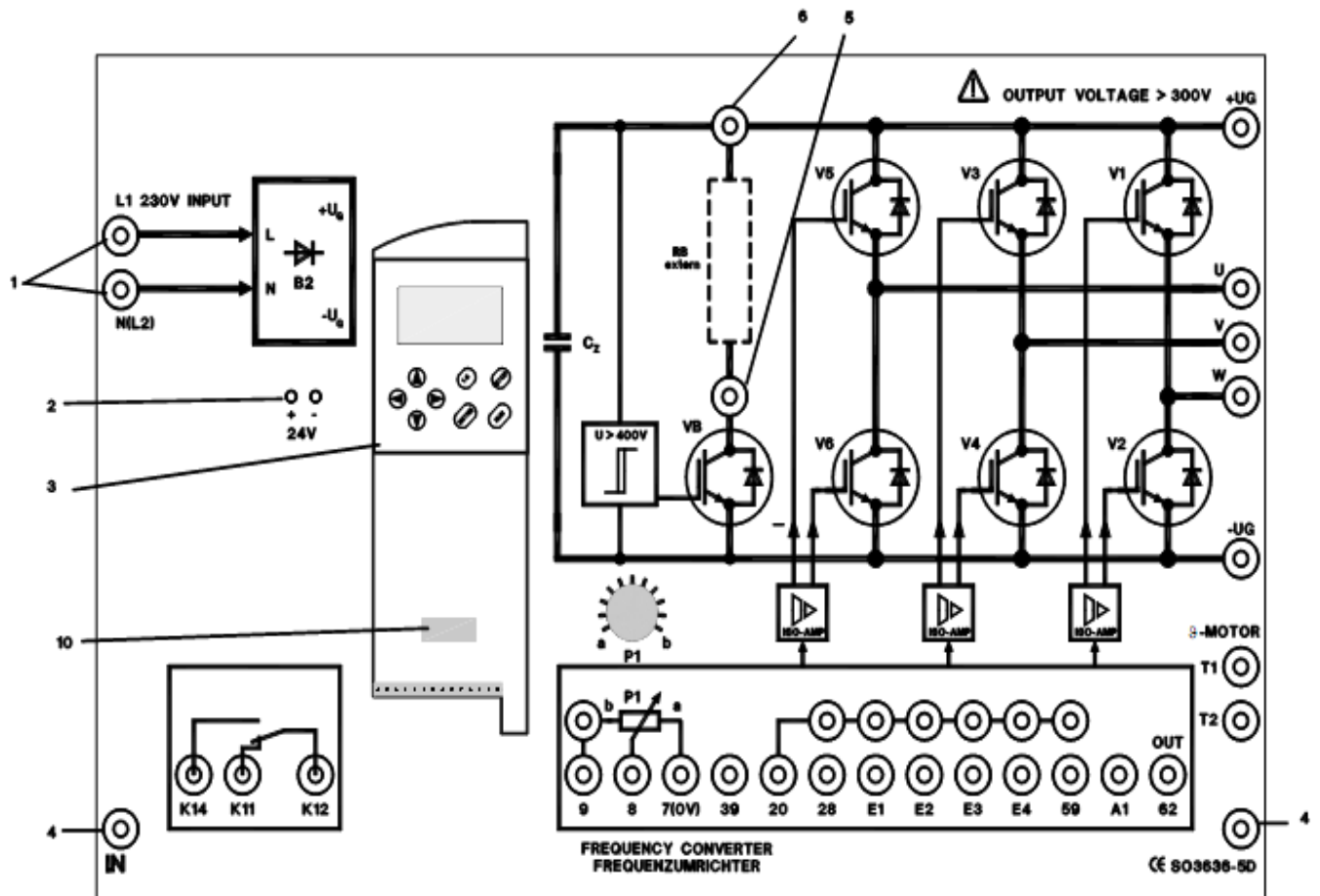


Figure.III.1 : redresseur de fréquence SO3636-5D avec désignations de raccordement

III.4.1. Raccordements et leur signification

Les désignations sur la plaque frontale sont choisies de manière à correspondre avec les raccordements du redresseur industriel.

1 : Raccordement à la tension d'alimentation 230 V CA.

2 : Sortie de la tension de commande interne (19V), pour alimenter les modules de fonction.

3 : Raccordement pour les différentes unités d'amorçage :

- Unité de commande LCD.
- RS 232 / 485.
- CAN
- Profibus.
- Interbus.

- 4** : Raccordement PE pour redresseur resp. moteur.
- 5** : Raccordement pour résistance de freinage externe sur +UG.
- 6** : 2. Raccordement pour résistance de freinage externe.
- 7** : Point de référence de masse interne 0V pour les tensions de commande aux entrées et sorties du redresseur. Ce raccordement doit être relié aux points de référence des tensions externe.
- 8** : Entrée de valeur de consigne analogique pour les réglages de la fréquence de sortie du redresseur (relie avec le frotteur du potentiomètre de valeur de consigne P1).
- 9** : Tension d'alimentation pour le potentiomètre de valeur de consigne 5,2 V CC, 10mA.
- 10** : Microcommutateur DIP pour commutation de la plage d'entrée de valeur de consigne analogique (8). Réglage par défaut : 0...10V.
- 20** : Tension d'alimentation interne pour les entrées numériques.
- 28** : Entrée numérique pour le déblocage de régulateur via l'interrupteur ou le connecteur en pont.
- 39** : Raccordement de masse pour les entrées numériques, doit être relié au raccordement 7 en cas d'amorçage interne.
- 59** : Entrée pour l'alimentation de tension CC de la sortie numérique A1
Interne : +19V avec pontage sur 20
Externe : +24V
- 62** : Sortie analogique programmable pour affichage de valeur réelle de la fréquence de sortie : 10V à fréquence maximale.
- P1** : potentiomètre de valeur de consigne P1 permettant de modifier la valeur de consigne selon le niveau de tension en b sur l'entrée analogique 8.
- b** : raccordement de tension de référence du potentiomètre P1, relié à la tension 5,2 V à la prise 9.
- E1** : Entrée numérique programmable appelant une des fréquences fixes réglées en liaison avec E2, avec le préréglage d'usine.
- E2** : Entrée numérique programmable appelant une des fréquences fixes réglées en liaison avec E1, avec le préréglage d'usine.
- E3** : Entrée numérique programmable appelant le freinage courant continu, avec le préréglage d'usine.
- E4** : Entrée numérique programmable utilisée pour le changement de sens de rotation, avec le préréglage d'usine.

A1 : Sortie numérique programmable (max. 10mA) indiquant la disponibilité de fonctionnement, avec le préréglage d'usine.

K11 / K12 / K14 : Raccordement sans potentiel du relais programmable.

+UG : Point de mesure pour la tension de circuit intermédiaire U+

-UG : Point de mesure pour la tension de circuit intermédiaire U-

U V W : sorties de puissance pour machines à courant triphasé

T1 / T2 : entrée numérique pour le déblocage du régulateur via le thermocontact du moteur.

La fonction de l'entrée est programmable.

III.4.2. Caractéristiques techniques

Puissance nominale :	759W / 1,6KVA.
Tension d'entrée :	230V (+15%, -20%).
Tension de sortie :	0...230V.
Fréquence de sortie :	0...480Hz.
Courant de sortie :	0...4A.
Facteur de surcharge :	150% (60s).

III.4.3. Caractéristiques spéciales

- Haute puissance de sortie 750W (1120W pour 60s).
- Microprocesseur commandé.
- 4 jeux de paramètres.
- Fonctions de protection intégrées.
- Régulateur PID intégré.
- Interface système pour bus alternatifs.
- Module de bus de champ enfichable RS232 /RS485.
- Module de bus de champ enfichable Profibus DP.
- Module de bus de champ enfichable CAN.
- Unité de commande LCD enfichable.
- Transistor de freinage intégré.
- Construction compacte.
- Sorties onduleur résistant en court-circuit.

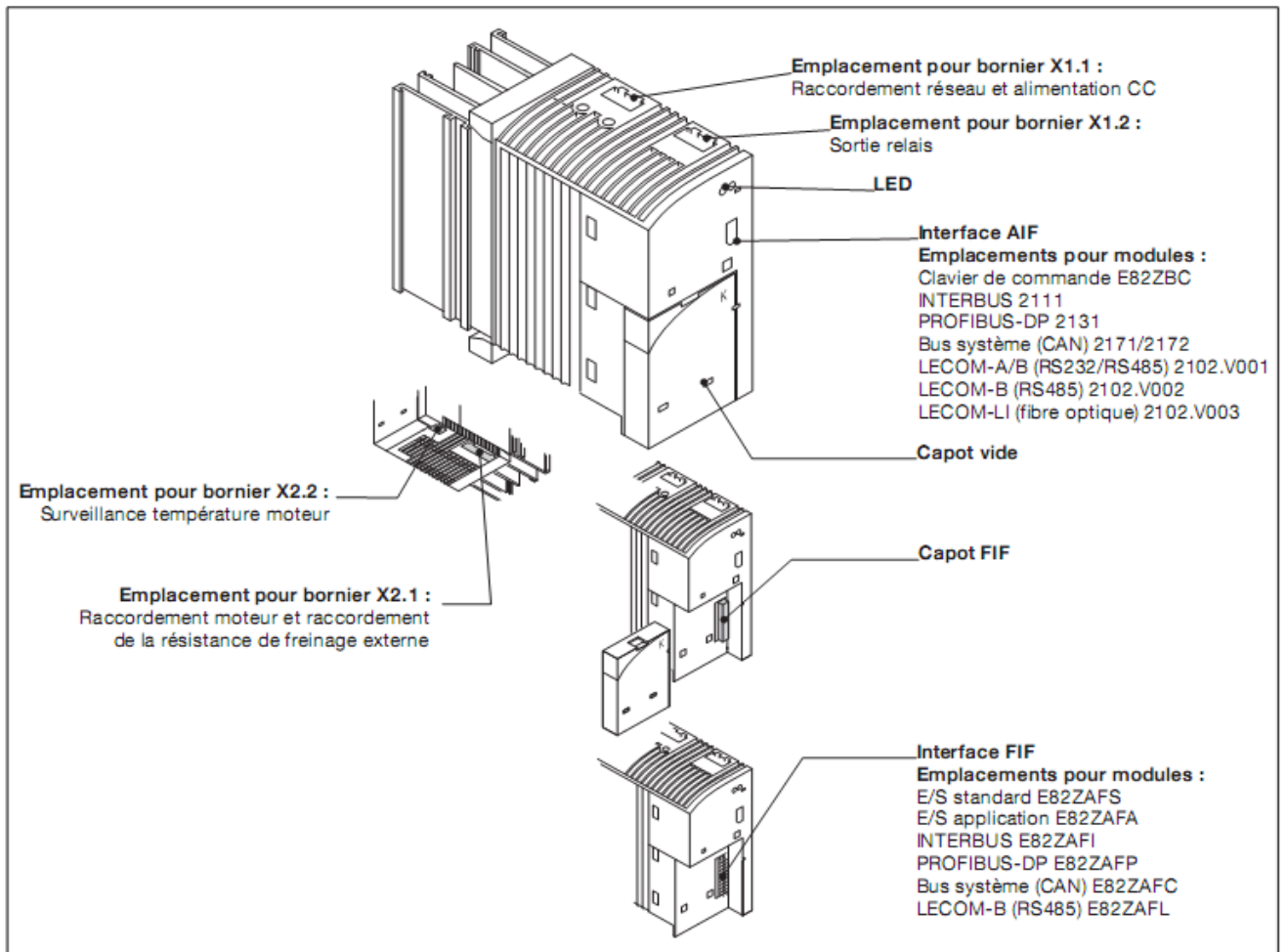
- Surveillance de court-circuit de terre à la mise sous tension secteur.
- Fréquence de coupure programmable : 2, 4, 8 et 16 KHz.
- Onduleur à impulsion avec étage de sortie IGBT.
- Raccord pour liaison CC.
- Entrée analogique sans potentiel et sortie analogique.
- Sortie relais inverseur
CA: 240 V / 3 A
CC: 24 V / 2 A...200 V / 0,18 A.
- Entrées numériques sans potentiel avec fonctions programmable.
- Jusqu'à 3 fréquences fixe (JOG) par jeu de paramètre.
- Frein courant continu.
- Fonction TRIP-Set et TRIP-Reset.
- Potentiomètre moteur.
- Fréquence de sortie jusqu'à 480 Hz.
- Compensation de patinage.
- Limitation de courant réglable avec atténuation U/f.
- Circuit de reprise.
- Compensation de tension secteur.
- Compteur d'heures de et de démarrages.
- Unité de commande pour pilotage et paramétrage avec mémoire pour la transmission des jeux de paramètres, unité enfichable.

III.5. Convertisseur de fréquence 8200 vector

La variation de vitesse des moteurs asynchrone constitue la fonction essentielle du convertisseur de fréquence 8200 vector. En liaison avec un motoréducteur Lenze ou un moteur triphasé Lenze, on obtient un entraînement électronique à vitesse variable doté d'une fonctionnalité extrême. Les différentes possibilités de combinaison du convertisseur de fréquence avec des modules spécifiques qui peuvent être utilisées en parallèle sur deux interfaces vous offrent une grande flexibilité pour répondre à chaque problème d'entraînement.

Les atouts supplémentaires tels que la conception compacte et la fonctionnalité extrême font du convertisseur de fréquence 8200 vector la solution idéale pour des nombreuses applications (exemples : climatisation, manutention, automatisation...).

III.5.1. Présentation du convertisseur de fréquence 8200 vector



III.5.2. Terminologie

Terme	Utilisé dans le présent fascicule pour désigner
Variateur de vitesse	un convertisseur de fréquence, servovariateur ou variateur de vitesse quelconque
vector	un convertisseur de fréquence 8200 vector
Entraînement	un variateur de vitesse Lenze en combinaison avec un motoréducteur, un moteur triphasé et autres éléments d'entraînement Lenze
AIF	AutomatisierungsInterFace (interface d'automatisme) : Interface pour un module de communication
FIF	FunktionsInterFace (interface de fonction) : Interface pour un module de fonction
Cxxx/y	Sous-code y du code Cxxx (exemple : C0410/3 = sous-code 3 du code C0410)
Xx/y	Borne y sur le bornier Xx (exemple : X3/28 = borne 28 sur le bornier X3)

III.5.3. Utilisation des convertisseurs de fréquence 8200 vector

Se sont des appareils :

- Destinés à la commande et à la régulation d'entraînements avec variateur de vitesse par moteurs asynchrones normalisés, moteurs à réluctance ou moteurs synchrones à aimants permanents avec cage amortissante ;
- Destinés à être intégrés dans une machine ;
- Destinés à être assemblés avec d'autres composants pour constituer une machine ;
- Destinés à fonctionner sur des réseaux d'alimentations publics ou non publics ;
- Destinés à fonctionner dans des environnements industriels et commerciaux ;

III.5.4. Protection du moteur

- Protection intégrale du moteur contre surcharge
 - ✓ Via un relais de surintensité ou surveillance de température.
 - ✓ Nous recommandons une surveillance température du moteur à l'aide de sondes PTC ou de contacts thermiques (Les moteurs triphasés sont équipés, en version standard, de contacts thermiques).
 - ✓ La sonde thermique PTC ou le contact thermique peuvent être raccordés au variateur.
- Utilisation des moteurs dont l'isolement est adaptée pour un fonctionnement avec convertisseur :
 - ✓ Résistance à l'isolement : $u = 1,5KV$ maxi, $du/dt = 5KV/us$ maxi.
 - ✓ Les moteurs triphasés ont été conçus pour un fonctionnement avec convertisseurs.

III.6. Programmation

La programmation permet d'adapter le 8200 vector à vos applications. Pour une description détaillée des fonctions.

Les réglages possibles sont regroupés en codes :

- ✓ Commencant par «C», ces codes sont numérotés.
- ✓ Le tableau des codes vous permet un aperçu rapide de tous les codes. Il constitue une liste de référence dans laquelle tous les codes sont énumérés dans l'ordre numérique.
- ✓ Chaque code comprend un paramètre permettant de régler et d'optimiser l'entraînement.
- ✓ Pour certains codes, les paramètres sont compris dans les sous-codes afin de faciliter la programmation.

Le 8200 vector peut être programmé soit à l'aide d'un module de commutation (clavier de commande / LECOM-A (RS232)) soit à l'aide d'un module du bus de terrain (option).

Dans notre cas, on va s'intéresser au module de commutation.

III.6.1. Programmation à l'aide des modules de commutation :

Les modules de commutation vous permettent :

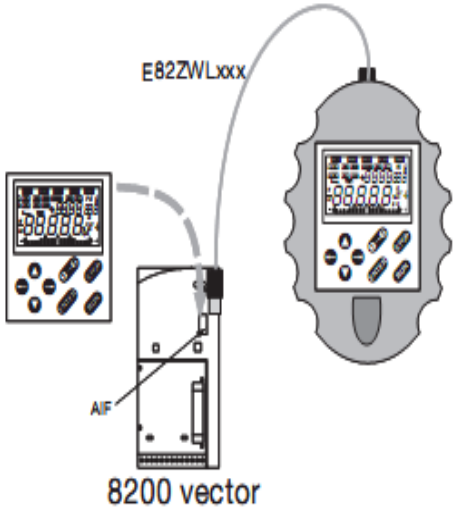
- ✓ De programmer votre 8200 vector ;
- ✓ De commander votre 8200 vector (exemple : blocage et déblocage) ;
- ✓ D'enter des consignes ;
- ✓ D'afficher des données de fonctionnement ;
- ✓ De transférer des jeux de paramètres vers d'autre variateur.

III.6.1.1. Programmation à l'aide du clavier de commande

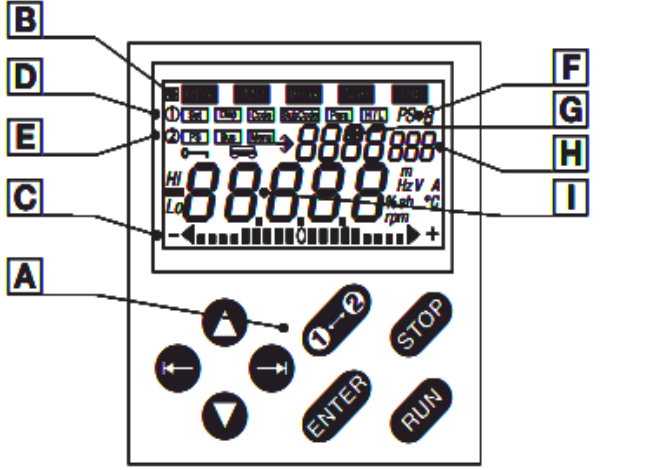
La programmation du convertisseur s'effectue via clavier

Utilisé sans support, le clavier peut être enfiché directement dans l'interface AIF.
Utilisé avec support, le clavier peut être relié à l'interface AIF par des câbles de longueur différentes.

III.6.1.1.1. Installation et mise en service

Clavier de commande avec support	Clavier de commande sans support	Principe de câblage
1. Si besoin est, enficher le clavier de commande et le visser. 2. Relier le clavier de commande avec support à l'interface AIF à l'aide du câble de liaison.	1. Enficher le clavier dans l'interface AIF.	
Après mise sous tension, le module de communication est prêt à fonctionner. Vous pouvez dialoguer avec l'entraînement.		

III.6.1.1.2. Affichages et fonctions

	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="861 1052 917 1097">A</td> <td data-bbox="925 1052 1316 1097">Touches de fonction</td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="861 1108 917 1153">B</td> <td data-bbox="925 1108 1316 1153">Affichages d'états</td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="861 1164 917 1209">C</td> <td data-bbox="925 1164 1316 1209">Affichage code de barres</td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="861 1220 917 1265">D</td> <td data-bbox="925 1220 1316 1265">Barre de fonction 1</td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="861 1276 917 1321">E</td> <td data-bbox="925 1276 1316 1321">Barre de fonction 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="861 1332 917 1377">F</td> <td data-bbox="925 1332 1316 1377">Modification du jeu de paramètres</td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="861 1388 917 1433">G</td> <td data-bbox="925 1388 1316 1433">N° code</td> <td data-bbox="1324 1388 1540 1467" rowspan="3">Si la valeur clignote elle peut être modifiée.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="861 1444 917 1489">H</td> <td data-bbox="925 1444 1316 1489">N° sous-code</td> </tr> <tr> <td data-bbox="861 1500 917 1545">I</td> <td data-bbox="925 1500 1316 1545">Valeur de paramètres avec unité</td> </tr> </table>	A	Touches de fonction		B	Affichages d'états		C	Affichage code de barres		D	Barre de fonction 1		E	Barre de fonction 2		F	Modification du jeu de paramètres		G	N° code	Si la valeur clignote elle peut être modifiée.	H	N° sous-code	I	Valeur de paramètres avec unité
A	Touches de fonction																									
B	Affichages d'états																									
C	Affichage code de barres																									
D	Barre de fonction 1																									
E	Barre de fonction 2																									
F	Modification du jeu de paramètres																									
G	N° code	Si la valeur clignote elle peut être modifiée.																								
H	N° sous-code																									
I	Valeur de paramètres avec unité																									

A Touches de fonction		
Touche	Fonction	Explication
	Débloquer le convertisseur de fréquence	La borne X3/28 doit être au niveau HAUT.
	Bloquer le convertisseur (CINH) ou activer l'arrêt rapide (AR).	Configuration en C0469
	Changement barre de fonction 1 ↔ barre de fonction 2	
	Vers la droite/vers la gauche sur la barre de fonction activée.	La fonction actuelle est encadrée.
	Augmenter/réduire la valeur. Pour changer rapidement la valeur, enfoncer la touche, sans relâcher.	Seules les valeurs clignotantes peuvent être modifiées.
	Sauvegarder le paramètre, si → clignote. Validation par STO r E sur l'afficheur.	

B Affichages d'état (description des messages défauts :		
Affichage	Signification	Explication
	Prêt à fonctionner	
	Blocage des impulsions	Sorties de puissance bloquées
	Réglage de limitation courant dépassé	C0022 (fonctionnement en moteur) ou C0023 (fonctionnement en générateur)
	Avertissement actif	
	Défaut actif	

C Affichage code de barres		
Affichage	Signification	Explication
	Valeur réglée en % sous C0004 (réglage Lenze : charge utilisation C0056).	Plage d'affichage : - 180 % ... + 180 % (chaque division = 20 %)

D Barre de fonction 1		
Fonction	Signification	Explication
	Entrée de consigne via	Impossible avec protection par mot de passe activée (affichage = "LOC")
	Fonctions affichées <ul style="list-style-type: none"> • Affichage du menu utilisateur, espace mémoire 1 (C0517/1) • Affichage du jeu de paramètres actif 	Actif à chaque mise sous tension
	Sélection de codes	Visualisation du code activé dans l'afficheur à 4 segments G
	Sélection de sous-codes	Visualisation du sous-code activé dans l'afficheur à 3 segments H
	Modification du paramètre d'un (sous-)code	Visualisation de la valeur actuelle dans l'afficheur à 5 segments L
	Affichages de valeurs plus longues que 5 segments	
	H : Affichage des mots de poids fort	Affichage "H" sur l'afficheur
	L : Affichage des mots de poids faible	Affichage "L" sur l'afficheur

E Barre de fonction 2		
Fonction	Signification	Explication
	Sélection du jeu de paramètres 1 ... 4 à modifier	<ul style="list-style-type: none"> • Exemple : PS 2 (F) • Les jeux de paramètres ne peuvent être activés que via signaux numériques (configuration via C0410) !
	Sélection des abonnés au bus système (CAN)	L'abonné sélectionné peut être programmé à partir de l'entraînement actuel. = fonction activée
	Sélection du menu	u5E- Liste des codes dans le menu utilisateur (C0517)
	Après mise sous tension, le menu utilisateur est actif. Le cas échéant, passer à ALL .	ALL Liste de tous les codes
		FunCI Codes spécifiques aux modules de fonction INTERBUS, PROFIBUS-DP et LECOM-B

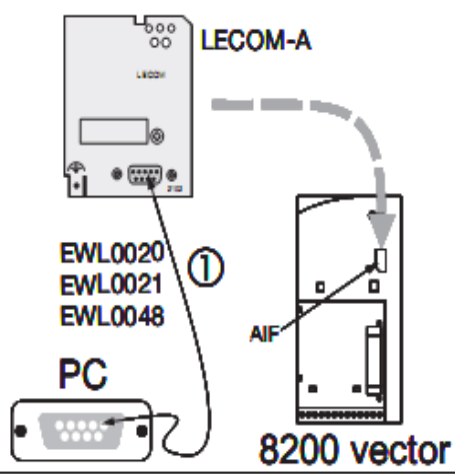
III.6.1.2. Programmation à l'aide du module de communication LECOM-A (RS232)

Le module de communication LECOM-A (RS232) permet de coupler le 8200 vector à un maître (exemple PC) via l'interface RS232.

Pour travailler avec le module de communication, utiliser les accessoires suivants :

- ✓ Logiciel de programmation « Global Drive Control (GDC) », version 3.2 ou supérieure.
- ✓ Câble système pour PC.

III.6.1.2.1. Raccordement au maître (PC ou API)

Affectations des broches sur la prise SubD 9 broches				Installation/mise en service
Broche	Désignation	Entrée (E) / Sortie (A)	Explication	
1	-	-	Non affecté	
2	RxD	E	Ligne de réception de données	
3	TxD	A	Ligne d'envoi de données	
4	DTR	A	Commande d'envoi	
5	GND (masse)	-	Potentiel de référence	
6	DSR	E	Non affecté	
7	-	-	Non affecté	
8	-	-	Non affecté	
9	GND (masse)	-	Potentiel de référence pour T/R (A), T/R (B) et +5 V	
			① = câble système pour PC	

III.6.1.2.2. Les accessoires

Accessoires pour maître	Désignation	Référence de commande	Explication
Logiciel	Global Drive Control (GDC)	ESP-GDC2	Programme PC pour la programmation d'entraînements (version 3.2 et supérieure) Configuration minimale : PC compatible IBM AT
	LECOM-PC	-	Calculateur de communication LECOM-A/B pour systèmes ordinateurs personnels en langage C/C++ (code source). Les modifications pour d'autres systèmes cible peuvent facilement être réalisées.
Matériel	Câble système PC 0,5 m	EWL0048	Câble système reliant l'ordinateur personnel (connecteur 9 broches femelle) et le module de communication
	Câbles système pour PC 5 m	EWL0020	
	Câbles système pour PC 10 m	EWL0021	

III.6.1.2.3. Les codes de programmation à l'aide de LECOM-A (RS232)

LECOM-A vous permet un accès à tous les codes :

- Codes convertisseur (tableau des codes)
 - ✓ Ces codes sont automatiquement mis en mémoire non volatile du 8200 vector
 - ✓ Exception : Données process, comme, par exemple, les mots de commande ou les consigne.
- Codes spécifiques au module (accès uniquement via module de communication)
- L'aide « online » de Global Drive Control contient toutes les indications pour une programmation avec LECOM-A.

III.6.2. Programmation à l'aide des modules de fonction bus [10]

Pour les instructions de programme, voir :

Combinaison convertisseur + module de fonction	Description
Bus système (CAN)	
PROFIBUS	Voir instructions de mise en service des modules de fonction bus
INTERBUS	
LECOM-B (RS485)	

III.7. Les fonctionnements du variateur de vitesse

Il comprend plusieurs fonctionnements :

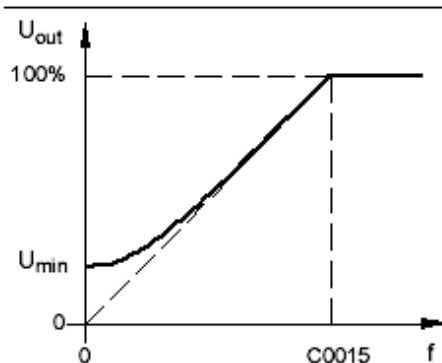
- Sélection du mode de fonctionnement
- Optimisation des caractéristiques de fonctionnement.
- Réglage des valeurs limite.
- Accélération et décélération.
- Freinage et l'arrêt.

III.7.1. Mode de fonctionnement

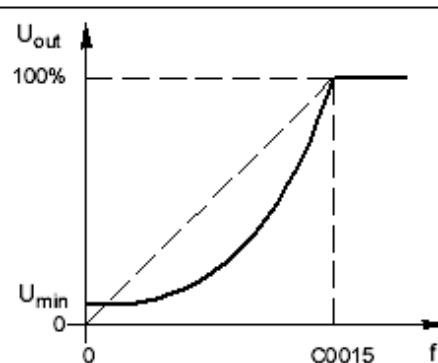
Le code C0014 permet de programmer le mode de fonctionnement et l'évolution de la courbe de tension. Par ailleurs, il est possible d'obtenir une adaptation aux différentes courbes de charge:

- ✓ Courbe linéaire pour des entraînements avec couple de charge avec l'évolution constante par rapport à la vitesse.
- ✓ Courbe quadratique pour des entraînements avec couple de charge avec évolution quadratique par rapport à la vitesse.

C0014 = -2-
Courbe linéaire



C0014 = -3-
Courbe quadratique (exemples : pompes, ventilateurs)



III.7.1.a. Fonctionnement en U/f (C0014= -2- ou C0014= -3-)

En sélectionne la commande classique U/f pour les entraînements suivants :

- Application de plusieurs moteurs connectés sur un seul variateur.
- Moteur triphasés à réluctance.
- Moteurs triphasés à induit coulissant.
- Fonctionnement sur des moteurs spéciaux avec courbe fréquence/tension fixe.

- Entraînement de positionnements et d'approches avec dynamique élevée.
- Entraînement de levage.

III.7.1.b. Contrôle vectoriel (C0014= -4-)

En comparaison avec fonctionnement en U/f, le contrôle vectoriel vous permet d'obtenir une augmentation considérable du couple et une réduction du courant absorbé en marche à vide. On opte pour le contrôle vectoriel pour les entraînements suivants :

- Entraînements individuels avec charges alternantes fréquentes.
- Entraînements individuels avec démarrage dans des conditions sévères.
- Applications de groupes de moteurs avec moteurs identiques et répartition de charges identiques.

III.7.1.c. Régulation de couple sans capteur

La consigne (C0421/6) est interprétée comme consigne de couple.

Exemple : enrouleurs.

III.7.2. Optimisation de fonctionnement

III.7.2.a. Compensation de glissement

Sous charge, la vitesse de la machine asynchrone diminue. Cette chute de vitesse en fonction de la charge est appelée « glissement ». Celui-ci peut être compensé en partie par le réglage de C0021. La compensation de glissement s'applique à tous les modes de fonctionnements (C0014).

III.7.2.b. Fréquence de découpage

Le code C0018 permet de programmer la fréquence de découpage

III.7.2.c. Amortissement des instabilités (C0079)

Suppression d'oscillation en marche à vide dans les cas suivants :

- Entraînement mal adapté, c'est-à-dire puissance nominale variateur-moteur.
- Fonctionnement de moteurs avec un nombre de pôles élevé.
- Utilisation de moteurs spéciaux.
- Certains moteurs asynchrones affichent ce comportement pour une fréquence de sortie d'environ 20Hz à 40Hz.

III.7.2.d. Fréquence masquée (C0625)

Avec certaines fréquences de sortie, des résonances mécaniques de l'entraînement (exemple : ventilateur) risquent de se produire. Les fréquences masquées permettent de supprimer ces fréquences de sortie non souhaitées.

III.7.3. Réglage des valeurs limites

III.7.3.a. Plage de vitesse

La plage de vitesse pour l'application peut être réglée en programmant les fréquences de sortie

- C0010 correspond à la vitesse pour l'entrée de consigne de vitesse 0%
- C0011 correspond à la vitesse pour l'entrée de consigne de vitesse 100%
- C0239 détermine la limite en laquelle la vitesse ne peut pas se situer et ce, indépendamment de la consigne.

III.7.3.b. Limitations de courant (limitation I_{\max})

Les convertisseurs de fréquence disposent d'une régulation de limitations de courant qui détermine les caractéristiques dynamiques sous charge. L'utilisation mesurée est alors comparée avec la limitation de courant réglée en C0022 pour la charge moteur et en C0023 pour la charge générateur. Si les limitations de courant sont dépassées, le convertisseur change de caractéristiques dynamiques.

III.7.4. Accélération, décélération

III.7.4.1. Temps d'accélération (C0012) et de décélération (C0013)

Les temps d'accélération et de décélération permettent de déterminer la vitesse à laquelle l'entraînement suit une modification de consigne.

Ces temps se rapportent à une modification de fréquence de sortie de 0Hz à une fréquence de rotation maxi réglée en C0011.

III.7.4.2. Arrêt rapide (AR)

La fonction « arrêt rapide » entraîne décélération de l'entraînement jusqu'à l'arrêt selon la rampe réglée en C0105. Le freinage courant continu est activé dès que f est inférieur

au seuil réglé en C0019. Dès que le temps d'arrêt (C0106) est écoulé, le convertisseur déclenche le blocage impulsion.

III.7.4.3. Inversion du sens de rotation (C0182)

Inversion du sens de rotation moteur par signaux de commande numériques. Le temps d'inversion dépend de rampes réglées pour la consigne principale (l'accélération et décélération).

III.7.4.4. Freinage

III.7.4.4.a. Freinage sans résistance de freinage

❖ Freinage à courant continu (C0035)

Le freinage à courant continu permet un freinage rapide de l'entraînement jusqu'à l'arrêt sans utiliser une résistance de freinage externe

Le couple de freinage est inférieur au freinage avec résistance de freinage externe.

Programmation de la tension de freinage ou le couple de freinage.

Le code C0196 permet d'obtenir des caractéristiques moteur améliorées lorsque le freinage CC automatique est activé

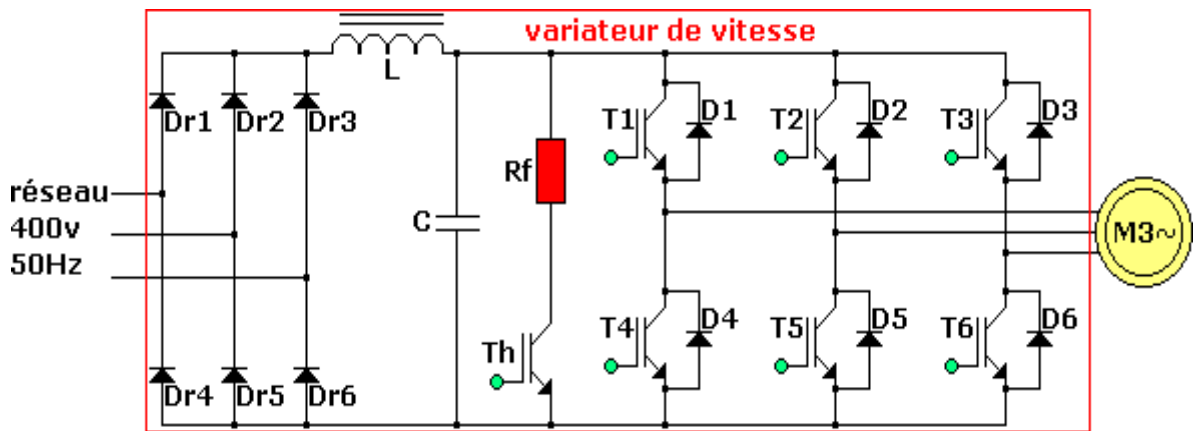
❖ Freinage moteur CA

Le freinage moteur CA constitue une alternative au freinage CC.

Le freinage moteur CA est un procédé de freinage sans résistance externe pour le mode de fonctionnement en U/f avec courbe linéaire.

Avec des tensions d'alimentation jusqu'à CA 400 V les temps de freinage réalisables sont inférieurs à ceux avec freinage courant continu

III.7.4.4.b. Freinage avec résistance de freinage

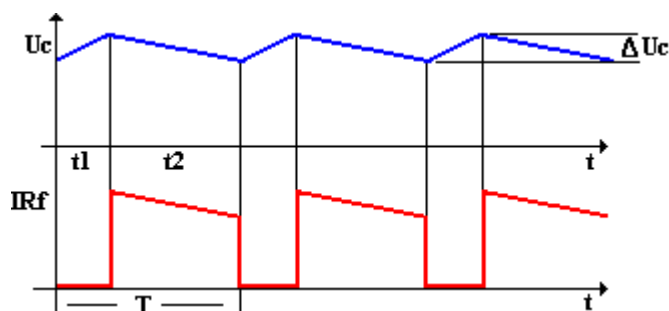


L'ensemble Dr1 à Dr6 constitue un redresseur triphasé à diodes, non réversible en courant. L'énergie ne peut donc transiter de la machine asynchrone vers le réseau.

L'ensemble T1-D1 à T6-D6 constitue l'onduleur triphasé à modulation de largeur d'impulsion (MLI) qui impose la fréquence du champ tournant et l'amplitude du courant dans la machine.

L'ensemble Th-Rf constitue le hacheur de freinage. Lors de la phase de freinage, la machine asynchrone fonctionne en génératrice. Son rotor doit tourner à une vitesse supérieure à celle du champ tournant créé par l'onduleur (hypersynchronisme). L'onduleur fonctionne en redresseur et l'énergie est récupérée par le condensateur de filtrage C. Ceci se traduit par une élévation de la tension aux bornes du condensateur. Lorsque la tension atteint un seuil défini, la résistance de freinage Rf est mise en service pour décharger le condensateur. La commande de Th est réalisée avec un rapport cyclique variable entre 0 et 1, la dissipation maximale se faisant pour la conduction continue de Th (freinage maximal). En outre le condensateur fournit la puissance réactive nécessaire à la magnétisation de la machine.

La courbe ci-dessous donne l'allure de la tension aux bornes du condensateur C et l'allure du courant dans la résistance Rf, lors d'une phase de freinage.



III.8. Exemples d'application

Dans cette partie on utilise ce banc d'essai pour faire fonctionner une machine asynchrone à vitesse variable, selon deux modes de fonctionnement :

- 1) Fonctionnement à couple constant
- 2) Fonctionnement en quadratique.

Relevés des essais :

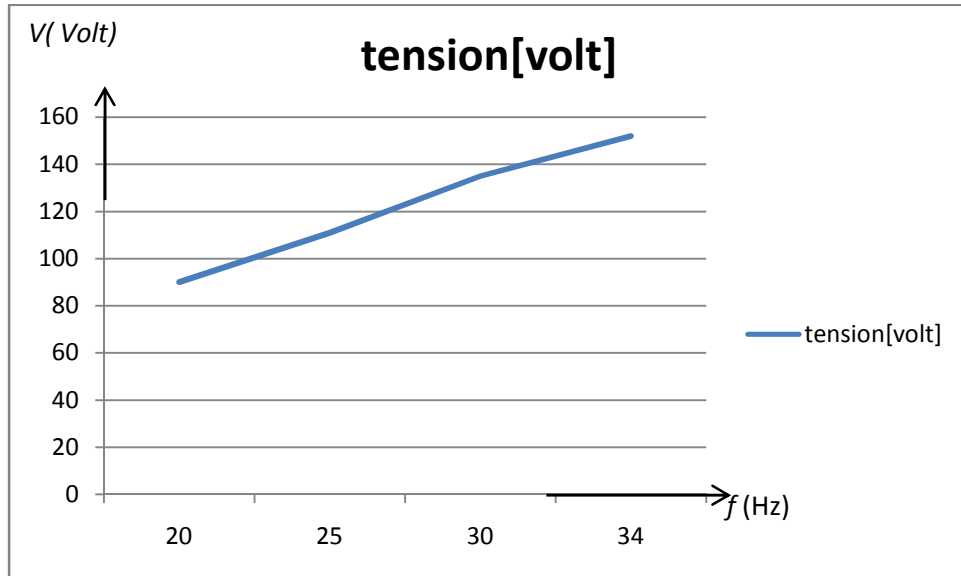
1) Fonctionnement à couple constant

Dans cet essai on alimente la machine asynchrone, par le convertisseur de fréquence, entraînant une génératrice à courant continu ; imposant à cette première un couple résistant constant ; en maintenant les deux courants de la génératrice, inducteur et induit, constants.

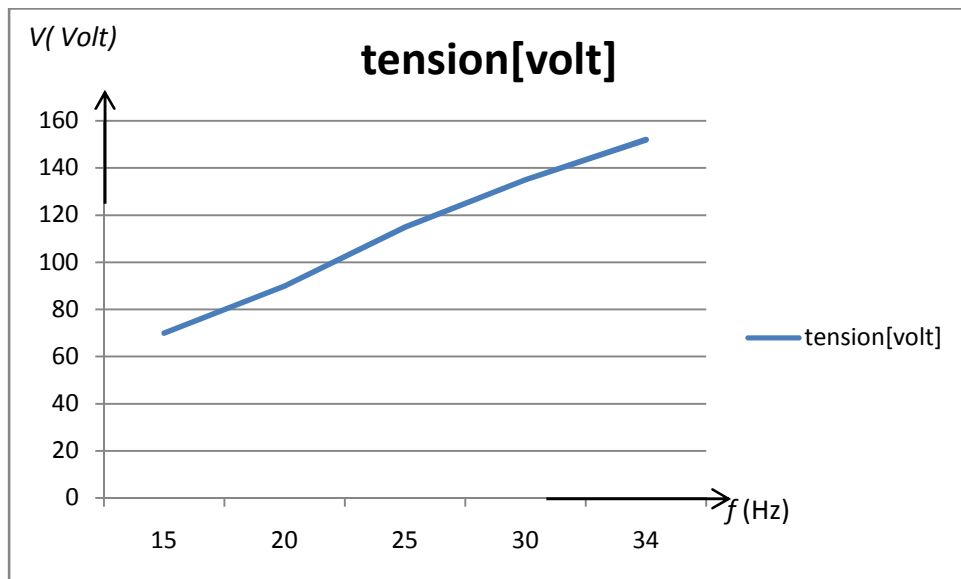
Les relevés des essais sont présentés dans le tableau ci-dessous :

fonctionnement à couple constant				
	fréquence [Hz]	courant [Ampère]	tension [Volt]	vitesse de rotation [tr/mn]
courant de charge fixe 1,4 ampère	20	2	90	520
	25	1,7	111	1140
	30	1,65	135	1510
	34	1,65	152	1770
courant de charge fixe 1 ampère	15	1,4	70	653
	20	1,3	90	1004
	25	1,3	115	1322
	30	1,3	135	1636
	34	1,3	152	1879
courant de charge fixe 1,3 ampère	20	1,75	90	852
	25	1,6	115	1229
	30	1,6	135	1550
	34	1,57	152	1814

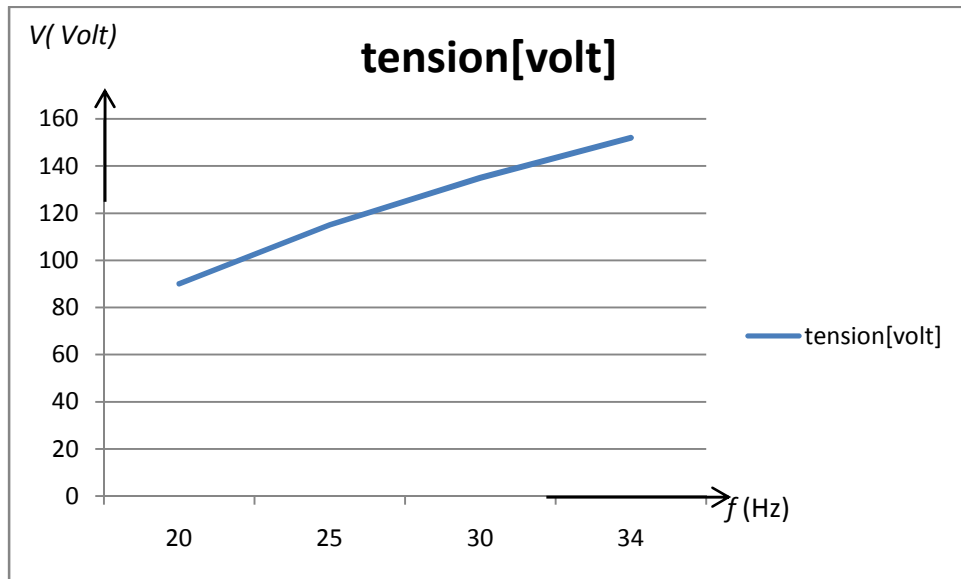
Les courbes sont représentées par les figures suivantes :



Courbe de la tension de phase de la MAS en fonction de la fréquence pour un courant de 1,4A débité par la génératrice.



Courbe de la tension de phase de la MAS en fonction de la fréquence pour un courant de 1A débité par la génératrice.



Courbe de la tension de phase de la MAS en fonction de la fréquence pour un courant de 1,3A débité par la génératrice.

Les résultats relevés dans la partie pratique concordent avec résultats théoriques.

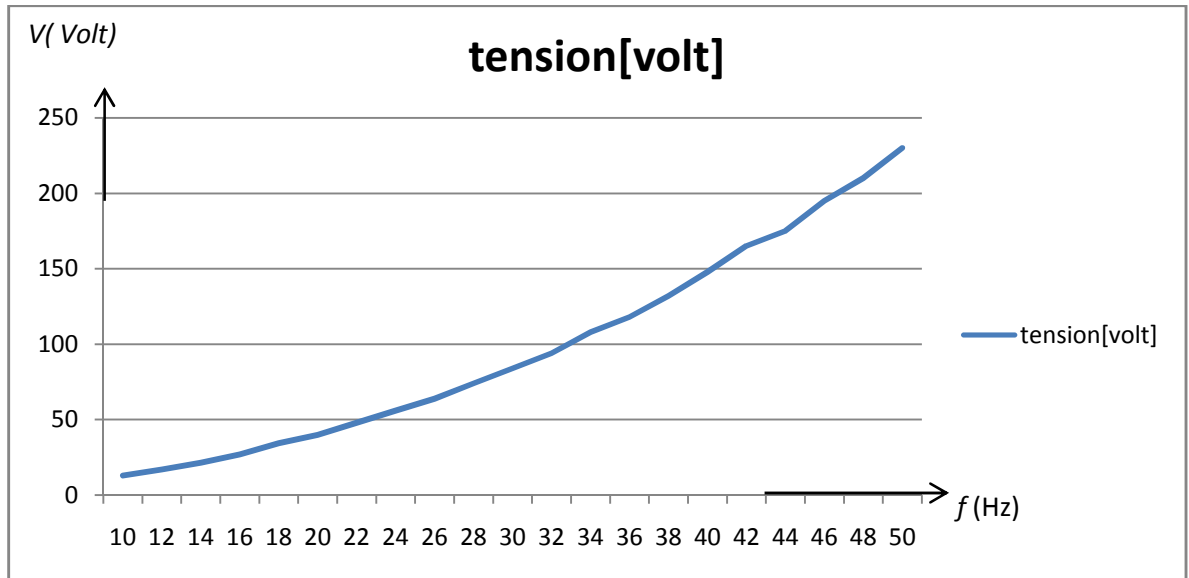
2) Fonctionnement en quadratique.

Dans cet essai on alimente la machine asynchrone, par le convertisseur de fréquence, entraînant une charge ayant des caractéristiques mécaniques quadratique.

Les relevés des essais sont présentés dans le tableau ci-dessous :

fréquence [Hz]	tension [volt]	courant statorique [Ampère]	U/f^2
10	13	0,29	0,13
12	17	0,28	0,11
14	21,5	0,29	0,11
16	27	0,31	0,105
18	34,5	0,35	0,106
20	40	0,37	0,1
22	48	0,39	0,0995
24	56	0,41	0,0972
26	64	0,44	0,0946
28	74	0,45	0,0943
30	84	0,48	0,0933
32	94	0,51	0,0918
34	108	0,54	0,0934
36	118	0,58	0,091
38	132	0,62	0,0914
40	148	0,66	0,0925
42	165	0,71	0,0935
44	175	0,75	0,0903
46	195	0,81	0,0921
48	210	0,87	0,0911
50	230	0,95	0,092

Les courbes sont représentées par les figures suivantes :



Les résultats relevés dans la partie pratique concordent avec résultats théoriques.

III.9. Conclusion

Ce chapitre contient trois parties :

La première est consacrée à la présentation du banc d'essai, la deuxième partie on définit les fonctionnements du dit banc d'essai et en dernier lieu, nous avons fait des essais pratiques avec des illustrations par des tableaux et courbes significatrices.

Conclusion générale

Durant notre travail, on a constaté qu'on a fait un pas vers l'application de l'électronique de puissance dans l'entraînement à vitesse variable.

Cette étude nous a permis d'approfondir nos connaissances dans la commande des machines asynchrone.

Le banc d'essai, nous a permis de mettre en évidence sa fonctionnalité et de mettre en pratique des lois de commande étudiée théoriquement.

Ainsi, en perspective, nous souhaitons que ce modeste travail soit utile aux promotions avenir.

Tableau des codes de programmation :

Colonne	Abréviations		Signification
Code	Cxxxx		Code Cxxxx
	1		Sous-code 1 de Cxxxx
	2		Sous-code 2 de Cxxxx
	Cxxxx*		Le paramètre est identique pour tous les jeux de paramètres.
	Cxxxx↓		Prise en compte du paramètre modifié du code en appuyant sur ENTER .
	[Cxxxx]		Prise en compte du paramètre modifié du code en appuyant sur ENTER à condition que le convertisseur soit bloqué.
(A)		Code, sous-code ou sélection possible uniquement en fonctionnement avec E/S application	
Désignation			Désignation du code
Lenze			Réglage Lenze (valeur disponible à la livraison ou après substitution par le réglage Lenze en C0002)
	→		La colonne "IMPORTANT" contient des informations supplémentaires.
Choix	1	{1 %} 99	Valeur mini {pas/unité} Valeur maxi

Code		Réglages possibles		IMPORTANT	
N°	Désignation	Lenze	Choix		
C0001↓	Sélection consigne d'entrée (mode de commande)	-0-	-0-	Consigne d'entrée via AIN1 (X3/8 ou X3/1U, X3/1I)	<ul style="list-style-type: none"> • Avec C0001 = 0 ... 3 : La commande peut s'effectuer simultanément via bornier ou PC/clavier de commande. • Une sélection en C0001 sera copiée dans le sous-code correspondant de C0412. Une configuration libre de C0412 n'entraîne pas de modification de C0001 ! • Si une configuration libre a été réalisée en C0412 (contrôle C0005 = 255), C0412 n'est pas influencé par C0001. • C0001 = 3 doit être programmé pour la consigne via canal de données process d'un module bus AIF ! Sinon, les données process ne seront pas traitées. • INTERBUS 2111, PROFIBUS-DP 2131, bus système (CAN) 2171/2172, LECOM A/B/U 2102 sont des modules bus AIF.
			-1-	Consigne d'entrée via clavier de commande ou module bus AIF	
			-2-	Consigne d'entrée via AIN1 (X3/8 ou X3/1U, X3/1I)	
			-3-	Consigne d'entrée via canal de transmission de données process d'un module bu AIF	

Code		Réglages possibles		IMPORTANT	
N°	Désignation	Lenze	Choix		
[00002]*	Transfert de jeux de paramètres	-0-	-0- Fonction exécutée		
			Jeux de paramètres du convertisseur		
			-1- Réglage Lenze ⇔ PAR1	Substituer le jeu de paramètres du convertisseur par le réglage usine (réglage Lenze).	
			-2- Réglage Lenze ⇔ PAR2		
			-3- Réglage Lenze ⇔ PAR3		
			-4- Réglage Lenze ⇔ PAR4		
			-10- Clavier de commande ⇔ PAR1 ... PAR4	Tous les jeux de paramètres du convertisseur sont remplacés par les données du clavier de commande.	
			-11- Clavier de commande ⇔ PAR1	Substituer le jeu de paramètres par les données du clavier de commande.	
			-12- Clavier de commande ⇔ PAR2		
			-13- Clavier de commande ⇔ PAR3		
			-14- Clavier de commande ⇔ PAR4		
			-20- PAR1 ... PAR4 ⇔ Clavier de commande	Copier tous les jeux de paramètres du convertisseur dans le module de commande.	
			Jeux de paramètres d'un module de fonction sur FIF		Ne s'applique pas pour E/S standard ou bus système (CAN)
			-31- Réglage Lenze ⇔ FPAR1	Substituer le jeu de paramètres du module de fonction par le réglage usine (réglage Lenze).	
			-32- Réglage Lenze ⇔ FPAR2		
			-33- Réglage Lenze ⇔ FPAR3		
			-34- Réglage Lenze ⇔ FPAR4		
			-40- Clavier de commande ⇔ FPAR1 ... FPAR4	Tous les jeux de paramètres du module de fonction sont remplacés par les données du clavier de commande.	
			-41- Clavier de commande ⇔ FPAR1	Substituer le jeu de paramètres du module de fonction par les données du clavier de commande.	
			-42- Clavier de commande ⇔ FPAR2		
			-43- Clavier de commande ⇔ FPAR3		
			-44- Clavier de commande ⇔ FPAR4		
			-50- FPAR1 ... FPAR4 ⇔ Clavier de commande	Copier tous les jeux de paramètres du module de fonction dans le clavier de commande.	
			Jeux de paramètres convertisseur + module de fonction sur FIF		Ne s'applique pas pour E/S standard ou bus système (CAN) En fonctionnement avec E/S application, toujours transférer conjointement les jeux de paramètres du convertisseur et ceux de l'E/S application.
			-61- Réglage Lenze ⇔ PAR1 + FPAR1	Substituer certains jeux de paramètres par le réglage usine (réglage Lenze).	
			-62- Réglage Lenze ⇔ PAR2 + FPAR2		
			-63- Réglage Lenze ⇔ PAR3 + FPAR3		
-64- Réglage Lenze ⇔ PAR4 + FPAR4					
-70- Clavier de commande ⇔ PAR1 ... PAR4 + FPAR1 ... FPAR4	Tous les jeux de paramètres sont remplacés par les données du clavier de commande.				
-71- Clavier de commande ⇔ PAR1 + FPAR1	Certains jeux de paramètres sont remplacés par les données du clavier de commande.				
-72- Clavier de commande ⇔ PAR2 + FPAR2					
-73- Clavier de commande ⇔ PAR3 + FPAR3					
-74- Clavier de commande ⇔ PAR4 + FPAR4					
-80- PAR1 ... PAR4 + FPAR1 ... FPAR4 ⇔ Clavier de commande	Copier tous les jeux de paramètres dans le clavier de commande.				
00003* ↓	Sauvegarder les paramètres en mémoire non volatile	-1-	-0- Ne pas sauvegarder le paramètre dans l'EEPROM	Pertes de données à la coupure réseau	
			-1- Toujours sauvegarder le paramètre dans l'EEPROM	<ul style="list-style-type: none"> • Actif à chaque mise sous tension • Modification cyclique de paramètres via module bus de terrain non admise 	
00004* ↓	Affichage code de barres	56	Tous codes possibles 56 = Utilisation charge convertisseur (00056)	<ul style="list-style-type: none"> • L'affichage code de barres indique la valeur sélectionnée en % à la mise sous tension • Plage -180 % ... +180 % • Affichage de C0517/1 	

Code		Réglages possibles				IMPORTANT			
N°	Designation	Lenze	Choix						
C0005 ↓	Configuration fixe des signaux d'entrées analogiques	-0-					Une sélection en C0005 sera copiée dans le sous-code correspondant de C0412. Configuration programmée de C0412 déclenche C0005 = 255 !		
		-0-					Consigne pour régulation de vitesse via X3/8 ou X3/1U, X3/11		
		-1-					Consigne pour régulation de vitesse via X3/8 avec addition de la consigne via entrée fréquence X3/E1		
		-2-					Consigne pour la régulation de vitesse via entrée de fréquence X3/E1 avec addition de la consigne par X3/8		
		-3-					Consigne pour la régulation de vitesse via entrée de fréquence X3/E1 limitation de couple via X3/8 (régulation de puissance)		
		-4-					Consigne pour régulation de couple dans capteur via X3/8, limitation de vitesse via C0011	Seulement actif si C0014 = -5- (entrée du couple)	
		-5-					Consigne pour régulation de couple dans capteur via X3/8, limitation de vitesse via entrée fréquence X3/E1		
		-6-					Fonctionnement en boucle fermée ; consigne via X3/8 avec bouclage via X3/E1		
		-7-					Fonctionnement en boucle fermée ; consigne via entrée fréquence X3/E1 avec bouclage analogique via X3/8		
		-200-					Tous les signaux d'entrée numériques ou analogiques proviennent du module de fonction INTERBUS ou PROFIBUS.	C0410/x = 0 et C0412/x = 0	
-255-					Configuration programmable en C0412	Seulement en affichage Ne pas modifier C0005 sous risque de perdre les réglages en C0412.			
C0007 ↓	Configuration fixe des entrées numériques	-0-	E4	E3	E2	E1			
		-0-	H/AH	FreinCC	JOG2/3	JOG1/3			<ul style="list-style-type: none"> • Une sélection en C0007 sera copiée dans le sous-code correspondant de C0410. Configuration programmée en C0410 déclenche C0007 = -255- ! • H = Sens horaire • AH = Sens antihoraire • FreinCC = Freinage courant continu • PAR = Commutation (PAR1 ↔ PAR2) PAR1 = BAS ; PAR2 = HAUT - La borne correspondante doit être affectée de la fonction "PAR" en PAR1 ou PAR2. - Les configurations avec "PAR" ne sont autorisées qu'avec C0988 = -0- • JOG1/3, JOG2/3 = Sélection fréquences fixes JOG1 : JOG1/3 = HAUT, JOG2/3 = BAS JOG2 : JOG1/3 = BAS, JOG2/3 = HAUT JOG3 : JOG1/3 = HAUT, JOG2/3 = HAUT • AR = Arrêt rapide • TRIP-Set = Défaut externe • +vite/-vite = Fonctions potentiomètre motorisé • M/autom = Commutation mode manuel/automatique (à distance) • PCTRL1-OFF = Suppression de la composante intégrale régulateur PID • DFIN1-ON = Entrée fréquence numérique 0 ... 10 kHz • PCTRL1-OFF = Désactivation du régulateur PID
		-1-	H/AH	PAR	JOG2/3	JOG1/3			
		-2-	H/AH	AR	JOG2/3	JOG1/3			
		-3-	H/AH	PAR	FreinCC	JOG1/3			
		-4-	H/AH	AR	PAR	JOG1/3			
		-5-	H/AH	FreinCC	TRIP-Set	JOG1/3			
		-6-	H/AH	PAR	TRIP-Set	JOG1/3			
		-7-	H/AH	PAR	FreinCC	TRIP-Set			
		-8-	H/AH	AR	PAR	TRIP-Set			
		-9-	H/AH	AR	TRIP Set	JOG1/3			
		-10-	H/AH	TRIP Set	+vite	-vite			
		-11-	H/AH	FreinCC	+vite	-vite			
		-12-	H/AH	PAR	+vite	-vite			
		-13-	H/AH	AR	+vite	-vite			
		-14-	AH/AR	H/AR	FreinCC	JOG1/3			
		-15-	AH/AR	H/AR	PAR	JOG1/3			
		-16-	AH/AR	H/AR	JOG2/3	JOG1/3			
		-17-	AH/AR	H/AR	PAR	FreinCC			
		-18-	AH/AR	H/AR	PAR	TRIP-Set			
		-19-	AH/AR	H/AR	FreinCC	TRIP-Set			
		-20-	AH/AR	H/AR	TRIP-Set	JOG1/3			
		-21-	AH/AR	H/AR	+vite	-vite			
		-22-	AH/AR	H/AR	+vite	JOG1/3			
-23-	M/autom	H/AH	+vite	-vite					

Code		Reglages possibles						IMPORTANT			
N°	Désignation	Lenze	Choix								
C0007 (suite)	Configuration fixe des entrées numériques	-0-	-24-	M/autom	PAR	+vite	-vite	<ul style="list-style-type: none"> • Une sélection en C0007 sera copiée dans le sous-code correspondant de C0410. Configuration programmée en C0410 déclenche C0007 = -255- 1 • H = Sens horaire • AH = Sens antihoraire • FreinCC = Freinage courant continu • PAR = Commutation (PAR1 ⇔ PAR2) PAR1 = BAS ; PAR2 = HAUT <ul style="list-style-type: none"> - La borne correspondante doit être affectée de la fonction "PAR" en PAR1 ou PAR2. - Les configurations avec "PAR" ne sont autorisées qu'avec C0988 = -0- • JOG1/3, JOG2/3 = Sélection fréquences fixes JOG1 : JOG1/3 = HAUT, JOG2/3 = BAS JOG2 : JOG1/3 = BAS, JOG2/3 = HAUT JOG3 : JOG1/3 = HAUT, JOG2/3 = HAUT • AR = Arrêt rapide • TRIP-Set = Défaut externe • +vite/-vite = Fonctions potentiomètre motorisé • M/autom = Commutation mode manuel/automatique (à distance) • PCTRL1-I-OFF = Suppression de la composante intégrale régulateur PID • DFINI-ON = Entrée fréquence numérique 0 ... 10 kHz • PCTRL1-OFF = Désactivation du régulateur PID 			
			-25-	M/autom	FreinCC	+vite	-vite				
			-26-	M/autom	JOG1/3	+vite	-vite				
			-27-	M/autom	TRIP-Set	+vite	-vite				
			-28-	JOG2/3	JOG1/3	PCTRL1-I-OFF	DFINI-ON				
			-29-	JOG2/3	FreinCC	PCTRL1-I-OFF	DFINI-ON				
			-30-	JOG2/3	AR	PCTRL1-I-OFF	DFINI-ON				
			-31-	FreinCC	AR	PCTRL1-I-OFF	DFINI-ON				
			-32-	TRIP-Set	AR	PCTRL1-I-OFF	DFINI-ON				
			-33-	AR	PAR	PCTRL1-I-OFF	DFINI-ON				
			-34-	H/AR	AH/AR	PCTRL1-I-OFF	DFINI-ON				
			-35-	JOG2/3	JOG1/3	PAR	DFINI-ON				
			-36-	FreinCC	AR	PAR	DFINI-ON				
			-37-	JOG1/3	AR	PAR	DFINI-ON				
			-38-	JOG1/3	PAR	TRIP-Set	DFINI-ON				
			-39-	JOG2/3	JOG1/3	TRIP-Set	DFINI-ON				
			-40-	JOG1/3	AR	TRIP-Set	DFINI-ON				
			-41-	JOG1/3	FreinCC	TRIP-Set	DFINI-ON				
			-42-	AR	FreinCC	TRIP-Set	DFINI-ON				
			-43-	H/AH	AR	TRIP-Set	DFINI-ON				
			-44-	+vite	-vite	PAR	DFINI-ON				
			-45-	H/AH	AR	PAR	DFINI-ON				
			-46-	M/autom	PAR	AR	JOG1/3				
			-47-	H/AR	AH/AR	M/autom	JOG1/3				
			-48-	PCTRL1-OFF	FreinCC	PCTRL1-I-OFF	DFINI-ON				
			-49-	PCTRL1-OFF	JOG1/3	AR	DFINI-ON				
			-50-	PCTRL1-OFF	JOG1/3	PCTRL1-I-OFF	DFINI-ON				
			-51-	FreinCC	PAR	PCTRL1-I-OFF	DFINI-ON				
			-255-	Configuration programmable en C0410						Seulement en affichage Ne pas modifier C0007 sous risque de perdre les réglages en C0410.	

Code		Réglages possibles			IMPORTANT	
N°	Désignation	Lenze	Choix			
C0008 _u	Configuration fixe sortie relais K1 (Relay)	-1-			Modification C0008 sera copiée dans C0415/1. Configuration programmée en C0415/1 déclenche C0008 = -255- !	
			-0-	Prêt à fonctionner (DCTRL1-RDY)		
			-1-	Message défaut TRIP (DCTRL1-TRIP)		
			-2-	Moteur tourne (DCTRL1-RUN)		
			-3-	Le moteur tourne/sens horaire (DCTRL1-RUN-CW)		
			-4-	Le moteur tourne/sens antihoraire (DCTRL1-RUN-CCW)		
			-5-	Fréquence de sortie = 0 (DCTRL1-NCUT=0)		
			-6-	Consigne fréquence atteinte (MCTRL-RFG1=NCUT)		
			-7-	Seuil Q_{min} atteint (PCTRL1-QMIN)		
			-8-	I_{max} atteint (MCTRL1-IMAX) C0014 = -5- : Consigne de couple atteint		
			-9-	Surtempérature (θ_{max} - 5 °C) (DCTRL1-OH-WARN)		
			-10-	TRIP ou Q_{min} ou blocage de s impulsions (IMP) (DCTRL1-IMP)		
			-11-	Avertissement PTC (DCTRL1-PTC-WARN)		
			-12-	Courant apparent moteur < seuil de courant (DCTRL1-IMOT<ILIM)		Surveillance des courbes trapézoïdales Courant apparent moteur = C0054 Seuil de courant = C0156
			-13-	Courant apparent moteur < seuil de courant et seuil Q_{min} atteint (DCTRL1-(IMOT<ILIM)-QMIN)		
			-14-	Courant apparent moteur < seuil de courant et générateur de rampe 1 : Entrée = sortie (DCTRL1-(IMOT<ILIM)-RFG1=0)		
			-15-	Avertissement défaillance de phases moteur (DCTRL1-LP1-WARN)		
-16-	Fréquence mini de sortie atteinte (PCTRL1-NMIN)					
-255-	Configuration programmée en C0415/1.	Seulement en affichage Ne pas modifier C0008 sous risque de perdre les réglages en C0415/1.				
C0009 _u	Adresse d'appareil	1	1	{1}	99	Uniquement pour modules de communication sur AIF : LECOM-A (RS232), LECOM-A/B/LI 2102, PROFIBUS-DP 2131, bus système (CAN) 2171/2172
C0010	Fréquence de sortie mini	0.00	0.00 → 14.5 Hz	{0.02 Hz}	480.00	<ul style="list-style-type: none"> C0010 non actif avec C0034 = -2-, -9-, -10-, -11-, -12-, -13- C0010 n'agit pas sur AIN2.
C0011	Fréquence de sortie maxi	50.00	7.50 → 87 Hz	{0.02 Hz}	480.00	→ Plage de réglage de vitesse 1 : 6 pour motoreducteurs Lenze Réglage impératif pour fonctionnement avec motoreducteurs Lenze.
C0012	Temps d'accélération pour consigne principale	5.00	0.00	{0.02 s}	1300.00	Référence : Modification de la fréquence 0 Hz ... C0011 <ul style="list-style-type: none"> Consigne supplémentaire ⇔ C0220 Rampes d'accélération pouvant être activées via signaux numériques⇔ C0101
C0013	Temps de décélération pour consigne principale	5.00	0.00	{0.02 s}	1300.00	Référence : Modification de fréquence C0011 ... 0 Hz <ul style="list-style-type: none"> Consigne supplémentaire ⇔ C0221 Rampes de décélération pouvant être activées via signaux numériques ⇔ C0103


Code		Réglages possibles			IMPORTANT	
N°	Désignation	Lenze	Choix			
C0014 _J	Mode de fonctionnement	-2-	-2-	Fonctionnement en Uf U ~ f	Courbe linéaire avec accroissement constant U _{min}	
			-3-	Fonctionnement en Uf U ~ f ²	Courbe quadratique avec accroissement constant U _{min}	
			-4-	Contrôle vectoriel	Lorsque C0088 est sélectionné pour la première fois, identifier les paramètres moteur par C0148. Autrement, la mise en service n'est pas possible.	
			-5-	Régulation de couple sans capteur avec limitation de vitesse <ul style="list-style-type: none"> • Consigne de couple via C0412/6 • Limitation de vitesse via consigne 1 (NSET1-N1), si C0412/1 utilisé, autrement via fréquence maxi (C0011) 		
C0015	Fréquence nominale Uf	50.00	7.50 (0.02 Hz)	960.00	Le réglage s'applique pour toutes les tensions d'alimentation admises.	
C0016	Accroissement U _{min}	→	0.00 (0.2 %)	40.0	→ En fonction de l'appareil Le réglage s'applique pour toutes les tensions d'alimentation admises.	
C0017	Seuil Q _{min}	0.00	0.00 (0.02 Hz)	480.00	Référence : Consigne	
C0018 _J	Fréquence de découpage	-2-	-0-	2 kHz		
			-1-	4 kHz		
			-2-	8 kHz		
			-3-	16 kHz		
C0019	Seuil de réponse freinage CC automatique	0,10	0.00 (0.02 Hz)	480.00	Freinage CC = Frein 0.00 s = Freinage CC automatique actif	
C0021	Compensation de glissement	0.0	-50.0 (0.1 %)	50.0		
C0022	Limitation I _{max} pour fonctionnement en moteur	150	30 (1 %)	150		
C0023	Limitation I _{max} pour fonctionnement en générateur	150	30 (1 %)	150	C0023 = 30 % : Fonction désactivée si C0014 = -2-, -3- :	
C0026*	Offset entrée analogique 1 (AIN1-OFFSET)	0.0	-200.0 (0.1 %)	200.0	<ul style="list-style-type: none"> • Réglage pour X3/8 ou X3/1U, X3/1I • La limite supérieure de la plage de consigne de C0034 correspond à 100 %. • C0026 et C0413/1 sont identiques. 	
C0027*	Gain entrée analogique 1 (AIN1-GAIN)	100.0	-1500.0 (0.1 %)	1500.0	<ul style="list-style-type: none"> • Réglage pour X3/8 ou X3/1U, X3/1I • 100.0 % = gain 1 • Consigne d'entrée inversée via gain négatif et offset négatif • C0027 et C0414/1 sont identiques. 	
C0034* _J	Plage consigne analogique E/S standard (X3/8)	-0-	-0-	0 ... 5 V / 0 ... 10 V / 0 ... 20 mA	<ul style="list-style-type: none"> • Tenir compte de la position des contacteurs du module de fonction ! • C0034 = -2- : - C0010 n'est pas actif. 	
			-1-	4 ... 20 mA		
			-2-	-10 V ... +10 V		
			-3-	4 ... 20 mA (avec surveillance rupture de fil) (TRIP Sd5 avec I < 4 mA)		
			-4- ... -13-	Réserve		
C0034* _J (A)	Plage consigne analogique E/S application				Tenir compte de la position des ponts du module de fonction !	
			1 X3/1U, X3/1I	-0-	-0-	Tension unipolaire 0 ... 5 V / 0 ... 10 V
	2 X3/2U, X3/2I		-1-	-1-	Tension bipolaire -10 V ... +10 V	La fréquence de sortie mini (C0010) n'est pas active.
			-2-	-2-	Courant 0 ... 20 mA	
			-3-	-3-	Courant 4 ... 20 mA	
			-4-	-4-	Courant 4 ... 20 mA avec protection contre rupture de fil	TRIP Sd5 avec I < 4 mA

Code		Réglages possibles			IMPORTANT
N°	Designation	Lenze	Choix		
C0035*	Selection freinage OC	-0-	-0- Préréglage tension de freinage par C0036 -1- Préréglage courant de freinage par C0036		
C0036	Tension/courant freinage CC	→	0 (0.02 %) 150 %		→ En fonction de l'appareil • Référence $M_{N} I_N$ • Le réglage s'applique pour toutes les tensions d'alimentation admises.
C0037	JOG1	20.00	-480.00 (0.02 Hz) 480.00		JOG = Fréquence fixe
C0038	JOG2	30.00	-480.00 (0.02 Hz) 480.00		
C0039	JOG3	40.00	-480.00 (0.02 Hz) 480.00		
C0040*	Blocage convertisseur		-0- Convertisseur bloqué (CINH) -1- Convertisseur débloqué (CINH)		Débloquer convertisseur uniquement si X3/28 = HAUT
C0043*	Rearmement défaut (TRIP-Reset)		-0- Pas de défaut actuellement. -1- Défaut actif		Rearmement du défaut actif avec C0043 = 0
C0044*	Consigne 2 (NSET1-N2)		-480.00 (0.02 Hz) 480.00		• Préréglage si C0412/2 = FIXED-FREE • Affichage si C0412/2 ≠ FIXED-FREE
C0046*	Consigne 1 (NSET1-N1)		-480.00 (0.02 Hz) 480.00		• Préréglage si C0412/1 = FIXED-FREE • Affichage si C0412/1 ≠ FIXED-FREE
C0047*	Consigne de couple ou couple limite (MCTRL1-MSET)		0 (%) 400 Référence : Couple nominal moteur déterminé par identification des paramètres moteur		En mode de fonctionnement "régulation de couple sans capteur" (C0014 = 5) : • Préréglage consigne de couple si C0412/6 = FIXED-FREE • Affichage consigne de couple si C0412/6 ≠ FIXED-FREE En mode de fonctionnement "fonctionnement en Lf" ou "contrôle vectoriel" (C0014 = 2, 3, 4) : • Affichage consigne de couple si C0412/6 ≠ FIXED-FREE • Fonction désactivée (C0047 = 400) si C0412/6 = FIXED-FREE
C0049*	Consigne supplémentaire (FCTRL1-NADD)		-480.00 (Hz) 480.00		• Préréglage si C0412/3 = 0 • Affichage si C0412/3 ≠ 0
C0050*	Fréquence de sortie (MCTRL1-NOUT)		-480.00 (Hz) 480.00		Affichage uniquement : Fréquence de sortie sans compensation de glissement
C0051*	Sortie de fréquence avec compensation de glissement (MCTRL1-NOUT + SLIP) ou Valeur réelle régulateur process (FCTRL1-ACT)		-480.00 (Hz) 480.00		En fonctionnement sans régulateur process (C0238 = 2) : • Seulement en affichage : fréquence de sortie avec compensation de glissement (MCTRL1-NOUT+ SLIP) En fonctionnement avec régulateur process (C0238 = 0, 1) : • Préréglage si C0412/5 = FIXED-FREE • Affichage si C0412/5 ≠ FIXED-FREE
C0052*	Tension moteur (MCTRL1-VOLT)		0 (V) 1000		Seulement en affichage
C0053*	Tension circuit intermédiaire (MCTRL1-DCVOLT)		0 (V) 1000		Seulement en affichage
C0054*	Courant apparent moteur (MCTRL1-IMCT)		0 (A) 400		Seulement en affichage
C0056*	Utilisation charge convertisseur (MCTRL1-MOUT)		-255 (%) 255		Seulement en affichage
C0061*	Température radiateur		0 (°C) 255		Seulement en affichage Le convertisseur passe en défaut TRIP "OH" dès que la température est > +85 °C

Code		Réglages possibles			IMPORTANT
N°	Désignation	Lenze	Choix		
C0106	Temps d'arrêt freinage CC automatique	0.50	0.00 (0.01 s)	999.00	Temps d'arrêt si le freinage CC est déclenché par une valeur inférieure à la limite de C0019. 0.00 s = Freinage CC automatique actif 999.00 s = ∞
C0107	Temps de freinage CC	999.00	1.00 (0.01 s)	999.00	Temps d'arrêt si le freinage CC est déclenché de façon externe, via bornier ou mot de commande 999.00 s = ∞
C0108*	Gain sortie analogique X3/62 (AOUT1-GAIN)	128	0 {1}	255	E/S standard : C0108 et C0420 sont identiques E/S application : C0108 et C0420/1 sont identiques
C0109*	Offset sortie analogique X3/62 (AOUT1-OFFSET)	0.00	-10.00 (0.01 V)	10.00	E/S standard : C0109 et C0422 sont identiques E/S application : C0109 et C0422/1 sont identiques

Code		Réglages possibles		IMPORTANT
N°	Désignation	Lenze	Choix	
C0111 _J	Configuration sortie analogique X3/62 (ACUT1-IN)		Sortie des signaux analogiques par bornier	Modification C0111 sera copiée dans C0419/1. Configuration programmée en C0419/1 déclenche C0111 = -255- !
		-0-	-0- Fréquence de sortie (MCTRL1-NOUT+ SLIP)	6 W/12 mA = C0011
			-1- Utilisation charge convertisseur (MCTRL1-MOUT)	3 W/6 mA = Couple nominal moteur avec contrôle vectoriel (C0014 = 4), sinon courant actif nominal du convertisseur (courant actif/C0091)
			-2- Courant apparent moteur (MCTRL1-IMOT)	3 W/6 mA = Courant nominal convertisseur
			-3- Tension circuit intermédiaire (MCTRL1-DCVOLT)	6 W/12 mA = CC 1000 V (réseau 400 V) 6 W/12 mA = CC 380 V (réseau 240 V)
			-4- Puissance moteur	3 W/6 mA = Puissance nominale moteur
			-5- Tension moteur (MCTRL1-VOLT)	4,8 W/9,6 mA = Tension nominale moteur
			-6- 1/fréquence de sortie (1/C0050) (MCTRL1-1/NOUT)	2 W/4 mA = C0050 = 0,4 × C0011
			-7- Fréquence de sortie dans une plage de limitations réglées (NSET1-C0010...C0011)	0 W/0 mA/4 mA = f = f _{min} (C0010) 6 W/12 mA = f = f _{max} (C0011)
			-8- En fonctionnement avec régulateur process (C0238 = 0, 1) : Valeur réelle régulateur process (PCTRL1-ACT) En fonctionnement sans régulateur process (C0238 = 2) : Fréquence de sortie sans glissement (MCTRL1-NOUT)	6 W/12 mA = C0011
			-9- Prêt à fonctionner (DCTRL1-RDY)	-9- ... -25- correspondent aux fonctions sortie relais K1 (C0008) ou sortie numérique A1 (C0117) : BAS = 0 W/0 mA/4 mA HAUT = 10 W/20 mA
			-10- Message défaut TRIP (DCTRL1-TRIP)	
			-11- Moteur tourne (DCTRL1-RUN)	
			-12- Le moteur tourne/sens horaire (DCTRL1-RUN-CW)	
			-13- Le moteur tourne/sens antihoraire (DCTRL1-RUN-CCW)	
			-14- Fréquence de sortie = 0 (DCTRL1-NOUT=0)	
			-15- Consigne fréquence atteinte (MCTRL1-RFG1=NOUT)	
			-16- Seuil Q _{min} atteint (PCTRL1-QMIN)	
			-17- I _{max} atteint (MCTRL1-IMAX) C0014 = -5- : Consigne de couple atteint	
			-18- Surtempérature (t _{max} - 5 °C) (DCTRL1-CH-WARN)	
			-19- TRIP ou Q _{min} ou blocage des impulsions (IMP) active (DCTRL1-TRIP-QMIN-IMP)	Surveillance des courroies trapézoïdales Courant apparent moteur = C0054 Seuil de courant = C0156
			-20- Avertissement PTC (DCTRL1-PTC-WARN)	
			-21- Courant apparent moteur < seuil de courant (DCTRL1-IMOT<ILIM)	
			-22- Courant apparent moteur < seuil de courant et seuil Q _{min} atteint (DCTRL1-(IMOT<ILIM)-QMIN)	
			-23- Courant apparent moteur < seuil de courant et générateur de rampe 1 : Entrée = sortie (DCTRL1-(IMOT<ILIM)-RFG-I=0)	
	-24- Avertissement défaillance de phases moteur (DCTRL1-LP1-WARN)			
	-25- Fréquence mini de sortie atteinte (PCTRL1-NMIN)			
	-255- Configuration programmée en C0419/1	Seulement en affichage Ne pas modifier C0111 sous risque de perdre les réglages en 0419/1.		

Code		Réglages possibles							IMPORTANT		
N°	Designation	Lenze	Choix								
C0114 _↓	Inversion niveau entrées numériques E1 ... E6	-0-	E6	E5	E4	E3	E2	E1	<ul style="list-style-type: none"> • La valeur binaire du chiffre sélectionné déterminera le modèle de niveaux des entrées. <ul style="list-style-type: none"> - 0 : Ex non inversé (activé au niveau HAUT) - 1 : Ex inversé (activé au niveau BAS) • C0114 et C0411 sont identiques. • E5, E6 : E/S application uniquement 		
			2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰			
			-0-	0	0	0	0	0		0	
			-1-	0	0	0	0	0		1	
			-2-	0	0	0	0	1		0	
-3-	0	0	0	0	1	1					
...	...										
-63-	1	1	1	1	1	1	1				
C0117 _↓	Configuration fixe de la sortie numérique A1 (DIGOUT1)	-0-								Modification C0117 sera copiée dans C0415/2. La configuration libre en C0415/2 déclenche C0117 = -255- !	
			-0- ...	Voir C0008							
			-16-	Configuration programmée en C0415/2							Seulement en affichage Ne pas modifier C0117 sous risque de perdre les réglages en C0415/2.
C0119 _↓	Configuration de l'entrée PTC/de la détection de mise à la terre	-0-	-0-	Entrée PTC désactivée		Détection de mise à la terre activée			Désactiver la fonction détection de mise à la terre si la une détection de mise à la terre inopinée a été provoquée.		
			-1-	Entrée PTC activée, TRIP activé							
			-2-	Entrée PTC activée, avertissement activé							
			-3-	Entrée PTC désactivée		Détection de mise à la terre désactivée					
			-4-	Entrée PTC activée, TRIP activé							
-5-	Entrée PTC activée, avertissement activé										
C0120	Coupure I ² t	0	0	[1 %]				200	C0120 = 0 : Coupure I ² t désactivée		
C0125* _↓	Vitesse de transmission LECOM	-0-	-0-	9600 bauds							Seulement pour LECOM-A (RS232)
			-1-	4800 bauds							
			-2-	2400 bauds							
			-3-	1200 bauds							
			-4-	19200 bauds							
C0126* _↓	Comportement en cas d'erreur de communication	-2-	-0-	Sans défaut TRIP en cas d'interruption de communication dans le canal process AIF Sans défaut TRIP en cas d'interruption de communication entre le convertisseur et le module de fonction sur FIF							Seulement en fonctionnement bus Modules de fonction sur FIF : E/S application, INTERBUS, PROFIBUS-DP, bus système (CAN), LECOM-B (RS485)
			-1-	Défaut TRIP (CEO) en cas d'interruption de communication dans le canal process AIF Sans défaut TRIP en cas d'interruption de communication entre le convertisseur et le module de fonction sur FIF							
			-2-	Sans défaut TRIP en cas d'interruption de communication dans le canal process AIF Défaut TRIP (CE5) en cas d'interruption de communication entre le convertisseur et le module de fonction sur FIF							
			-3-	Défaut TRIP (CEO) en cas d'interruption de communication dans le canal process AIF Défaut TRIP (CE5) en cas d'interruption de communication entre le convertisseur et le module de fonction sur FIF							
C0127 _↓	Selection consigne d'entrée	-0-	-0-	Consigne d'entrée absolue en Hz via C0046 ou canal process							
			-1-	Consigne d'entrée relative via C0141 (0... 100 %) ou canal process (±16384 = C0011)							

Code		Réglages possibles		IMPORTANT
N°	Désignation	Lenze	Choix	
C0135*	Mot de commande variateur (canal paramètres)		Bit Affection	<ul style="list-style-type: none"> • Commande du variateur via canal paramètres. Les principales instructions de commande sont regroupées en instructions sous forme de bit. • C0135 ne peut pas être modifié à l'aide du clavier de commande.
			1 0 JOG1, JOG2, JOG3 ou C0046 (NSET1-JOG1/3, NSET1-JOG2/3) 00 C0046 active 01 JOG1 (C0037) actif 10 JOG2 (C0038) actif 11 JOG3 (C0039) actif	
			2 Sens de rotation actuel (DCTRL1-CWCCW) 0 Sens de rotation non inversé 1 Sens de rotation inversé	
			3 Arrêt rapide (DCTRL1-QSP) 0 Non actif 1 Actif	
			4 Arrêt générateur de rampe (NSET1-RFG1-STOP) 0 Non actif 1 Actif	
			5 Entrée GdR = 0 (NSET1-RFG1-0) 0 Non actif 1 Actif (décélération selon C0013)	RFG1 = Consigne principale générateur de rampe
			6 Fonction + vite pour potentiomètre motorisé (MPOT1-UP) 0 Non actif 1 Actif	
			7 Fonction - vite pour potentiomètre motorisé (MPOT1-DOWN) 0 Non actif 1 Actif	
			8 Réserve	
			9 Blocage convertisseur (DCTRL1-CINH) 0 Convertisseur débloqué 1 Convertisseur bloqué	
			10 Défaut TRIP (DCTRL1-TRIP-SET)	Le convertisseur passe en défaut et affiche "défaut externe" (EE-, n° LECOM 91) (☐ 8-3)
			11 Réarmement défaut TRIP (DCTRL1-TRIP-RESET) 0 = 1 La montée à 1 déclenche le réarmement défaut (TRIP-Reset)	
			13 12 Changement des jeux de paramètres (DCTRL1-PAR2/4, DCTRL1-PAR3/4) 00 PAR1 01 PAR2 10 PAR3 11 PAR4	
			14 Freinage OC (MFCRL1-DCB) 0 Omin non actif 1 Omin actif	
			15 Réserve	
C0138*	Consigne régulateur process 1 (PCTRL1-SET1)		-480.00 (0.02 Hz) 480.00	<ul style="list-style-type: none"> • Préréglage si C0412/4 = FIXED-FREE • Affichage si C0412/4 ≠ FIXED-FREE
C0140*	Consigne de fréquence additive (NSET1-NADD)		-480.00 (0.02 Hz) 480.00	<ul style="list-style-type: none"> • Entrée via fonction  du clavier ou canal paramètres • La valeur est sauvegardée en mémoire non volatile et s'ajoute à la consigne principale.

Code		Réglages possibles		IMPORTANT	
N°	Désignation	Lenze	Choix		
C0141*	Normalisation consigne		-100.00 (0.01 %) 100.00	Seulement actif si C0127 = 1 Référence : C0011	
C0142* ↓	Condition de démarrage	-1-	-0-	Démarrage automatique bloqué Redémarrage à la volée désactivé	Démarrage si changement niveau BAS-HAUT sur X3/28
			-1-	Démarrage automatique si X3/28 = HAUT Redémarrage à la volée désactivé	
			-2-	Démarrage automatique bloqué Redémarrage à la volée actif	Démarrage si changement niveau BAS-HAUT sur X3/28
			-3-	Démarrage automatique si X3/28 = HAUT Redémarrage à la volée actif	
C0143* ↓	Sélection redémarrage à la volée	-0-	-0-	Fréquence de sortie maxi (C0011) ... 0 Hz	La vitesse moteur est cherchée dans la plage indiquée.
			-1-	Dernière fréquence de sortie ... 0 Hz	
			-2-	Activation consigne de fréquence (NSET1-NOU)	Après déblocage convertisseur, la valeur enregistrée est activée.
			-3-	Activation de la valeur réelle du régulateur process (C0412/5) (PCTRL1 -ACT)	
C0144* ↓	Abaissement de la fréquence de découpage	-1-	-0-	Pas d'abaissement de la fréquence de découpage	
			-1-	Abaissement automatique de la fréquence de découpage avec $\theta_{max} - 5 \text{ }^\circ\text{C}$	
C0145* ↓	Source consigne régulateur process	-0-	-0-	Consigne totale (PCTRL1-SET3)	Consigne principale + consigne supplémentaire
			-1-	C0181 (PCTRL1-SET2)	
			-2-	C0412/4 (PCTRL1-SET1)	
[C0148]*	Identification paramètres moteur	-0-	-0-	Identification désactivée	<ul style="list-style-type: none"> ● C0087, C0088, C0089, C0090, C0091 doivent être programmés correctement. ● L'inductance statorique moteur (C0084) est mesurée. ● La fréquence nominale Uf (C0015), le glissement (C0021) et l'inductance statorique moteur sont calculés. ● L'identification dure env. 30 s. ● Dès que l'identification est achevée, <ul style="list-style-type: none"> - la LED verte sur le 8200 vector digne, - le segment IMP sur clavier ou dans GDC est actif.
			-1-	Démarrer l'identification	

Code		Réglages possibles		IMPORTANT	
N°	Designation	Lenze	Choix		
C0150*	Mot d'état variateur 1 (canal paramètres)		Bit Affectation	<ul style="list-style-type: none"> • Interrogation de l'état variateur via canal paramètres. Les principales information d'état sont regroupées sous forme de bit. • Certains bits peuvent être reliés avec des signaux numériques internes. • Configuration en C0417 	
			0 Représentation de C0417/1		
			1 Blocage des impulsions (DCTRL1-IMP) 0 Déblocage des impulsions 1 Sorties de puissance bloquées		
			2 Représentation de C0417/3		
			3 Représentation de C0417/4		
			4 Représentation de C0417/5		
			5 Représentation de C0417/6		
			6 Fréquence de sortie = 0 (DCTRL1-NCUT=0) 0 Vrai 1 Faux		
			7 Blocage convertisseur (DCTRL1-CINH) 0 Convertisseur débloqué 1 Convertisseur bloqué		
			11 10 9 8 Etats de l'appareil 0000 Initialisation d'appareil 0001 Blocage 0011 Blocage fonctionnement 0100 Redémarrage à la volée actif 0101 Freinage CC actif 0110 Fonctionnement autorisé 0111 Message actif 1000 Défaut actif		
			12 Surveillance température (DCTRL1-OH-WARN) 0 Pas d'avertissement 1 $\vartheta_{max} - 5 \text{ °C}$ atteint		
			13 Surtension circuit intermédiaire (DCTRL1-OV) 0 Pas de surtension 1 Surtension		
			14 Représentation de C0417/15		
			15 Représentation de C0417/16		
			C0151*		Mot d'état 2 variateur (canal paramètres)
C0156*	Seuil courant	0	0 {1 %} 150		
C0161*	Défaut actuel			Affichage contenu de la mémoire "histoire"	
C0162*	Dernier défaut			<ul style="list-style-type: none"> • Clavier de commande : Identification défaut alphanumérique à 3 digits 	
C0163*	Avant-dernier défaut			<ul style="list-style-type: none"> • Clavier de commande 9371BB : N° de défaut LECOM 	
C0164*	Avant-avant-dernier défaut				
C0168*	Défaut actuel				
C0170 _↓	Configuration TRIP-Reset (réarmement défaut)	-0-	-0-	Réarmement défaut (TRIP-Reset) par coupure et rebranchement réseau STOP , signal BAS sur X3/28, par module de fonction ou module de communication	<ul style="list-style-type: none"> • Réarmement défaut (TRIP-Reset) par module de fonction ou module de communication avec C0043, C0410/12 ou C0135 Bit 11 • Le réarmement automatique des défauts (Auto-TRIP-Reset) permet un réarmement automatique de tous les défauts dans le temps réglé en C0171.
			-1-	Comme -0- plus réarmement automatique des défauts (Auto-TRIP-Reset)	
			-2-	Réarmement défaut (TRIP-Reset) par coupure réseau, par module de fonction ou module de communication	
			-3-	Réarmement défaut (TRIP-Reset) par coupure et rebranchement réseau	
C0171	Temporisation réarmement automatique du défaut	0.00	0.00 {0.01 s} 60.00		

Code		Réglages possibles			IMPORTANT																								
N°	Désignation	Lenze	Choix																										
[C0174]*	Seuil transistor de freinage	100	78	[1 %] Réglage recommandé	110	Non actif pour les 8200 motec et les appareils 240 V des 8200 vector (seuil de commutation fixe) <ul style="list-style-type: none"> 100 % = seuil de commutation CC 780 V 110 % = transistor de freinage bloqué U_{CC} = Seuil de commutation V CC Le réglage recommandé tient compte d'une surtension réseau de 10 % au maximum. 																							
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>U_{réseau} [3/PE CA xxx V]</th> <th>C0174 [%]</th> <th>U_{CC} [V CC]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>380</td><td>78</td><td>608</td></tr> <tr><td>400</td><td>80</td><td>624</td></tr> <tr><td>415</td><td>83</td><td>647</td></tr> <tr><td>440</td><td>88</td><td>686</td></tr> <tr><td>460</td><td>92</td><td>718</td></tr> <tr><td>480</td><td>96</td><td>749</td></tr> <tr><td>500</td><td>100</td><td>780</td></tr> </tbody> </table>	U _{réseau} [3/PE CA xxx V]	C0174 [%]		U _{CC} [V CC]	380	78	608	400	80	624	415	83	647	440	88	686	460	92	718	480	96	749	500	100	780	
U _{réseau} [3/PE CA xxx V]	C0174 [%]	U _{CC} [V CC]																											
380	78	608																											
400	80	624																											
415	83	647																											
440	88	686																											
460	92	718																											
480	96	749																											
500	100	780																											
C0178*	Nombre d'heures de fonctionnement		Nombre total d'heures de fonctionnement CINH = HIGH (h)			Seulement en affichage																							
C0179*	Nombre d'heures de mise sous tension		Durée totale de mise sous tension (h)			Seulement en affichage																							
C0181*	Consigne régulateur process 2 (PCTRL1-SET2)	0.00	-480.00	{0.02 Hz}	480.00																								
C0182*	Rampes d'intégration en S	0.00	0.00	{0.01 s}	50.00	<ul style="list-style-type: none"> C0182 = 0.00 : Le générateur de rampe fonctionne de façon linéaire C0182 > 0.00 : Le générateur de rampe fonctionne avec courbe en S (sans à coups) 																							
C0183*	Diagnostic		0	Sans défaut		Seulement en affichage																							
			102	Défaut "TRIP" actif																									
			104	Message "surtension (DU)" ou "sous-tension (LU)" actif																									
			142	Blocage des impulsions																									
			151	Arrêt rapide active																									
			161	Freinage CC actif																									
			250	Avertissement actif																									
C0184*	Seuil de fréquence PCTRL1-I-OFF	0.0	0.0	{0.1 Hz}	25,0	<ul style="list-style-type: none"> Avec une fréquence de sortie < C0184, la composante I du régulateur process est supprimée. 0.0 Hz = Fonction désactivée 																							
C0185*	Fenêtre de commutation pour "consigne de fréquence atteinte (C0415/x = 4)" et "NSET1-RFG1-I= 0 (C0415/x = 5)"	0	0	{1 %}	80	<ul style="list-style-type: none"> C0415/x = 4 et C0415/x = 5 sont actifs à l'intérieur de la fenêtre qui s'établit autour de NSET1-RFG1-IN. Fenêtre avec C0185 = 0% : ± 0,5 % en fonction de C0011 Fenêtre avec C0185 > 0% : ± C0185 en fonction de NSET1-RFG1-IN 																							
C0189* (A)	Signal de sortie régulateur suivi (PCTRL1-FOLL1-OUT)		-480.00	{0.02 Hz}	480.00	Seulement en affichage Régulateur suivi = PCTRL1-FOLL1																							
C0190* (A)	Interconnexion consigne principale et consigne supplémentaire (PCTRL1-ARITH1)	-1-	-0-	X + 0		Liaison mathématique consigne principale (NSET1-NOUT) et consigne supplémentaire (PCTRL1-NADD) X = NSET1-NOUT Y = PCTRL1-NADD																							
			-1-	X + Y																									
			-2-	X - Y																									
			-3-	X × Y																									
			-4-	X / Y																									
			-5-	X / (1 - Y)																									

Code		Réglages possibles				IMPORTANT
N°	Désignation	Lenze	Choix			
C0191 (A)	Temps d'accélération régulateur suivi	5.00	0.00	{0.02 s}	1300.00	Référence : Modification 0 Hz ... C0011
C0192 (A)	Temps de décélération régulateur suivi	5.00	0.00	{0.02 s}	1300.00	Référence : Modification C0011 ... 0 Hz
C0193 (A)	Rearmement régulateur suivi	5.00	0.00	{0.02 s}	1300.00	Référence : Modification C0011 ... 0 Hz Passer à "0" le régulateur de suivi.
C0194 (A)	Seuil inférieur d'activation du régulateur suivi	-200.00	-200.00	{0.01 %}	200.00	En fonction de C0011 Avec une valeur inférieure à C0194 : Le régulateur suivi "tourne" en direction -C0011, avec C0191 ou C0192
C0195 (A)	Seuil supérieur d'activation du régulateur suivi	200.00	-200.00	{0.01 %}	200.00	En fonction de C0011 Avec valeur inférieure à C0195 : Le régulateur suivi "tourne" en direction +C0011, avec C0191 ou C0192
C0196* _↓	Activation freinage CC automatique	-0-	-0-	Freinage CC automatique actif si PCTRL1-SET3 < C0019		
			-1-	Freinage CC automatique actif si PCTRL1-SET3 < C0019 et NSET1-RFG1-IN < C0019		
C0200*	N° d'identification du logiciel					Seulement en affichage PC
C0201*	Date de création du logiciel					Seulement en affichage PC
C0202*	N° d'identification du logiciel					Seulement en affichage clavier
1 ... 4						Sortie sur clavier sous forme de string à 4 parties à 4 digits
C0220*	Temps d'accélération pour consigne supplémentaire (PCTRL1-NADD)	5.00	0.00	{0.02 s}	1300.00	Consigne principale ⇔ C0012
C0221*	Temps de décélération pour consigne supplémentaire (PCTRL1-NADD)	5.00	0.00	{0.02 s}	1300.00	Consigne principale ⇔ C0013
C0225 (A)	Temps d'accélération pour consigne régulateur process (PCTRL1-SET1)	0.00	0.00	{0.02 s}	1300.00	Générateur de rampe pour consigne régulateur process = PCTRL1-RFG2
C0226 (A)	Temps de décélération pour consigne régulateur process (PCTRL1-SET1)	0.00	0.00	{0.02 s}	1300.00	
C0228 (A)	Temps d'activation du régulateur process	0.000	0.000	{0.001 s}	32.000	0.000 = La sortie régulateur process est transférée sans activation
C0229 (A)	Temps de désactivation du régulateur process	0.000	0.000	{0.001 s}	32.000	0.000 = Désactivation annulée (C0241)
C0230 (A)	Limite inférieure sortie régulateur process	-100.00	-200.00	{0.01 %}	200.00	Limitation asymétrique du régulateur process de sortie par rapport à C0011 <ul style="list-style-type: none"> Lorsque la valeur est inférieure à C0230 ou supérieure à C0231 : <ul style="list-style-type: none"> Signal de sortie PCTRL1-LIM = HAUT après le temps réglé en C0233 Régler C0231 > C0230.
C0231 (A)	Limite supérieure sortie régulateur process	100.00	-200.00	{0.01 %}	200.00	

Code		Réglages possibles				IMPORTANT
N°	Désignation	Lenze	Choix			
C0232 (A)	Offset courbe inversion régulateur process	0.00	-200.0	{0.1 %}	200.0	En fonction de C0011
C0233* (A)	Temporisation PCTRL1-LIM= HAUT	0.000	0.000	{0.001 s}	65.000	"Antibattement" du signal de sortie numérique PCTRL1-LIM (limites sortie régulateur process dépassées) <ul style="list-style-type: none"> • Déclenche PCTRL1-LIM = HAUT si après le temps réglé <ul style="list-style-type: none"> - la valeur est inférieure à C0230 ou supérieure à C0231. • Passage HAUT ⇒ BAS sans temporisation
C0234* (A)	Temporisation PCTRL1-SET= ACT	0.000	0.000	{0.001 s}	65.000	"Antibattement" du signal de sortie numérique PCTRL1-SET=ACT (consigne régulateur process = valeur réelle régulateur process) <ul style="list-style-type: none"> • Déclenche PCTRL1-SET=ACT = HAUT si après le temps réglé : <ul style="list-style-type: none"> - la différence de PCTRL1-SET et de PCTRL1-ACT se situe dans la plage de seuil de réponse C0235 • Passage HAUT ⇒ BAS sans temporisation
C0235* (A)	Seuil différentiel PCTRL1-SET= ACT	0.00	0.00	{0.01 Hz}	480.00	Seuil de réponse du signal de sortie numérique PCTRL1-SET=ACT (consigne régulateur process = valeur réelle régulateur process) <ul style="list-style-type: none"> • Si la différence de PCTRL1-SET et de PCTRL1-ACT se situe dans la plage de C0235 : <ul style="list-style-type: none"> - PCTRL1-SET=ACT = HAUT après le temps réglé en C0234
C0236 (A)	Temps d'accélération fréquence limite inférieure	0.00	0.00	{0.02 s}	1300.00	En fonction de C0011 Fréquence limite inférieure = C0239
C0238 _↓	Préréglage de la consigne	-2-	-0-	Sans préréglage (régulateur process uniquement)	Influence complète du régulateur process	
			-1-	Préréglage (consigne totale + régulateur process)	Influence limitée du régulateur process	
			-2-	Sans préréglage (consigne totale uniquement)	Sans influence du régulateur process (désactive)	
					Consigne totale (PCTRL1-SET3) = Consigne principale + consigne	
C0239	Fréquence limite inférieure	-480.00	-480.00	{0.02 Hz}	480.00	Les valeurs ne sont pas inférieures à cette limite et ce, indépendamment de la consigne.
C0240 _↓ (A)	Inversion sortie régulateur process (PCTRL1-INV-ON) (canal paramètres)	-0-	-0-	Sans inversion	Activer le signal numérique PCTRL1-INV-ON (inversion sortie régulateur process) via clavier/PC ou canal paramètres	
			-1-	Inversé		
C0241 _↓ (A)	Activation/ désactivation régulateur process (PCTRL1-FADING) (canal paramètres)	-0-	-0-	Activation du régulateur process	Activer le signal numérique PCTRL1-FADING (activation/désactivation du régulateur process) via clavier/PC ou canal paramètres.	
			-1-	Désactivation du régulateur process		
C0242 _↓ (A)	Activation de la régulation d'inversion régulateur process	-0-	-0-	Régulation normale	La valeur réelle est augmentée. ⇒ La fréquence de sortie est augmentée.	
			-1-	Régulation d'inversion	La valeur réelle est augmentée. ⇒ La fréquence de sortie est abaissée.	
C0243 _↓ (A)	Désactivation de la consigne supplémentaire (PCTRL1-NADD-OFF) (canal paramètres)	-0-	-0-	PCTRL1-NADD actif	Activer le signal numérique PCTRL1-NADD-OFF (désactivation la consigne supplémentaire) via clavier/PC ou canal paramètres.	
			-1-	PCTRL1-NADD désactivé		

Code		Réglages possibles			IMPORTANT	
N°	Designation	Lenze	Choix			
C0244 (A)	Fonction racine valeur réelle régulateur process	-0-	-0-	Inactif	Calcul interne : 1. Sauvegarder le signe de PCTRL1-ACT 2. Extraire la racine du montant. 3. Multiplier le résultat avec le signe.	
			-1-	$\pm \sqrt{ FCTRL1-ACT }$		
C0245* (A)	Sélection valeur de comparaison pour MSET1=MACT	-0-	-0-	MCTRL1-MSET (C0412/6 ou C0047)	Sélection de la valeur de comparaison pour l'activation du signal de sortie numérique MSET1=MACT (seuil de couple 1 = couple réel) • Avec une différence entre MCTRL1-MSET1 et MCTRL1-MACT dans la plage de C0252 : - MSET1=MACT = HAUT après le temps réglé en C0254	
			-1-	Valeur en C0250		
C0250* (A)	Seuil de couple 1 (MCTRL1-MSET1)	0.0	-200.0	{0.1 %}	200.0	En fonction du couple nominal moteur
C0251* (A)	Seuil de couple 2 (MCTRL1-MSET2)	0.0	-200.0	{0.1 %}	200.0	En fonction du couple nominal moteur Valeur de comparaison pour l'activation du signal de sortie numérique MSET2=MACT (seuil de couple 2 = couple réel) • Avec une différence entre MCTRL1-MSET2 et MCTRL1-MACT dans la plage de C0253 : - MSET2=MACT = HAUT après le temps réglé en C0255
C0252* (A)	Seuil différentiel de MSET1=MACT	0.0	0.0	{0.1 %}	100.0	
C0253* (A)	Seuil différentiel de MSET2=MACT	0.0	0.0	{0.1 %}	100.0	
C0254* (A)	Temporisation MSET1=MACT	0.000	0.000	{0.001 s}	65.000	"Antibattement" du signal de sortie numérique MSET1=MACT • Déclenche MSET1=MACT = HAUT si après le temps réglé : - Différence entre MCTRL1-MSET1 et MCTRL1-MACT dans la plage du seuil de réponse de C0252 • Passage HAUT ⇒ BAS sans temporisation
C0255* (A)	Temporisation MSET2=MACT	0.000	0.000	{0.001 s}	65.000	"Antibattement" du signal de sortie numérique MSET2=MACT • Déclenche MSET2=MACT=HAUT si après le temps réglé - Différence entre MCTRL1-MSET2 et MCTRL1-MACT dans la plage du seuil de réponse C0253 • Passage HAUT ⇒ BAS sans temporisation
C0265* (A)	Configuration du potentiomètre moteur	-3-	-0-	Valeur de départ = power off	• Valeur de départ : Fréquence de sortie à atteindre à la mise sous tension et avec potentiomètre motorisé activé, selon Tir (C0012). - "power off" = Valeur réelle à la coupure réseau - "C0010" : Fréquence de sortie mini de C0010 - "0" = Fréquence de sortie 0 Hz • C0265 = -3-, -4-, -5- : - Décélération de la consigne potentiomètre motorisé par AR selon la rampe AR (C0105)	
			-1-	Valeur de départ = C0010		
			-2-	Valeur de départ = 0		
			-3-	Valeur de départ = power off AR si + vite/-vite = BAS		
			-4-	Valeur de départ = C0010 AR si + vite/-vite = BAS		
-5-	Valeur de départ = 0 AR si + vite/-vite = BAS					
C0304 ... C0309	Codes service Lenze					Modifications uniquement par le service Lenze !

Code		Réglages possibles		IMPORTANT
N°	Désignation	Lenze	Choix	
00350* _↓	Adresse sur le bus CAN	1	1 (1)	63 Modification activée après l'instruction "Reset-Node" (réarmement noeuds)
00351* _↓	Vitesse de transmission du bus CAN	-0-	-0- 500 kbits/s	Modification activée après l'instruction "Reset-Node" (réarmement noeuds)
			-1- 250 kbits/s	
			-2- 125 kbits/s	
			-3- 50 kbits/s	
			-4- Non proposé	
		-5- 20 kbits/s		
00352* _↓	Configuration de l'abonné au bus système	-0-	-0- Esclave	Modification activée après l'instruction "Reset-Node" (réarmement noeuds)
			-1- Maître	
00353* _↓	Source adresse bus système			Source d'adresse pour les canaux de données process du bus système
	1 CAN1 (Sync)	-0-	-0- 00350 est la source	Activé avec commande Sync (C0360 = 1)
	2 CAN2	-0-	-1- 00354 est la source	
	3 CAN1 (temps)	-0-		Activé avec commande événementielle ou commande temporelle (C0360 = 0)
00354* _↓	Adresse bus système sélectif		0 (1)	513 Adressage individuel des objets données process du bus système
	1 CAN-IN1 (Sync)	129		Activé avec commande Sync (C0360 = 1)
	2 CAN-OUT1 (Sync)	1		
	3 CAN-IN2	257		
	4 CAN-OUT2	258		
	5 CAN-IN1 (temps)	385		Activé avec commande événementielle ou commande temporelle (C0360 = 0)
	6 CAN-OUT1 (temps)	386		
00355* _↓	Identificateur bus système		0 (1)	2047 Seulement en affichage
	1 CAN-IN1			Active par CAN1 avec commande Sync (C0360 = 1)
	2 CAN-OUT1			
	3 CAN-IN2			
	4 CAN-OUT2			
	5 CAN-IN1			Identificateur de CAN avec commande événementielle ou commande temporelle (C0360 = 0)
	6 CAN-OUT1			
00356* _↓	Réglages des temps bus système			
	1 boot up	3000	0 (1 ms)	65000 Nécessaire pour le réseau d'anneau CAN sans maître
	2 Temps de cycle CAN-OUT2	0		0 et C0360 = 0 : Transfert de données process à commande événementielle > 0 et C0360 = 1 : Transfert cyclique de données process
	3 Temps de cycle CAN-OUT1	0		0 = Transfert de données process à commande événementielle > 0 = Transfert cyclique de données process
	4 CAN delay	20		Attente jusqu'au départ de l'envoi cyclique après le "boot-up"
00357* _↓	Temps de surveillance bus système			
	1 CAN-IN1 (Sync)	0	0 (1 ms)	65000 Valable pour C0360 = 1
	2 CAN-IN2	0		
	3 CAN-IN1 (temps)	0		Valable pour C0360 = 0
00358* _↓	Reset-Node	-0-	-0- Sans fonction	Etablir le point noeud de réarmement pour le bus système
			-1- Réarmement bus système	

- [1] : **G. Sybille**, « Electrotechnique », Théodore Wildi
- [2] : **Bernard de Fornel**, « **techniques d'ingénieur**, alimentation de la machine asynchrone»,
- [3] : **R. Chauprad, F. Milsant** « commande des moteurs à courant alternatif », DUNOD, Paris, 1984.
- [4] **J. Bonal**, G, ségier « Entraînements à vitesse variable », Edition Tec&Doc technique - LAVOISIER, Paris 1998. .
- [5]: **Carlos, Cannudas de Wit**, « commande des moteurs asynchrones », Edition floch, 2000.
- [6]: **L. Baghli**, « Conversions électromécaniques », IUFM de lorraine- UHP, 2005.
- [7]: **G. SEGUIER, F.LABRIQUE** « les convertisseurs de l'électronique de puissance », conversion CONTINU-ALTERNATIF. Volume III, Edition Tec&Doc technique - LAVOISIER, Paris 1989.
- [8]: **J.L Dalmasso**, « cours d'électrotechnique », Edition BELIN, 1985
- [9]: **Mark Brown, Jawahar Rawtani, Dinish Patil** ,
« MAINTENANCEELECTROTECHNIQUE », Equipement électriques et circuits de commande
- [10]: « Départs Moteurs » et « les techniques de commande du moteur asynchrone »,
Source : www.Shnieder.fr
- [11] : **Lucas Nulle ; Lenze, 2001** « Redresseur de fréquence vecteur ».

Résumé

La variation de vitesse pour machine asynchrone consiste à moduler l'énergie électrique fournie au moteur.

Les variateurs de vitesse assurent une mise en vitesse et une décélération, ils permettent une adaptation précise de la vitesse aux conditions d'exploitation ; Ces variateurs appelés aussi des convertisseurs de fréquence.

Nous présentons dans ce mémoire une étude et expérimentation d'un variateur de vitesse pour machine asynchrone.

Dans la partie théorique, nous avons étudiés deux types de convertisseurs de fréquence, fixe et variable.

Dans la partie pratique, on se limitera à traiter le convertisseur de fréquence indirecte en utilisant un onduleur de tension.

Pour la présentation et l'étude de fonctionnement du banc d'essai, on a présentés les différentes programmations de ce banc.

Cette programmation consiste a programmé ce banc soit à l'aide de module de commutation, soit à l'aide d'un module de bus de terrain.

Dans notre cas, nous avons opté pour le module de commutation avec illustration par des tableaux et des courbes significatrices.