

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L' INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE**



Mémoire de fin d'études

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en électronique**

Option : contrôle

Thème :

***Adaptation du variateur SIMODRIVE dans un
tour numérique GUILDMEISTER de type CT60
au niveau de la SNVI***

Proposé et dirigé par :

**Mr. HAMICHE
Mr. GHOBINI
Mr. NAMLA**

Présenté par :

**M^{elle} BOUKHALFA LILA
M^{elle} BESSAS REZIKA**

Promotion 2011

Remerciements

C'est avec une grande émotion et beaucoup de sincérité que nous voudrions exprimer notre gratitude à toutes les personnes ayant participé, soutenu et apprécié notre travail

*Nos reconnaissances et nos vifs remerciements vont tout d'abord et particulièrement à nos promoteurs Monsieur **HAMICHE.H**, **GHOBRINI** et **Monsieur NAMELA** pour leurs encadrements de notre stage d'ingéniorat, pour leurs conseils, leurs orientations et toute l'aide qu'ils nous ont apportée durant cette année.*

Un grand merci à tous les étudiants d'UMMTO, pour les conseils utiles qu'ils n'ont cessé de nous prodiguer, les orientations et l'intérêt qu'ils ont montré durant la progression de ce travail.

Dédicaces

Aux deux êtres qui me sont très cher, ceux qui ont fait que je sois ici aujourd'hui... Eh oui, ma maman et mon papa, vous qui m'avez élevé et éduqué... vous qui avez toujours été là pour moi et n'avez jamais cessé de croire en moi, aucun mot ni aucune langue ne pourrait exprimer ma profonde gratitude à votre égard.

A mes très chers frères : Smail, Bilalé , Yova, Massy

A ma très chère sœur : Ghania

A mes tantes et oncles et leurs enfants.

A ma binôme rezika et leurs familles

A tous mes amis

A tous ceux qui ont veillé à mon instruction

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

Avec l'expression de tous mes sentiments et mon respect,

Je dédie ce modeste travail.

lila

DEDICACES

*A la personne la plus chères à mes yeux, à ma mère qui
a tout sacrifié pour ses enfants, qui a veillé à notre éducation, qui,
sans elle je ne serai pas ce que je suis.*

A mon chères père, qui m'a toujours soutenu

A mes très chers frères : Said, Arezki, Hand, Kamel, Mouhand et Brahim

A ma très chères sœur : Kamila

A tous mes cousins et cousines.

A toute ma famille.

A mon binôme: Lila

A tous mes amis.

A toutes les personnes que je connaisse et que je n'ai pas citées.

Je dédie ce modeste travail.

Rezika.

Abréviations

SNVI:	Société National des Véhicules Industriels
DVI:	Division des Véhicules Industriels
ME:	Machines Mécanique
FE:	Une forge
ARM:	Atelier de rénovation
MOCN :	Machine- Outil à Commande Numérique
CN :	Commande Numérique
CNC :	Computer Numerical Command
FCN :	Fraisage à Commande Numérique
TCN :	Tournage à Commande Numérique
RCN :	Rectification à Commande Numérique
UCN :	Usinage à Commande Numérique
ISO :	Langage de programmation dans la commande numérique
MCC:	Moteur à Courant Continu
MCA:	Moteur à Courant Alternatif
1FT6 :	Serie du servomoteur
DEL:	Diodes Electro-Luminescentes
ASIC:	Application-Specific Integrated Circuit
IPM:	Intégrés dans les Modules de Puissance
IGBT:	Insulated Gate Bipolar Transistor
GTO:	Gate Turn Off thyristor
MOSFET :	Métal-Oxyde-Semi-conducteur
PWM. :	Pulse Width Modulation
MLI :	Modulation à Largeur d'Impulsion
6SC61 :	Référence de l'ancien variateur
MRS :	Moteur Rotatif Synchrone

MRA :	Moteur Rotatif Asynchrone
MLS :	Moteur Linéaire Synchrone
Norme :	Moteur Normalisé
Externe :	Moteur non Siemens
module AN:	module d'Alimentation Non stabiliser
module A/R:	module d'Alimentation Récupérer
P tot:	Puissance dissipée totale du module
P ext:	Puissance dissipée via refroidissement par gaine ou refroidissement externe
P int:	Puissance non dissipée via refroidissement par gaine ou refroidissement externe (demeure dans l'armoire)

Introduction générale.....	1
I. Description de la SNVI.....	3
I.1. Présentation de la SNVI	3
I.1.1. Historique.....	3
I.1.2. Organisation de l'entreprise.....	3
1.2. Présentation de la Division des Véhicules Industriels (DVI).....	3
1.3. Présentation du bâtiment mécanique.....	4
1.4. Les activités opérationnelles.....	4

CHAPITRE I : Présentation de la machine GILDMEISTER

I.1. Introduction.....	6
I.2. Présentation de la machine.....	6
I.3. Description du tour CT60	7
I.3.1. La broche (le mandrin)	8
I.3.2. La tourelle.....	9
I. 3.2.1. Description.....	9
I. 3.2.2. Fonctionnement de la tourelle.....	9
I.3.3. Les trainards	10
I.3.3.1. Le trainard horizontal	10
I.3.3.2. Le trainard vertical.....	10
I.3.4. La contre pointe	11
I.3.5. Définition de la commande numérique (CNC 810).....	11
I.3.5.1. Visualisations sur l'écran.....	12
I.3.5.2. Ecran disponible pour l'utilisateur.....	13
I.3.5.3. visualisation des valeurs réelles.....	13
I.3.5.4. Signalisation d'états de fonctionnement	13
I.4. Les opérations réalisées dans le tournage.....	14
I.4.1. Tournage extérieur.....	14
I.4.2. Tournage intérieur.....	15

I.4.3. Pièce usiné dans le tour CT60 (GUILDMESTER).....	15
I.5. Principe de fonctionnement de la machine.....	16
CHAPITRE II : fonctionnement de son système d’asservissement	
II.1. Introduction.....	17
II.2. Différents types des moteurs	18
II.2.1. Moteur à courant continue.....	18
II.2.1.1. Constitution du moteur à courant continu.....	18
II.2.1.2. Principe de fonctionnement du moteur CC.....	19
II.2.1.3. Inconvénients du moteur à courant continu.....	19
II.2.2. Moteur synchrone.....	21
II.2.2.1. Différents types des moteurs synchrones.....	21
II.2.3. Fonctionnement du moteur synchrone à aimants permanents servomoteur 1FT 6).....	22
II.2.3.1. Champ d'application	22
II.2.3.2. Schéma électrique équivalent	22
II.2.3.3. Constitution du moteur synchrone à aimants permanents (servomoteur).....	24
II.2.4. Définition des différents capteurs du moteur.....	25
II.2.4.1. Définition de la tachymétrie.....	25
II.2.4.2. Définition du codeur	26
II.2.4.3. Les différents types de codeurs.....	27
II.3. Association onduleur MLI / servomoteur (Bruschless)	28
II.4. Variation de vitesse.....	28
II.4.1. Structure et composants des variateurs électroniques.....	29
II.4.1.1. Structure des variateurs	29
a) Module de contrôle.....	29
b) Module de puissance.....	30
II.4.1.2. Composants.....	31
II.4.2. Principe de fonctionnement du variateur de vitesse.....	36

II.4.2.1. Variateur de vitesse pour moteur à courant continu (cc).....	36
II.4.2.2 .Variateur de vitesse pour moteur à courant alternatif.....	37
II.4.3. Constitution d'un variateur de vitesse.....	39
II.5. Modélisation de l'onduleur MLI	42
II.5.1. L'utilisation de l'onduleur.....	42
II.5.2. Les différentes stratégies de commande de l'onduleur.....	43
II.5.3. La commande MLI	43
II.5.4.Principe de la MLI.....	44
II. 5.5. La commande MLI d'un bras.....	44
II.5.6.Résultat de simulation de l'onduleur sous MATLA.....	45
II.7.Conclusion.....	47

CHAPITRE III : Présentation du nouveau variateur

III.1. Introduction.....	49
III.2. Description technique de l'ancien variateur de vitesse.....	49
III.2.1. Fonctionnement	49
III.2.2.Inconvénient de l'ancien variateur de vitesse.....	50
III.3. Choix de la marque et de la gamme du convertisseur.....	51
III.3.1. Définition de SIMODRIVE.....	51
III.3.2.Caractéristiques technique du convertisseur de fréquence.....	52
III.3.3. Fonctionnement du convertisseur de fréquence.....	52
III.3.4. Avantage du convertisseur de fréquence SIMODRIVE 611 dans le diagnostic.....	53
III.4. Constitution et caractéristiques technique du convertisseur de fréquence.....	54
III.4.1. Vue d'ensemble de SIMODRIVE 611	54
III.4.2.Transformateur.....	56
III.4.3. Appareillages et éléments de sécurité.....	59
III.4.3.1.Sectionneur-porte fusibles.....	59

III.4.3.2.Contacteur.....	60
III.4.3.3.Relais thermique.....	61
III.4. 4. Module de filtrage.....	61
III.4.5. Module d'alimentation 6SN11.....	62
III.4.6. Module de surveillance.....	65
III.4.7. Module de puissance 6SN11	66
III.4.7.1.Généralités.....	66
III.4.7.2.Moteur raccordable.....	66
III.4.7.3.Définition des puissances	67
III.4.8. Module d'entraînement 6SN11.....	70
III.4.9. Module à résistance pulsée par hachage 6SN 11	75
III.5 Conclusion	76

CHAPITRE IV : Adaptation du nouveau variateur dans le tour numérique CT60

IV.1. Introduction.....	77
IV.2. Choix du nouveau variateur.....	77
IV.3. Caractéristiques technique du module d'alimentation du type 6SN11 46 -1BA0.-0BA0.....	78
IV.4. Caractéristique technique du module de puissance 6SN11 23-1AB00-0CA0.....	80
IV.5. Carte d'entraînement 6SN11 18-0AE11-0AA0.....	81
IV.6.Disposition et montage des modules.....	81
IV.6.1.Disposition des modules.....	81
IV.7. Affichage des défauts.....	82
IV. 8. Conclusion	86
Conclusion général	87

Introduction générale

L'utilisation des machines électriques est en pleine expansion grâce aux performances qu'elles offrent. Cette évolution est liée aux progrès réalisés dans de nombreux domaines. Les matériaux ont donné naissance à des composants de plus en plus performants (aimants permanent, semi-conducteurs de puissance, circuit intégrés...). Ces composants ont à leurs tours permis de créer des ensembles convertisseurs. De nos jours les machines électriques associées à des convertisseurs jouent un rôle important dans les systèmes de conversion électromécanique d'énergie. Désormais l'utilité des actionneurs électroniques en tant que variateur de vitesse est incontestable dans le secteur industriel et de transport, que ce soit pour de faible ou de forte puissance.

Dans le domaine de la propulsion électrique, la machine synchrone associée à des convertisseurs statiques occupe une place importante. En effet, les premiers variateurs de vitesse furent réalisés par une machine synchrone alimentée par des cyclo-convertisseurs. Ces convertisseurs ont peu à peu laissé place à une nouvelle structure composée par l'ensemble redresseur-commutateur de courant quel que soit le convertisseur employé. La gamme de la puissance pouvant dépasser la dizaine de mégawatts, les composants semi-conducteurs sont de type thyristor. L'alimentation de la machine par des commutateurs de courant engendre de courants harmoniques qui rendent le couple électromagnétique généré par l'actionneur. D'autre part, il a également, été envisagé d'associer un filtre actif à l'ensemble commutateurs de courant -machine synchrone afin de minimiser les courants harmoniques vus par la machine.

Aujourd'hui, grâce à la fulgurante évolution des composants électroniques, de nouvelles structures peuvent être étudiées. Cette évolution s'étend à la fois dans le domaine de l'électronique de puissance, avec le développement de composants semi-conducteurs de grande puissance commutant à des fréquences élevées, et dans le domaine de l'informatique industrielle avec l'apparition des nouvelles générations de processeurs autorisant l'implantation d'algorithmes complexes. Ainsi il est maintenant envisagé d'alimenter une machine synchrone à aimant permanent par un onduleur de tension commandée par la technique de modulation de largeur d'impulsions (MLI) par la stratégie triangulo-sinusoïdale. Cette nouvelle association convertisseurs

machines synchrones obtient des performances dynamiques comparables à celles d'une machine à courant continu.

Pour clôturer notre cycle d'ingénieur, nous avons eu la chance d'étudier et d'apporter une amélioration au tour numérique GYLDMEISTER de type CT60, qui a connue une panne depuis 2009 sachant qu'il est très important dans le secteur de l'entreprise. En lui adaptant un nouveau variateur de fréquence, qui résous ce problème et lui ramène des avantages qui permettent d'afficher les messages d'erreur, et l'accès à distance pour les corriger.

Pour bien mener notre travail, nous avons choisi de le repartir sur quatre chapitres.

Le premier chapitre contient deux parties, la première partie consacrée à la description de la SNVI (la Société Nationale des Véhicules Industrielle) et la deuxième partie consiste la présentation générale du tour numérique CT60.

Dans le second chapitre nous allons présenter les différentes manières de varier la vitesse et les moteurs raccordé pour chaque type, ensuite, nous allons étudier la technique MLI (Modulation en Largeur d'Impulsion) ou PWM (Pulse Width Modulation) qui joue le rôle d'interface entre la partie commande d'un variateur de vitesse et du moteur associée. Enfin une simulation de cette onduleur.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation de nouveaux variateurs de type SIMODRIVE

Le quatrième chapitre sera réservé à l'adaptation du nouveau variateur de vitesse pour la machine CT60.

En fin, nous allons terminer avec une conclusion générale.

I. Description de la SNVI

I.1. Présentation de la SNVI :

I.1.1. Historique

La SNVI (Société National des Véhicules Industriels) a été créée sous le sigle SONACOME en 1967, dix ans auparavant (juin 1957) fut implantée par la société française BERLIET « Usine de montage de véhicule poids lourds », puis transformée en société mixte par participation Algérienne de 40% en 1964, la SONACOM regroupait (11) entreprises qui devenaient autonome en 1980 mais à partir du juillet 1981 qu'elle fut nommée SNVI.

Des le mois de mai 1995 la SNVI change de statut pour être une société par action au capital social de 2,2 milliards de dinars ,suivant le mécanisme décrit par le décret législatif n °93.08 du 25.04.1993 et les dispositions réglementaires particulières applicable à l'entreprise publique Economique . Elle siège à Rouïba –Alger- RN5, BP : 153.

I.1.2. Organisation de l'entreprise

Depuis décembre 2000, on parle de la réorganisation de l'entreprise en SNVI-DVI. La DVI compte en novembre 2002 ,3433 employés, dont 225 cadres, 354 maîtrises et 2648 exécutants.

1.2. Présentation de la Division des Véhicules Industriels (DVI)

La DVI est une unité de production des véhicules industriels (camion, cars, bus, minibus) elle regroupe six bâtiments dont trois affectés à l'usinage et trois autres au montage.

Centre de production d'usinage, il comporte :

- Des machines Mécanique (ME)
- Une forge (FE)
- Une atelier de rénovation(ARM)
- Centre de production du montage est composé :
- D'une Toilerie Emboutissage (TE)

- Une Chaîne de Montage Camions(MC)
- Une Chaîne Montage Autobus(MA)

1.3. Présentation du bâtiment mécanique

C'est un bâtiment de production affecté à l'usinage des pièces mécaniques, l'usinage de ces organes est réalisé sur 568 machines. Il est d'une superficie de 5400m² et un effectif de 1160 personnes change de la production de principaux organes des véhicules tels que les ponts à vitesses, se fait également un niveau bâtiment mécanique qui abrite environ 650 machines dont des :

- Tours
- Perceuse
- fraiseuse
- Poste de soudage
- Rectifieuse
- Aléuseuse
- Presses
- Affuteuses
- Fourres

1.4. Les activités opérationnelles

Ce sont des activités de la production et sont sous la responsabilité de la direction industrielle. Les unités de production prennent en charge le processus de fabrication des véhicules industriels.

Les activités de distribution et de maintenance concernent entre autres :

- La vente des véhicules de leur équipement en Algérie et à l'étranger.
- La vente des pièces de rechange
- La formation et la documentation.

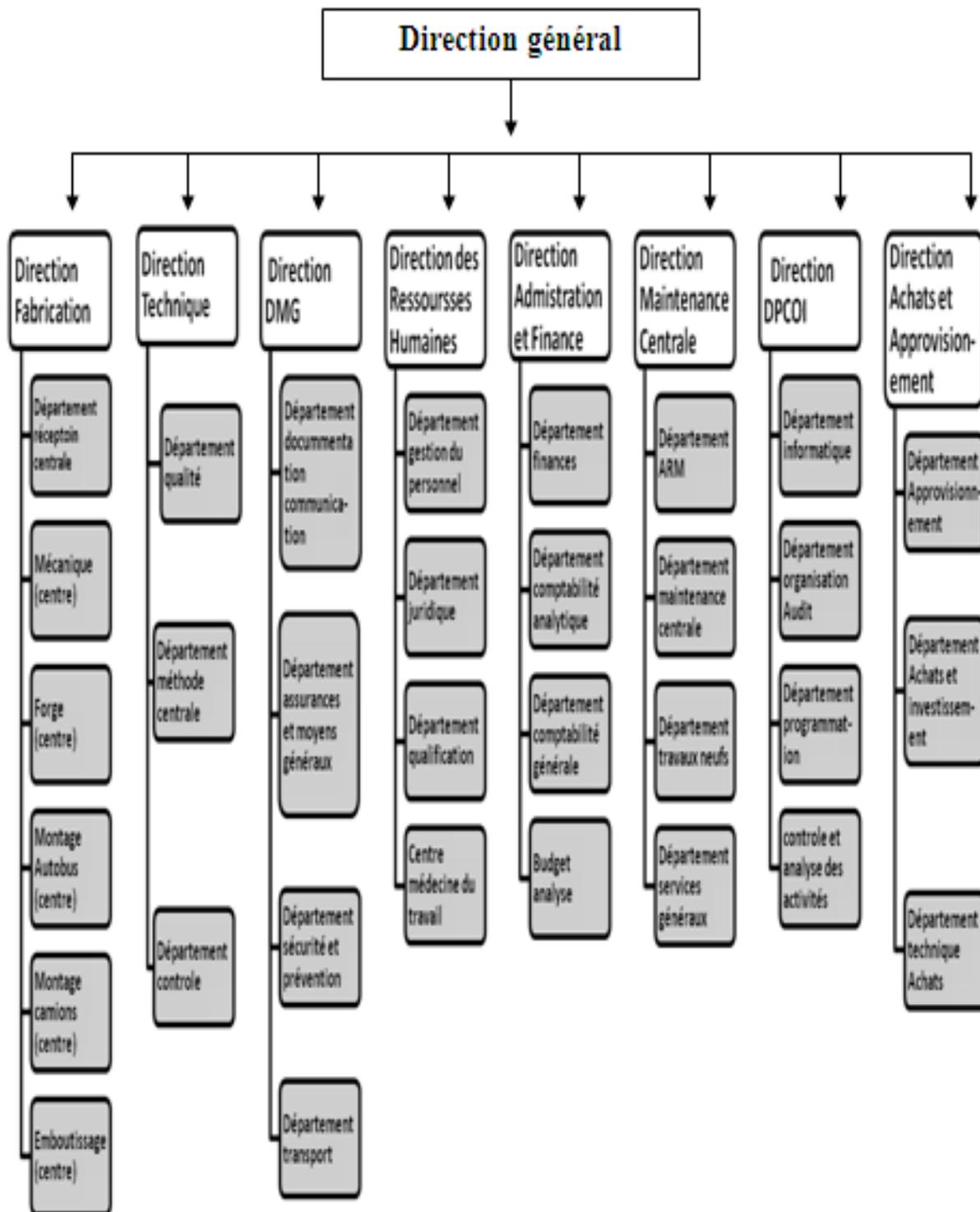


Figure (I-1) : Direction générale de la SNVI.

I.1. Introduction

Une machine-outil à commande numérique (MOCN, ou simplement CN) est une machine-outil dotée d'une commande numérique. Lorsque la commande numérique est assurée par un ordinateur, on parle parfois de machine CNC pour computer numerical command, francisé en « commande numérique par ordinateur ».

Dans le domaine de la fabrication mécanique, le terme « commande numérique » désigne l'ensemble des matériels et logiciels ayant pour fonction de donner les instructions de mouvements à tous les organes d'une machine-outil :

- l'outil (ou les outils) d'usinage équipant la machine,
- les organes où sont fixées les pièces,
- les systèmes de magasinage et de changement d'outil,
- les dispositifs de changement de pièce,

On peut aussi découper la famille des commandes numériques en quatre sous familles de machines : Fraisage à Commande Numérique(FCN) ; Tournage à Commande Numérique(TCN) ; Usinage à Commande Numérique(UCN) ; Rectification à Commande Numérique(RCN). Dans chaque famille, les méthodes de montage et de travail sont totalement différentes, mais elles se rejoignent sur le principe de programmation, la grande majorité des machines utilisant un langage ISO (un langage de programmation dans la commande numérique). À cela peuvent se rajouter des interfaces dites conversationnelles ou par apprentissage qui simplifient l'utilisation de la machine.

Le but de ce chapitre est de présenter le tour numérique GUILDMEISTER et ces différentes répartitions.

I.2. Présentation de la machine

Le tournage est une technique d'usinage qui consiste à enlever, à l'aide d'outils coupants, de la matière sur une pièce initiale cylindrique pour obtenir une pièce finale.

Le tour CT60 (GUILDMEISTER) montré par la figure (I.1) exerce tous les fonctions d'usinage (alésage, taillage, rainurage, filtrage, préforme, etc...).



Figure (I -1): Photo du tour numerique CT60
(vue de phace du tour)

I.3. Description du tour CT60 [1]

Le tour horizontal CT60 comporte plusieurs organes principaux qui sont donnés comme suit:

- Plateau port outils
- Une contre pointe ou bien poupée mobile
- Partie commande la ou on trouve les composants électronique
- Un pupitre alphanumérique avec écran de visualisation
- Le trainard X (axe vertical)
- Le trainard Z (axe horizontal)
- Une broche
- Une tourelle: à12 positions

I.3.1. La broche (le mandrin)

La broche est entraînée par un moteur électrique à courant continu et la variation de la vitesse se fait par un variateur électronique de tension, le mandrin est relié avec le moteur par l'intermédiaire de deux gammes de vitesses.

Pour ce qui concerne la fixation de la pièce à usiner le mandrin possède trois mors de serrage voir fig. (I.3) qui fonction à l'aide d'un vérin double effet, car l'alimentation de la première chambre permise la sortie de l'arbre vérin qui provoque le desserrage ou la libération de la pièce, et l'alimentation de la chambre permis le retour de l'arbre vérin puis la fixation de la pièce sur le mandrin [1]. Voir fig. (I.2)

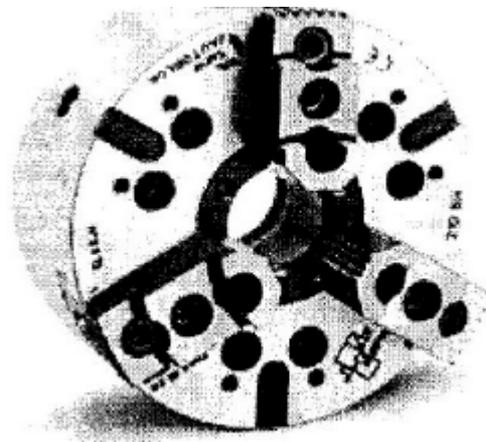


Figure (I-2) : Mandrin porte pièce à usiner.

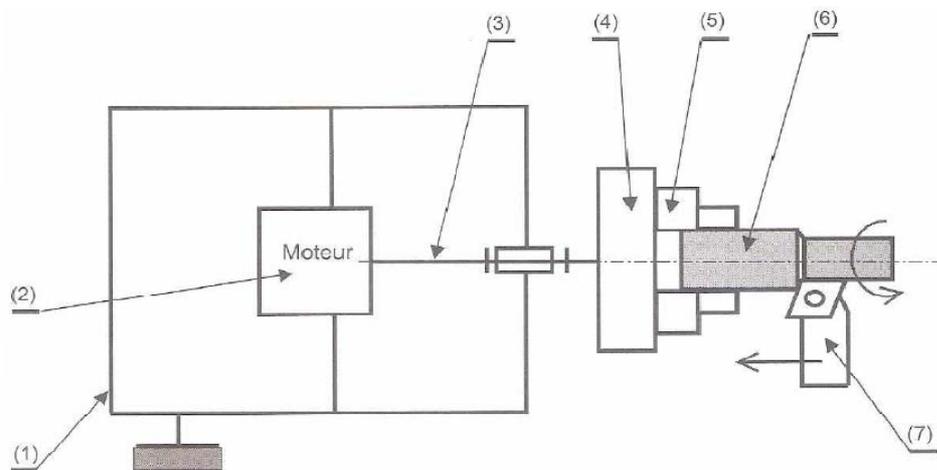


Figure (I-3) : Broche du tour à commande numérique.

Le moteur (2) du tour à commande numérique (1) entraîne la broche (3) qui maintient, dans un mandrin (4) et ses mors (5), la pièce (6) à usiner. La pièce est animée d'un mouvement de rotation circulaire et l'outil (7) d'un mouvement de translation rectiligne.

I.3.2. La tourelle [1]

I. 3.2.1. Description

Le tour est équipé d'une tourelle à commande numérique à axe horizontal avec plateau recevant des machines portant outils montés directement sur des chaînes porte outil. La rotation de la broche porte plateau est commandée par un moteur hydraulique.

L'indexage de précision est obtenu par l'intermédiaire de couronnes dentées, le maintien en position et les désaccouplements sont assurés par un piston à commande hydraulique.

L'outil de service est programmé sur le ruban perforé et l'utilisation des outils peut être dans un ordre quelconque, à cet effet, un commutateur rotatif à 12 positions contrôle les positions de plateau porte outils. Un micro contrôle la bonne position du plateau et permet le départ de cycle.

I. 3.2.2. Fonctionnement de la tourelle

- L'électro-aimant E est déexcité, la pression dans la petite chambre (A) maintient le plateau porte outils en position indexé par les couronnes dentées, le micro M1 informe et autorise le déroulement du cycle.
- La valve V est dans le logement du disque, le tiroir T est enfoncé.
- Le ruban perforé par l'intermédiaire de l'armoire électrique, commande la rotation pour un changement d'outil.

Le déroulement des mouvements s'effectue comme suit :

- L'électro-aimant E est excité, la valve V recule, la fuite du moteur hydraulique est
- assurée, la pression arrivant dans la grande chambre déplace

- La broche porte plateau, ce mouvement libère les couronnes dentées, le micro M1
- et le tiroir T recevant une pression permanente, le système tourne.
- Quand le choix d'outil est effectué, la valve V par l'action du ressort se déplace et
- vient en appui sur l'extérieur du disque cranté, à cette position la fuite du moteur hydraulique est encore ouverte, la rotation continue.
- Au moment où la valve V descend dans le cran du disque, la fuite de moteur hydraulique est fermée, la rotation s'arrête, la fuite de la grande chambre porte le plateau descend et s'indexe par la couronne dentée.
- Le micro M1 informe et autorise le déroulement du cycle.

I.3.3. Les trainards

Dans notre machine CT60 il existe deux trainards qui sont l'un sur l'autre (le trainard vertical qui est placé au-dessus du trainard horizontal). Ils sont constitués de deux moteurs synchrones l'un entraîne l'axe Z et l'autre entraîne l'axe X qui sont gérés par un variateur de vitesse.

I.3.3.1. Le trainard horizontal

L'entraînement de ce trainard (chariot) se fait par un corroi qui fait liaison entre la poulie du moteur et celle de la vis sans fin. Le trainard est en relation avec la noix qui lui est entraînée avec elle en translation (déplacement horizontal), le trainard est posé sur des glissières à l'aide des patins pour la diminution des frottements, Donc c'est la rotation de la vis qui nous donne le déplacement du chariot (trainard).

La vis est engrenée avec un codeur qui nous donne la position exacte de chariot.

I.3.3.2. Le trainard vertical

Le trainard vertical représente un support pour la tourelle porte outils. Le fonctionnement de ce trainard est le même avec le précédent. Ce dernier est posé sur des glissières fixes sur le chariot horizontal à l'aide des patins.

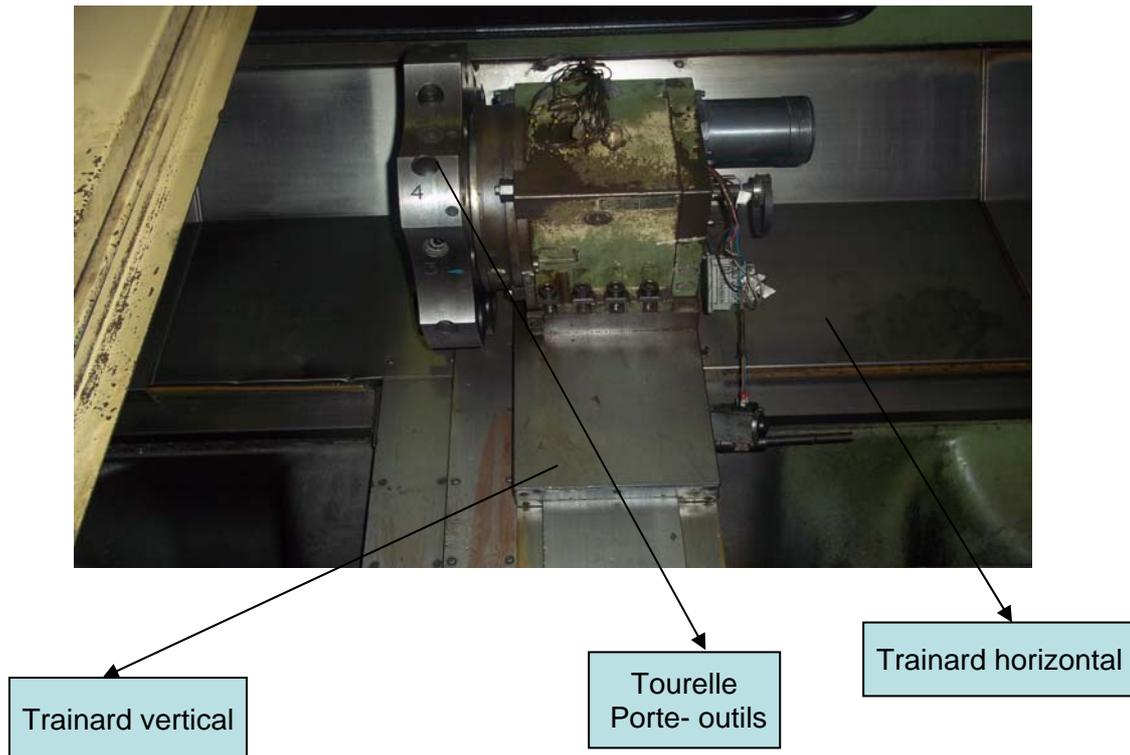


Figure (I-4): Les trainards horizontal et vertical

I.3.4. La contre pointe

La contre pointe est fait pour la fixation des pièces à usiner contre le mandrin. Son fonctionnement est relie à vérin hydraulique double effet, car l'alimentation de la première chambre permis la sortie de la pointe pour la fixation de la pièce.

La contre pointe est fixé sur des glissières qui sont c'elle du trainard horizontal pour la facilité de déplacement et la diminution d'usure.

Le vérin de la contre pointe est alimenté par un distributeur (électrovalve) qui nous permis le blocage de la pointe.

I.3.5. Définition de la commande numérique (CNC 810) [2]

La SINUMERIK 810 T est une commande CNC (commande numérique par calculateur) compacte de contournage pour tours, se prêtant indifféremment à la programmation assistée par ordinateur et à la programmation par introduction manuelle des données.

Des composants électroniques à haute densité d'intégration et des méthodes de fabrication modernes ont permis de construire une unité compacte, de prix modéré, qui s'intègre facilement dans la structure de la machine-outil.

L'incorporation de la commande d'adaptation programmable aboutit à un concept global fermé de commande, doué d'une grande souplesse d'adaptation aux différentes machines-outils.

I.3.5.1. Visualisations sur l'écran

Ecran « 9 » monochrome, vert, avec 17 lignes de 41 caractères

- Hauteur des caractères : 5mm ou 10mm (valeur réelles)
- Largeur des caractères : 4mm ou 8mm (valeurs réelles)
- Surface de visualisation : 165mm*130mm

Visualisation de toutes les informations actuelles :

- Informations complètes du bloc en cours d'exécution ainsi que du bloc précédent et
- du bloc suivant
- Valeur réelle de position, différence valeur de consigne-valeur réelle, vitesse
- d'avance et vitesse de broche actuelles
- Fonction G actuelles
- Numéro de programme principal, numéro de sous-programme
- Visualisation de la totalité des données introduites, des programmes utilisateurs,
- des données utilisateurs, des paramètres machine etc.
- Messages d'alarmes CN en clair
- Menus des touches soft de fonction

Toutes les expressions visualisées en clair sont en anglais mais peuvent également être affichées en allemand en français, en italien ou en espagnol.

I.3.5.2. Ecran disponible pour l'utilisateur

En plus des informations standards de la CN, l'écran du pupitre de commande permet la visualisation d'informations spécifiques de l'utilisateur. Ce dernier dispose à cet effet de la 2^{ème} ligne complète.

L'utilisateur peut visualiser :

- Les signalisations de défauts et d'états de l'AP
- textes sont stockés en mémoire CN.

I.3.5.3. visualisation des valeurs réelles

Valeurs des positions réelles de tous les axes. Axes x, au choix comme valeur de diamètre ou de rayon.

I.3.5.4. Signalisation d'états de fonctionnement

5 LED pour l'affichage des modes et états importants de fonctionnement.



Figure (I-5) : Le pupitre alphanumérique

I.4. Les opérations réalisées dans le tournage

Il existe différentes opérations de tournage qui peuvent être classées en deux catégories:

- Tournage extérieur
- Tournage intérieur

I.4.1. Tournage extérieur

Lorsque l'outil usine seulement la surface extérieure de la pièce, on parle de tournage extérieur. Sur la figure (I.9.1), sont représentées les principales opérations de tournage extérieur (dressage, chariotage, tronçonnage...). En rouge apparaissent les parties usinées par l'outil coupant.

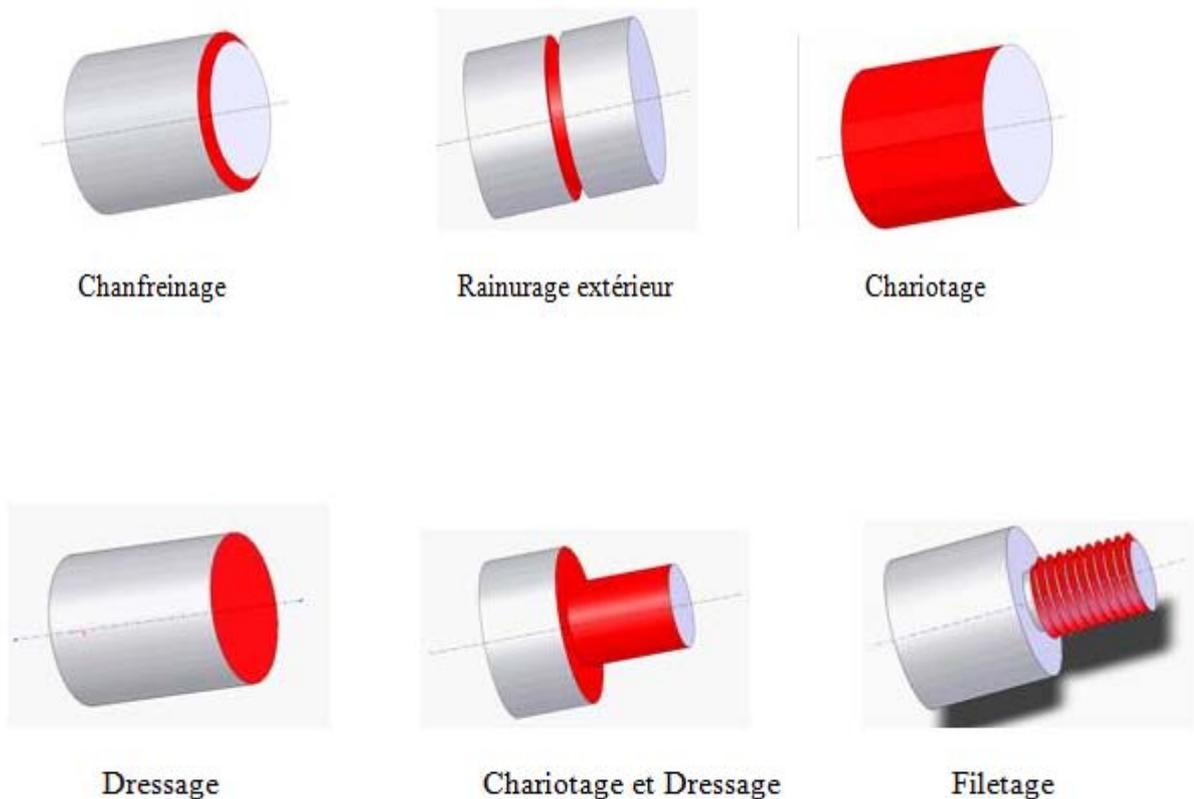


Figure (I-6) : Principales opérations du tournage extérieur

I.4.2. Tournage intérieur

Lorsque l'outil usine l'intérieur de la pièce, on parle de tournage intérieur. Contrairement au tournage extérieur, l'outil est alors placé au bout de la pièce (voir figure (I.9)).

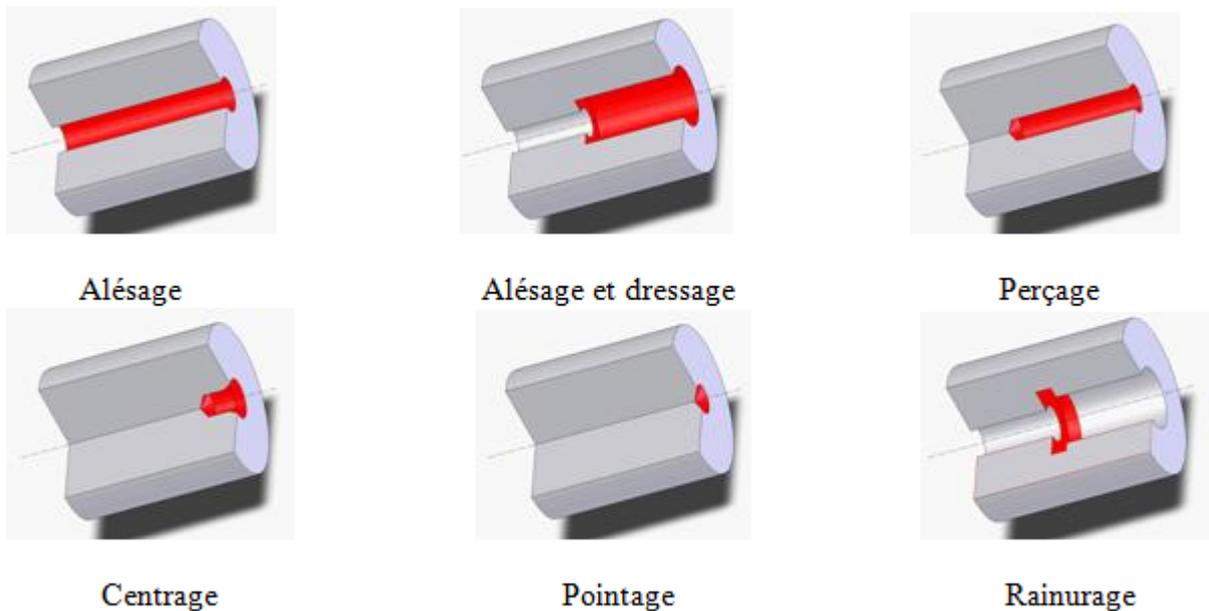


Figure (I-7) : Principales opérations du tournage intérieur

I.4.3. Pièce usiné dans le tour CT60 (GUILDMESTER)

La fonction du tour CT 60 dans la S.N.V.I (Société National des Véhicules Industriels) est spécialisée uniquement pour la fabrication de coquille (droit et gauche), tout type d'arbre, demi-caractère (rondelle), les supports roulants, les bouchons, la trompette.

Des exemples de pièces, et leurs désignations sont donnés comme suit :

- La coquille gauche 191 428
- La coquille droite 191 429

- L'ensemble 191 427
- Les arbres 190 917
- Les rondelles 191 519
- Les bouchons 192 494
- La trompette pour M1 50 500 91(mini camion), M2 185 002 91(moyen camion), M3 189 930 91(semi camion)

I.5. Principe de fonctionnement de la machine

Le tour CNC est équipé d'une commande numérique qui pilote la machine en suivant un programme réalisé manuellement ou automatiquement. La structure d'un tour CNC est plus complexe et dépend de la configuration de la machine.

La pièce à usiner est placée dans le mandrin et serrée par l'intermédiaire des mors, Un moteur permet la mise en rotation du mandrin fixé sur la broche qui se trouve à l'intérieur du tour CNC. Les outils coupant, sont positionnés dans un porte-outil sachant que le porte-outil peut tenir 12 outils à la fois. Le porte-outil est mis en place sur une tourelle porte-outils. Le chariot transversal et le longitudinal assurent ainsi les mouvements de l'outil par des moteurs d'avance.

La contrepointe permet de réaliser des opérations de pointage, centrage, perçage et alésage en bout de pièce.

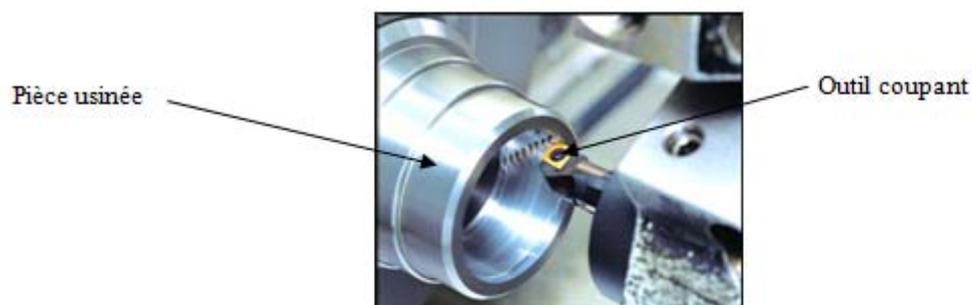


Figure (I-8) : Opération du tournage intérieur

II.1. Introduction

Pour démarrer les moteurs électriques et contrôler leur vitesse, les démarreurs rhéostatiques, les variateurs mécaniques et les groupes tournants (Ward Leonard en particulier) ont été les premières solutions ; puis les démarreurs et variateurs électroniques se sont imposés dans l'industrie comme la solution moderne, économique, fiable et sans entretien.

Un variateur ou un démarreur électronique 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 progressives, ils permettent une adaptation précise de la vitesse aux conditions d'exploitation. Les variateurs de vitesse sont du type redresseur contrôlé pour alimenter les moteurs à courant continu, et ceux qui sont 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.

Grace aux progrès de l'électronique de puissance et de la microélectronique ont permis la réalisation de convertisseurs de fréquence fiables, et économiques. Les convertisseurs de fréquence, ouvrant la voie de la vitesse variable aux machines alternatives.

La technique MLI (Modulation de Largeur d'Impulsions) ou PWM (Pulse Width Modulation) joue le rôle d'interface entre la partie commande d'un variateur de vitesse et la machine électrique associée.

Cette fonction agit sur l'onduleur de tension (ou de courant) de la partie puissance du variateur et joue un rôle essentiel avec des conséquences modernes qui permettent l'alimentation des moteurs alternatifs avec des performances analogues aux meilleurs variateurs de vitesse à courant continu.

Dans ce chapitre nous allons étudier les différents types de moteurs et les variateurs de vitesse .

II.2. Différents types des moteurs : [6]

Les critères de choix d'un moteur électrique pour une application particulière sont : la ou les vitesses de fonctionnement, la puissance nécessaire et le type d'alimentation réseau, disponible, tandis que sa technologie dépendra de l'environnement d'installation et des moyens de refroidissement disponibles.

On distingue deux grandes classes de moteurs électriques : les moteurs à courant continu (MCC) et les moteurs à courant alternatif (AC).

II.2.1. Moteur à courant continue

Un moteur à courant continu (cc) est une machine électrique. Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique. Elle est aussi appelée dynamo.

- En fonctionnement moteur, l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.
- En fonctionnement générateur, l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique. La machine se comporte comme un frein.

II.2.1.1. Constitution du moteur à courant continu

La machine comporte deux parties principales :

- Une partie fixe : le STATOR qui porte l'inducteur
- Une partie mobile : le ROTOR qui porte l'induit

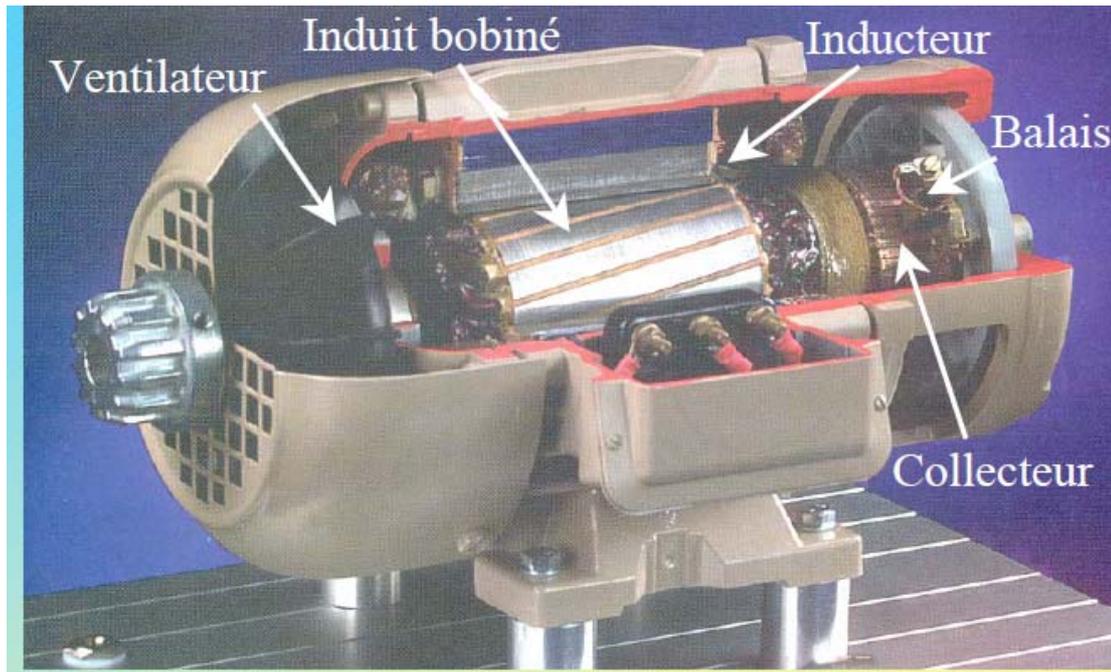


Figure (II-1) : Constitution du moteur à courant continu

II.2.1.2. Principe de fonctionnement du moteur CC

Le fonctionnement du moteur CC à aimants permanents est le cas le plus utilisé, le flux créé par des aimants permanents est constant. Le couple ne dépend plus que du flux rotorique et donc de l'intensité du courant dans les bobines. Le contrôle de ce type de moteur est très simple, car les relations qui décrivent son comportement sont linéaires et il suffit d'inverser la polarité de l'alimentation pour inverser le sens de rotation. On a alors les relations suivantes :

$$U = E' + R.I \quad (\text{II-1})$$

$$E' = K.n.\phi \quad (\text{II-2})$$

$$n = (U - R.I) / K.\phi \quad (\text{II-3})$$

$$T = k.\phi.I \quad (\text{II-4})$$

Avec :

E' : force contre-électromotrice (V)

U : tension d'alimentation de l'induit (V)

R : résistance de l'induit (Ω)

I : courant absorbé par l'induit (A)

ϕ : flux créé par l'inducteur (Webers)

T : couple moteur (Nm)

K :est une constante de fabrication du moteur

II.2.1.3.Inconvénients du moteur à courant continu

- **Contact entre le collecteur et les balais**

Le problème principal de ce type de moteur est le collecteur, en effet pour assurer un bon contact entre les balais et le collecteur, la pression de contact entre les deux doit être importante surtout à des vitesses élevées. De plus, les ruptures de contact au collecteur peuvent provoquer des arcs électriques à chaque commutation. À cause de la pression et de ces arcs, les balais vont avoir une durée de vie limitée, et les arcs peuvent créer des parasites dans le circuit d'alimentation et par rayonnement électromagnétique.

- **Le frettage**

Si le moteur tourne à une vitesse trop élevée, la force centrifuge peut endommager le système de fixation des bobinages du rotor. Pour remédier à ces problèmes cités plus haut, on utilise des servomoteurs synchrones.

- **Frottement des balais**

Il y a aussi des problèmes de perturbation électrique, frottement des balais (crachement) peuvent aussi être la cause d'échauffement excessif.

- **Blocage mécanique**

A coté des coincements sur mentionnés, des perturbations mécaniques peuvent être causées principalement par des paliers défectueux échauffement de pièces bagues et galet.

II.2.2. Moteur synchrone

Il existe deux types de moteurs à courant alternatif : les moteurs synchrones et les moteurs asynchrones. Nous, nous allons nous intéresser sur le moteur synchrone.

Le terme de moteur synchrone regroupe toutes les machines dont la vitesse de rotation de l'arbre de sortie est égale à la vitesse de rotation du champ tournant. Pour obtenir un tel fonctionnement, le champ magnétique rotorique est généré soit par des aimants, soit par un circuit d'excitation. La position du champ magnétique rotorique est alors fixe par rapport au rotor, ce qui impose en fonctionnement normal une vitesse de rotation identique entre le rotor et le champ tournant statorique.

.II.2.2.1. Différents types de moteurs synchrones [5]

On trouve, dans la grande majorité des applications à vitesses variables, trois catégories des moteurs synchrones:

- Les moteurs synchrones à rotors bobinés.
- Moteurs synchrones à aimants permanents (brushless ou bien servomoteur)
- Les moteurs synchrones à réluctances variables.

De nombreux constructeurs proposent aujourd'hui des variateurs utilisant ces principes de commande.

La machine à courant alternatif la plus utilisée dans l'industrie pour les applications du type servomoteur (robotique, machines outils etc.), c'est une machine synchrone à aimants permanents. Elle présente un couple massique important et un bon rendement par rapport aux autres types de machines. Son mode de contrôle est simple car le repère de commande est directement lié au rotor. Dans notre cas nous allons nous intéresser sur cette machine.

II.2.3. Fonctionnement du moteur synchrone à aimants permanents (servomoteur 1FT 6): [11]

Les servomoteurs triphasés 1FT6 sont des moteurs synchrones à excitation permanent particulièrement compacts, Ils ont été spécialement développés pour fonctionner avec le convertisseur de fréquence numérique SIMODRIVE 611(voire le chapitre III), sous une tension de circuit intermédiaire 600V.

La régulation totalement numérique du convertisseur de fréquence SIMODRIVE 611 et la nouvelle technologie des capteurs incorporés aux servomoteurs 1 FT6 satisfait aux exigences les plus sévères en matière de dynamique de plage variation de vitesse, de régularité de rotation et de précision de positionnement.

Les servomoteurs sont conçus pour fonctionner sans ventilation externe:

La chaleur dissipée est évacuée par la surface de la carcasse. Le concept du servomoteur sans balais à excitation par aimants permanents se présente ici avec tous les avantages, Grâce à la bonne conductivité thermique de l'ensemble stator et carcasse, la chaleur est dissipée uniquement dans l'enroulement et le paquet de tôles du stator, sans être évacuée directement.

II.2.3.1. Champ d'application

On utilise des servomoteurs 1FT6 dans :

- Petites machines outils compacts.
- Machines de production performante.
- Machines spéciales de très haute précision.

II.2.3.2. Schéma électrique équivalent [6]

Le champ tournant statorique tourne à $\omega_s = 2\pi f_s$ avec f_s fréquence d'alimentation du stator.

Chapitre II Etude de fonctionnement du système variateur-moteur

Le champ tournant rotorique tourne à $\omega = 2\pi n.p$ avec n fréquences de rotation (mécanique) du rotor. Pour que cette machine fonctionne, il faut synchronisme des champs.

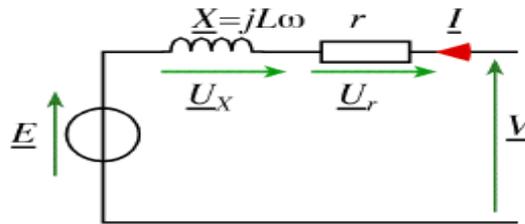


Figure (II-2) : Schéma électrique équivalent

D

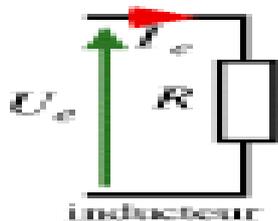
u moteur synchrone

E : F.é.m. à vide (V)

V : Tension aux bornes d'un enroulement de la machine (V)

R : Résistance de l'enroulement (Ω)

X : Réactance synchrone (Ω)



Toute l'énergie absorbée à l'inducteur est perdue par effet joule :

$$P_{a_{\text{inducteur}}} = P_{j_{\text{inducteur}}} \quad (\text{II-5})$$

Loi des mailles avec les grandeurs instantanées :

$$E = U_x + U_r + V \quad (\text{II-6})$$

Soit:

$$E = V + L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot I \quad (\text{II-7})$$

Loi des mailles avec les grandeurs vectorielles :

Chapitre II Etude de fonctionnement du système variateur-moteur

$$E = V + U_x + U_r \quad (\text{II-8})$$

avec :

$$V (V, j) ; U_x (L\omega I, +p / 2) ; U_r (rI, 0) \quad (\text{II-9})$$

Loi des mailles avec les grandeurs complexes :

$$E = V + jL\omega I + RI \quad (\text{II-10})$$

$$P_u = T_u * \omega_s \quad (\text{II-11})$$

$P =$

Avec ;

P_a : puissance absorber.

P_u : puissance utile.

II.2.3.3. Constitution du moteur synchrone à aimants permanents (servomoteur) [4]

Les servomoteurs sont constitués de 3 éléments principaux qui sont:

- **Une partie fixe : Le stator**

Muni de 3 groupes de bobine, appelées les trois phases du moteur. Ces bobine fonctionnent comme des électro-aimants et permettent de générer diverses orientations de champs magnétiques régulièrement réparties autour de l'axe central de moteur.

- **Une partie tournante : Le rotor**

Muni d'aimants vont en permanence l'aiguille d'une boussole, Ces aimants vont en permanence entrainer le rotor pour tenter de s'aligner sur le champ magnétique du stator. Pour une durée de vie optimale du moteur, le rotor est monté sur des roulements à billes.

- Capteur à effet hall

Se moteur contient 3 capteurs magnétiques à "effet hall". Ces capteurs permettent de connaître à chaque instant la position des aimants du rotor.

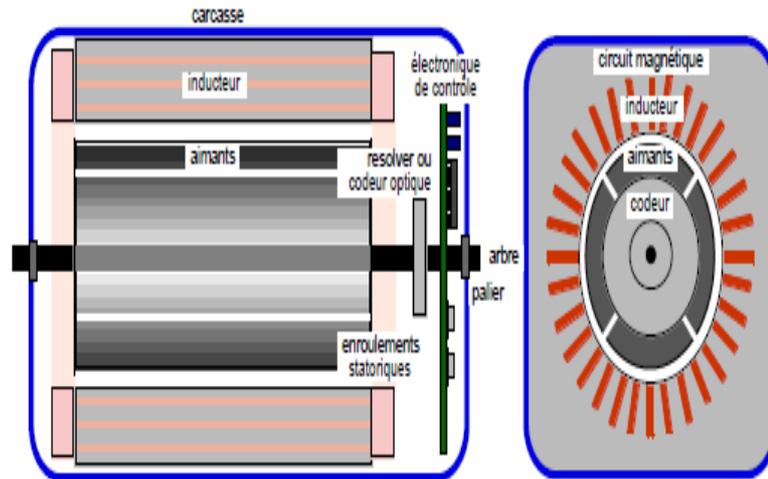


Figure (II-3) : Schéma simplifié du servomoteur (Brushless)

II.2.4. Définition des différents capteurs du moteur : [3]

II.2.4.1. Définition de la tachymétrie

La tachymétrie (génératrice) c'est un capteur de vitesse voir fig. (II-4). Elle délivre une tension proportionnelle à sa vitesse de rotation. Son principal domaine d'application se situe dans la régulation de vitesse d'un moteur électrique.

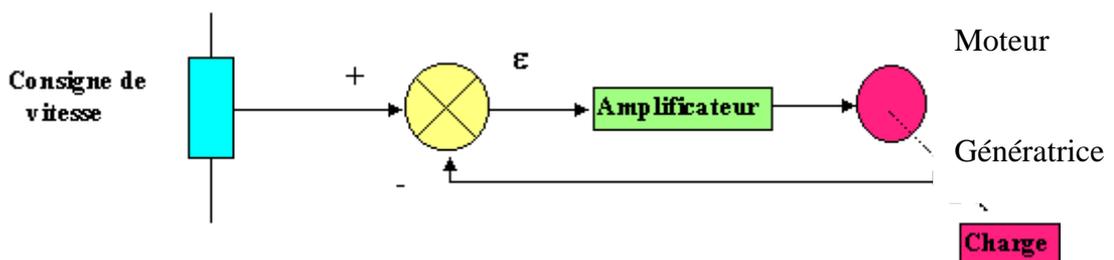


Figure (II-4) : Boucle de vitesse

II.2.4.2. Définition du codeur : [16]

C'est un capteur de position angulaire, lié mécaniquement à un arbre qui l'entraîne, son axe fait tourner un disque qui lui est solidaire. Le disque comporte une succession de parties opaques et transparentes.

- Une lumière émise par des Diodes Electro-Luminescentes (DEL), traverse les fentes de ce disque créant sur les photodiodes réceptrices un signal analogique ().
- Electroniquement ce signal est amplifié puis converti en signal carré (), qui est alors transmis à un système de traitement.

Un codeur est donc composé de trois parties :

- Axe codeur (mécanique)
- Disque gradué (optique)
- Lecture et signaux de sortie (électronique)



Figure (II-5) : Photo d'un codeur optique

II.2.4.3. Les différents types de codeurs

Il existe deux types de codeurs optiques : « incrémental » et « absolu ». Voir l'annexe.

- **Codeur incrémental**

Le codeur incrémental est surtout utilisé dans les systèmes dont le traitement de l'information est entièrement numérique. Ses impulsions sont comptabilisées de façon à donner une information concernant la position (nombre d'impulsions délivrées depuis une position d'origine) ou /et une information concernant la vitesse (nombre d'impulsions par unité de temps). Dans ce dernier cas, il évite l'emploi d'une génératrice tachymétrique (il est cependant peu précis aux très basses fréquences de rotation).



Figure (II.6) : Photo d'un codeur incrémental

- **Codeur absolu [16]**

Ce concept a été développé pour pallier les contraintes générées par le codeur incrémental (voir l'annexe) :

- Sensibilité aux coupures du réseau ; tous les segments étant d'égalles longueurs et représentés de la même manière par les signaux A et B, chaque coupeur du courant fait perdre la position réelle du mobile. Il faut alors procéder à la réinitialisation. Ce temps de réinitialisation peut être pénalisant pour certaines applications.
- Sensibilité aux parasites en ligne.

II.3. Association onduleur MLI / servomoteur (Brushless) [5]

L'onduleur MLI alimente la MS (Machine Synchrone) qui entraîne un capteur de position. Le capteur de position va par l'intermédiaire d'une mémoire déclencher 3 sinusoïdes prés programmées formant un système 3~ équilibré direct. Ces sinusoïdes de référence attaquent un multiplieur. Chacune sera multipliée par I_{ref} qui est l'amplitude de référence du courant statorique. On compare ces 3 consignes aux valeurs réelles. Les signaux issus du comparateur sont régulés puis traités pour commander l'onduleur MLI.

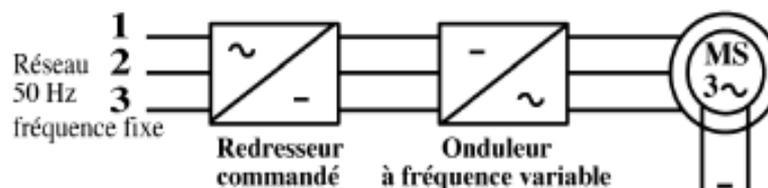


Figure (II-6) : Association onduleur MLI / servomoteur

II.4. Variation de vitesse [15]

Un variateur de vitesse est un dispositif électronique permettant la commande de la vitesse d'un moteur. Son schéma de principe est donné par la figure (II.9).

Le variateur de vitesse remplit plusieurs fonctions nécessaires, dont :

- l'accélération contrôlée,
- la décélération contrôlée,
- la variation et la régulation de vitesse,
- l'inversion du sens de marche,
- le freinage d'arrêt.

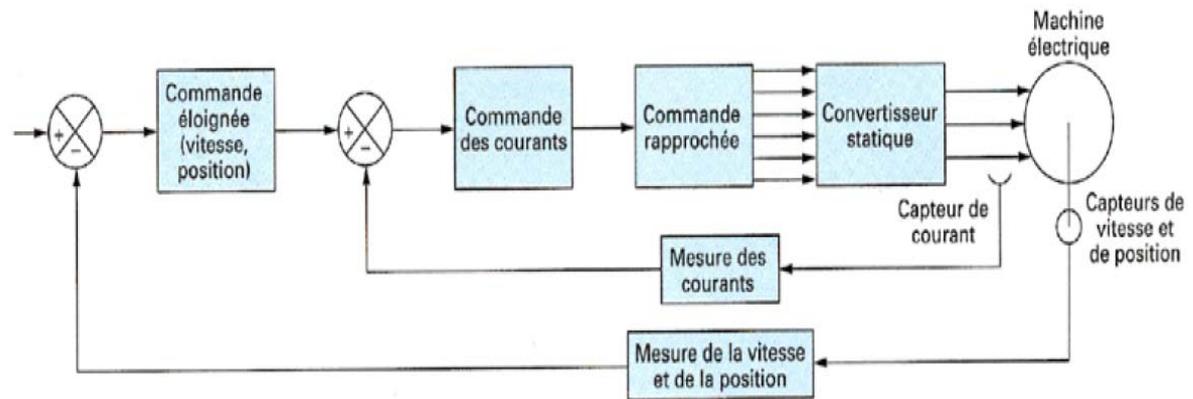


Figure (II-9) : Schéma général d'un variateur de vitesse

II.4.1. Structure et composants des variateurs électroniques

II.4.1.1. Structure des variateurs

les variateurs de vitesse électroniques sont composés de deux modules, généralement regroupés dans une même carte voir (figure (II-11)) :

- Un module de contrôle qui gère le fonctionnement de l'appareil,
- Un module de puissance qui alimente le moteur en énergie électrique.

a) Module de contrôle

Sur les variateurs modernes, toutes les fonctions sont commandées par un microprocesseur qui exploite les réglages, les ordres transmis par un opérateur ou par une unité de traitement, et les résultats de mesures comme la vitesse, le courant, etc.

Les capacités de calcul des microprocesseurs ainsi que des circuits dédiés (ASIC) ont permis de réaliser des algorithmes de commandes extrêmement performants et, en particulier, la reconnaissance des paramètres de la machine entraînée.

A partir de ces informations, le microprocesseur gère les rampes d'accélération et de décélération, l'asservissement de vitesse, la limitation de courant, et génère la commande des composants de puissance.

Les protections et les sécurités sont traitées par des circuits spécialisés (ASIC) ou intégrés dans les modules de puissance (IPM). Les réglages (limites de vitesse, rampes, limitation de courant...) se font soit par claviers intégrés, soit à partir d'automates par des bus de terrain ou de PC pour charger des réglages standard.

De même, les différents ordres (marche, arrêt, freinage...) peuvent être donnés à partir d'interfaces de dialogue homme /machine, par des automates programmables ou par des PC.

Les paramètres de fonctionnement et les informations d'alarme et de défauts peuvent être visualisés par des voyants, des diodes électroluminescentes, des afficheurs à segments ou à cristaux liquides, ou déportés vers des superviseurs par des bus de terrains.

Des relais, souvent programmables, donnent des informations de :

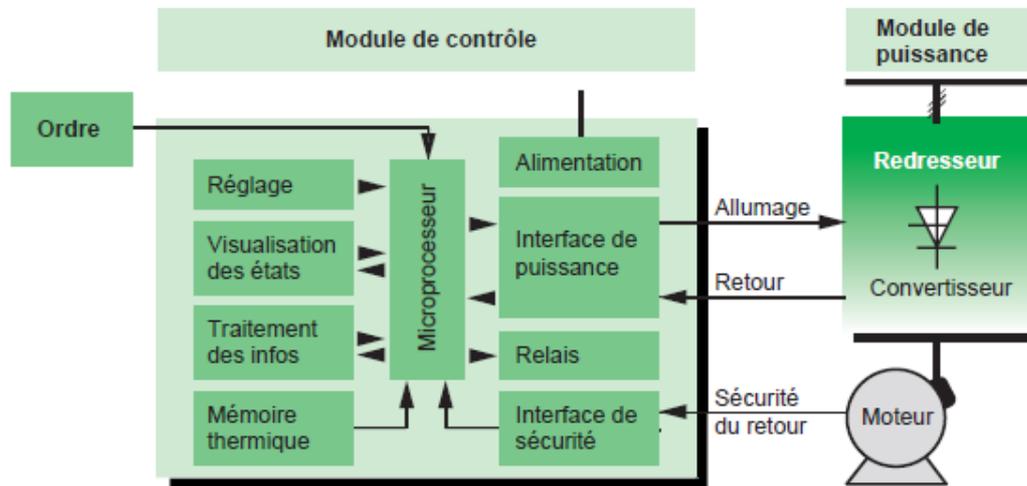
- Défaut (réseau, thermique, produit, séquence, surcharge...),
- Surveillance (seuil de vitesse, pré alarme, fin de démarrage).

Les tensions nécessaires pour l'ensemble des circuits de mesure et de contrôle sont fournies par une alimentation intégrée au variateur et séparée galvaniquement du réseau.

b) Module de puissance

Le module de puissance est principalement constitué de :

- Composants de puissance (diodes, thyristors, IGBT...)
- Interfaces de mesure des tensions et/ou des courants,
- Fréquemment d'un ensemble de ventilation. Voir figure(II-10)



Figure(II-10):Structure générale d'un variateur de vitesse

II.4.1.2. Composants: [6]

Les composants de puissance **figure(II-11)** sont des semi-conducteurs fonctionnant en tout ou rien, donc comparables à des interrupteurs statiques pouvant prendre les deux états : passant ou bloqué.

Ces composants, associés dans un module de puissance, constituent un convertisseur qui alimente, à partir du réseau à tension et fréquence fixes, un moteur électrique sous une tension et / ou une fréquence variable.

Les composants de puissance sont la clef de voûte de la variation de vitesse et les progrès réalisés ces dernières années ont permis la réalisation de variateurs de vitesse économiques.

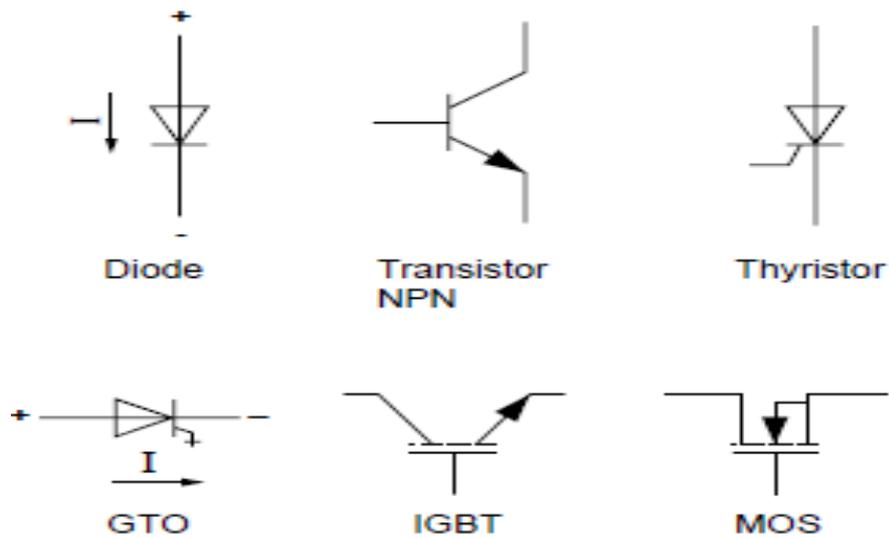


Figure (II-11) : Composants de l'électronique de puissance

- **Diode**

La diode est un élément redresseur non commandable possédant une simple jonction PN. Elle a une tension de seuil de 0.6 à 1v pour les diodes de fortes puissances, elle permet le passage du courant dans un seul sens voir figure (II-12).

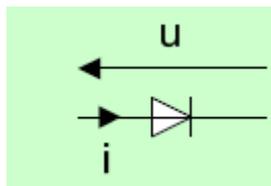
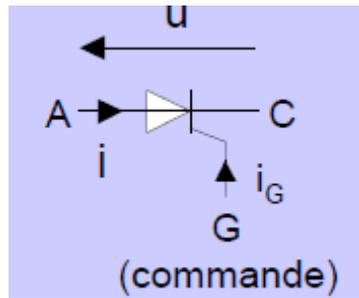


Figure (II-12) : Symbole de la diode

- **Thyristor**

Le thyristor simple est un semi-conducteur unidirectionnel en courant et bidirectionnel en tension commandable à la fermeture. Constitue de quatre PNPN en série, Il possède une électrode de commande (Gâchette G), l'anode A et la cathode K.



Figure(II.13) : Symbole du Thyristor

- **Le thyristor GTO (Gate Turn Off thyristor)**

C'est une variante du thyristor rapide qui présente la particularité de pouvoir être bloqué par sa gâchette. Un courant positif envoyé dans la gâchette ou « gate » entraîne la mise en conduction du semi-conducteur à condition que l'anode soit à une tension plus positive que la cathode. Pour maintenir le GTO conducteur et limiter la chute de tension, le courant de gâchette doit être maintenu. Le blocage s'effectue en inversant la polarité du courant de gâchette. Le GTO est utilisé sur les convertisseurs de très forte puissance, car il est capable de maîtriser les fortes tensions et intensités (jusqu'à 5 000 V et 5 000 A). Cependant, en raison des progrès des IGBT, leur part de marché tend à s'amenuiser.

Le thyristor GTO possède les caractéristiques principales suivantes :

- à l'état passant

Une chute de tension composée d'une tension de seuil et d'une résistance interne,

Un courant de maintien destiné à réduire la chute de tension directe,

Un courant maximum permanent admissible,

Un courant de blocage pour provoquer l'interruption du courant ;

- à l'état bloqué

Des tensions inverse et directe maximales admissibles, souvent dissymétriques comme avec les thyristors rapides et pour les mêmes raisons, un temps de recouvrement qui est le temps minimal pendant lequel le courant d'extinction doit être maintenu sous peine de le voir se réamorcer spontanément, un courant de gâchette permettant l'allumage du composant.

Les GTO peuvent fonctionner à des fréquences de quelques kilohertz.



Figure(II.14): Symbole du Thyristor GTO

- **Les transistors MOSFET**

La structure Métal-Oxyde-Semi-conducteur (MOS) est une structure très répandue en microélectronique et en électronique de puissance car elle constitue une partie fondamentale des Switch.

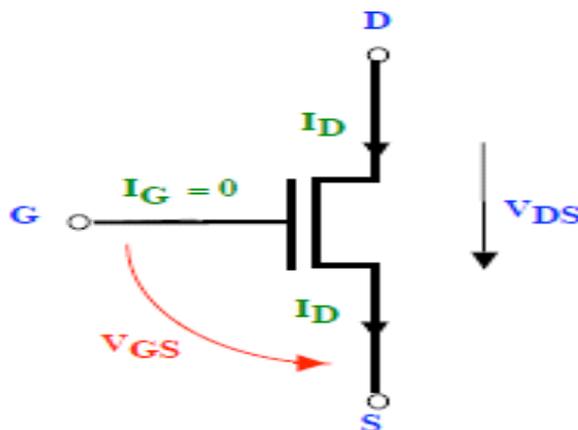


Figure (II.15) : Symbole du MOSFET

Le MOSFET est un dispositif symétrique à diodes polarisées en inverse et souvent une source reliée au substrat. Vu les caractéristiques précédentes ces transistors ont un

principe de fonctionnement bien précis Il apparait un champ électrique entre le Drain et la source ce qu'est due au déplacement des électrons dans le canal

- **Les transistors IGBT**

L'IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) est un transistor bipolaire à porte isolée. Il associe les avantages des transistors bipolaires (tension et courant élevés), et ceux des transistors MOSFET (rapidité des commutations, énergie de commande faible).

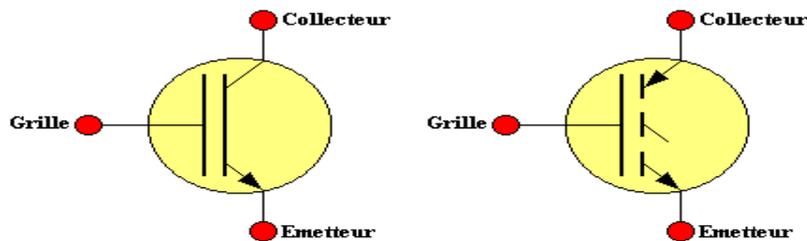


Figure (II-16) Symbole d'un IGBT

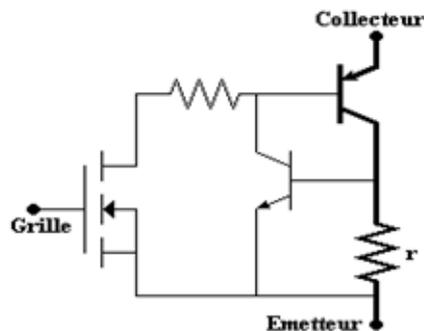


Figure (II.17) : Schéma équivalent d'un IGBT

Le transistor NPN ne conduit normalement pas, la tension aux bornes de la résistance r étant insuffisante. Dans le cas où il entre accidentellement en conduction, il y a perte de contrôle de l'IGBT. En effet, l'association des deux transistors est équivalente à un thyristor. Le blocage ne peut avoir lieu que lorsque le courant principal s'annule. L'IGBT présente l'inconvénient d'un blocage moins rapide que le MOSFET, ce qui limite la fréquence de commutation à quelques dizaines de kHz.

II.4.2. Principe de fonctionnement du variateur de vitesse

II.4.2.1. Variateur de vitesse pour moteur à courant continu (cc)

L'ancêtre des variateurs de vitesse pour moteur à courant continu est le groupe Ward Leonard. Ce groupe, constitué d'un moteur d'entraînement, généralement asynchrone, et d'une génératrice à courant continu à excitation variable,

alimente un ou des moteurs à courant continu.

L'excitation est réglée par un dispositif électromécanique (Amplidyne, Rototrol, Regulex), ou par un système statique (amplificateur magnétique ou régulateur électronique).

Ce dispositif est aujourd'hui totalement abandonné au profit des variateurs de vitesse à semi-conducteurs qui réalisent de manière statique les mêmes opérations avec des performances supérieures.

Les variateurs de vitesse électroniques sont alimentés sous une tension fixe à partir du réseau alternatif et fournissent au moteur une tension continue variable. Un pont de diodes ou un pont à thyristors, en général monophasé, permet l'alimentation du circuit d'excitation. Le circuit de puissance est un redresseur.

La tension à délivrer doit être variable, ce redresseur doit être du type contrôlé, c'est-à-dire comporter des composants de puissance dont la conduction peut être commandée (thyristors).

La variation de la tension de sortie est obtenue en limitant plus ou moins le temps de conduction pendant chaque demipériode.

Plus l'amorçage du thyristor est retardé par rapport au zéro de la demipériode, plus la valeur moyenne de la tension est réduite et, de ce fait, la vitesse du moteur plus faible (rappelons que l'extinction d'un thyristor intervient automatiquement quand le courant passe par zéro).

Pour des variateurs de faible puissance, ou des variateurs alimentés par une batterie d'accumulateurs, le circuit de puissance, parfois constitué de transistors de puissance (hacheur), fait varier la tension continue de sortie en ajustant le temps de conduction.

Ce mode de fonctionnement est dénommé MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion).

La vitesse de rotation du moteur est donnée par l'expression suivante :

$$n = U - R.I / K.\phi \quad (\text{II-11})$$

Avec:

U : tension d'alimentation de l'induit (V)

R : résistance de l'induit (Ω)

I : courant absorbé par l'induit (A)

K et k sont des constantes de fabrication du moteur

ϕ : flux créé par l'inducteur (Webers)

La résistance de l'induit R est très faible, elle peut être négligée ;
on obtient donc:

$$n = U / K.\phi \quad (\text{II-12})$$

II.4.2.2 .Variateur de vitesse pour moteur à courant alternatif

Dans un moteur à courant alternatif, la vitesse mécanique du rotor est liée à la fréquence des courants au stator. Ce lien mathématique rend possible une commande de la vitesse du rotor par la commande de la fréquence du courant au stator.

Chapitre II Etude de fonctionnement du système variateur-moteur

C'est ce que l'on appelle la condition de synchronisme qui s'exprime différemment selon que l'on considère une machine synchrone ou une machine asynchrone. Pour une machine synchrone, la condition de synchronisme est :

$$N_s = (60 \cdot F) / P \quad (\text{II-13})$$

Avec :

N_s : la vitesse de synchronisme en tours par minute

F : la fréquence d'alimentation en hertz

P : le nombre de paires de pôles

Pour une machine asynchrone, la condition de synchronisme est :

$$g = ((N_s - N) / N_s) \cdot 100 \quad (\text{II-14})$$

Avec :

g : le glissement donné en %

N_s : la vitesse de synchronisme en tours par minute

N : la vitesse de l'arbre (vitesse réelle) en tours par minute

Ainsi, il existe une relation directe entre le pilotage de la fréquence du courant au stator et la vitesse mécanique du rotor qui permet, pour toute vitesse mécanique souhaitée, de fixer la fréquence statorique correspondante.

C'est sur ce principe que se base le fonctionnement du variateur de vitesse commander une vitesse de rotation mécanique en commandant la fréquence du courant statorique.

II.4.3. Constitution d'un variateur de vitesse [6]

Le circuit de puissance est constitué d'un redresseur et un onduleur qui, à partir de la tension redressée, produit une tension d'amplitude et fréquence variables, un filtre « réseau » est placé en amont du pont redresseur (fig(II-18)).

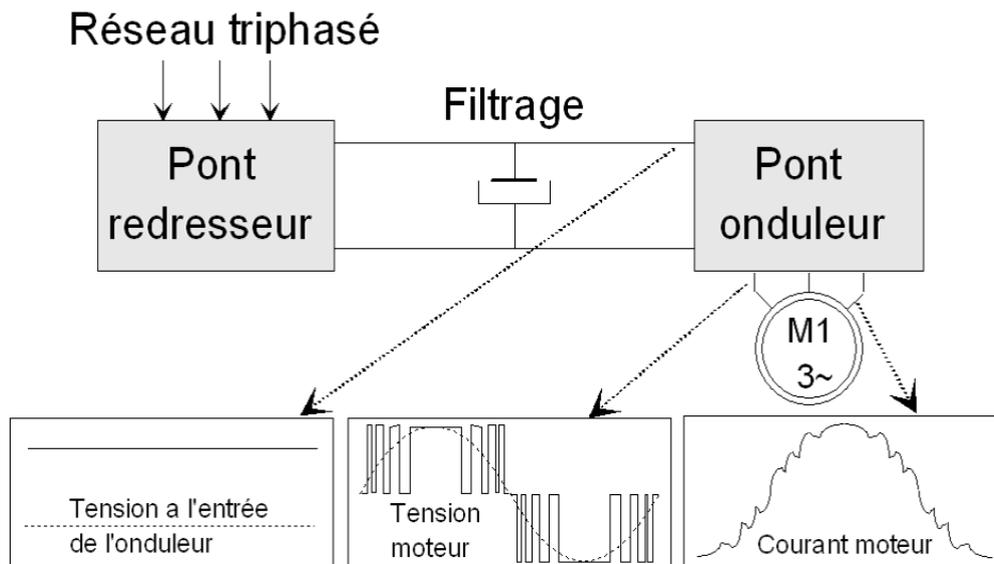


Figure (II-18) : Schéma de principe d'un convertisseur de fréquence

- **Redresseur**

Le redresseur est en général équipé d'un pont redresseur à diodes et d'un circuit de filtrage. Il est constitué d'un ou plusieurs condensateurs en fonction de la puissance. Un circuit de limitation contrôle l'intensité à la mise sous tension du variateur. Certains convertisseurs utilisent un pont à thyristors pour limiter le courant d'appel de ces condensateurs de filtrage qui sont chargés à une valeur sensiblement égale à la valeur crête de la sinusoïde réseau (environ 560 V en 400 V triphasé).

- **Filtrage**

Consiste à atténuer ou éliminer les phénomènes d'ondulation de la tension en sortie du redresseur.

- **Récupération [7]**

Lors du freinage, l'inertie entraîne le rotor. Le moteur ne ralentit pas immédiatement, il se transforme alors en génératrice asynchrone. On dit aussi qu'il passe en fonctionnement hyper synchrone de faite que vitesse de rotation de moteur est supérieure a la fréquence de synchronisme. L'énergie ainsi récupérée est stockée dans le condensateur de filtrage et dissipé dans une résistance de dissipation.

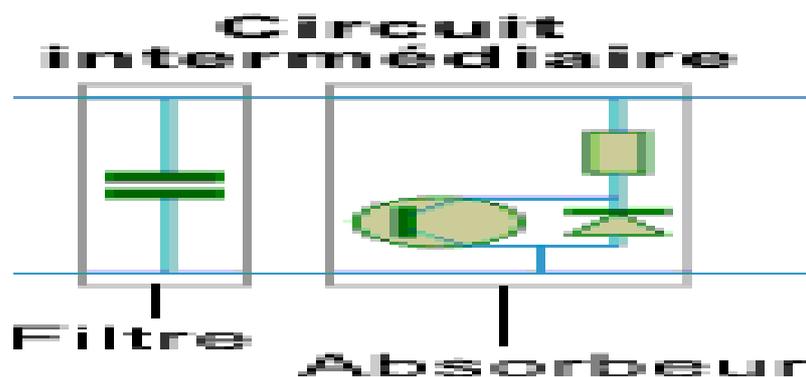


Figure (II-19) : Circuit de récupération

- **L'onduleur [6]**

Le pont onduleur, connecté à ces condensateurs, utilise six semiconducteurs de puissance (en général des IGBT) et des diodes de roue libre associées voir fig(II-20). Ce type de variateur est destiné à l'alimentation des moteurs alternatifs. Ainsi que les variateurs de type SIMODRIVE , permet de créer un mini-réseau électrique à tension et fréquence variables capable d'alimenter un moteur unique ou plusieurs moteurs en parallèle. Il comporte :

- Un redresseur avec condensateurs de filtrage,
- Un onduleur à 6 IGBT et 6 diodes,
- Un hacheur qui est connecté à une résistance de freinage (en général extérieure au produit),
- les circuits de commande des transistors IGBT,
- une unité de contrôle organisée autour d'un microprocesseur, lequel assure la

commande de l'onduleur,

- des capteurs internes pour mesurer le courant moteur, la tension continue présente aux bornes des condensateurs et dans certains cas les tensions présentes aux bornes du pont redresseur et du moteur ainsi que toutes les grandeurs nécessaires au contrôle et à la protection de l'ensemble moto-variateur.

- Une alimentation pour les circuits électroniques bas niveau. Cette alimentation est réalisée par un circuit à découpage connecté aux bornes des condensateurs de filtrage pour bénéficier de cette réserve d'énergie. Cette disposition permet aux variateurs de s'affranchir des fluctuations réseau et des disparitions de tension de courte durée, ce qui lui confère de remarquables performances en présence de réseaux fortement perturbés.

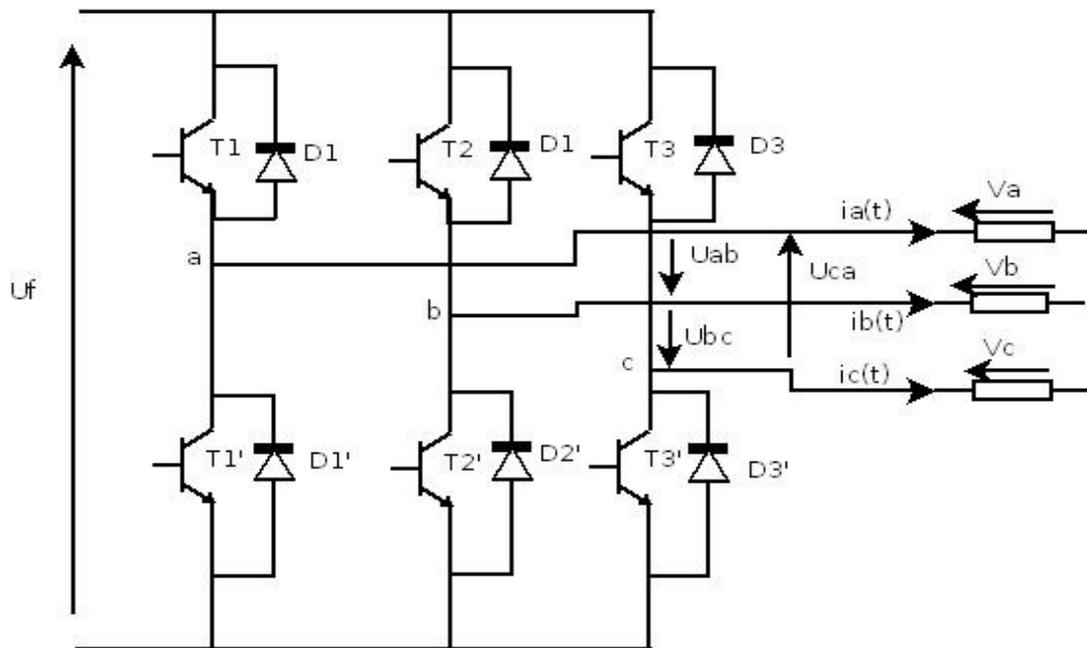


Figure (II-20) : Onduleur triphasé

V_a, V_b, V_c : les tensions simples délivrées par l'onduleur.

U_{ab}, U_{bc}, U_{ca} : les tensions composées par l'onduleur.

$$U_{ab} = V_a - V_b \tag{II-15}$$

$$U_{bc} = V_b - V_c \tag{II-16}$$

$$U_{ca} = V_c - V_a \tag{II-17}$$

Ou les tensions simples ont données par :

$$V_a = (U_{ab} - U_{ca}) \tag{II-18}$$

$$V_b = (U_{bc} - U_{ab}) \tag{II-19}$$

$$V_c = (U_{ca} - U_{bc}) \tag{II-20}$$

II.5. Modélisation de l'onduleur MLI

Pour ce faire, nous allons étudier le modèle d'un seul bras de l'onduleur, puis on va généraliser l'ensemble.

II.5.1. L'utilisation de l'onduleur [6]

Le couple transistor-diode est appelé interrupteur. Des interrupteurs de ce fait, onduleur est donc formé de six interrupteurs qui fonctionnent deux à deux. Les commutations doivent se faire lorsque le rotor passe par une position bien déterminé par rapport au stator. Il ne faut pas que les commutations se fassent trop rapidement (ou trop lentement). La commutation deux à deux de ces interrupteurs permet d'alimenter deux Bobines à la fois. La troisième bobine à un potentiel flottant, et ces interrupteurs dans notre variateur se fera a travers une commande PWM communément appelé en anglais (Pulse Width Modulation).

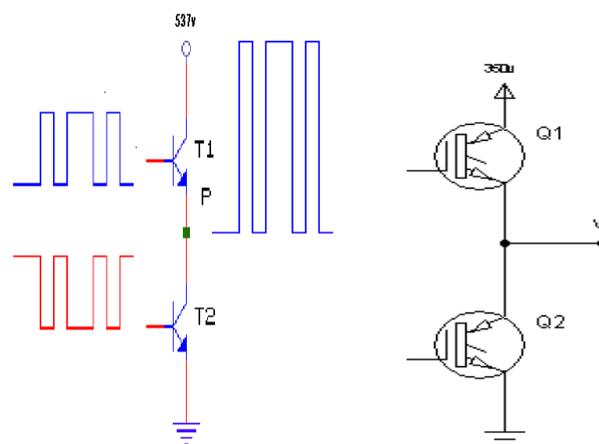


Figure (II-21) : Principe de fonctionnement d'un demi - bras d'un pont

II.5.2. Les différentes stratégies de commande de l'onduleur [8]

Les différentes stratégies de commande de l'onduleur à trois niveaux peuvent être classées comme suit :

- Commande à pleine onde
- Commande à modulation de largeurs d'impulsions (MLI).
- La modulation vectorielle.

Dans notre cas on a choisi la commande à modulation de largeur d'impulsions MLI sinusoïdale, la MLI sinusoïdale consiste alors à former chaque alternance de la tension de sortie d'une succession de créneaux de largeur convenable, en adaptant une fréquence de commutation supérieure à celle des grandeurs de sortie de l'onduleur elle permet de faire varier la valeur du fondamental de la tension de sortie.

II.5.3. La commande MLI [8]

La PWM (pulse width modulation) ou MLI (Modulation de largeur d'impulsion) est un signal auquel on fait varier la tension sans modifier ni l'amplitude ni la fréquence mais la largeur de l'impulsion.

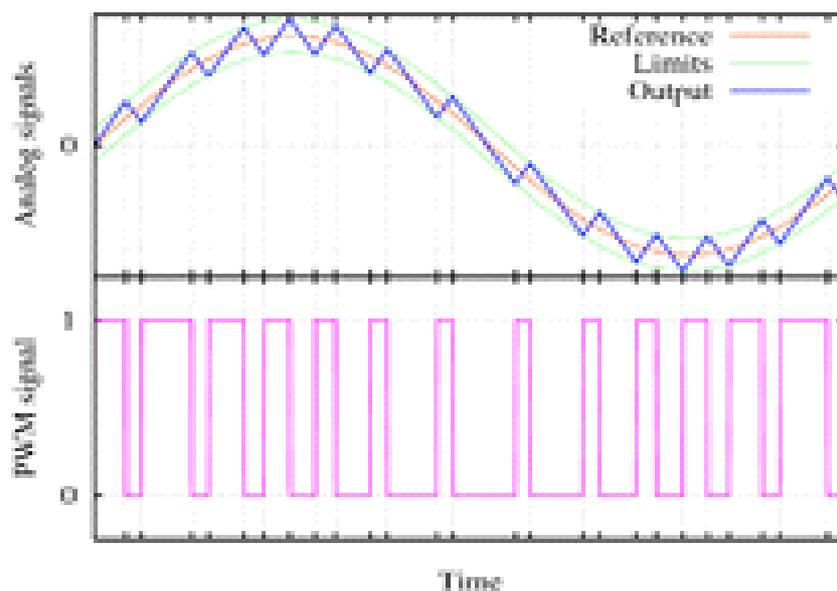


Figure (II-22) : Schéma d'un signal PWM

L'intérêt de la MLI est de pouvoir générer un signal continu à partir d'un système fonctionnant en tout ou rien.

On l'a trouve dans :

- La conversion numérique- analogique
- Les amplificateurs de classe D, en audio
- Les alimentations à découpage, variateur de vitesse et plus généralement tous les dispositifs d'électronique de puissance utilisant des composants de type MOSFET IGBT et GTO.

II.5.4.Principe de la MLI

Le principe est de générer un signal logique (valant 0 ou 1), à fréquence fixe mais dont le rapport cyclique est contrôlé numériquement. La moyenne du signal de sortie est égale au rapport cyclique.

$$T = 1 / F \quad (\text{II-21})$$

Les caractéristiques de la modulation sinusoïdale sont :

- L'indice de modulation m qui est égale au rapport de la fréquence f_p de porteuse à la fréquence f_r de la référence :

$$m = f_p / f_r \quad (\text{II-22})$$

- Le coefficient de réglage en tension r qui est égale au rapport de l'amplitude V_M de la référence a tension crête U_{PMr} de la porteuse :

$$r = V_M / U_{PMr} \quad (\text{II-23})$$

II. 5.5. La commande MLI d'un bras

La commande triangulo-sinusoïdale de bras consiste à utiliser les intersections d'une onde de référence ou modulante, généralement sinusoïdale, avec une ou plusieurs porteuses ondes de modulation ou porteuses, généralement triangulaire ou en dents de scie,

unipolaires ou bipolaires, cette technique exige une commande séparée pour chaque phase de l'onduleur. La détermination des instants d'ouverture et de fermeture des interrupteurs est réalisée en temps réel, par une électronique de commande analogique ou numérique ou par fois hybride. [9]

La figure ci-dessous illustre le principe de base de cette technique

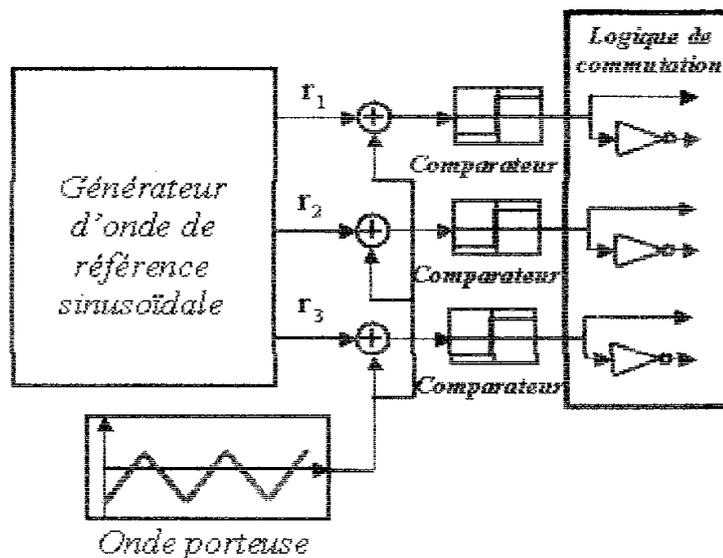


Figure (II-23) : Schéma de principe de la technique triangulo-sinusoidale

Résultat de simulation de l'onduleur sous MATLAB

On adapte une alimentation du moteur par onduleur triphase commande par la stratégie triangulo-sinusoidale a une porteuse.

Les résultats de simulation de l'association du moteur alimenté par un onduleur commandé par la stratégie MLI triangulo-sinusoidale.

Les figures ci-dessous présentent l'évolution du couple électromagnétique, Et des courants des enroulements.

Le couples électromagnétique varie d'une façon brusque au démarrage de la machine, en suite se stabilise en régime permanent.

Nous simulons sous MATLAB le démarrage du moteur synchrone alimenté par la cascade-onduleur MLI alimentée par le redresseur triphasé pour varier la fréquence: les trois courants des enroulements de chaque réseau ; la vitesse de rotation et les couples électromagnétiques.

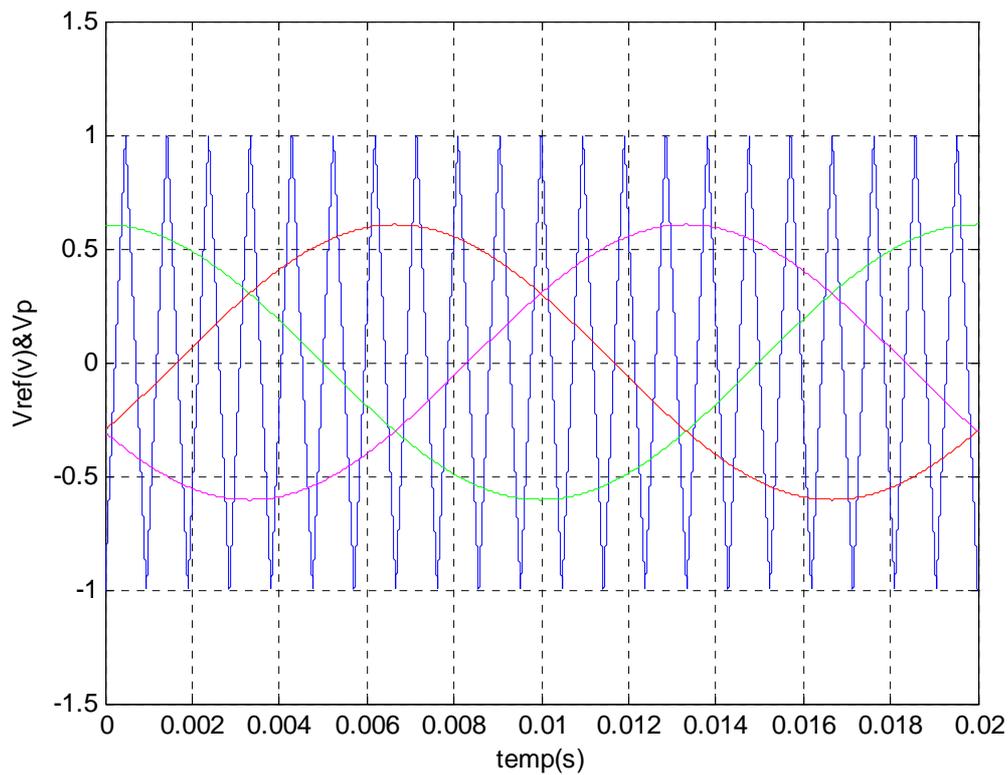


Figure (II-24) : Evolution de signal de commande de l'onduleur en fonction de temps

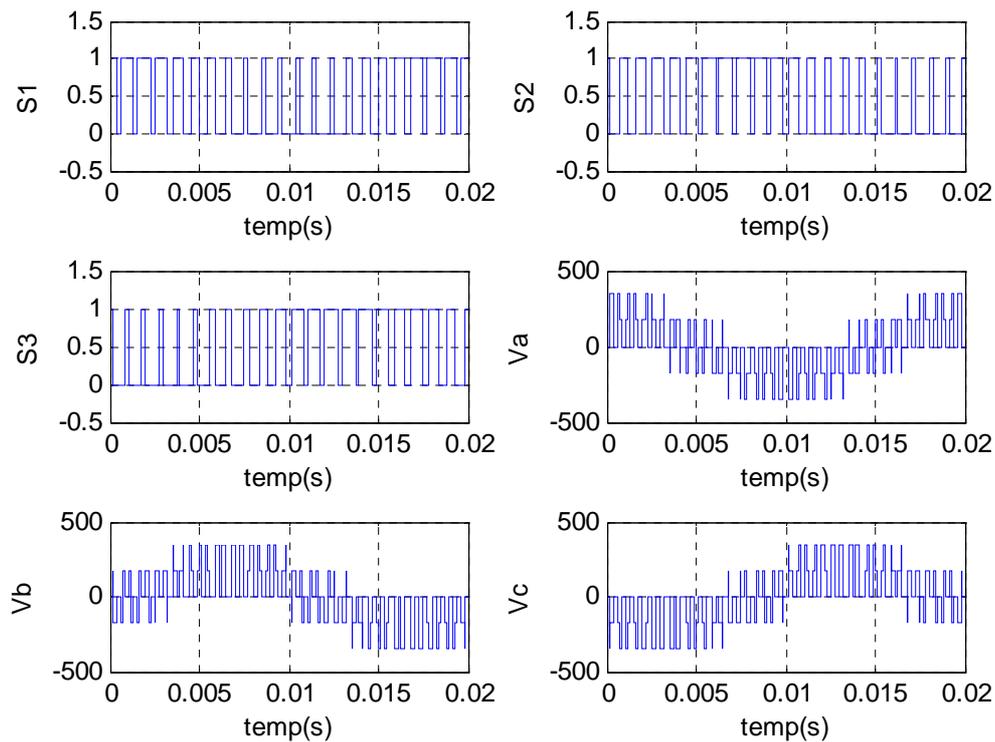


Figure (II-25) : Evolution des tensions de sortie de l'onduleur en fonction du temps

II.7. Conclusion

Ce chapitre a été consacré pour la description des différents types de moteur et leurs fonctionnements. Ensuite nous avons cité l'une des technologies existantes pour varier la vitesse de ses moteurs électriques, qui sont les variateurs de vitesse électroniques car ils présentent le plus d'avantages.

En effet, grâce à ce type de variateur, il est possible de contrôler parfaitement les phases de mise en rotation et d'arrêt de l'application, mais aussi d'effectuer un contrôle indépendant de la vitesse et du couple. De plus, les variateurs de vitesse électroniques assurent toutes les fonctionnalités de protection du variateur et du moteur.

Nous avons aussi établi l'alimentation du moteur par la cascade réseau redresseur trois – onduleur à trois niveaux et la machine.

Chapitre II Etude de fonctionnement du système variateur-moteur

Les résultats de simulation montrent que le régime transitoire et court qui dure en virens de 3.5s, l'utilisation de redresseur à trois niveaux permis d'avoir un courant le plus sinusoïdal possible.

III.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons étudier le choix de la gamme et de la marque du variateur qui est de type SIMODRIVE. Ensuite nous allons étudier son principe de fonctionnement. Pour aboutir à une étude complète, nous allons commencer à définir les différents types de module du variateur SIMODRIVE 611. Sachant que ce dernier contient des avantages, comme par exemple : il contrôle le démarrage du couple et l'intensité de courant, de ce fait les contacteurs de démarrage étoile triangle et leurs commandes ne sont pas nécessaires, donc l'économisation du matériel. En outre il permet aussi de fixer des limites haute et basse de vitesse. Sachant que sa vitesse nominale correspondant aux 50Hz du réseau peut être dépassée. Et aussi il permet d'éviter des entraînements intermédiaires (poulie-courroies). En plus il offre la possibilité d'utiliser un convertisseur de puissance plus faible que la puissance nominale du moteur grâce à la présence du capteur de position de l'angle du rotor.

III.2. Description technique de l'ancien variateur de vitesse

III.2.1. Fonctionnement [12]

La structure du circuit de régulation et de l'entraînement d'avance triphasé est du type cascade avec boucle de régulation de vitesse et boucle de régulation de courant. Le signal de sortie du régulateur de courant est appliqué à un modulateur de largeur d'impulsions.

Ce dernier convertit la valeur analogique continue en un signal binaire dont le rapport cyclique est proportionnel à l'amplitude du signal d'entrée. La valeur de consigne de tension sous forme d'impulsions modulées en largeur commande les transistors de l'onduleur qui produisent une tension proportionnelle à la valeur de consigne et dont la valeur moyenne est réglée par le rapport cyclique. Dans le cas des entraînements triphasés, la fonction du collecteur électromécanique est assurée par un commutateur électronique.

Les signaux du capteur de position du rotor permettent la commande du commutateur électronique et, ainsi, de l'onduleur du variateur 6SC61.

La valeur instantanée de la vitesse est mesurée à l'aide d'une génératrice tachymétrique triphasée sans balais.

Le variateur 6SC61 est constitué de 4 cartes principales voir fig. (III.1):

- Carte d'alimentation
- Carte de commande
- 2 cartes de puissance (une commande l'axe X et l'autre carte commande l'axe Z)

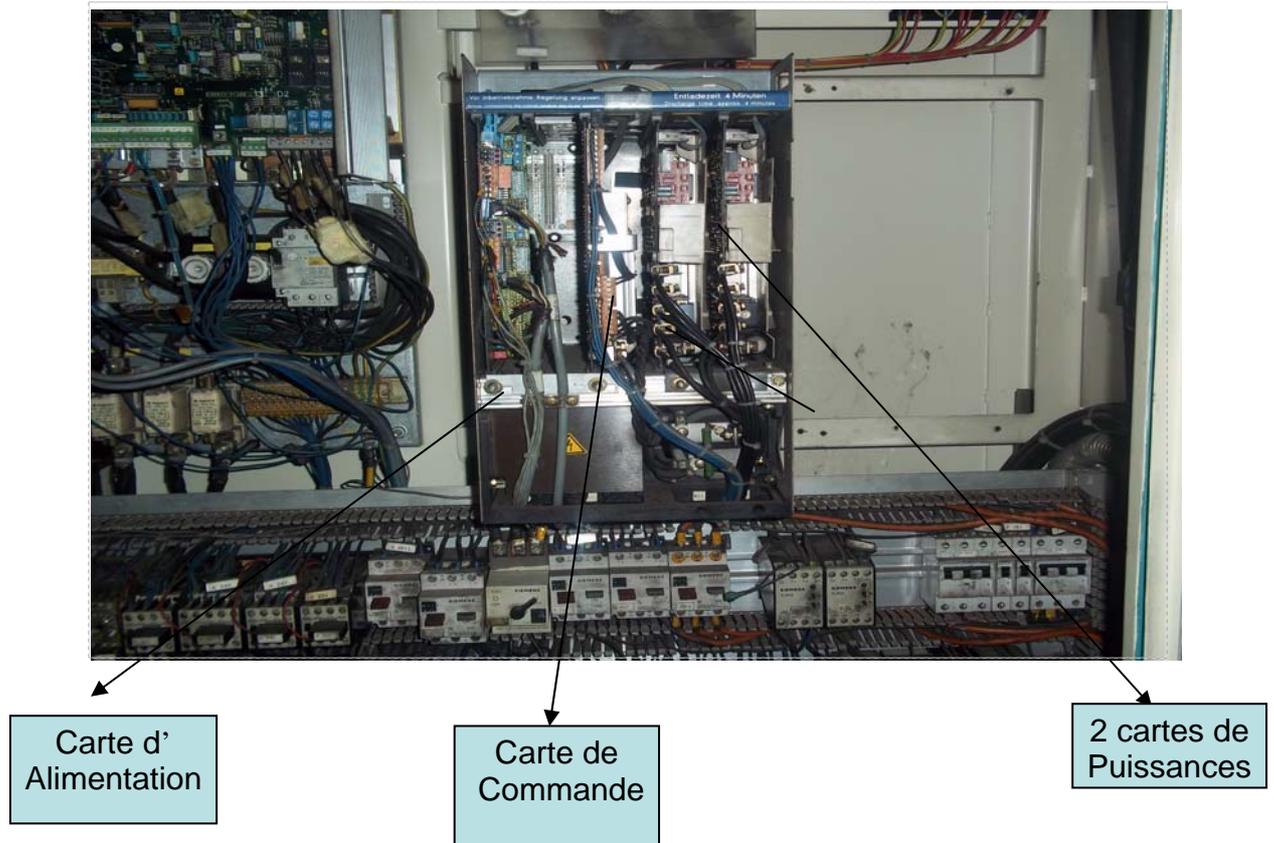


Figure (III.1) : Constitution de l'ancien variateur

III.2.2. Inconvénient de l'ancien variateur de vitesse

- L'inconvénient majeur de ce type de variateur, c'est qu'il n'est plus disponible, même le fournisseur SIEMENS ne le fabrique plus.
- Aucune pièce de rechange n'est fournie actuellement
- La détection des erreurs prend du temps par contre la nouvelle série de SIMODRIVE contient cette avantage de détection d'erreur par l'afficheur 7 segment. Par exemple, au lieu de chercher la panne par un multimètre, par le liais des 7 segments, on peut détecter directement le problème sachant que chaque segment désigne une erreur spécifique comme l'indique l'organigramme que nous allons voir dans le chapitre qui vient.

III.3. Choix de la marque et de la gamme du convertisseur

SIEMENS nous propose des convertisseurs de fréquence très fiable. Dont nous allons choisir un convertisseur qui va satisfaire aux besoins du moteur synchrone du type servomoteur 1 FT 6.

Pour cela nous avons sélectionné SIMODRIVE 611.

III.3.1. Définition de SIMODRIVE [11]

Le SIMODRIVE est un ensemble du groupe d'entraînement, il est de conception modulaire, comportant un filtre réseau, une inductance de commutation, un module d'alimentation, des modules d'entraînement et, si c'est nécessaire, des modules de surveillance, de résistance pulsée et de condensateur.

La gamme SIMODRIVE est une gamme de variateur de fréquence, conçus pour réguler la vitesse des moteurs triphasés. Elle comprend différents modèles, allant du modèle 120w à entrée monophasée au modèle 75kw à entrée triphasée.

Les variateurs SIMODRIVE 611, sont commandés par un microprocesseur et intègrent une technologie IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de pointe, ce qui garantit leur polyvalence et leur fiabilité. Un procédé spécial de modulation de largeur d'impulsion à fréquence de découpage réglable assure le silence de fonctionnement du moteur.

Des fonctions de protection étendues garantissent une excellente protection du moteur et du variateur. Le variateur SIMODRIVE tel qu'il a été réglé en usine convient pour une vaste série d'applications simples de commande de moteur.

Le variateur SIMODRIVE peut aussi bien être mis en œuvre dans des applications « autonomes » qu'être intégré à des « systèmes d'automatisation ».



Figure (III-2) : Variateur de fréquence SIMODRIVE 611

III.3.2. Caractéristiques technique du convertisseur de fréquence

Les caractéristiques techniques du convertisseur de fréquences sont résumées par le tableau suivant :

Marque	SIEMENS
Type	SIMODRIVE 611
Sollicitations vibratoires selon EN 60068-2-6(CEI 68-2-6) max	9,81m/s*s
Sollicitation par chocs selon EN60068-2-27(CEI 68-partie 2-27) pendant 11 ms	accélération 49,05 m/s*s
Degré de protection selon DIN EN 60529(CEI 60529)	IP20
Température ambiante admissible Au stockage et transport En service	-40.....+70 ⁰ C 0..... +55 ⁰ C
Classification d’humidité sur la base De la norme DIN en 60721-2-3	CI 3K5 sans formation de rosée ni de givre
Tension d’essai diélectrique	2,5KV
Position de montage en service	Verticale

Tableau (III.3.2) les caractéristiques techniques du convertisseur de fréquences

III.3.3. Fonctionnement du convertisseur de fréquence :

Avec les SIMODRIVE 611, SIEMENS propose des convertisseurs de fréquence à régulation analogique, ou numérique, satisfont aux contraintes de la plage de variation de vitesse et de régulation de rotation.

La modularité des convertisseurs de fréquence SIMODRIVE, permet de réaliser des configurations d’entraînement avec un nombre pratiquement quelconque d ‘axes et de broche.

Les modules nécessaires sont choisis en fonction de la taille des servomoteurs et de la puissance requise pour le circuit intermédiaire.

Les module communs à tous les convertisseurs de fréquence SIMODRIVE 611 sont(les alimentations non stabilisées, les modules d’alimentations, les modules de surveillances non

stabilisées, les modules à résistances pulsées par hachage). En fonctionnement de convertisseur 611 permet:

- La récupération d'énergie vers le réseau.
- La sorties propres a chaque axe, de signaux de fonctionnement et de défauts.
- Le mode fonctionnement mise en service.
- La surveillance de tous les paramètres critiques.
- Le contrôle I^2t (surchauffe) de servomoteur et le contrôle de température du radiateur.
- Les modules sont équipés détrompeurs pour connecteur.

III.3.4. Avantage du convertisseur de fréquence SIMODRIVE 611 dans le diagnostic

- **Disponibilité**

Les convertisseurs de fréquence SIMODRIVE 611 sont disponibles en version à régulation analogique ou numérique et satisfont aux contraintes les plus sévères en termes de dynamique, de plage de variation de vitesse et régularité de rotation.

- **Facilité de mise en service**

Sa mise en service est aisée grâce a une carte enfichable de personnalisation sur la quelle sont reportés les divers paramètres spécifiques aux entraînements.

- **Affichage des défauts**

Affichage des paramètres de fonctionnement, et des signaux de défaut, spécifiques à chaque axe sur un afficheur à 7 segment, ou sur un panneau d'affichage et de commande.

- **Protection du fonctionnement**

Insensibilité aux parasites grâce à l'éloignement physique des circuits de puissance et de données.

- **Programmation à distance**

La programmation à distance aide à la mise en service avec la console de programmation (PG) des modules d'entraînement.

- **Facilité de câblage et de montage**

La facilité d'utilisation, la simplicité de montage et de câblage, comptent parmi les critères qui ont présidé à la conception des modules de convertisseur de fréquence.

- **Manipulation et usage facile**

Grâce a l'espace entre les modules, il est possible de réaliser le câblage de puissance plus facilement .Les modules de convertisseur de fréquence sont logés dans des boitiers fermés et blindés conformément à **DIN. EN 60629**

La discussion du choix, de la marque et type du moteur et variateur est dictée par leur utilisation au sein de l'entreprise dont leurs avantages n'est plus à démontrer. En effet ces éléments ont fait leurs preuves et n'ont pas connu de panne importante.

Ses modules de puissance sont choisis en fonction de la taille des moteurs, le module d'alimentation sera choisi en fonction de la puissance cumulée appelée au circuit intermédiaire.

En plus des caractéristiques et avantages du convertisseur SIMODRIVE cités précédemment, il génère 3 courants triphasés sinusoïdaux déphasés de 120^0 entre eux. Le variateur commute ce courant dans les phases du moteur approprié en fonction de la position du rotor qui est signalé par le codeur de position incorporé dans le moteur, mentionné dans le schéma donné par la figure(III.3) suivante :

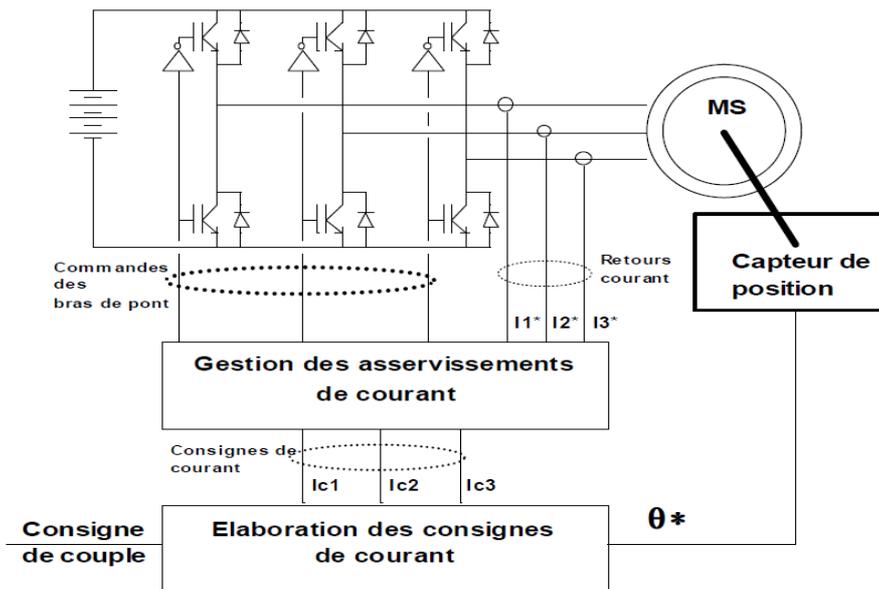


Figure (III-3) : Association variateur et moteur

III.4. Constitution et caractéristiques technique du convertisseur de fréquence

III.4.1. Vue d'ensemble de SIMODRIVE 611 [11]

Le système de variation de vitesse est composé des modules suivants (voir Figure (III-4))

- Transformateur
- Appareillages et éléments de sécurité
- Filtre réseau

- Inductances de commutation
- Modules d'alimentation
- Modules de puissance
- Cartes de régulation adaptées à la technologie de l'application et aux types de moteurs
- Modules spéciaux et autres accessoires

De plus, différents types de refroidissements sont disponibles pour les modules d'alimentation et d'entraînement en fonction de leur puissance :

- Refroidissement interne
- Refroidissement externe
- Refroidissement par gaine

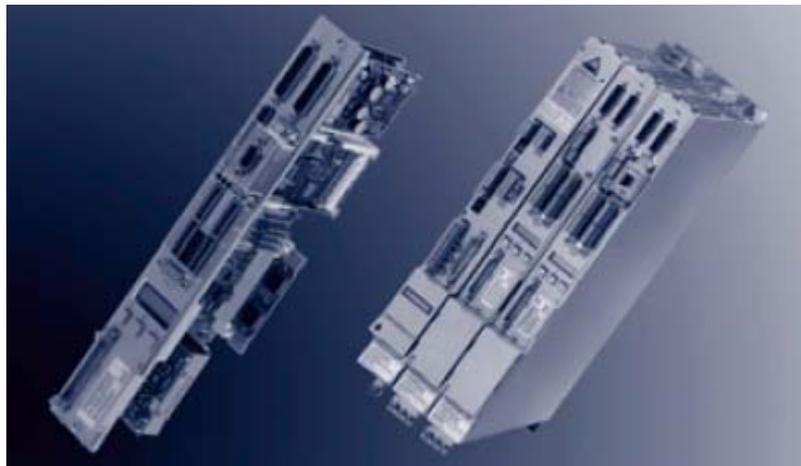
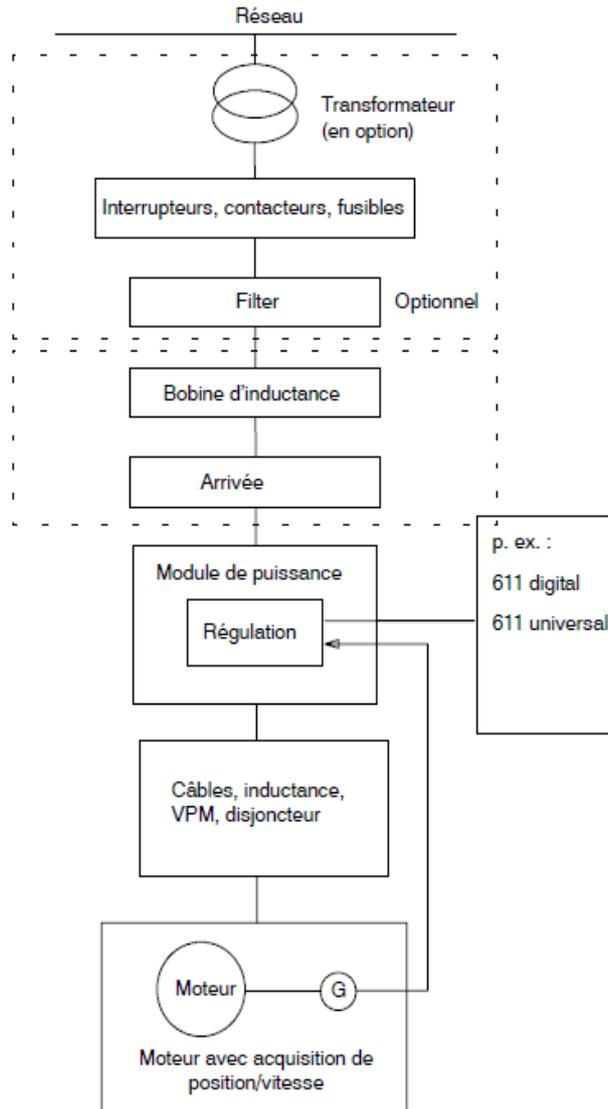


Figure (III-4) : Les modules du variateur SIMODRIVE

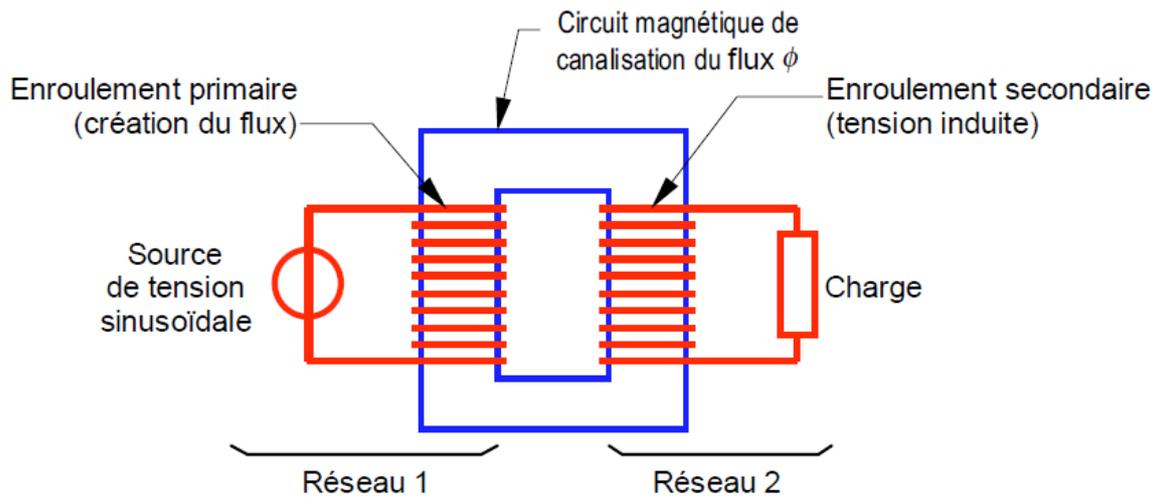


Figure(III-6): Structure fondamental du système

III.4.2.Transformateur[13]

Le transformateur est une machine électrique statique (pas de pièce en mouvement). permettant de transférer l'énergie électrique en adaptant les niveaux de tension (de nature sinusoïdale) et de courant entre deux réseaux de même fréquence.

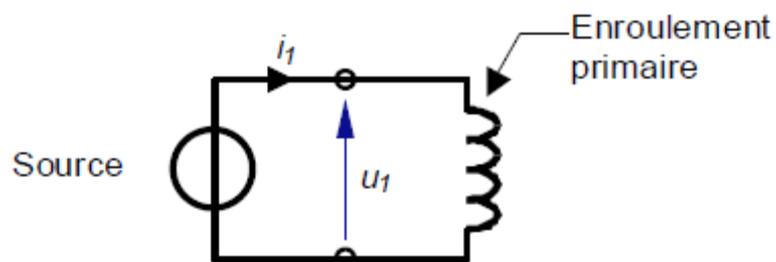
Il est constitué de deux parties électriques isolées, l'enroulement primaire et le secondaire, liées magnétiquement par un circuit magnétique (**Figure III-7**). Pour des impératifs de fabrication et d'efficacité. la réalisation pratique donne à ce dernier une autre forme : circuit magnétique cuirassé et bobinages concentriques.



Figure(III-7): Constitution du transformateur.

- **Le primaire**

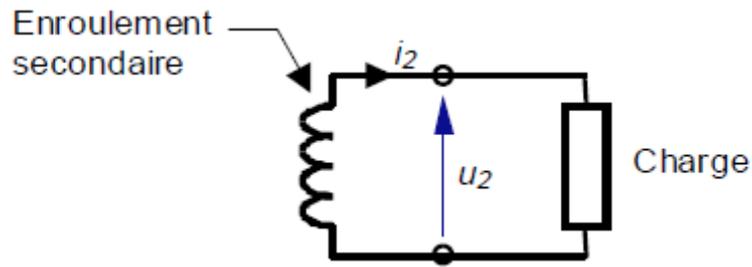
Il se comporte comme un récepteur vis à vis de la source (tension et courant de sens contraires). voir (Fig.III.5.1.3).



Figure(III-8): Le primaire du transformateur

- **le secondaire**

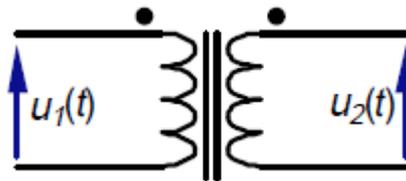
il se comporte comme un générateur vis à vis de la charge (tension et courant de même sens). voir (Fig.III-9).



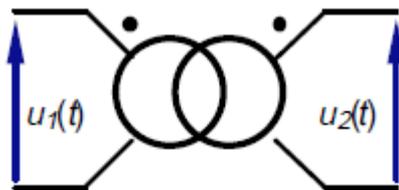
Figure(III-9): Le secondaire du transformateur

- **Symbolisations**

Les trois figures suivantes représentent les symboles des transformateurs les plus souvent rencontrés. voir(fig.(a,b,c).



Symbole (a)



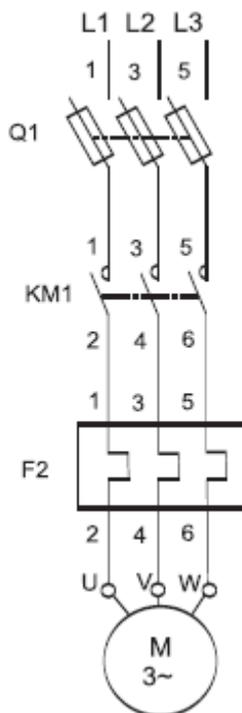
Symbole (b)



Symbole (c)

III.4.3. Appareillages et éléments de sécurité[14]

Le moteur est relié au réseau par un certain nombre de dispositifs, de sécurité et de commande, voir fig.(III-10).



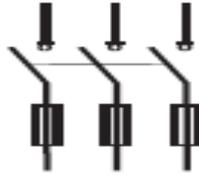
Figure(III-10): Liaison du moteur avec le reseau

III.4.3.1.Sectionneur-porte fusibles[14]

Permet d’isoler un circuit pour effectuer des opérations de maintenance, de dépannage ou de modification sur les circuits électriques.



Figure(III.11): Sectionneur



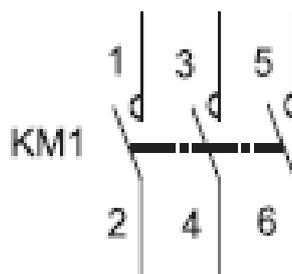
Symbole du sectionneur

III.4.3.2.Contacteur[14]

Appareil de commande capable d'établir ou d'interrompre le passage de l'énergie électrique (commander à distance par l'alimentation de la bobine KM1).



Figure(III-12): Contacteur



Symbol du contacteur

III.4.3.3. Relais thermique [14]

Le relais thermique, protège le moteur contre les surcharges de courant (élévateur anormale du courant consommé par le ou les récepteur : 1 à 3 in), l'intensité maximale admissible est réglable.

Son action différentielle permet de détecter, une différence de courants entre les phases en cas de coupure d'une liaison par exemple.



Figure(III-13): Relais thermique



Symbol du relais thermique

III.4. 4. Module de filtrage [11]

Les filtres réseau limitent les perturbations émises par les variateurs dans les lignes à des valeurs admises pour les domaines industriels.

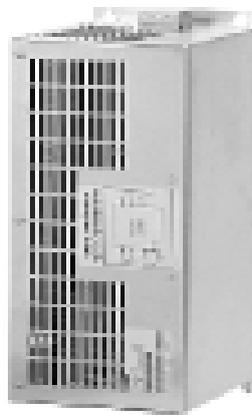
Pour une réalisation adéquate de l'installation, conformément au guide de configurations et aux prescriptions, les filtres réseau et les ensembles de filtrage réseau pour modules sont exploitables en régime de courant sinusoïdal et de créneaux de courant.

Autres fonctions des filtres réseau en liaison avec les modules en régime de courant sinusoïdal:

En présence d'une puissance de court-circuit suffisante du réseau, les harmoniques de tension du réseau à basse fréquence sont inférieures aux valeurs spécifiques.

Amortissement de circuits résonants (les circuits résonants sont constitués par les impédances du réseau, généralement inconnues, et les impédances du système d'entraînement).

Le système de sécurité est assuré grâce à un dispositif de protection à courant différentiel résiduel à sensibilité tous courants $\geq 300\text{mA}$.



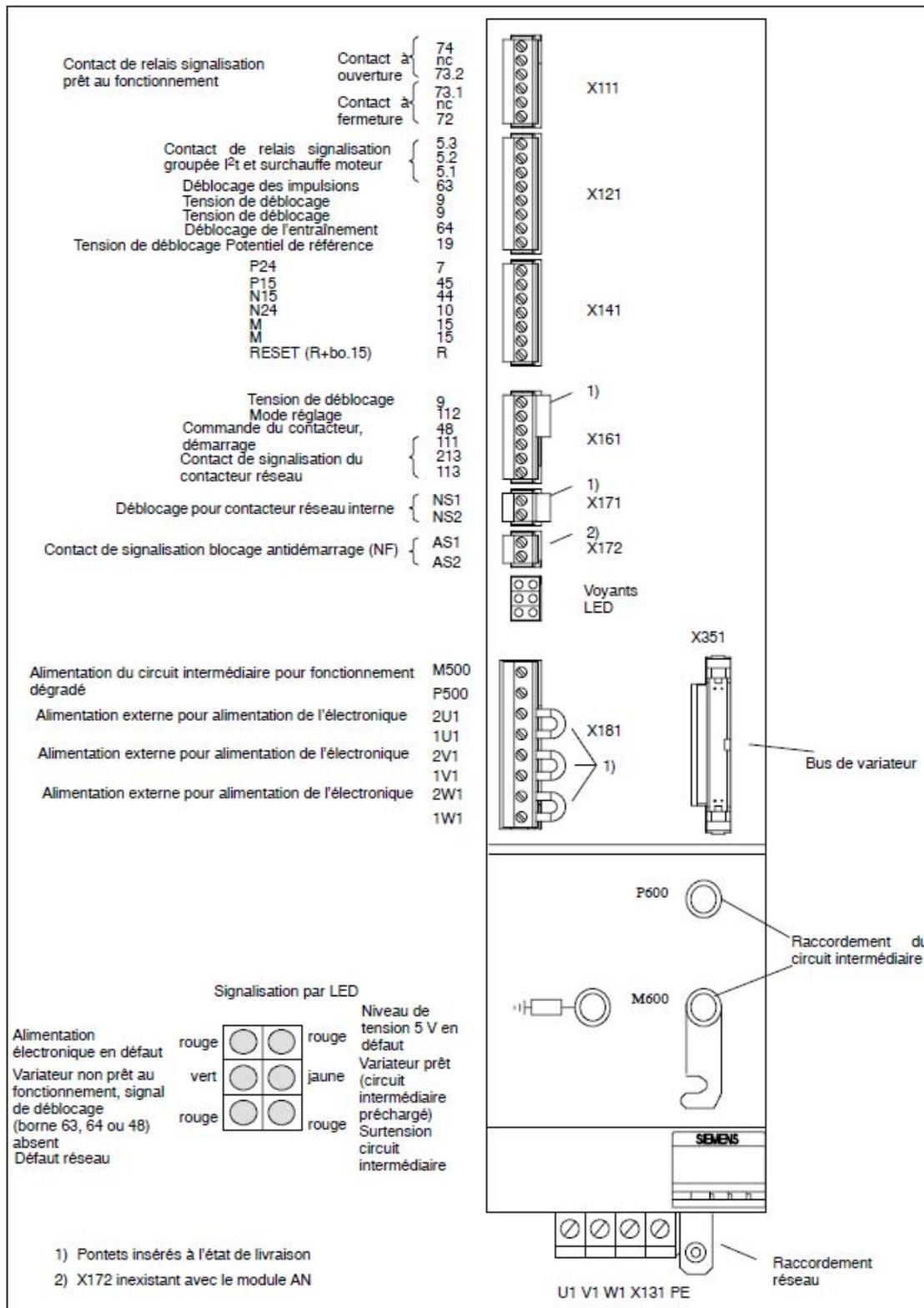
Figure(III-14): Filtre réseau

III.4.5. Module d'alimentation 6SN11 [11]

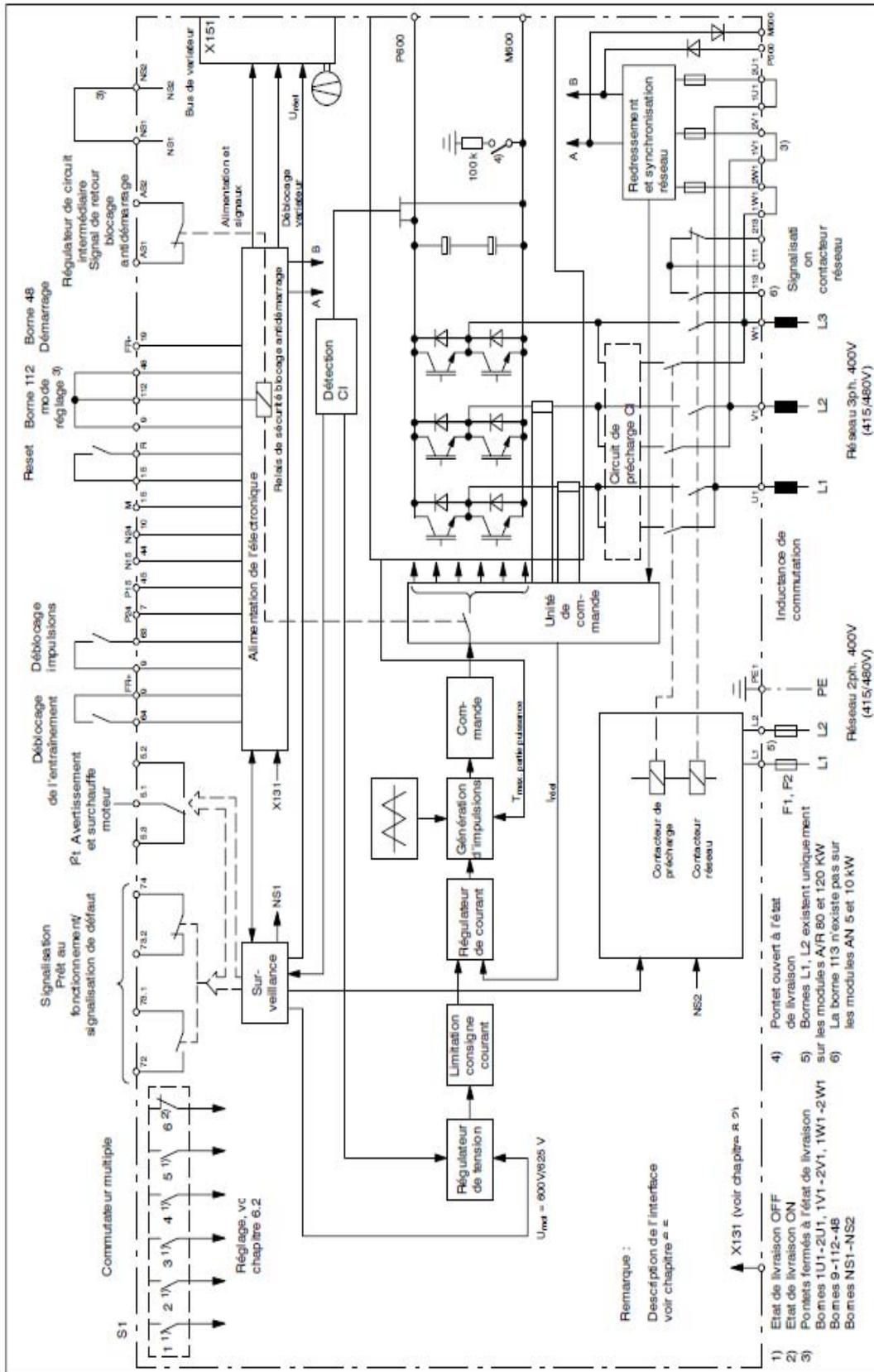
Les modules d'alimentation permettent le raccordement du variateur au réseau à partir de la tension triphasé 400V $\pm 10\%$ 50Hz/60Hz, 415v $\pm 10\%$ 50Hz/60Hz ou 480v $\pm 6\%$ - 10% 50Hz/60Hz.

Les modules d'alimentation génèrent la tension continue pour le circuit intermédiaire. Ils fournissent par ailleurs les tensions d'alimentation de l'électronique (+/-24v, +/-15v, +5v, etc..).

Pour les faibles puissances, un module d'alimentation non stabilisée suffit. Les modules d'alimentation jusqu'à 10kw englobent une inductance de commutation et une résistance pulsée qui permet de dissiper par effet joule l'énergie de freinage des modules d'entraînement.



Figure(III-15) : Interfaces module d'alimentation (module AN) ou module d'alimentation/récupération (module A/R)

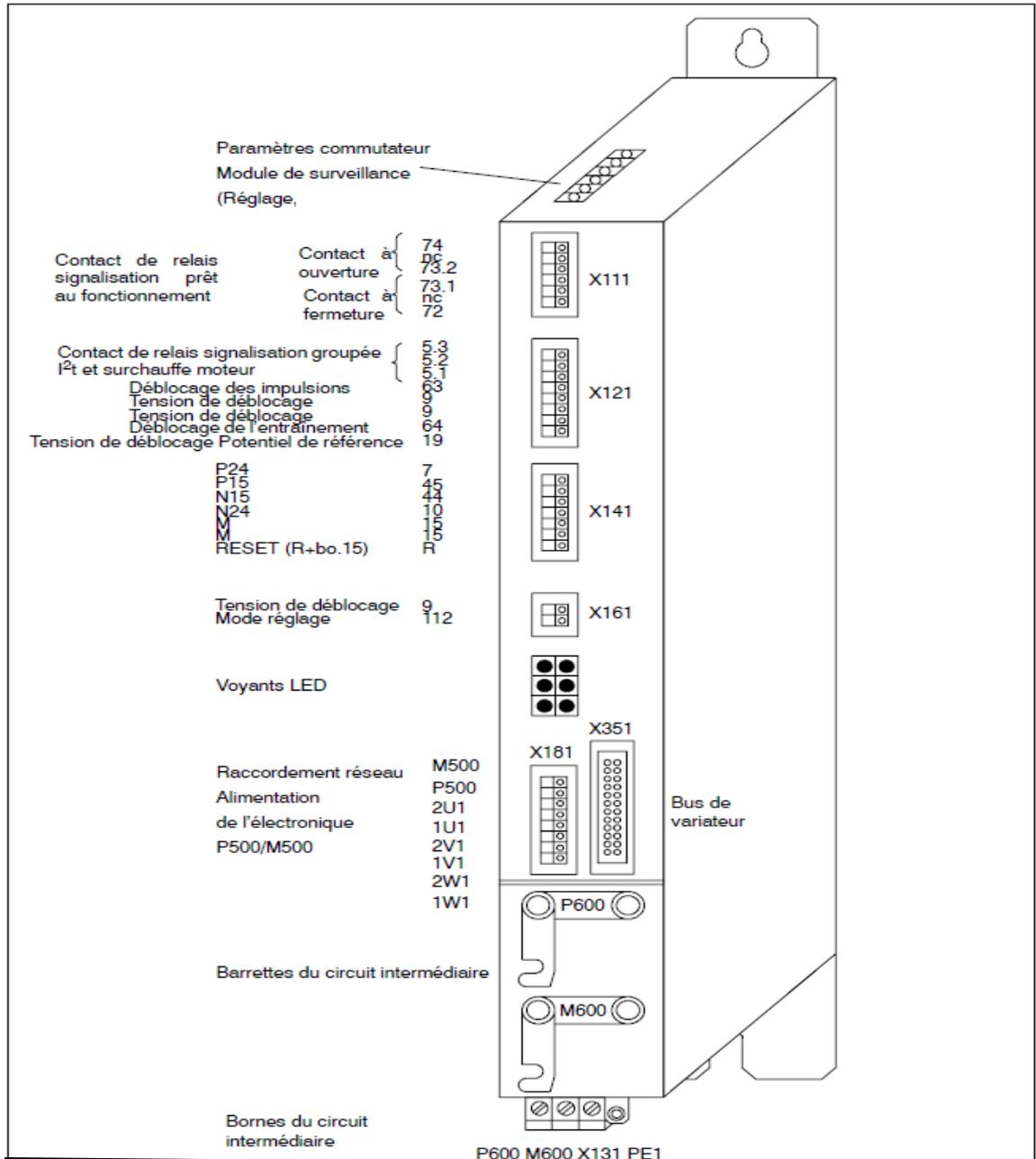


Figure(III-16): Schéma bloc module d'alimentation (A/R)

III.4.6. Module de surveillance: [11]

- Structure du système

Le module de surveillance contient l'alimentation de l'électronique et les fonctions de surveillance centralisées nécessaires au fonctionnement des modules d'entraînement. Un module de surveillance est nécessaire lorsque la puissance du module d'alimentation est insuffisante à l'ensemble du groupe d'entraînement.



Figure(III-17): Module de surveillance 6SN11

III.4.7. Module de puissance 6SN11 : [11]**III.4.7.1. Généralités**

Le module de puissance constitue, avec le module de régulation, un module d'entraînement destiné, notamment, aux applications d'avance ou de broche principale.

III.4.7.2. Moteur raccordable:

Les modules d'entraînement sont conçus pour le fonctionnement des moteurs suivants:

- Servomoteurs 1FT5, 1FT6, 1FK6 et 1FK7
- Moteurs couples à entraînement direct 1FW6 (commandes directes)
- Moteurs linéaires 1FN
- Moteurs de broche principale 1PH
- Moteurs asynchrones normalisés ; Lorsque le mode MA est sélectionné, seuls les onduleurs de fréquence de découpage de 4 kHz et 8 kHz sont autorisés.
- Moteurs à arbre creux pour entraînement de broche 1PM (commandes directes)
- Moteurs de broche principale 1FE1
- Electro broche 2SP1
- Moteurs non Siemens, lorsque ceux-ci, d'après leur constructeur, sont adaptés aux conditions de modulation sinusoïdale, d'isolation suffisante et de résistance du/dt.

Pour les moteurs spéciaux avec une faible inductance de fuite (pour lesquels les paramètres des régulateurs sont insuffisants), il faut prévoir éventuellement une Inductance série (inductance à noyau de fer à 3 colonnes pas d'inductance Corovac) et/ou augmenter la fréquence de découpage de l'onduleur du variateur.

L'expérience montre que les moteurs avec une inductance de fuite moins importante sont des moteurs pouvant atteindre des fréquences stator élevées (fréquence stator maximale du moteur > 300 Hz) ou des moteurs avec un courant nominal élevé (courant nominal > 85 A).

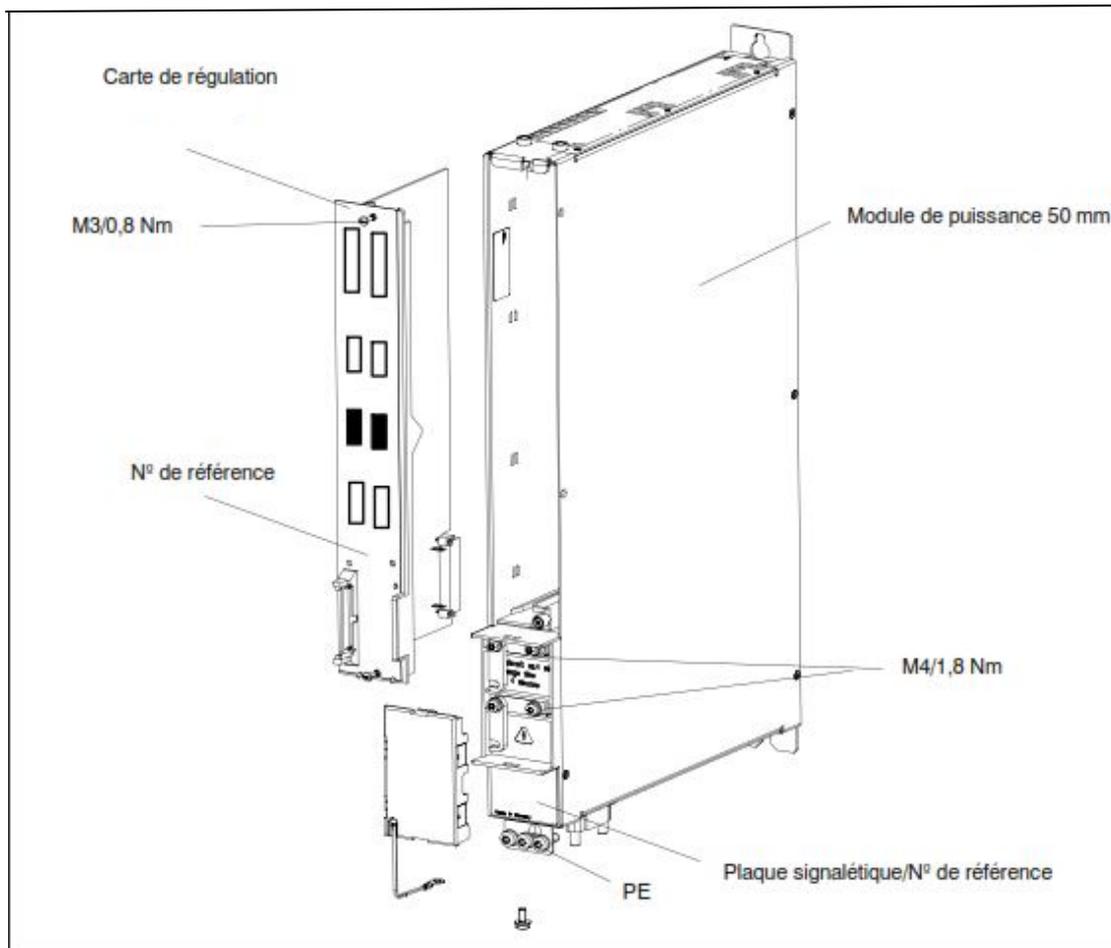


Figure (III-18) : Module de puissance avec carte de régulation

III.4.7.3. Définition des puissances [11]

Les valeurs nécessaires au dimensionnement du refroidissement de l'armoire sont indiquées dans les tableaux 4-1 et 4-2. Elles sont définies de la façon suivante :

- P_{tot} : Puissance dissipée totale du module.
- P_{ext} : Puissance dissipée via refroidissement par gaine ou refroidissement externe/
- P_{int} : Puissance non dissipée via refroidissement par gaine ou refroidissement externe (demeure dans l'armoire).

Pour les composants faisant l'objet d'un refroidissement interne, toute la puissance dissipée demeure dans l'armoire.

6SN112□-1AA0□- ↑ 3 Refroidissement interne 4 Refroidissement externe ¹⁾	0HA□	0AA□	0BA□	0CA□	0DA□	0LA□	0EA□	0FA□	0JA□	0KA□	
Châssis de montage externe Refroidissement 6SN1162-0BA04-	0AA□		0FA□	0BA□	0CA□		0EA□				
Mode de refroidissement	Refroidissement naturel		Ventilateur								
Pour le fonctionnement des moteurs asynchrones											
Courant nominal I_N	A	3	5	8	24	30	45	60	85	120	200
Courant pour S6-40 % $I_{S6-40\%}$	A	3	5	10	32	40	60	80	110	150	250
Courant de pointe I_{max}	A	3	8	16	32	51	76	102	127	193	257
Fréquence de découpage de l'onduleur f_0	kHz	3,2									
Facteur de déclassement X_L	%	50			55		50		55		
Puissance dissipée au total P_{tot} W											
Puissance dissipée en interne P_{int} W											
Puissance dissipée en ext. P_{ext} W											
Pour le fonctionnement des moteurs synchrones											
Courant nominal I_N	A	3	5	9	18	28	42	56	70	100	140
Courant de pointe I_{max}	A	6	10	18	36	56	64	112	140	100	210
Fréquence de découpage de l'onduleur f_0	kHz	4									
Facteur de déclassement X_L	%	55			50		55				
Puissance dissipée au total P_{tot} W											
Puissance dissipée en interne P_{int} W											
Puissance dissipée en ext. P_{ext} W											
Caractéristiques techniques générales de l'alimentation stabilisée											
Tension d'entrée	V	CC 600/625/680									
Tension de sortie	V	3ph 0 à 430									
Courant moteur minimal I_{min}	A	0,6	1,1	1,8	3,6	5,7	8,5	11	14	21	28
Rendement		0,98									
Largeur du module	mm	50			100	150		300 ²⁾			
Poids env.	kg	6,5			9,5	13		26		28	
Flux d'air maximal du ventilateur (débit volumétrique, purge libre par ventilateur)	m ³ /h	-	-	19	22	56	2x56	2x56 ⁴⁾	2x51 ³⁾	-	-
Branchement moteur		Connecteur					Bornes				

Tableau 4-1 Module de puissance en version 1 axe

6SN112□-1AB00- ↑ 3 Refroidissement interne 4 Refroidissement externe		0HA□	0AA□	0BA□	0CA□
Châssis de montage externe Refroidissement 6SN1162-0BA04-		0AA□			0GA□
Mode de refroidissement		Ventilateur			
Pour le fonctionnement des moteurs asynchrones ¹⁾					
Courant nominal I_N	A	3	5	8	24
Courant pour S6-40 % $I_{S6-40\%}$	A	3	5	10	32
Courant de pointe I_{max}	A	3	8	16	32
Fréquence de découpage de l'ondu- leur f_0	kHz	3,2			
Facteur de déclassement X_L	%	55			
Puissance dissipée au total P_{tot}	W	76	118	226	538
Puissance dissipée en interne P_{int}	W	28	42	74	184
Puissance dissipée en ext. P_{ext}	W	48	76	152	354
Pour le fonctionnement des moteurs synchrones					
Courant nominal I_N	A	3	5	9	18
Courant de pointe I_{max}	A	6	10	18	36
Fréquence de découpage de l'ondu- leur f_0	kHz	4			
Facteur de déclassement X_L	%	55			
Puissance dissipée au total P_{tot}	W	70	100	180	380
Puissance dissipée en interne P_{int}	W	27	38	69	130
Puissance dissipée en ext. P_{ext}	W	43	62	111	250
Caractéristiques techniques générales de l'alimentation stabilisée					
Tension d'entrée	V	CC 600/625/680			
Tension de sortie	V	3ph 0 à 430			
Rendement		0,98			
Largeur du module	mm	50			100
Poids env.	kg	7			13.5
Flux d'air maximal du ventilateur (débit volumétrique)	m ³ /h	-	-	19	56
Branchement moteur		Connecteur			

Tableau 4-2 Module de puissance en version 2 axes

III.4.8. Module d'entraînement 6SN11 : [11]

Les modules d'entraînement des variateurs SIMODRIVE 611 sont utilisés pour gérer des entraînements d'avance, des entraînements de broche ou des entraînements à moteurs asynchrone.

Ils sont constitués d'un module de puissance, d'une carte de régulation, d'un câble de bus d'entraînement et éventuellement de cartes optionnelles.

Après adjonction d'une carte de régulation, le module de puissance se transforme en un module d'entraînement à interface de consigne numérique ou analogique utilisable, par exemple, au sein d'un entraînement d'avance ou de broche.

Selon le mode de refroidissement, il faut adjoindre une unité de ventilation des déflecteurs d'air approprié.

La modularité des modules d'entraînement permet de réaliser un nombre important de configurations d'entraînement à partir d'un petit nombre de constituants.

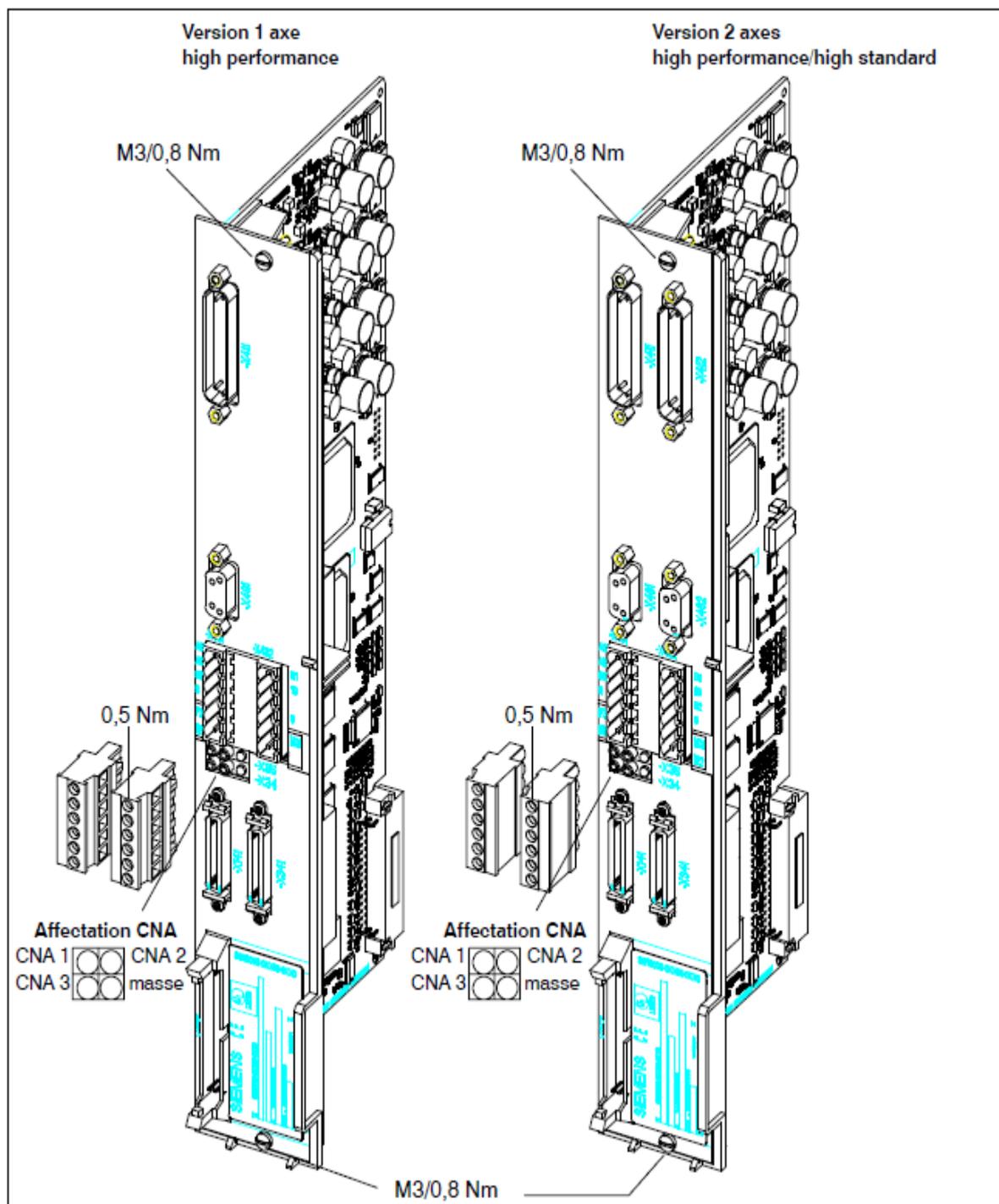
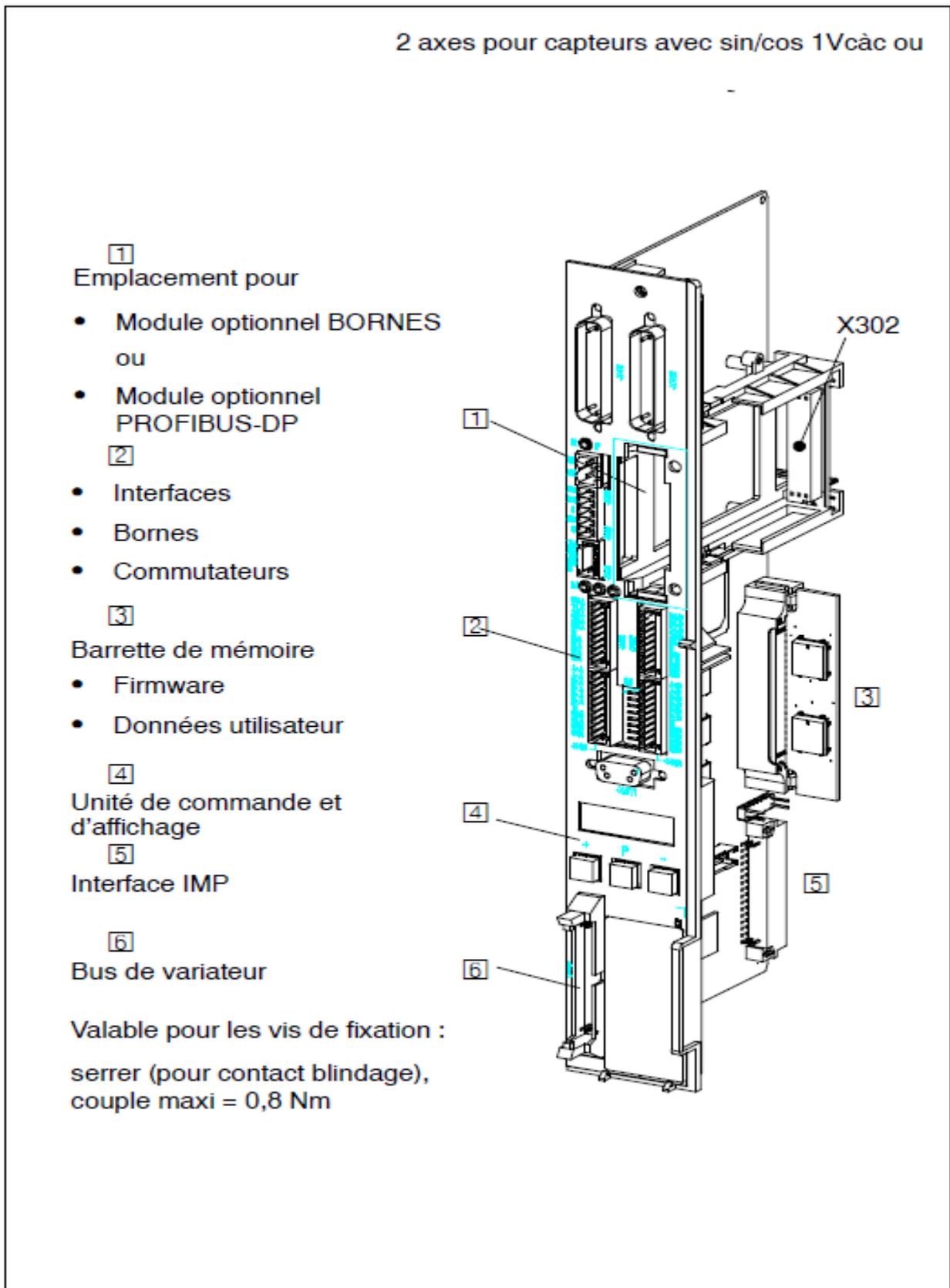


Figure (III-19) : Cartes de régulation pour 2 axes

Les cartes de régulation suivantes à 2 axes existent :



Figure(III-20) : Cartes de régulation pour 2 axes (SIMODRIVE 611 universal HRS)

Les cartes de régulation indiquées dans le tableau suivant peuvent fonctionner dans les modules de puissance de SIMODRIVE.

Carte de régulation	Variante	Axes	Codeur des moteurs	Moteurs¹⁾	Interfaces optionnelles
SIMODRIVE 611 universal HRS	1 axe n-cons	1	Résolveur	MRS : 1FT6, 1FK, 1FE1, 1FW6, 2SP1 MRA : 1PH, 1PM6, MLS : 1FN Externe : si approprié	PROFIBUS-DP ; Bornes ; RS 232/485
SIMODRIVE 611 universal HRS	1 axe pos.	1	Résolveur	MRS : 1FT6, 1FK, 1FE1, 1FW6, 2SP1 MRA : 1PH, 1PM6, MLS : 1FN	PROFIBUS-DP ; Bornes ; RS 232/485
SIMODRIVE 611 universal HRS	2 axes n-cons	2	Résolveur	MRS : 1FT6, 1FK, 1FE1, 1FW6, 2SP1 MRA : 1PH, 1PM6, MLS : 1FN Externe : si approprié	PROFIBUS-DP ; Bornes ; RS 232/485
SIMODRIVE 611 universal HRS	2 axes pos	2	Résolveur	MRS : 1FT6, 1FK, 1FE1, 1FW6, 2SP1 MRA : 1PH, 1PM6, MLS : 1FN	PROFIBUS-DP ; Bornes ; RS 232/485
SIMODRIVE 611 universal HRS	2 axes n-cons	2	Capteur incrémental sin/ cos 1 $V_{c\grave{a}c}$ Capteur absolu	MRS : 1FT6, 1FK, 1FE1, 1FW6, 2SP1 MRA : 1PH, 1PM6, MLS : 1FN Externe : si approprié	PROFIBUS-DP ; Bornes ; RS 232/485
SIMODRIVE 611 universal HRS	2 axes pos	2	Capteur incrémental sin/ cos 1 $V_{c\grave{a}c}$ Capteur absolu	MRS : 1FT6, 1FK, 1FE1, 1FW6, 2SP1 MRA : 1PH, 1PM6, MLS : 1FN Externe : si approprié	PROFIBUS-DP ; Bornes ; RS 232/ 485
SIMODRIVE 611 universal E HRS		2	Capteur incrémental sin/ cos 1 $V_{c\grave{a}c}$ Capteur absolu	MRS : 1FT6, 1FK, 1FE1, 1FW6, 2SP1 MRA : 1PH, 1PM6, MLS : 1FN Externe : si approprié	PROFIBUS-DP ; Bornes ; RS 232

Tableau 4-1 Vue d'ensemble des cartes de régulation

Carte de régulation	Variante	Axes	Codeur des moteurs	Moteurs ¹⁾	Interfaces optionnelles
SIMODRIVE 611 avec interface de consigne numérique pour EAV et EBR	Régulation High Performance	2	Capteur incrémental sin/cos 1 V _{càc} EnDat	MRS : 1FT6, 1FK, 1FE1, 1FW6, 2SP1 MRA : 1PH, 1PM MLS : 1FN Norme : 1LA Externe : si approprié	
SIMODRIVE 611 avec interface de consigne numérique pour EAV et EBR	Régulation High Performance	1	Capteur incrémental sin/cos 1 V _{càc} EnDat	MRS : 1FT6, 1FK, 1FE1, 1FW6, 2SP1 MRA : 1PH7, 1PM MLS : 1FN Norme : 1LA Externe : si approprié	
SIMODRIVE 611 avec interface de consigne numérique pour EAV et EBR	Régulation High Standard	2	Capteur incrémental sin/cos 1 V _{càc} EnDat	MRS : 1FT6, 1FK, 1FE1, 2SP1 MRA : 1PH7, 1PM6 Norme : 1LA Externe : si approprié	
SIMODRIVE 611 avec interface de consigne numérique pour entraînements linéaires hydrauliques/analogiques HLA/ANA		2	Capteur incrémental sin/cos 1 V _{càc} , EnDat, SSI (à partir de la version 1.2.4)	Axes linéaires hydrauliques/axe analogique	

Tableau4-2Vue d'ensemble des cartes de régulation(suite)

Tableau

MRS : Moteur rotatif synchrone

MRA : Moteur rotatif asynchrone

MLS : Moteur linéaire synchrone

Norme : Moteur normalisé

Externe : Moteur non Siemens

III.4.9. Module à résistance pulsée par hachage 6SN 11 [11]

Le module à résistance pulsée par hachage permet la décharge rapide de circuit intermédiaire. L'énergie du circuit intermédiaire est convertie en chaleur dissipé.

Les modules à résistance pulsée peuvent aussi être utilisés pour accroître la puissance de la résistance pulsée incorporée au module d'alimentation non stabilisée ou pour réduire la tension du circuit intermédiaire lors des décélérations contrôlées en cas de panne de courant.

Si la chute n'est pas absorbée on peut brancher plusieurs modules en parallèle et si la résistance pulsée interne $> 200W$ est utilisée au maximum de sa puissance, il est recommandé l'emploi de la tôle dissipatrice afin d'empêcher la chaleur dissipée de parvenir aux autres modules.

Le carter universel du module à résistance pulsée par hachage peut aussi bien être utilisé en liaison avec des modules à refroidissement interne qu'externe.

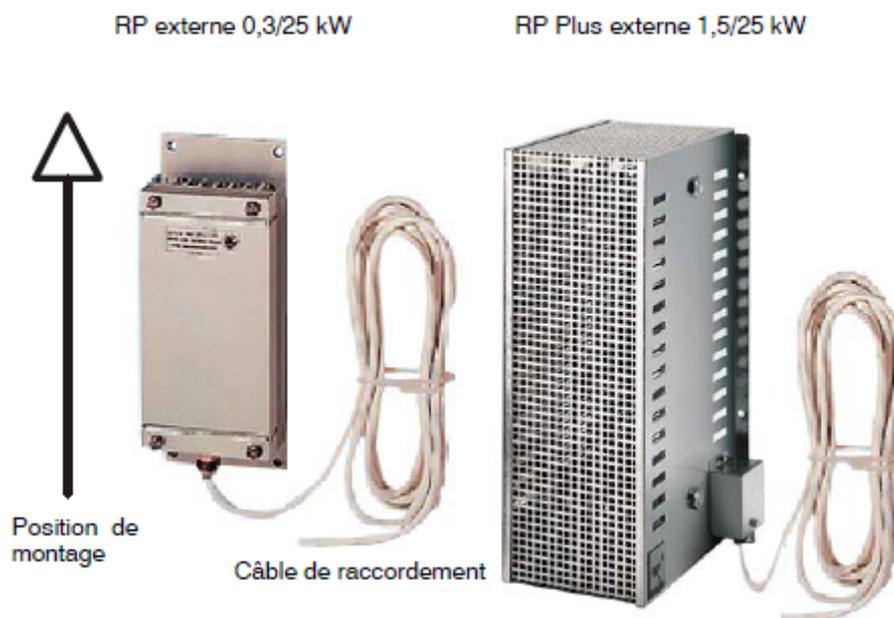


Figure (III-21) : Résistance pulsée externe

III.5 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons défini les différents modules constituant le variateur, ceci a pour but de connaître mieux le rôle et le fonctionnement de chaque module et par la suite son rôle dans le circuit global.

Par conséquent cette étude nous permet de choisir le nouveau variateur pour notre système. Ceci fera l'objectif du chapitre suivant.

IV.1. Introduction

Le choix d'un variateur de vitesse étant intimement lié à la nature de la charge à entraînée et aux performances visées, toute définition et recherche d'un variateur de vitesse doivent passer par une analyse des exigences fonctionnelles de l'équipement puis des performances requises pour le moteur lui-même. La documentation des fournisseurs de variateurs de vitesse fait également abondamment mention de couple constant, couple variable, puissance constante, contrôle vectoriel de flux, variateur réversible... Ces désignations caractérisent toutes les données nécessaires pour retenir le type de variateur le plus adapté. Un choix incorrect de variateur peut conduire à un fonctionnement décevant. De même, il faut tenir compte de la gamme de vitesse souhaitée pour choisir convenablement l'association moteur / variateur.

IV.2. Choix du nouveau variateur

Connaissons le type du moteur, que nous l'avons déjà sélectionné en fonction des caractéristiques de base de l'application. Plage de vitesse, courbe de couple, mode de refroidissement et capacité de charge du moteur sont des critères de base.

Souvent, il est intéressant de comparer différent moteur car le choix a une incidence sur la taille du convertisseur de fréquence.

Lors du choix du convertisseur de fréquence, plusieurs éléments interviennent. Les constructeurs proposent normalement des tableaux de sélection avec des correspondances puissance moteur/taille du convertisseur. Le courant de dimensionnement peut également être calculé lorsque la caractéristique de couple est connue et comparé aux limites de courant du convertisseur. La tension d'alimentation doit être vérifiée avant de sélectionner le convertisseur.

Un variateur de vitesse non adéquat peut limiter le couple moteur plus tôt, que spécifié sur la fiche technique du constructeur du moteur.

Le couple maxi disponible est aussi affecté par les transformateurs, selfs, câbles, du système, source de chute de tension, et donc, de réduction du couple, toutes ces pertes de puissance doivent être également compensées par le convertisseur de fréquence. En référence

à tous ces paramètres et plus, notre choix a été fait sur la marque SIEMENS et le type SIMODRIVE 611 qui fonctionne suivant les critères demandés.

IV.3. Caractéristiques technique du module d'alimentation du type 6SN1146-1BA0.-0BA0

Les modules d'alimentation permettent le raccordement du variateur au réseau à partir de la tension triphasé 400V +/-10 % 50Hz/60Hz, 415v +/-10% 50Hz/60Hz ou 480v+ 6% - 10%50Hz/60Hz.

Les modules d'alimentation génèrent la tension continue pour le circuit intermédiaire. Ils fournissent par ailleurs les tensions d'alimentation de l'électronique (+/-24v, +/-15v, +5v, etc.).

Pour les faibles puissances, un module d'alimentation non stabilisée suffit, les modules d'alimentation jusqu'à 10kw englobent une inductance de commutation et une résistance pulsée qui permettent de dissiper par effet joule l'énergie de freinage des modules d'entraînement.

Les caractéristiques du module d'alimentation choisies sont données par le tableau suivant :

Mode d'alimentation	stabilisée
Puissance nominal	16 kw
Puissance d'alimentation	21kw
Puissance de récupération en service continue	16 kw
Tension de sortie	600 à 625 V
Puissance de récupération de pointe	35kw
Raccordement	
Tension	400v triph +/-10%
Fréquence	50 à 60 Hz
Courant nominal	27A
Courant appelé en sous tension	30 A
Courant de pointe	59 A
Section de raccordement maxi	16mm ²
Largeur de module	100 mm
Perte refroidissement interne	320

Tableau VI.1 caractéristique technique du module d'alimentation

IV.4. Caractéristique technique du module de puissance 6SN11 23-1AB00-0CA0

Les module de puissance sont conçus pour fonctionner en liaison avec des servomoteurs 1FT et 1FK, broche 1FE1, moteurs linéaires 1FN, moteur de broche 1PH et 1PM, moteur asynchrone normalisés (les moteurs fabriquer par Siemens).

Le programme de livraison englobe un grand nombre de modules de puissance à 1 axes ou 2axes et à trois modules de refroidissement différents classés selon l'intensité du courant.

La carte de puissance qui satisfera au besoin du moteur (1FT6) de la machine GUILDMEISTER est celle qui porte les caractéristiques techniques suivantes :

Courant nominal par axe	9A
Courant de pointe par axe	18A
Perte	180W
Tension d'entrée	600V/625V CC
Tension de sortie	0à430v triph
Rendement η	0.98
Fréquence de sortie	1100Hz

Tableau VI.2 caractéristique technique du module d'alimentation

IV.5. Carte d'entraînement 6SN11 18-0AE11-0AA0.

Les modules d'entraînement des variateurs SIMODRIVE 611 sont utilisés pour gérer des entraînements d'avance, des entraînements de broche ou des entraînements à moteurs asynchrone. Ils sont constitués d'un module de puissance, d'une carte de régulation, d'un câble de bus d'entraînement et éventuellement de cartes optionnelles.

Après adjonction d'une carte de régulation, le module de puissance se transforme en un module d'entraînement à interface de consigne numérique ou analogique utilisable, par exemple, au sein d'un entraînement d'avance ou de broche.

Selon le mode de refroidissement, il faut adjoindre une unité de ventilation des déflecteurs d'air appropriés.

La modularité des modules d'entraînement permet de réaliser un nombre important de configurations d'entraînement à partir d'un petit nombre de constituants.

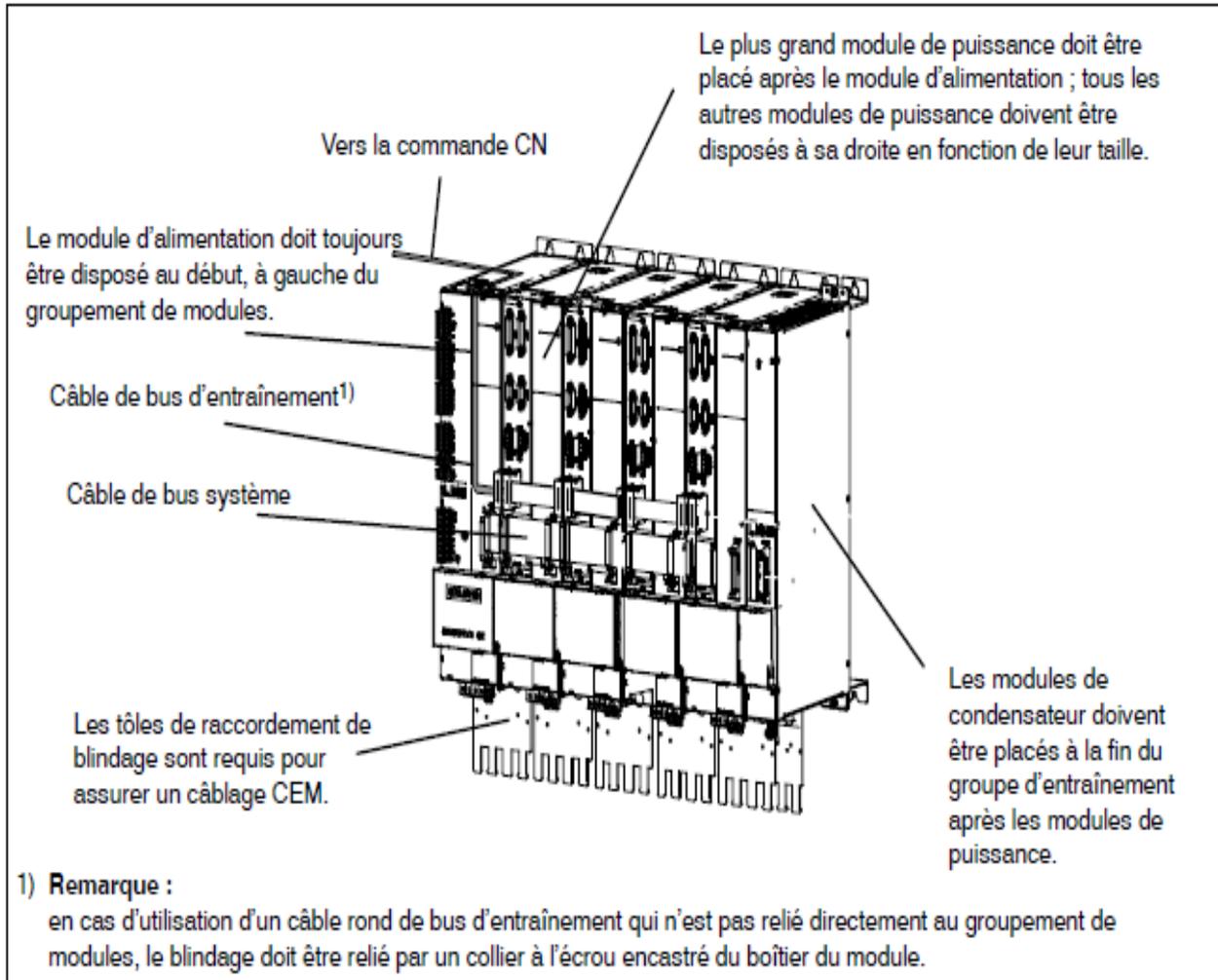
IV.6.Disposition et montage des modules

IV.6.1.Disposition des modules

La disposition des modules obéit à certaines règles. Les critères suivants doivent être pris en compte :

- Fonction du module
- Section des barrettes du circuit intermédiaire

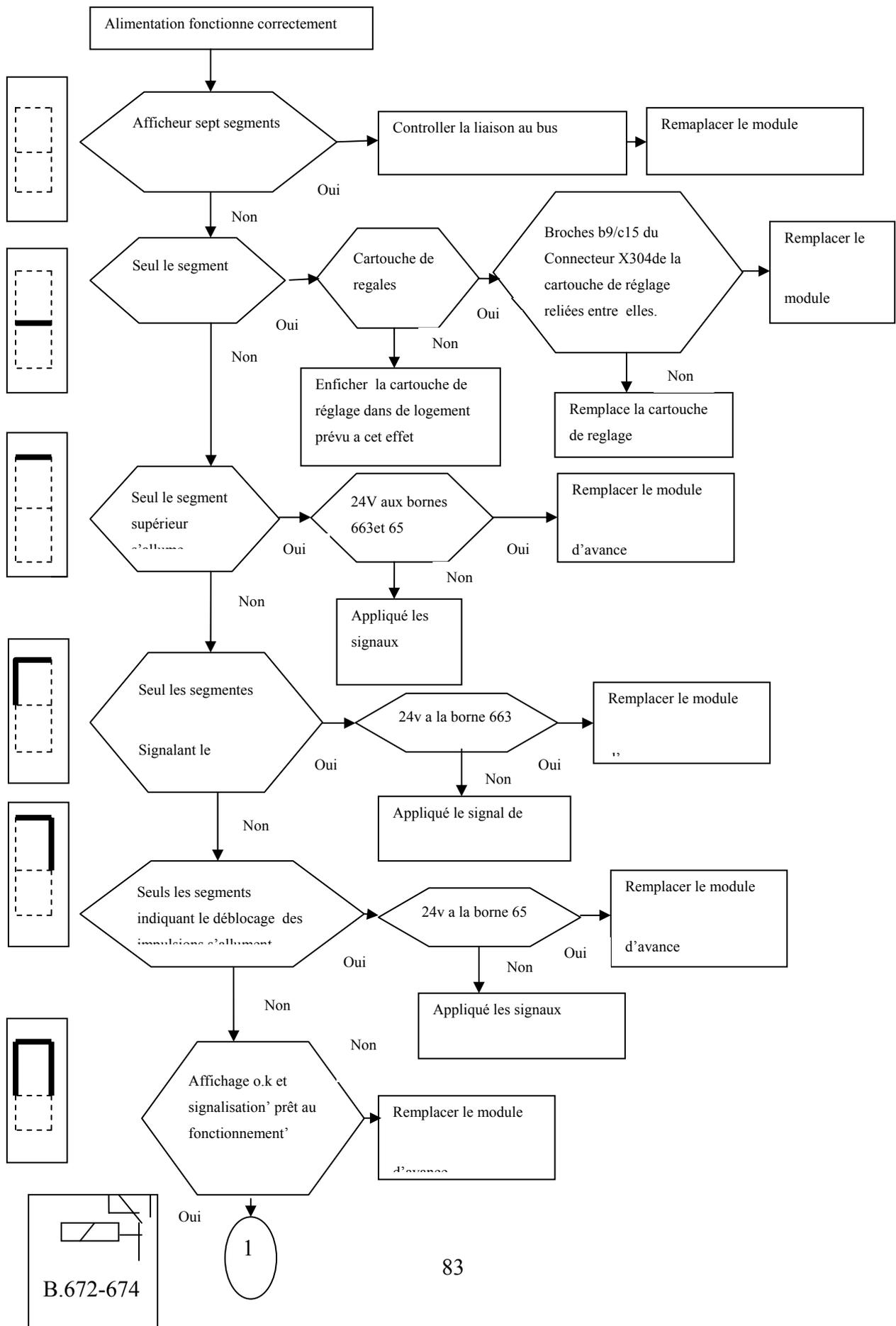
Le module A/R (Module d'alimentation/de régénération avec tension de circuit intermédiaire régulée) ou AN (Module d'alimentation avec tension de circuit intermédiaire régulée et résistance pulsée) doit toujours être disposé au début, à gauche du groupement de modules. Les modules de puissance (PP) doivent être montés à droite des modules A/R ou AN (voir fig. IV.1).

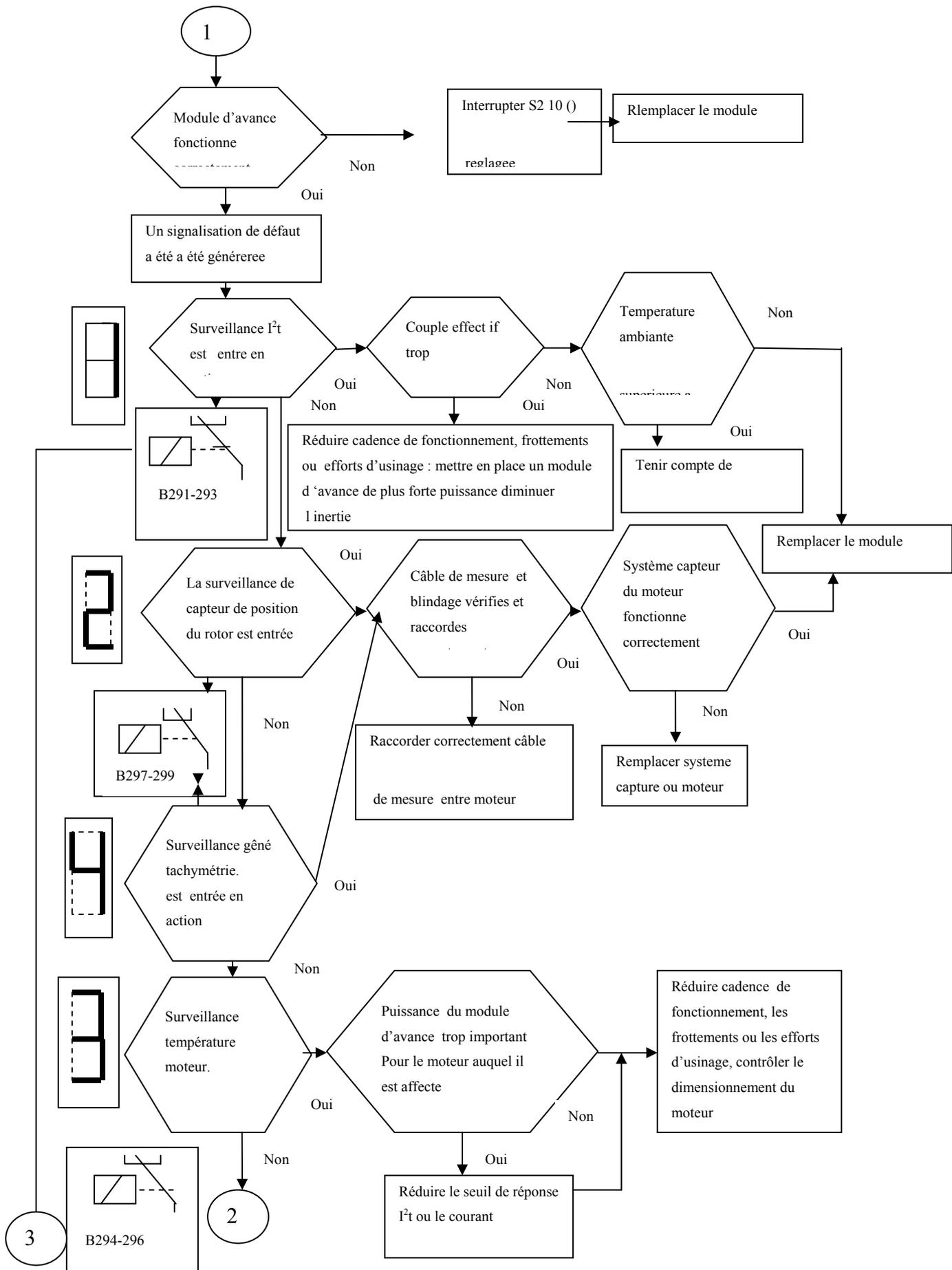


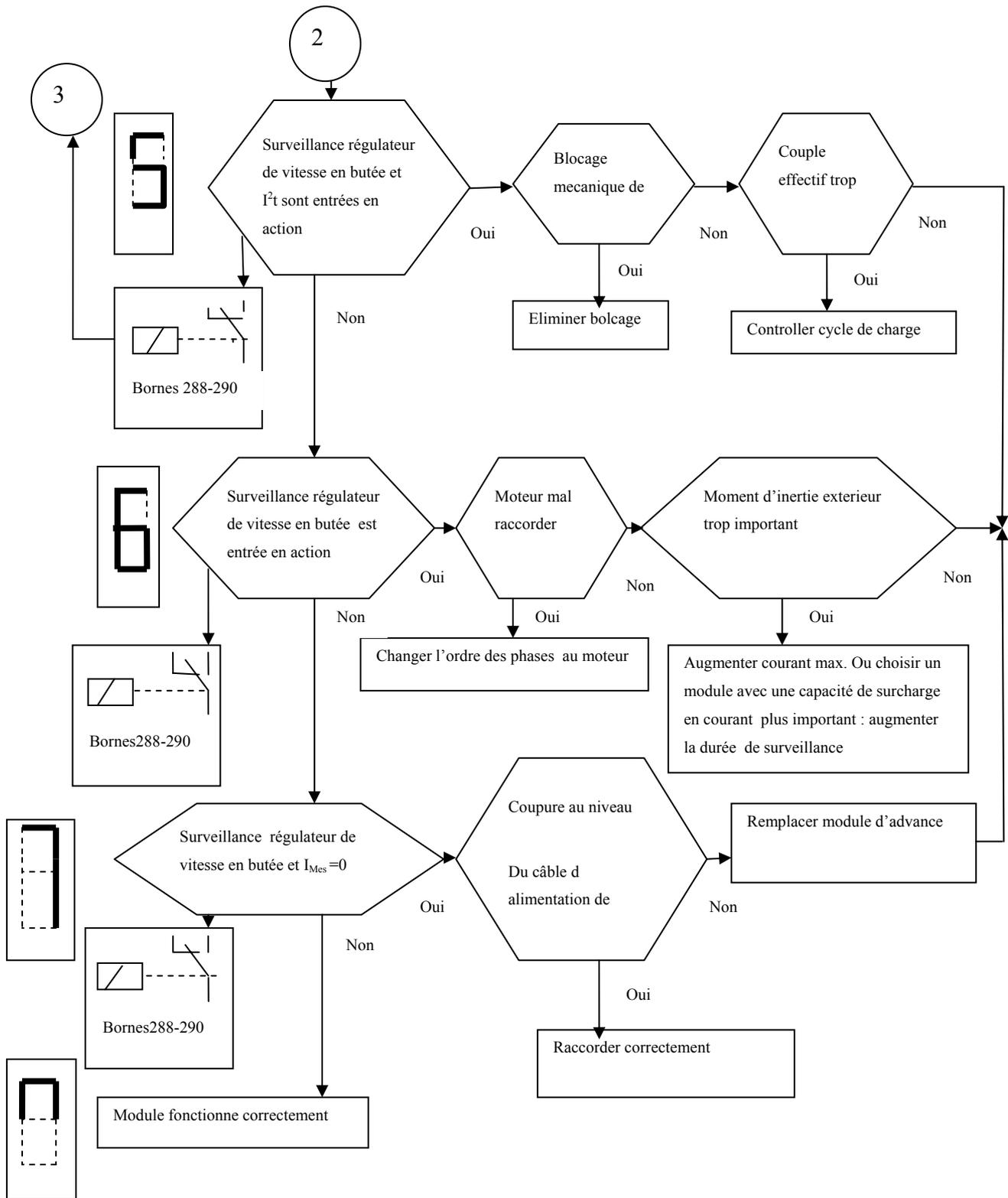
Figure(IV.1):Exemple de raccordement de module

IV.7. Affichage des défauts

Le variateur SIMODRIVE contient plusieurs avantages, et les avantages les plus marquants, c'est l'affichage des paramètres de fonctionnement, et des signaux de défaut, spécifiques à chaque axe sur un afficheur à 7 segments, ou sur un panneau d'affichage et de commande. Ce dernier élimine plusieurs inconvénients, par exemple, au lieu de chercher une erreur par un multimètre, par le biais des 7 segments, nous pouvons détecter directement les problèmes sachant que chaque segment désigne une erreur spécifique comme l'indique l'organigramme suivant.







IV. 8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons sélectionné le variateur SIMODRIVE 611 qu'il faut pour le fonctionnement de la machine.

Sachant que le principe de variation de vitesse est basé sur la variation de la fréquence des tensions d'alimentation d'une manière indirecte utilisant un variateur composé d'un redresseur et d'un onduleur de tension à trois niveaux à structure parallèle commandé par la stratégie triangulo-sinusoïdale.

Parmi les convertisseurs de fréquence utilisés pour la variation de la vitesse des moteurs synchrones, on a choisi le montage redresseur –onduleur de tension à MLI, car c'est une technologie de référence pour toutes les applications industrielles de faible, moyenne et grand puissance

Conclusion générale

Cette étude a été effectuée au sein de la SNVI dans le but de concevoir une solution de supervision pour la machine d'usinage (tour numérique CT60), et de résoudre le problème de son système d'asservissement.

Ce stage a été une expérience bénéfique en terme d'apprentissage et de familiarisation au monde industriel, de fait de mettre en application les théories acquises lors de la formation pédagogique.

Notre travail a apporté une solution, en adaptant un variateur développé par rapport à l'ancien qui est désuet même le fournisseur SIEMENS ne le fabrique plus. Le nouveau système nous a permis d'apporter des avantages au plus pour cette machine tour numérique (CT60).

Enfin, nous souhaitons que ce modeste travail servira de base de départ pour notre vie professionnellement sera d'un grand apport pour les promotions à venir.

Bibliographie

[1]: GUIDMESTER. Tour numérique de type CT60, SIEMENS

[2]: www.siemens.fr/automation et automation@siemens.fr

[3] : BABAY ABDEL Wahab, SABTI. Hamza, Mémoire de fin d'étude, analyse et commande de la cascade redresseur à trois niveaux – onduleur trois niveaux machine synchrone à double stator, dirigé par Pr. BERKOUK, Ecole nationale polytechnique, Promotion 2005.

[4] : ANAYAT Rabah, ABSI. Djamel Youghourta, Mémoire de fin d'étude, machine synchrone à double étoile modélisation, alimentation et commande. proposé et dirigé par Mr MAHMOUDI. M.O, Institut de l'électrotechnique, université des sciences et de la technologie houari BOUMEDIENE, Promotion 2002.

[5] : PHILIPPE BARRET, régimes transitoires des machines tournantes électriques, Edition EYROLLES, paris 1987.

[6] : Guy SEGUIR, L'électronique de puissance, les fonctions de base et leurs principales applications, EDITION DUNAD, BORDAS, paris. 1979.

[7] : Technique de Modulation à Sélection d'Harmoniques à Eliminer, (SHE PWM) pour la Commande des Onduleurs de Tension, Trois Niveaux Monophasés et Triphasés Y. SAHALI, M.K. FELLAH, Intelligent Control and Electrical Power Systems Laboratory ICEPS, University Djillali Liabes of SIDI-BEL-ABBES, E-mail: ya_sahali@yahoo.fr mkfella@univ-sba.dz.

[8] : Ramdane LATEB, Modélisation Des Machines Asynchrones Et Synchrones A Aimants Avec Prise En Compte Des Harmoniques D'espace Et De Temps, L'Institut National Polytechnique de Lorraine, le 19 octobre 2006.

[9] : BOUAKAZ OUAHID, contribution a l'analyse des onduleurs multi niveaux, université de BATNA, année 2005.

[10] : FADLI OUAHIBA. Modélisation et commande non linéaire de l'association : machine synchrone à aimants permanents- onduleur de tension à trois niveaux, université de BATNA, faculté des sciences de l'ingénieur, promotion 2006.

[11]: Siemens AG 2007 All Rights Reserved SIMODRIVE 611 Manuel de configuration (PJU) -- Edition 02/2007

[12] : Siemens AG. GWE 462012.9600.00 Ji-102 SIMODRIVE Instruction de service ,année 1993

[14] : Séguier Guy et Nottelet Francis. Electrotechnique industrielle. Tec et doc (Lavoisier). 1982.

[15]: Daniel CLENET. Démarreurs et variateurs de vitesse électroniques. CT 208, édition novembre 2003

[16]: L.ISAMBERT, Codeurs rotatifs industriels. Lycée Lislet Geoffroy.2004

principe du moteur synchrone à aimants permanents(servomoteur) :

Pièces de rechange,

livrables par l'usine

(voir exemple de commande)

1.0 palier, côté D (côté A)

.40 flasque palier

.41 douille

.42 bague d'étanchéité à frottement radial

.44 couvercle intérieur de palier (seulement moteurs sans frein)

45 douille

46 join torique

47 rondelle à autoétanchéité (Usit)

51 rondelle à autoétanchéité (Usit)

60 roulement

2.00 frein, complet

10 frein

13 goupille spiralée

17 bride

3.00 rotor, complet

10 rotor

4.00 stator, complet

10 carcasse statorique, complète

11 plaque signalétique

5.00 boîte à bornes / connecteurs

.10 joint

.11 partie supérieure de la boîte à Bornes

12 joint

13 couvercle de la boîte à bornes

15 vis autotaraudeuse

16 joint

19 vis autotaraudeuse

20 plaque à bornes

21 pièce intermédiaire

.22 bornier

23 étrier pour bornier

24 fiche de câble
27 bornier
28 vis à rondelle imperdable
29 joint (moteurs courts)
30 plaque intermédiaire (moteurs courts)
.36 rondelle à autoétanchéité (Usit)
42 joint torique
43 bouchon fileté
48 joint torique
49 bouchon fileté
.50 joint torique
51 bouchon fileté
54 écrou spécial
55 étrier de serrage
59 vis autotaraudeuse
62 symbole de terre
66 étrier
68 embase de connecteur, complète (avec câbles et joint torique)
.69 embase de connecteur, complète (avec câbles et joint torique)
100 embase, complète
101 vis
102 corps d'embase (avec joint torique)
103 isolant (6 points)
104 contact mâle
106 support
107 joint
120 vis
121 vis
122 bloc de prises, complet (avec câbles et joint torique)
123 couvercle (avec joint torique)
6.00 palier, côté N (côté B)
10 roulement
.20 flasque palier
22 rondelle-ressort
.23 joint torique
24 joint torique
25 couvercle

28 bouchon de protection

29 joint torique

30 bouchon fileté

31 vis à rondelle imperdable

32 tige fileté aux deux extrémités

8.00 Eléments incorporés/rapportés

.01 capteur de position avec génératrice tachymétrique, complet

(8.02, 8.03, 8.04, 8.16)

02 disque fixe, complet

.03 stator de la génératrice

04 rotor de la génératrice, complet

06 couvercle

15 connecteur de jonction

16 goupille spiralée

20 générateur d'impulsion, complet

21 générateur d'impulsion avec embase mâle

22 manchon avec cône double

23 joint

24 joint

26 joint torique

29 étrier élastique

30 douille entretoise

34 bride intermédiaire

58 joint

59 capot

900 générateur d'impulsion avec fiche

901 patte de fixation

904 joint

910 bride

911 joint

913 joint

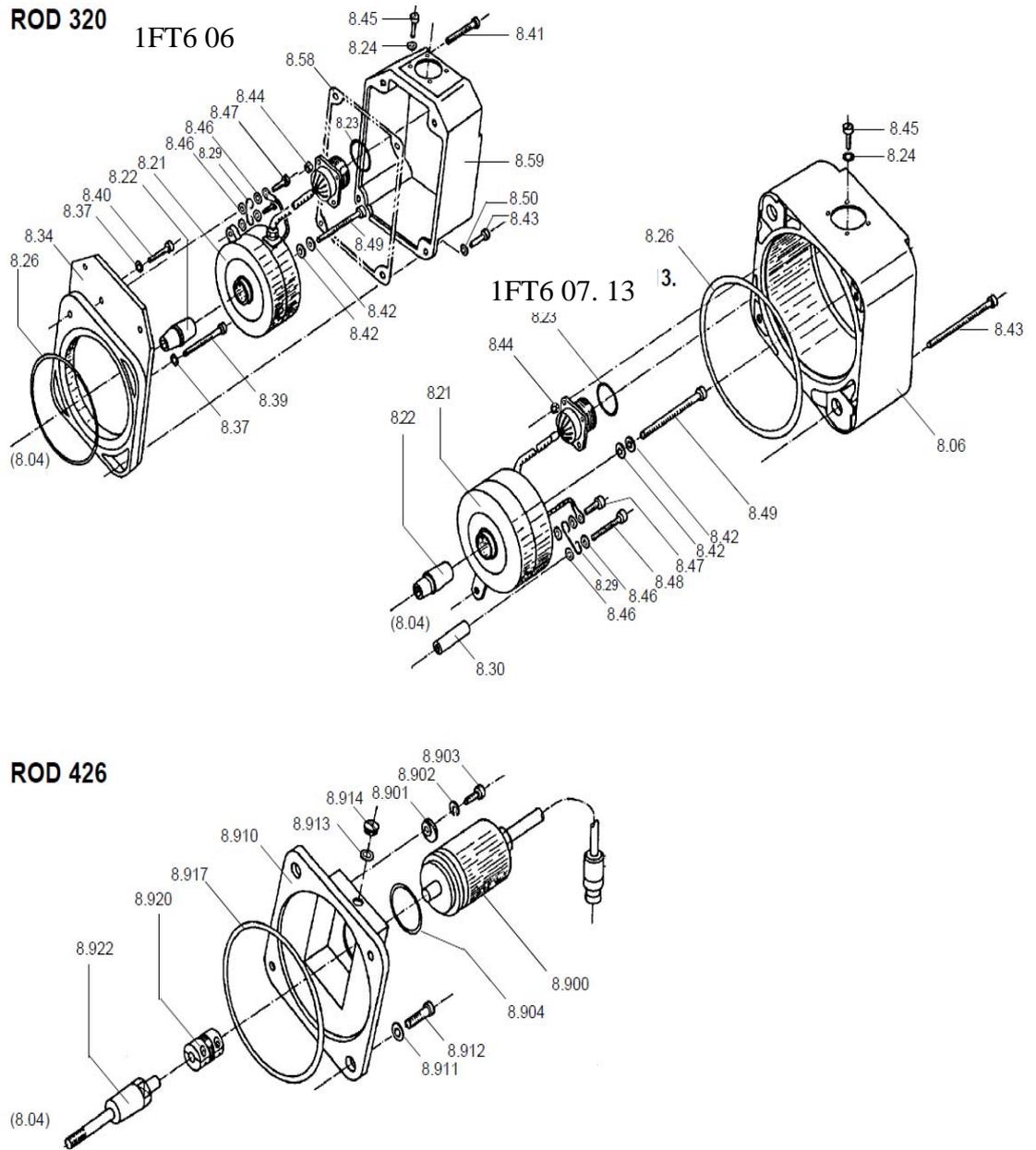
914 bouchon fileté

917 joint

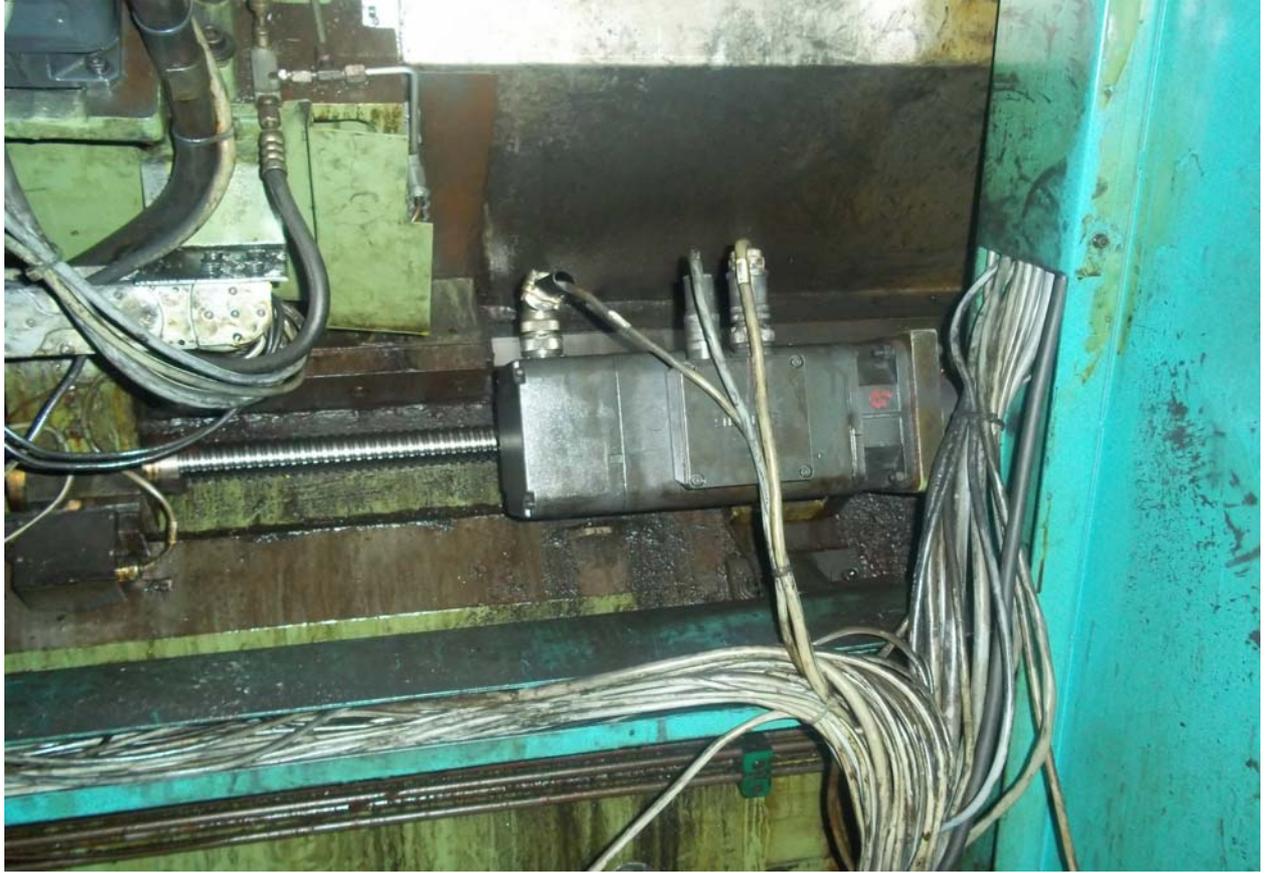
.920 accouplement

922 arbre conique

Figure3



Références de commande et caractéristiques techniques des moteurs en execution standard:



SCHEMA DU MOTEUR DE L'AXE "Z"

Axe Z :

siemens 3_permanent-magnet-motor

Vitesse nominale n_N =(tr/min)

$n_N=2000$

Couple a l' arrêt $M_0=10$ nN

1FT6072-0AC01-1

Poids approx kg=13.5

Moment d'inertie du rotor:

$J=21.10 (-4) \text{ kg.m.m}$

Courant de phase $I_0(60)$

$I_0=15.6 \text{ A}$

Courant nominal du variateur $I_N(60) =20\text{A}$ Puissance de dimensionnement $P_{\text{CALC}}=2.1 \text{ K}$



Schema sur le moteur de l'axe "x"

Moteur axe x:

Siemens 3_permanent-magnet-motor

$M_0=6.5\text{Nm}$

Vitesse nominal $N_m(\text{tr}/\text{min})=2000$

1FT6 066-0AC 1-1 numero de refer

Avec 1:IBM 5 (forme de construction)

Avec 1: c' est le type de raccordement.

Conecteur de puissance pour le moteur et le frein connecteur pour le système de capteurs et la thermistance .

Poids approx kg:10,5

Moment de d'inertie du rotor

$J=10,7 \cdot 10(-4) \text{ kg m.m}$

Courant de phase $I_0=10,3 \text{ A}$ Courant nominal du variateur

$I_n=20\text{A}$

Puissance de dimensionnement

$P_{clac}=M_0.nm/9550=1.4 \text{ kw}$