

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A.MIRA-BEJAIA



Faculté de Technologie  
Département de Génie Electrique

# Mémoire de Fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master en électrotechnique  
Option : Électrotechnique Industriel

Thème

---

**Etude de deux moteurs asynchrones commandés  
par un seul variateur de vitesse dans la machine  
Robopack au sein de l'entreprise SARL Ayriss,  
Akbou**

---

**Organisme d'Accueil : ENTREPRISE SARL NOMADE AYRIS AKBOU**

**Présenté par :**

- OUZEDDAM Hakim
- SEKHRI Fares

**Encadré par :**

- BABOURI Rabah

**Année Universitaire : 2017/2018**

# REMERCIEMENT

- En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu tout Puissant qui nous a donné la force de continuer et de terminer nos études et ce travail.
- Nous présentons nos remerciements, en première ligne a « SARL NOMAD AYRIS » de nous avoir accueillis dans son usine afin d'assurer notre stage pratique. Pour l'aide précieuse, et pour les considérables conseils reçus, qui nous étaient très utiles Durant notre stage.
- Nous remercions l'encadreur BABOURI Rabah, pour son aide, ces conseils et sa disponibilité durant toute la période de notre stage.
- Nous remercions tous nos enseignants et enseignantes durant notre période d'études a l'université Abderrahmane mira pour tout le savoir que nous avons acquis grâce à eux durant notre cursus.
- Nous remercions aussi tout le groupe de notre Faculté.
  - Pour terminer nous présentons nos chaleureux remerciements à tous le personnel de L'université Abderrahmane Mira.

# Dédicace 01

**(((Quand il y a la soif d'apprendre Tout vient à point à qui sait attendre)))**

Je dédie ce modeste travail :

## **À mes chers parents !**

Aux plus belles créatures que Dieu a créé sur terre.... À cette source de tendresse, de patience et de générosité...

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement Et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les Efforts et sacrifices incessants fournis pour mon confort absolu.

## **À mes Deux chères Frères !**

Ils sont à mes côtés, toujours Là à me pousser en avant la ou mes Roues ont cessé de tourner. Avec leurs encouragements et leurs conseils que je tiens toujours à cœur.

## **À ma grand mère**

Qui m'a accompagné par ses prières, sa douceur, puisse Dieu lui prêter longue vie et beaucoup de santé et de bonheur dans les deux vies.

**À la mémoire de mes Grands-pères**

**Et ma grande mère**

J'aurais tant aimé que vous soyez présents. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde,

**À mon grand frère et sa femme**

**À tous mes amis(es) que j'ai connu durant toute ma vie parmi eux :** mon binôme Hakim, mes deux amis d'enfance (Nassim et Racim), mes copain de chambre (Farid, Ahmed, Yacine, Lyes, Mehdi), et tous les autres sans exception,

**À tous les Enseignants et Etudiants que j'ai connus durant mon cursus universitaire.**

**À tous les Etudiants de mon groupe M2 électrotechnique industriel promotion 2017/2018.**

**À l'ensemble des fonctionnaires du SARL NOMADE AYRIS**

Les deux MEZIANI ( Halime et Fouad) qui mon laissé intégrer et faire se stage au sein de cette usine, ainsi mon promoteur CHARIK Ahmed et Nadjib dont l'aide m'a été très bénéfique et précieuse.

**À mon encadreur**

Mr BABOURI Rabah pour toutes les connaissances qu'ils m'avaient transmises durant la période de la réalisation de ce travaille .

**A tous ceux qui, par un mot, m'ont encouragé, aidé et donner la force de continuer ...**

.....SEKHRI FARES.....

# *Dédicace 02*

Je dédie ce modeste travail :

## **À mes chers parents !**

Ce travail est dédié à mon défunt père, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme, et que la réussite pour moi c'est la moindre chose que je puisse lui faire et lui prouver que il a laisser un homme sur qui conter et qui va continuer les challenges qu'il a laisser derrière lui pour que je les accomplissent, et je dédie se modeste travaille aussi a ma mère, à qui je dois la vie et une part essentielle de ma personnalité. Qu'elle sache que l'amour qu'elle me donne continue à m'animer et me permet d'envisager l'avenir comme un défi.

# Dédicace 02

## À Mes frères !

Surtout mon défunt frère Adel qui nous a laisser si jeune a qui je doit éternellement et aussi mais deux autres Mokrane et sa femme adorer ainsi mon chère petit frère Zahir que dieu me les gardes pour moi unis et bien réunis.

## À Mes sœurs !

Je dédie mon présent mémoire a mes chères sœurs, Aicha, Taous, Noura ainsi leur maries et leur enfants.

## À Ma Famille!

Je dédie mon travaille a l'ensemble de ma famille de près ou de loin, a tous ceux qui mon aider même avec un mot d'encouragement

**À tous mes amis(es) que j'ai connu durant toute ma vie parmi eux :** mon binôme Fares, mes amis Nassim et Racim, mes copain de chambre (Farid, Ahmed, Yacine, Lyes, Mehdi) et tous les autres sans exception.

**À tous les Enseignants et Etudiants que j'ai connus durant mon cursus universitaire.**

**À tous les Etudiants de mon groupe M2 électrotechnique industriel promotion 2017/2018.**

**À l'ensemble des fonctionnaires du SARL NOMADE AYRIS**

Les deux MEZIANI ( Halime et Fouad) qui mon laissé intégrer et faire se stage au sein de cette usine, ainsi mon promoteur CHARIK Ahmed et Nadjib dont l'aide m'a été très bénéfique et précieuse.

**A mon encadreur**

Mr BABOURI Rabah pour toutes les connaissances qu'ils m'avaient transmises durant mon cursus.

**A tous ceux qui, par un mot, m'ont encouragé, aidé et donner la force de continuer ...**

**.....OUZEDDAM Hakim .....**

# Table Des Matières

## Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des symboles	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale .....	1

## CHAPITRE I

## PRESENTATION DE LA SARL NOMADE AYRIS

I.1	Introduction .....	2
I.2	Présentation de la SARL NOMADE/AYRIS .....	2
I.2.1	Historique et présentation globale de l'unité .....	2
I.2.2	Situation géographique de l'entreprise.....	3
I.3	Processus de production .....	4
I.4	Stockage de l'eau .....	4
I.5	Conditionnements (remplissage) .....	5
I.6	Produits .....	6
I.7	Composition .....	6
I.8	Stockage .....	7
I.9	Expédition .....	7
I.10	Présentation de l'atelier de production .....	7
I.10.1	La composition de l'atelier de conditionnement .....	7
I.10.2	Laboratoire .....	12
I.10.3	Mode nettoyage (NEP ou CIP) .....	12
I.11	Conclusion .....	14

## CHAPITRE II

## ETAT DE L'ART SUR LES MACHINES ASYNCHRONES ET LES VARIATEURS DE VITESSES

II.1	Introduction .....	15
II.2	Les machines asynchrones.....	15
II.2.1	Définitions .....	15
II.2.2	Constitution .....	16
II.2.2.1	Le stator (partie statique) .....	17
II.2.2.2	Le rotor (partie mobile) .....	17

II.2.3	Principe de fonctionnement de la machine asynchrone .....	19
II.2.4	Domaine d'application .....	20
II.2.5	Avantages et inconvénients des machines asynchrones .....	20
II.3	Les variateurs de vitesses .....	21
II.3.1	Définition .....	21
II.3.2	Types de variateur de vitesses .....	21
II.3.2.1	Les redresseurs .....	21
II.3.2.1.1	Le redresseur non commandé .....	21
II.3.2.1.1.1	Redresseur triphasé simple .....	22
II.3.2.1.1.2	Redressement triphasé double .....	25
II.3.2.1.2	Le redresseur commandé .....	26
II.3.2.2	Les onduleurs .....	27
II.3.2.2.1	Définition .....	27
II.3.2.2.2	Types d'onduleurs .....	28
II.3.2.2.3	Principe général de fonctionnement de l'onduleur .....	28
II.3.2.2.4	Applications des onduleurs .....	30
II.3.2.2.5	Commande des onduleurs .....	31
II.3.2.3	Les gradateurs .....	32
II.3.2.3.1	Définition .....	32
II.3.2.4	Cycloconvertisseurs.....	36
II.3.2.4.1	Définition .....	36
II.3.2.4.2	Principe du cycloconvertisseur .....	37
II.3.2.4.3	Avantages et inconvénients des cycloconvertisseur .....	38
II.3.2.5	Convertisseur matricielle.....	38
II.3.2.5.1	Définition .....	39
II.3.2.5.2	Avantage des convertisseurs matriciel .....	39
II.3.2.5.3	Principe de fonctionnement.....	40
II.4	Conclusion .....	41

## CHAPITRE III

### PRESENTATION DE LA MACHINE ROBOPACK

III.1	Introduction .....	42
III.2	Description générale de la machine .....	42
III.3	Constitution de la machine .....	42
III.4	Organes principaux .....	47
III.5	Cycle opérationnel .....	48

<b>III.6</b>	<b>Description des dispositifs.....</b>	<b>49</b>
<b>III.6.1</b>	<b>Dispositifs électriques de contrôle .....</b>	<b>49</b>
<b>III.7</b>	<b>Groupe de traitement de l'air en entrée .....</b>	<b>50</b>
<b>III.8</b>	<b>Réglages .....</b>	<b>51</b>
<b>III.8.1</b>	<b>Conseils pour les réglages .....</b>	<b>51</b>
<b>III.8.2</b>	<b>Réglage de la tension de la courroie.....</b>	<b>51</b>
<b>III.8.3</b>	<b>Centrage anneau rotatif .....</b>	<b>52</b>
<b>III.8.4</b>	<b>Nivellement chariot porte-anneau.....</b>	<b>53</b>
<b>III.8.5</b>	<b>Tension de la chaine de renvoi de levage.....</b>	<b>54</b>
<b>III.9</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>55</b>

## CHAPITRE IV

### ETUDE DE VARIATEUR DE VITESSE DES DEUX MOTEURS ASYNCHRONES

<b>IV.1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>56</b>
<b>IV.2</b>	<b>Description de la chaine de transport .....</b>	<b>56</b>
<b>IV.2.1</b>	<b>Moteurs utilisés dans notre système.....</b>	<b>56</b>
<b>IV.2.2</b>	<b>Les capteurs.....</b>	<b>56</b>
<b>IV.2.3</b>	<b>Groupe élévateur de palettes .....</b>	<b>57</b>
<b>IV.2.3.1</b>	<b>Cycle opérationnel .....</b>	<b>58</b>
<b>IV.3</b>	<b>Armoire électrique.....</b>	<b>59</b>
<b>IV.4</b>	<b>Variateur de vitesse .....</b>	<b>61</b>
<b>IV.4.1</b>	<b>Description de fonctionnement .....</b>	<b>63</b>
<b>IV.4.2</b>	<b>Entrées /Sorties analogiques et digitales.....</b>	<b>65</b>
<b>IV.4.3</b>	<b>Communication entre variateur de vitesse et automate programmable</b>	<b>66</b>
<b>IV.4.4</b>	<b>Les consignes des variateurs .....</b>	<b>66</b>
<b>IV.4.5</b>	<b>Sécurité .....</b>	<b>67</b>
<b>IV.4.5.1</b>	<b>Sectionneur .....</b>	<b>67</b>
<b>IV.4.5.2</b>	<b>Les relais .....</b>	<b>67</b>
<b>IV.4.5.3</b>	<b>Fusible .....</b>	<b>67</b>
<b>IV.4.5.4</b>	<b>Contacteur .....</b>	<b>68</b>
<b>IV.4.5.5</b>	<b>Relais d'arrêt d'urgence.....</b>	<b>68</b>
<b>IV.5</b>	<b>Principe de fonctionnement de l'ensemble variateur de vitesse – moteur.....</b>	<b>68</b>
<b>IV.5.1</b>	<b>Schéma électrique du système .....</b>	<b>68</b>
<b>IV.5.2</b>	<b>Les composantes de schéma électrique .....</b>	<b>69</b>
<b>IV.5.3</b>	<b>Description de fonctionnement de système .....</b>	<b>70</b>
<b>IV.5.4</b>	<b>Paramétrage de variateur de vitesse avec le logicielle MCT10 .....</b>	<b>71</b>

IV.5.4.1	Présentation de logicielle MCT10 .....	71
IV.5.4.2	Description système .....	71
IV.5.4.3	Paramétrage .....	72
IV.5.4.4	Capture d'écran des paramètres .....	74
IV.5.5	Explication de la fonctionnalité choisie dans notre cas pour la commande de deux moteurs .....	77
IV.6	Conclusion .....	78
	Conclusion générale .....	79
	Références bibliographiques	

**Annexes**

**Annexe A : Schéma électrique de système**

**Annexe B : Schéma électrique monté descente**

**Annexe C : Schéma électrique convoyeur 2 machine**

LISTE DES  
ABREVIATIONS  
ET SYMBOLES

### Liste des abréviations et symboles

SARL : Société à Responsabilité Limité.

PET : Polytéraphalate D'éthylène.

UV : Ultra-Violet.

DLUO : Date Limite d'Utilisation Optimale.

MAS : Machine Asynchrone.

MCC : Machine à Courant Continue.

AC : Alternatif Curent.

DC : Direct Curent.

CPU : Central Processing Unit.

SNCF : Société nationale des chemins de fer français.

E.E.A : électrotechnique, électronique, automatique.

W : Watt.

MW : Miga Watt.

TOR : Tout Ou Rien.

GTO : Gate Turne Off.

IGBT : Insulated Gate Bipolaire Transistor.

MOS : Mosfet.

MLI : Modulation De Largeur D'impulsions.

PMW : Pulse With Modulation.

Ton : Durée du train d'onde.

Tc : Période de modulation.

T : Couple.

Nn : Vitesse nominal.

N : Vitesse.

Pn : Puissance nominal.

In : Courant nominal.

V : Tension simple.

U : Tension composé.

CC : Court-Circuit.

V : Volt.

mA : Mili Ampère.

$\Omega$  : Ohm.

L : Ligne (Phase).

Min : Minute.

Tr : Tour.

$\omega$  : Vitesse angulaire.

$I_{p1}$ ,  $I_{p2}$ ,  $I_{p3}$  : Courant de phase.

$I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  : Courant de lignes.

T : Période.

$I_{ceff}$  : Courant efficace de charge.

$I_{Deff}$  : Courant efficace de diode.

LISTE DES  
FIGURES ET  
TABLEAUX

## Liste des figures

### CHAPITRE I

#### PRESENTATION DE LA SARL NOMADE AYRIS

Figure (I.1) : SARL NOMADE AYRIS.....	2
Figure (I.2) : Position géographique du site d'implantation .....	3
Figure (I.3) : Produits de l'entrepris.....	6
Figure (I.4) : schéma d'une Box Kipper .....	8
Figure (I.5) : préforme en PET.....	8
Figure (I.6) : moule ouvert dans lequel les préformes sont soufflées .....	8
Figure (I.7) : InnoPet Blofill et InnoFill Pet NV où les préformes de bouteilles sont chauffée, soufflées, remplies et bouchonnées .....	10
Figure (I.8) : InnoKet 360 Duo étiqueteuse .....	10
Figure (I.9) : la bobine de la station 1 .....	10
Figure (I.10) : InnoPack Kisters SP .....	11
Figure (I.11) : sortie des fardeaux .....	11
Figure (I.12) : InnoPack Kisters CSM) .....	11
Figure (I.13) : poigner .....	11
Figure (I.14) : Pupitre de commande du palettiseur.....	12
Figure (I.15) : InnoPall.....	12

### CHAPITRE II

#### ETAT DE L'ART SUR LES MACHINES ASYNCHRONES ET LES VARIATEURS DE VITESSES

Figure (II.1) : les quadrants de fonctionnements d'une machine asynchrone.....	16
Figure (II.2) : Composition de la MAS .....	16
Figure (II.3) : Le stator de la MAS.....	17
Figure (II.4) : Machine asynchrone à cage d'écureuil.....	18
Figure (II.5) : Construction d'un rotor bobiné .....	18
Figure (II.6) : Principe de fonctionnement de la machine asynchrone .....	19
Figure (II.7) : Convertisseur alternatif-continu .....	21
Figure (II.8) : Redresseur triphasé simple .....	22
Figure (II.9) : Allures de tension d'un redresseur à diodes .....	22
Figure (II.10) : Allure de tension de la diode 1 (Vd1) .....	23
Figure (II.11) : Tension moyenne redressée .....	23

Figure (II.12) : Tension maximal .....	24
Figure (II.13) : Redressement triphasé double .....	25
Figure (II.14) : Allures de tension d'un redresseur triphasé double à diodes .....	25
Figure (II.15) : Redresseur commandé pont mixte symétrique .....	26
Figure (II.16) : La tension aux bornes de la charge avec un redresseur commande .....	27
Figure (II.17) : Convertisseurs statiques continu-alternatif .....	27
Figure (II.18) : structure d'un onduleur triphasé en pont .....	29
Figure (II.19) : Interrupteur de puissance avec IGBT et diode .....	29
Figure (II.20) : Exemple de période de commutation avec temps mort .....	30
Figure (II.21) : Schéma équivalent d'un onduleur (première phase) .....	31
Figure (II.22) : Schéma équivalent d'un onduleur (deuxième phase).....	32
Figure (II.23) : Convertisseurs statiques alternatif-alternatif .....	33
Figure (II.24) : Gradateur a angle de phase .....	33
Figure (II.25) : L'allure de la tension au borne de la charge .....	34
Figure (II.26) : Gradateur a train d'onde .....	35
Figure (II.27) : Gradateur a train d'onde .....	35
Figure (II.28) : Gradateur a train d'onde .....	36
Figure (II.29) : Schéma fonctionnel du cycloconvertisseur .....	37
Figure (II.30) : Ondes idéales du cycloconvertisseur.....	37
Figure (II.31) : Circuit à entrée monophasée, sortie monophasée et charge résistive pure.....	38
Figure (II.32) : Convertisseur matricielle.....	39
Figure (II.33) : Convertisseur Matriciel 3ph-3ph alimentant une charge .....	40

### **CHAPITRE III**

#### **PRESENTATION DE LA MACHINE ROBOPACK**

Figure (III.1) : Constitution de la machine Robopack.....	43
Figure (III.2) : La représentation de Châssis et chariot.....	44
Figure (III.3) : La constitution de l'anneau rotatif .....	45
Figure (III.4) : La méthode de chargement des batteries qui alimente le chariot .....	46
Figure (III.5) : La constitution de la protection anti-accidents .....	47
Figure (III.6) : Le cycle opérationnel .....	48
Figure (III.7) : La description des dispositifs électriques de contrôle.....	49
Figure (III.8) : La représentation du capteur de phase anneau et le micro-interrupteur.....	50
Figure (III.9) : Groupe de traitement de l'air en entrée.....	50
Figure (III.10) : La méthode du Réglage de la tension de la courroie .....	52

Figure (III.11) : La méthode du Centrage de l’anneau rotatif .....	53
Figure (III.12) : La méthode du Nivellement chariot porte-anneau .....	54
Figure (III.13) : La méthode du réglage tension de la chaine de renvoi de levage .....	54

## CHAPITRE IV

### ETUDE DE VARIATEUR DE VITESSE DES DEUX MOTEURS ASYNCHRONES

Figure (IV.1) : L’élèveur .....	57
Figure (IV.2) : Fonctionnement de l’élèveur de palettes.....	58
Figure (IV.3) : Vue extérieur de l’armoire électrique .....	59
Figure (IV.4) : Vue intérieur de l’armoire électrique.....	61
Figure (IV.5) : Caractéristique mecanique d’une MAS pour plusieurs fréquences d’alimentation.....	62
Figure (IV.6) : Variateur de vitesse simplifié .....	63
Figure (IV.7) : Schéma de câblage de base .....	64
Figure (IV.8) : Variateur de vitesse (DANFOSS FC 301-302).....	65
Figure (IV.9) : Schéma électrique du système .....	69
Figure (IV.10) : Danfoss drives VLT MCT 10 .....	71
Figure (IV.11) : Fenêtre MCT10 (version 3.11) .....	72
Figure (IV.12) : Fenêtre principale du logiciel de configuration MCT 10.....	72
Figure (IV.13) : Paramètres de la machine Robopack .....	73
Figure (IV.14) : Paramètres fonction/affichage .....	74
Figure (IV.15) : Paramètres Charge et moteur .....	75
Figure (IV.16) : Paramètres freins.....	75
Figure (IV.17) : Paramètres entrée/sortie digitales .....	76
Figure (IV.18) : Paramètres entrée/sortie analogique .....	76
Figure (IV.19) : Paramètres lecture données (état moteur) .....	77
Figure (IV.20) : Paramètres lecture données (état variateur) .....	77
Figure (IV.21) : Paramètres entrée/sortie digitales .....	78

**Liste des tableaux**

**CHAPITRE I**

**PRESENTATION DE LA SARL NOMADE AYRIS**

Tab (I.1) : Composition d'une bouteille d'eau .....	6
Tab (I.2) : Résumé des différentes phases.....	13

**CHAPITRE II**

**ETAT DE L'ART SUR LES MACHINES ASYNCHRONES ET LES  
VARIATEURS DE VITESSES**

Tab (II.1) : les avantages et les inconvénients de moteur asynchrone .....	20
--	----

**CHAPITRE IV**

**ETUDE DE VARIATEUR DE VITESSE DES DEUX MOTEURS  
ASYNCHRONES**

Tab (IV.1) : Plaques signalétiques des moteurs utilisés .....	56
Tab (IV.2) : Entrées/Sorties digitales .....	65
Tab (IV.3) : Entrées/Sorties analogiques .....	66
Tab (IV.4) : Les différentes fréquences des variateurs .....	67

# Introduction

# Générale

## **INTRODUCTION GENERALE**

La machine asynchrone (MAS), de par sa simplicité de conception et d'entretien, à la faveur des industriels depuis son invention par N. TESLA, quand il découvrit les champs magnétiques tournants engendrés par un système de courants polyphasés. Cette simplicité s'accompagne toutefois d'une grande complexité physique, liée aux interactions électromagnétique entre le stator et le rotor, c'est pourquoi elle a été utilisée depuis longtemps dans les entraînements à vitesse constante. La machine asynchrone est actuellement la machine électrique dont l'usage est le plus répandu dans l'industrie. Ses principaux avantages résident dans l'absence de bobinage rotorique (machine à cage), structure simple, robuste et facile à construire. Son domaine de puissance va de quelques watts à plusieurs mégawatts, reliée directement au réseau industriel à tension et fréquence constante, elle tourne à vitesse peu inférieure de la vitesse de synchronisme on dit alors qu'il y a glissement [1].

Les nouvelles applications industrielles nécessitent des variateurs de vitesse ayant des hautes performances dynamiques, une bonne précision en régime permanent, une haute capacité de surcharge sur toute la plage de vitesse et une robustesse aux différentes perturbations. Ces dernières années, plusieurs techniques ont été développées pour permettre au variateur d'atteindre ces performances [2].

Notre travail concerne l'étude de deux moteurs asynchrones commandés par un seul variateur de vitesse (DANFOSS FC 302) de la machine Robopack au sein de la SARL NOMAD Ayris.

Ce mémoire est subdivisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre sera consacré à la présentation de la SARL NOMAD Ayris, et nous donnerons une description de l'atelier de production et la composition de l'atelier de conditionnement.

Le deuxième chapitre sera consacré à donner des généralités sur les moteurs asynchrones et les variateurs de vitesses. Dans sa première partie nous présenterons la définition, le principe de fonctionnement, les types, le domaine et les avantages et inconvénients des moteurs asynchrones. La deuxième partie sera consacré à présenter les différents types de variateurs de vitesse, leurs principe de fonctionnements et leurs commandes.

Le troisième chapitre sera consacré à la présentation de la machine Robopack, et nous donnerons la description et la constitution de la machine et son cycle opérationnel.

Dans ce dernier chapitre nous étudierons comment peut-on commander deux moteurs asynchrones par un seul variateur de vitesse et comment faire le paramétrage de ce variateur de vitesse par le logiciel MCT10.

Enfin. Nous terminerons par une conclusion générale.

# Chapitre I

**PRESENTATION DE LA SARL  
NOMADE AYRIS**

## I.1 Introduction

Chaque processus industriel de fabrication se compose d'un ensemble de machines destinées à réaliser la fabrication considérée, et devant la diversité de ces processus l'Electrotechnique occupe une place primordiale.

On a effectué un stage d'une durée de 30 jours au sein de l'entreprise SARL NOMADE « AYRIS ».

Durant ce stage on a pu apprendre le fonctionnement d'une entreprise et ainsi mettre en pratique nos connaissances acquises dans le domaine de l'Electrotechnique industrielle.



Figure (I.1) : SARL NOMADE AYRIS

## I.2 Présentation de la SARL NOMADE/AYRIS

### I.2.1 Historique et présentation globale de l'unité

Fondée en 1998, la SARL NOMADE a débuté dans le secteur des boissons avec la production de limonades, puis d'eau gazeuse, mais s'est aussitôt spécialisée dans l'exploitation d'eau de source.

Elle est située à la zone industrielle Bouzeroual Akbou, wilaya de Bejaia, une situation géographique qui lui permet de puiser dans la nappe supérieure de la vallée de la Soummam réputée pour la qualité supérieure de son eau, elle est capable de livrer ces produits sur tous le territoire national.

En 2006, la **SARL NOMADE/AYRIS** comportait 36 ouvriers, et s'étendait sur une superficie de 1200m<sup>2</sup>, le matériel de production était beaucoup plus manuel qu'automatique.

En 2015, l'entreprise s'est élargi, le nombre d'ouvrier a augmenté jusqu'à 45 ouvriers, le matériels de production est passé du manuel à l'automatique, ce qui a amélioré le produit final quantitativement et qualitativement et protège les biens et le personnel.

Soucieuse de l'irréprochabilité de la qualité de son eau, NOMADE s'est très tôt dotée d'un laboratoire de contrôle de qualité qui analyse quotidiennement et systématiquement toutes ses productions.

Le succès de leurs produits, et la satisfaction spontanément exprimée par leur clients, les poussent à aller de l'avant, innover et explorer d'autres terrains.

## I.2.2 Situation géographique de l'entreprise

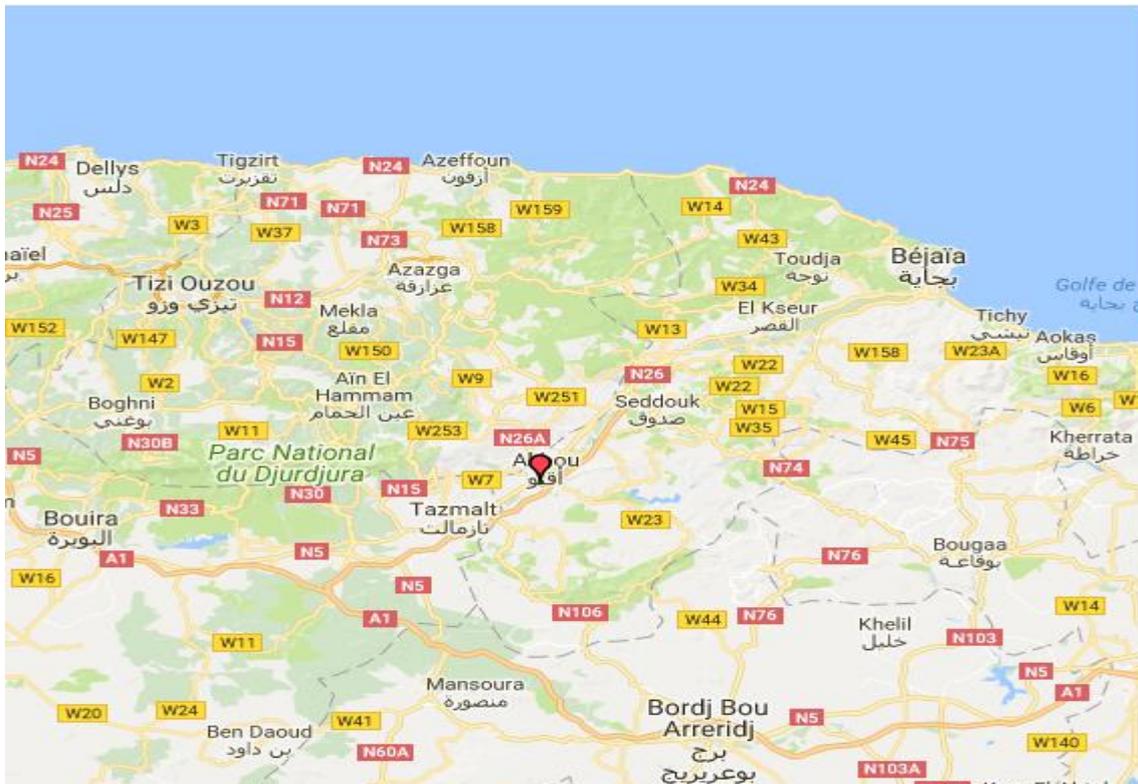


Figure (I.2) : Position géographique du site d'implantation

AYRIS est implanté :

- ✚ A Bouzeroual à la sortie de la commune d'Akbou;
- ✚ A deux(02) Km de l'agglomération d'Akbou;
- ✚ Près de la voie ferrée;

- ✚ A 60km de Bejaïa, chef-lieu de la région dotée d'un port à fort trafic et un aéroport international;
- ✚ A 200km à l'ouest de la capital Alger.

### I.3 Processus de l'exploitation

L'eau de source est d'origine exclusivement souterraine, apte à la consommation humaine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution.

Son exploitation s'effectue sur une chaine de production où le produit passe par une succession d'opération bien définie comme suit :

➤ **Forage**

AYRIS contient deux forages (puits) à partir des quels elle exploite l'eau.

➤ **Filtrage**

On utilise plusieurs filtres pour supprimer les éléments solides en suspension dans l'eau. Parmi ces filtres on trouve :

✚ **Filtre à sable**

L'eau entre dans le filtre à sable qui a pour rôle l'élimination des matières en suspensions.

✚ **Filtre à charbon actif**

Fixe les composés organiques dissous, qui ont échappés à la dégradation biologique naturelle, et il réalise aussi une dé-chloration, en retenant les grosses particules en suspension : sable, bous...

✚ **Pré filtration**

Il assure la filtration afin d'éviter le colmatage de l'entrée des fibres des modules de l'ultrafiltre.

✚ **Ultrafiltration**

Désinfecte l'eau et la rend parfaite en éliminant l'ensemble des matières en suspension dans l'eau ainsi que les bactéries et virus.

### I.4 Stockage de l'eau

Dans une cuve équipée d'une pompe pour éviter la stagnation d'eau qui constitue un milieu favorable pour le développement des micro-organismes.

## I.5 Conditionnements (remplissage)

Le conditionnement d'eau commence à partir d'une préforme qui provient de la résine de PET (Polytéréphtalate D'éthylène) qui donnera naissance à la conception de la bouteille d'eau minérale. Ensuite le remplissage est obtenu en neuf étapes :

### + Etape 1 : Soufflage

Rendues malléables par la chaleur, les préformes sont étirées, puis soufflées et prennent enfin la forme des futures bouteilles plastiques en PET (Polytéréphtalate D'éthylène).

### + Etape 2 : Insufflage

Avant le remplissage, chaque bouteille plastique est rincée par injection d'air et acheminée en univers stérile pour son remplissage et son bouchage.

### + Etape 3 : Remplissage

C'est la soutireuses qui remplit les bouteilles d'eau.

### + Etape 4 : Bouchage

Un bouchon est vissé sur la bouteille d'eau aussitôt son remplissage achevé, pour éliminer tout risque de contamination et garantir une étanchéité totale de bouteille.

### + Etape 5 : Etiquetage et marquage

L'étiquette est placée directement sur la bouteille d'eau. Un marquage au laser permet d'y inscrire la date limite d'utilisation optimale (DLUO) et le numéro du lot auquel elle appartient afin d'en assurer la traçabilité.

### + Etape 6 : Fardelage

Une fois remplies, les bouteilles sont regroupées par 6 puis enveloppées sous le film d'emballage des futurs packs d'eau.

### + Etape 7 : Pose de poignée

Sur les packs sont apposées des poignées pour faciliter le transport.

### + Etape 8 : Palettisation et housage

Les packs sont placés sur des palettes par couches successives, puis recouverts d'une housse imperméable et anti-UV, assurant une protection optimale pendant le transport et le stockage.

### ✚ Etape 9 : Expédition des palettes par la route et par le rail

Les palettes sont acheminées soit par des chariots automatiques depuis l'usine jusqu'au quai de chargement de nos camions ou aux quais de chargement des trains.

## I.6 Produits

Les produits de l'entreprise SARL Nomade Ayriss sont représentés dans la figure (I.3).



Figure (I.3) : Produits de l'entrepris

## I.7 Composition

Les compositions d'une bouteille d'eau sont représentées dans le tableau (I.1).

Tab (I.1) : Composition d'une bouteille d'eau

ELEMENT	MG/L
CALCIUM	65.5
MAGNÉSIUM	6.8
BICARBONATES	234.24
POTASSIUM	19
SODIUM	28.5
SULFATES	75
CHLORURES	37
NITRATES	2.7
NITRITES	0.01
PH	7.78

## I.8 Stockage

Le produit fini est stocké dans un endroit aéré pendant 48 heures, le temps nécessaire pour réalisation des analyses microbiologiques.

## I.9 Expédition

Après autorisation d'expédition par le laboratoire, le produit fini est libéré pour la distribution et la vente.

## I.10 Présentation de l'atelier de conditionnement

Tous les secteurs de l'industrie utilisent aujourd'hui l'automatisation, et ceci pour garder leurs outils de production performants et répondre à la compétitive croissante sans cesse. Cette partie a pour objectif de présenter les différents éléments qui se trouvent dans l'atelier de conditionnement de l'entreprise de production d'eau en bouteille dans lequel nous avons effectué notre stage.

### I.10.1 La composition de l'atelier de conditionnement

L'atelier de conditionnement se compose de :

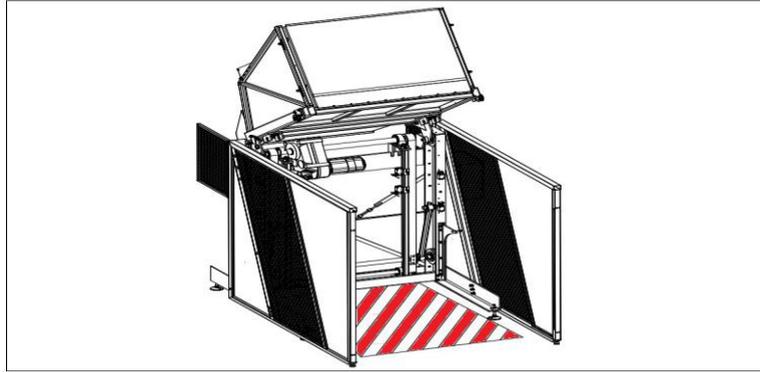
- **Box Kipper (préforme)**

La Box Kipper est une machine prévue uniquement à transvider des demi-produits des récipients de manutention dans un conteneur de la ligne technologique. La notion (semi produits) est entendue comme préformes en PET utilisées pour la fabrication des bouteilles.

La Box Kipper est construite des éléments suivants :

- ✚ Le châssis-support;
- ✚ Le panier;
- ✚ La transmission;
- ✚ Les protecteurs;

✚ L'équipement électrique.



**Figure (I.4) :** schéma d'une Box Kipper

- **InnoPet Blofill (souffleuse)**

La machine permet de fabriquer des bouteilles en plastique à partir de préformes.



**Figure (I.5) :** préforme en PET



**Figure (I.6) :** moule ouvert dans lequel les préformes sont soufflées

Le rail de sortie de l'unité d'entrée guide la préforme vers l'unité de soufflage. Le poste de chargement du module de chauffe isole les préformes et les place sur des mandrins, les mandrins avec les préformes traversent le four linéaire.

Dans le four linéaire les préformes sont chauffées jusqu'à pouvoir être déformées. Le poste de transfert TP (préformes) retire les préformes des mandrins et les place dans les poste de soufflage. La préforme est entourée d'un moule de soufflage composé de deux inserts de moule de soufflage et du moule de fond. Les inserts de moule de soufflage et le moule de fond donneront sa forme à la bouteille.

Le processus de soufflage se compose de l'étirage et d'un soufflage en deux temps. Lors de l'étirage une tige d'étirage est insérée de haut en bas par l'embouchure de la préforme et étire la préforme sur la longueur de la future bouteille.

Le premier niveau de pression (pression  $P1=5.3\text{bar}$ ), sert à souffler la bouteille.

Le second niveau de pression, plus puissant (pression  $P2=34\text{bar}$ ), sert à former le contour de la bouteille et à presser la paroi de la bouteille contre le moule de soufflage.

Différents circuits hydrauliques tempèrent les moules pendant le processus de soufflage. La régulation de température dépend du procédé appliquée par la machine.

Quand la machine applique le procédé de production XHR, la bouteille est refroidie à l'air de purge après le processus de soufflage.

Le moule s'ouvre après le soufflage. Le poste de transfert TB (bouteilles) prélève la bouteille de la roue de soufflage et la transmet à la roue de transfert dans le sas. La roue de transfert remet la bouteille à la soutireuse.

Le sas relie la machine de moulage par soufflage et la soutireuse. Le sas empêche l'humidité d'atteindre la machine de soufflage durant le nettoyage de la soutireuse.

- **InnoFill Pet NV (soutireuse) et bouchonneuse**

Dans la salle blanche (propre) les bouteilles sont remplies par la soutireuse et bouchées par la bouchonneuse. Les deux machines sont complètement protégées par des vitres en plexiglas et l'air contenu est filtré, un système envoie de l'air stérile.

C'est le seul endroit de l'usine où les bouteilles se retrouvent débouchées et à l'air libre. Les règles d'hygiène sont par conséquent très strictes : salle contrôlée en permanence, personne ne pénètre dedans et en cas de besoin d'intervention les règles sont très strictes (emploi de tenues spéciales à usage unique (blouse, masque, charlotte, surchaussure), équipement mis dans le SAS d'entrée de la salle blanche, lavage des mains avec un savon désinfectant puis utilisation d'une solution antibactérienne).



**Figure (I.7) :** InnoPet Blofill et InnoFill Pet NV où les préformes de bouteilles sont chauffée, soufflées, remplies et bouchonnées

Après être remplies et bouchonnées les bouteilles sont transportées à l'aide d'un convoyeur, elles passent alors par le contrôleur de niveau et de bouchon « **Gassmet InnoCheck** », ensuite elles passent par le sécheur qui les sèche « **Europool** ».

Après le séchage les bouteilles sont alors prêtes à passer par l'étiqueteuse.

- **InnoKet 360 Duo (etiqueteuse), Innocheck (controleur) et Domino (dateur)**

Les bouteilles sont acheminées debout sur un rail depuis la salle blanche jusqu'à l'étiqueteuse. Elle contient deux stations (deux bobines) qui déroulent les étiquettes. L'étiqueteuse dépose une étiquette sur chacune des bouteilles pleines et bouchées.



**Figure (I.8) :** InnoKet 360 Duo étiqueteuse



**Figure (I.9) :** la bobine de la station 1

Ensuite le niveau d'eau et le dépôt de l'étiquette sont contrôlé par le contrôleur « **InnoCheck** ». En effet, le volume indiqué sur les étiquettes doit absolument être respecté. Cette opération est effectuée à l'aide d'un système de cellules optiques. Si le niveau est incorrect les bouteilles sont éjectées.

Comme tout produit consommable, les bouteilles comportent une DLUO, Date Limite d'Utilisation Optimale. Cette DLUO est apposée grâce à un marquage au laser par le dateur « Domino ».

- **InnoPack Kisters SP (fardeleuse)**

Les bouteilles sont regroupées par six et sont enroulées dans un film plastique qui est ensuite rétracté par la chaleur grâce au chauffage de la fardeleuse.



**Figure (I.10) :** InnoPack Kisters SP



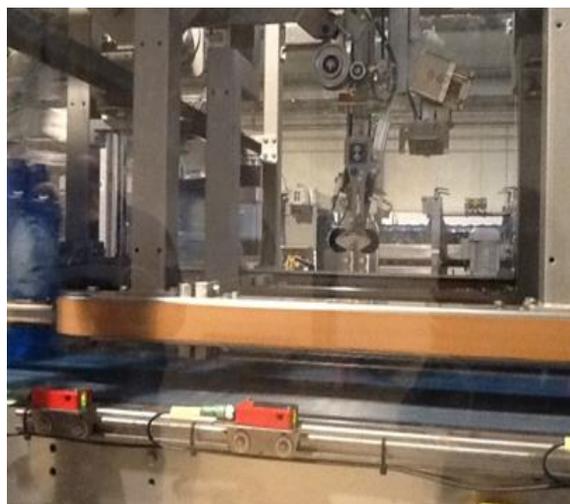
**Figure (I.11) :** sortie des fardeaux

- **InnoPack Kisters CSM (pongieuse)**

Les fardeaux sont transportés avec le convoyeur vers la pongieuse qui sert à mettre des pognés pour faciliter le transport pour le consommateur.



**Figure (I.12) :** InnoPack Kisters CSM



**Figure (I.13) :** poigner

- **InnoPall (palettiseur)**

Les packs de six bouteilles sont ensuite disposés sur des palettes pour un transport et un stockage plus faciles.



**Figure (I.14) :** Pupitre de commande du palettiseur



**Figure (I.15) :** InnoPall

- **Robopack**

Le Robopack roule un film sur la palette pour diminuer tous les contacts entre les bouteilles et les désagréments extérieurs (poussière, soleil...).ainsi les bouteilles sont maintenues sur leurs supports.

Enfin les palettes sont acheminées jusqu'à la zone de stockage. Elles sont stockées par les caristes en attente de leur expédition.

### **I.10.2 Laboratoire**

La laborantine est responsable du bon suivi qualité de l'eau et de tout ce qui rentre en contact avec celle-ci.

Les contrôles effectués sont les suivants :

- Le laboratoire interne de l'usine contrôle l'eau embouteillée six fois par jour;
- Il fait aussi la filtration une fois par jour.

### **I.10.3 Mode nettoyage (NEP ou CIP)**

Le CIP est réalisé automatiquement avec une machine nommé « InnoPro ».

Le CIP est une technique d'hygiène à appliquer chaque semaine, dans le but de la désinfestation de l'appareillage (citernes, circuits et remplisseuse), des microorganismes indésirables. La configuration standard des différentes phases du CIP (soude et acide) utiliser dans l'unité de production d'eau minérale SARL NOMADE « AYRIS » est la suivante :

- ✚ On procède tout d'abord à un pré lavage général avec de l'eau à température ambiante pendant 15 minutes;
- ✚ Ensuite, vient une phase alcaline avec de la soude à 1.4% (14l/1000l d'eau), entre 80 à 90°C, pour une durée de 20 minutes;
- ✚ Puis une phase acide en utilisant l'acide phosphorique à 1.4%, à une température entre 80 à 90°C, pendant 20 minutes;
- ✚ Enfin, une phase de désinfection par l'acide péraclorique à 0.4%(4l/1000l d'eau), à température ambiante pendant 15 minutes, chaque phase est suivie d'un rinçage avec de l'eau à température ambiante pour une durée de 20 minutes (circuit ouvert).

### Remarque

- ✚ Le rinçage final du CIP devra être effectué par l'eau d'embouteillage;
- ✚ La solution soude et acide phosphorique sont à récupérés 3 à 4 fois, afin de les réutiliser contrairement à l'acide péraclorique qui n'est pas réutilisable.

Le tableau suivant résume la configuration standard des différentes phases :

**Tab (I.2) :** Résumé des différentes phases

Phase	Produit	Concentrations (% / L)	Température (°C)	Temps (min)
<b>Pré lavage</b>	Eau	/	Ambiante	15
<b>Alcaline</b>	Soude	1.4%	80-90	20
<b>Rinçage</b>	Eau (circuit ouvert)	/	Ambiante	20
<b>Acide</b>	Acide phosphorique	1.4%	80-90	20
<b>Rinçage</b>	Eau (circuit ouvert)	/	Ambiante	20
<b>Désinfection</b>	Acide péraclorique	0.4%	Ambiante	15
<b>Rinçage</b>	Eau (circuit ouvert)	/	Ambiante	20

**I.11 conclusion**

Dans ce chapitre nous avons fait une présentation de l'entrepris nomade Ayris, et nous avons mentionnée son historique et sa situation géographique, son processus de production et son conditionnements.

Nous avons fait une présentation de l'atelier de production et nous avons mentionnée la composition de l'atelier de conditionnement.

Après avoir étudié le système de conditionnement dans l'atelier, nous avons trouvé que le système de production est commandé par une logique programmée non câblée. Cette dernière prend en charge le système lors de l'apparition d'une défaillance.

Pendant notre période de stage au sein de l'entreprise ayris, nous avons eu la chance de nous familiarisée avec la machine Robopack.

# Chapitre II

**ETAT DE L'ART SUR LES  
MACHINES ASYNCHRONES ET  
LES VARIATEURS DE VITESSES**

## **II.1 Introduction**

Le moteur asynchrone constitue la grande majorité des moteurs industriels, mais la machine asynchrone sert également de générateur dans quelques applications particulières.

De nos jours, du fait de l'utilisation croissante des variateurs de vitesse dans les procédés industriels, il est préférable de protéger les installations existantes contre les perturbations électriques. Les moyens pour assurer l'immunité sont plus accessibles et plus performants [3].

Dans la première partie de ce chapitre nous donnerons la définition et la constitution des MAS et leurs principes de fonctionnements, il s'agit d'établir les différents types des MAS, en suite nous donnerons les avantages et les inconvénients de ces machines et leur domaine d'application.

Dans la deuxième partie de ce chapitre nous donnerons la définition du variateur de vitesse, il s'agit d'établir les différents types des convertisseurs statiques, ainsi leur définition et leur principe de fonctionnements.

Enfin. On conclue ce chapitre par une conclusion.

## **II.2 Les machines asynchrones**

### **II.2.1 Définitions**

On appelle (machine asynchrone) des convertisseurs d'énergie électromécanique caractérisé par le fait que la vitesse de rotation de leur rotor est différente de la vitesse synchrone.

Ces machines sont également souvent appelées (machine à induction) car leurs courants rotoriques sont induits par les courants circulant dans les bobinages statoriques.

Les machines asynchrones sont des machines robustes et peu onéreux. Autrefois limitées à des utilisations simples et peu performantes lorsqu'elles étaient couplées à un réseau à fréquence et tension constantes, les MAS se sont répandues dans tous les domaines de la motorisation industrielle, y compris pour des applications de haute technologie [4].

Cette machine est réversible et susceptible de se comporter, selon la source d'énergie, soit en 'moteur' soit en 'générateur', dans les quatre quadrants du plan couple-vitesse.

Les couples et la vitesse sont des grandeurs algébriques. Par convention, on choisit un sens positif pour ces grandeurs tel que le produit du couple électromagnétique par la vitesse (la

puissance fournie par la machine) donne un fonctionnement en moteur dans les quadrants I et III.

Les quadrants II et IV correspondent à une puissance reçue par la machine. Elle fonctionne alors en frein pour la charge (ex : machine asynchrone tournant en sens inverse du champ tournant). Elle peut aussi renvoyer l'énergie au réseau. C'est le fonctionnement en génératrice (ex : la même machine fonctionnant en hyper synchronisme) [5].

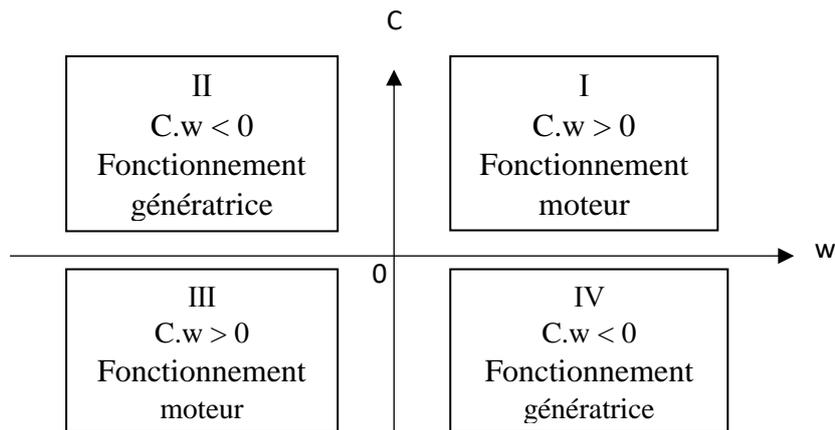


Figure (II.1) : les quadrants de fonctionnements d'une machine asynchrone [5]

### II.2.2 Constitution

La machine asynchrone est constituée de deux parties, la partie fixe (stator), une partie mobile (rotor) et les organes mécaniques comme la montre la figure (II.2).

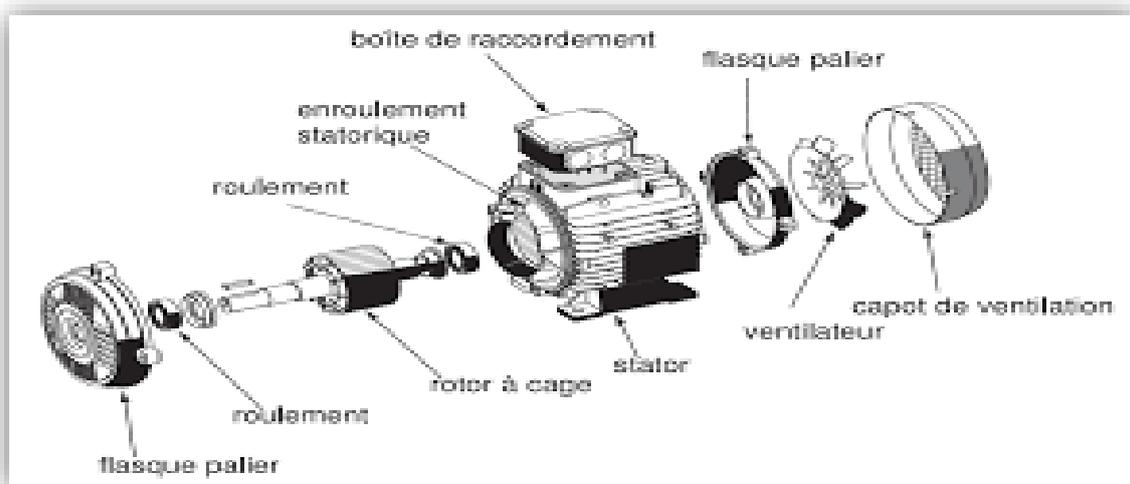


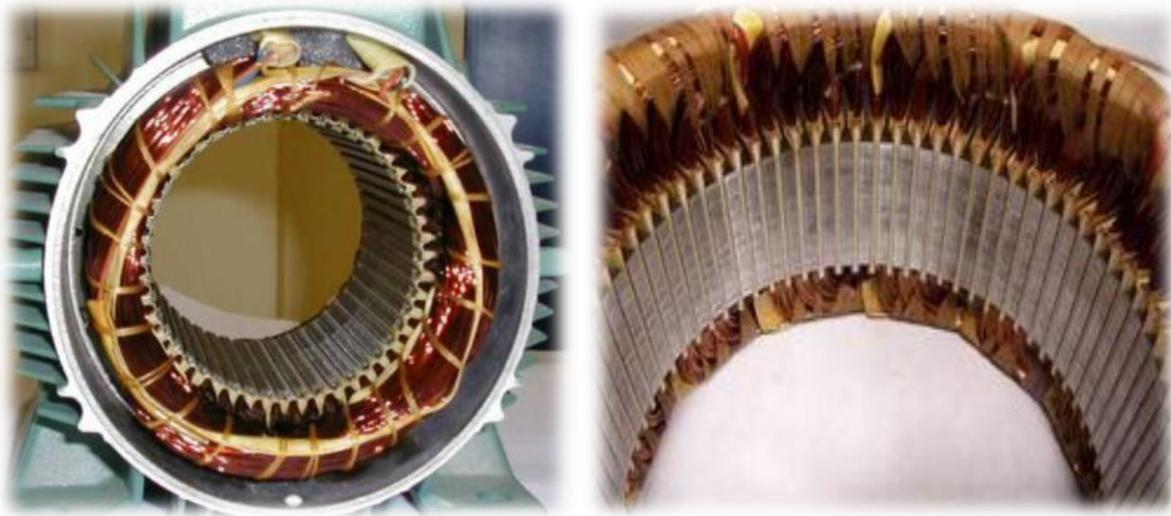
Figure (II.2) : Composition de la MAS [6]

### **II.2.2.1 Le stator (partie statique)**

Il est constitué d'un enroulement bobiné réparti dans les encoches du circuit magnétique statorique. Ce circuit magnétique est constitué de tôles dans lesquelles sont découpées des encoches parallèles à l'axe de la machine.

L'intérieur du stator comprend essentiellement :

- Un noyau en fer feuilleté pour canaliser le flux magnétique;
- Les enroulements (ou bobinage en cuivre) des trois phases logés dans les encoches du noyau [6].



**Figure (II.3) : Le stator de la MAS [6]**

### **II.2.2.2 Le rotor (partie mobile)**

Il est séparé du stator par un entrefer très court. Et on distingue deux types de machines asynchrone :

#### **A) Machine asynchrone à cage d'écureuil**

L'enroulement du rotor est constitué de barres d'aluminium, reliés aux deux extrémités par deux couronnes conductrices. Cet ensemble forme une cage d'écureuil, il est peu coûteux et très robuste [6].

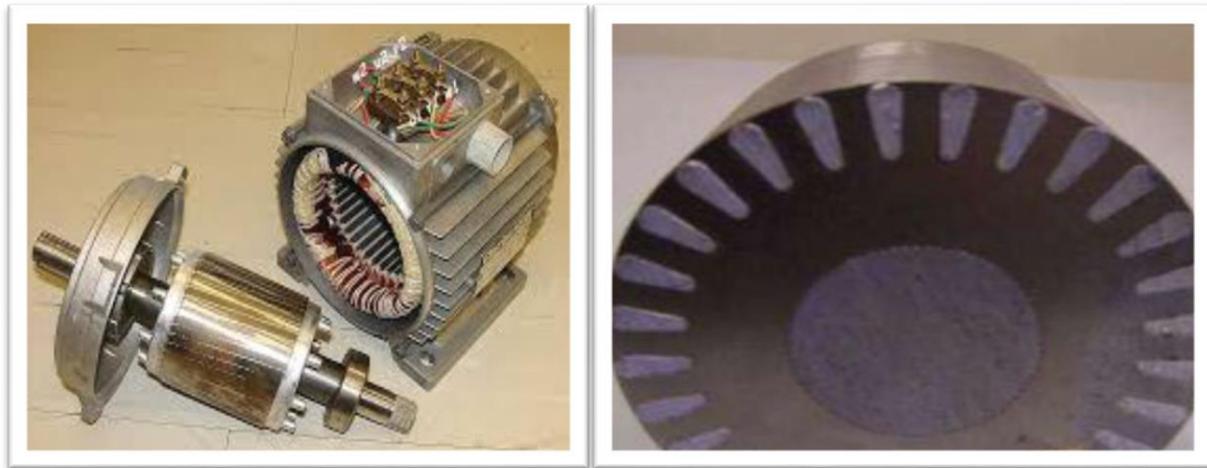


Figure (II.4) : Machine asynchrone à cage d'écureuil [6]

### B) Machine asynchrone à rotor bobiné

Dans ce cas, nous avons affaire à une armature triphasée a  $2p$  pôles lisses, connectée en étoile et dont chacune des phases est reliée à une bague sur laquelle frotte un balai fixe. Ce dispositif permet de relier le bobinage rotorique soit à un rhéostat de démarrage triphasé, soit à un convertisseur statique pour certains dispositifs particulier. En fonctionnement normal, les trois phases sont court-circuitées et parcourues par des courants triphasés induits par les courants statoriques. Cette configuration se rencontre principalement pour des machines de forte puissance [4].



Figure (II.5) : Construction d'un rotor bobiné [6]

### II.2.3 Principe de fonctionnement de la machine asynchrone

D'une part sur la création d'un courant électrique induit dans un conducteur placé dans un champ magnétique tournant. Le conducteur en question est un des barreaux de la cage d'écurieil constituant le rotor du moteur. L'induction du courant ne peut se faire que si le conducteur est en court-circuit (c'est le cas puisque les deux bagues latérales relient tous les barreaux).

D'autre part, sur la création d'une force motrice sur le conducteur considéré (parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique tournant ou variable) dont le sens est donné par la règle des trois doigts de la main droite.

Comme montré sur la figure (II.6), le champ tournant, à un instant donné, est orienté vers le haut. En considérant deux conducteurs diamétralement opposés, on constate que les courants induits dans ces deux conducteurs sont en sens inverse et associés au champ magnétique, créent des forces motrices en sens inverse.

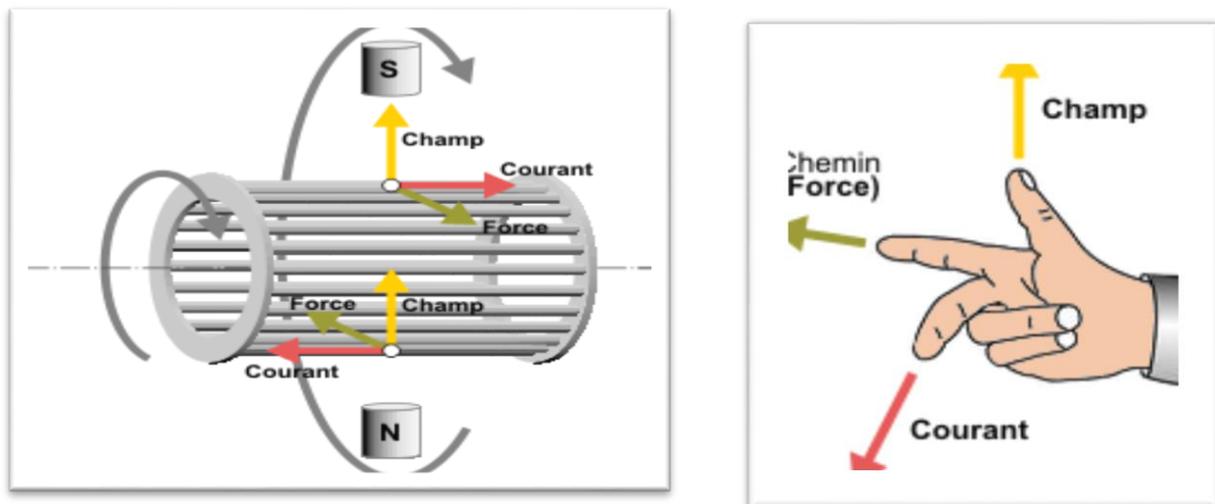


Figure (II.6) : Principe de fonctionnement de la machine asynchrone [7]

Pour maintenir la rotation du moteur, il est nécessaire de faire varier soit le courant dans les conducteurs de la cage, soit le champ magnétique. Dans un moteur asynchrone, c'est le champ magnétique qui varie sous forme de champ tournant créé dans le stator.

Au démarrage le champ tournant balaye les conducteurs de son flux à la vitesse angulaire de synchronisme. Le rotor mis en rotation tend à rattraper le champ tournant. Pour qu'il y ait un couple entretenu au niveau des conducteurs, la variation de flux doit être présente en permanence, ce qui signifie que si les conducteurs tournent à la vitesse de synchronisme comme le champ tournant, la variation de flux sur les conducteurs devient nulle et le couple moteur disparaît.

Un rotor de moteur asynchrone ne tourne donc jamais à la vitesse de synchronisme (50 Hz). Pour un moteur à une paire de pôles (à 50 Hz, la vitesse de rotation du champ tournant est de 3 000 [tr/min]) la vitesse de rotation du rotor peut être de 2 950 [tr/min] par exemple. Intervient ici la notion de glissement [7].

#### **II.2.4 Domaine d'application**

- Entraînement industrielle :
  - + Industrie textile;
  - + Industrie chimique;
  - + Industrie papeterie;
  - + Cimenterie (broyeurs);
  - + Compresseurs;
  - + Ventilateurs;
  - + Pompes;
- Les convoyeurs;
- Les Palans (monte-charge);
- Chariots élévateurs;
- Ascenseurs [8].

#### **II.2.5 Avantages et inconvénients des machines asynchrones**

Les avantages et les inconvénients de la machine asynchrone sont assez nombreux mais les principaux sont résumés dans le tableau (II.1) :

**Tab (II.1)** : les avantages et les inconvénients de moteur asynchrone [9]

<b>Les Avantages</b>	<b>Les Inconvénients</b>
+ Structure simple.	+ Non découplage naturel.
+ Robuste et facile à construire.	+ Non linéarités.
+ Coût réduit.	+ Zone de stabilité étroite.
+ Absence du système bagues balais.	+ Peu précis.
+ Source en courant alternatif.	+ Rendement moins élevé.

## II.3 Les variateurs de vitesses

### II.3.1 Définition

Un variateur de vitesse est un équipement permettant de faire varier la vitesse d'un moteur électrique, une nécessité pour de nombreux procédés industriels.

En effet, la plupart des moteurs tournant à vitesse constante. Pour moduler la vitesse des équipements d'un procédé, on a longtemps eu recours à divers dispositifs mécanique. Aujourd'hui, on fait surtout appel à des variateurs de vitesse électronique [3].

### II.3.2 Types de variateur de vitesses

#### II.3.2.1 Les redresseurs

Ce sont des convertisseurs alternatif-continu qui permettent de convertir une tension alternative en une tension continue unidirectionnelle, si elles sont commandés la valeur moyenne de la tension obtenue est alors réglable [10].

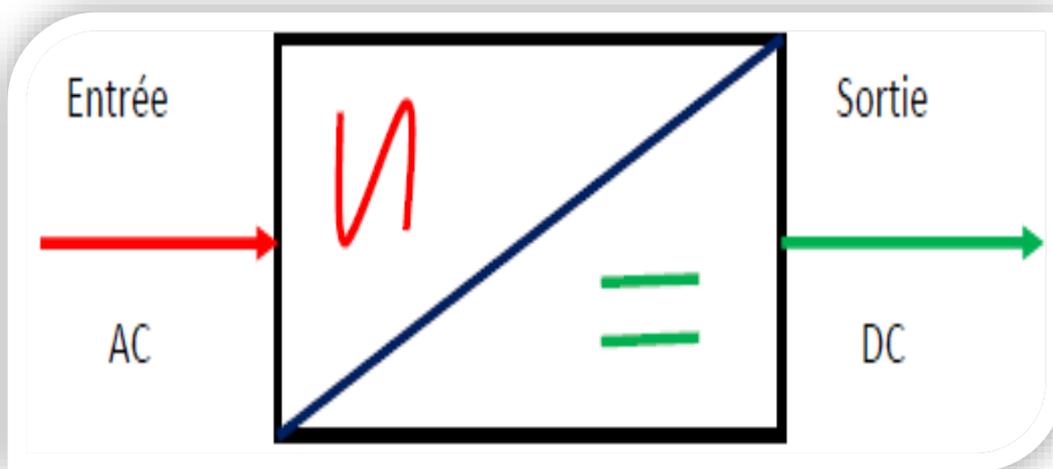


Figure (II.7) : convertisseur alternatif-continu [10]

Dans ce type de convertisseur, on peut les classer en deux classes : les redresseurs non commandé et les redresseurs commandé.

#### II.3.2.1.1 Le redresseur non commandé

Les redresseurs à diodes, ou redresseurs non contrôlés, ne permettent pas de faire varier le rapport entre la ou les tensions alternatives d'entrée et la tension continue de sortie. De plus, ils sont irréversibles, c'est à dire que la puissance ne peut aller que du côté alternatif vers le côté continu [11].

II.3.2.1.1.1 Redresseur triphasé simple

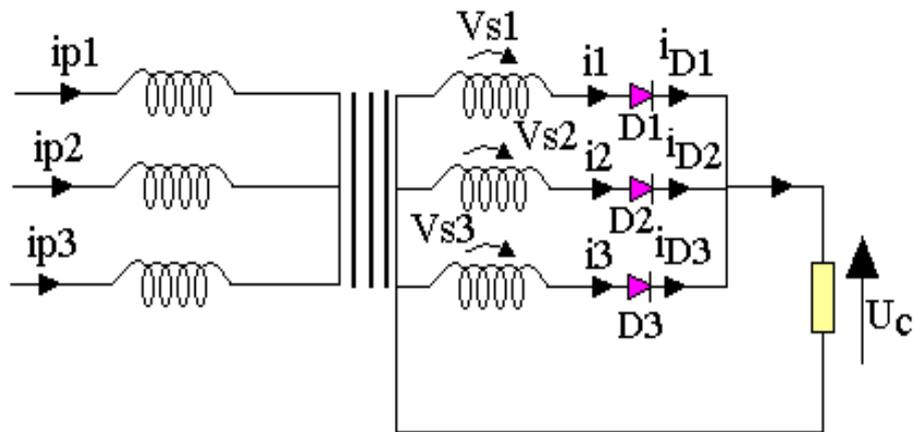


Figure (II.8) : Redresseur triphasé simple [11]

Les trois diodes étant à cathode commune choisissent à tout moment la plus positive des trois tensions: une seule diode conduit à la fois.

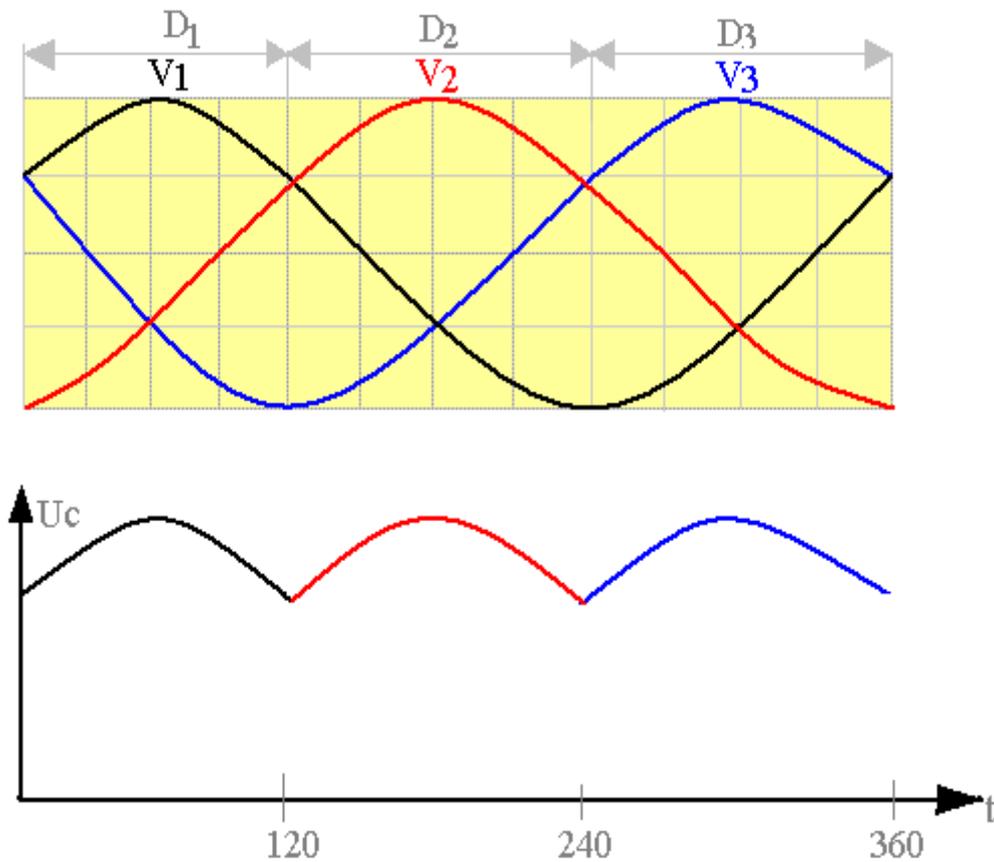


Figure (II.9) : Allures de tension d'un redresseur à diodes [11]

Il y'a trois phases de conduction :

$$\frac{\pi}{6} \leq \omega t \leq \frac{5\pi}{6}, V1 > V2 \text{ et } V3, D1 \text{ Conduit. } U_c = V1 \quad (\text{II.1})$$

$$\frac{5\pi}{6} \leq \omega t \leq \frac{9\pi}{6}, V2 > V1 \text{ et } V3, D2 \text{ Conduit. } U_c = V2 \quad (\text{II.2})$$

$$\frac{9\pi}{6} \leq \omega t \leq \frac{13\pi}{6}, V3 > V2 \text{ et } V1, D3 \text{ Conduit. } U_c = V3 \quad (\text{II.3})$$

$$V_{D1} = V_s - V_{S2} + V_{D2} \quad (\text{II.4})$$

$$V_{D1} = 0 \leftrightarrow V_{D2} = V_2 - V_1 \quad (\text{II.5})$$

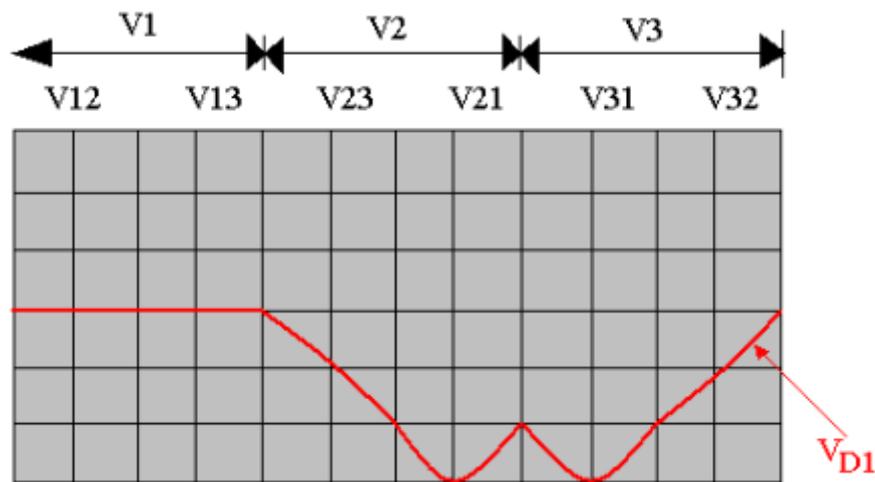


Figure (II.10) : Allure de tension de la diode 1 (Vd1) [11]

#### A) Etude de la tension redressée

$U_c$  (tension redressée) est périodique de période  $T/3 = 120^\circ$ .  $U_c$  est formée de 3 sommets, la sinusoïde de période  $T$ .

#### B) Tension moyenne redressée

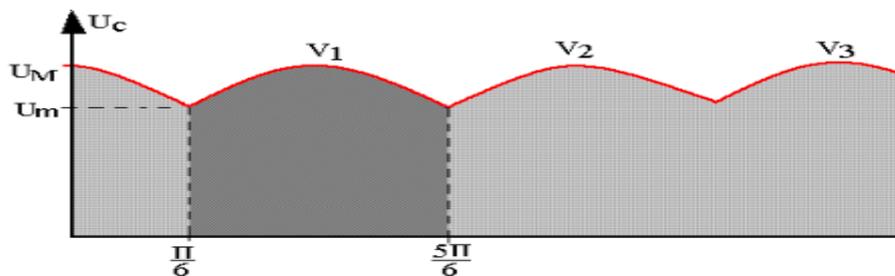


Figure (II.11) : Tension moyenne redressée [11]

$$U_c = \frac{1}{\frac{2\pi}{3}} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} V_{\max} \sin \omega t d\omega t = \frac{-3}{2\pi} V_{\max} \left[ -\cos \omega \frac{5\pi}{6} + \cos \omega \frac{\pi}{6} \right] \quad (\text{II.6})$$

$$U_c = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_{\max} \quad (\text{II.7})$$

**C) Valeur extrême  $U_c$**

$$U_c \max = V_{\max} \quad (\text{II.8})$$

$$U_c \min = V_{\max} \frac{\pi}{6} \quad (\text{II.9})$$

**D) Tension inverse aux bornes des diodes (D1 par exemple)**

$$V_{D1} = V_1 - U_c \quad (\text{II.10})$$

$$\begin{cases} V_1 - V_1 = 0 \text{ si } D_1 \text{ Conduit} \\ V_1 - V_2 = V_{12} \text{ si } D_2 \text{ Conduit} \\ V_1 - V_3 = V_{13} \text{ si } D_3 \text{ Conduit} \end{cases} \quad (\text{II.11})$$

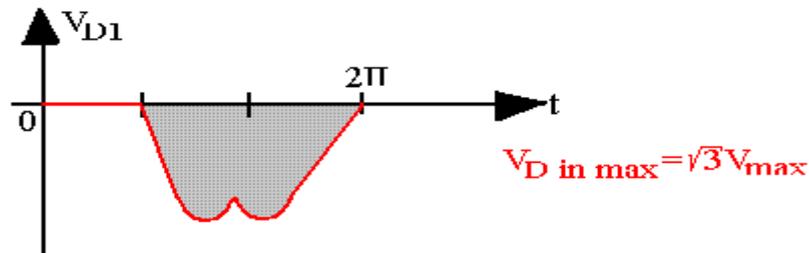


Figure (II.12) : Tension maximal [11]

**E) Courant moyen**

$$I_{D \text{ moy}} = \frac{I_c}{3} \quad (\text{II.12})$$

$$I_D = \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} I_c dt \quad (\text{II.13})$$

**F) Courant efficace : dans la charge**

$$I_{c \text{ eff}}^2 = \frac{1}{\frac{2\pi}{3}} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} (I_c^2) d\omega t = I_c^2 \quad (\text{II.14})$$

G) Courant efficace de la diode

$$I_{D\text{ eff}}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} (I_c^2) d\omega t, \quad I_{D\text{ eff}} = \frac{I_c}{\sqrt{3}} \quad (\text{II.15})$$

II.3.2.1.1.2 Redressement triphasé double

(PD3) est appelé pont de Graëtz triphasé.

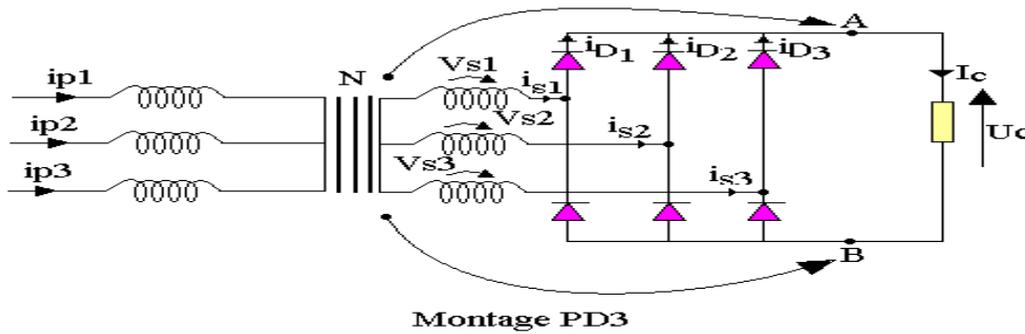


Figure (II.13) : Redressement triphasé double [11]

A) Fonctionnements

Les diodes  $D_i$  à cathode commune choisissent parmi les tensions à redresseur, celle qui est la plus positive. Ce qui donne  $VA - VN$  tandis qu'au même moment les diodes  $D_j$  à anode commune choisissent, parmi ces tensions celle qui est la plus négative, ce qui donne  $VB - VN$ . La tension redressée sera alors  $UC = VA - VB = (VA - VN) - (VB - VN)$ .

Elle est périodique et formée de 6 calottes de sinusoïde par période  $T$ . Donc sa période est  $\frac{T}{6}$  et dans chaque période  $T$ , deux diodes conduisent à la fois.  $P = 6$ ;  $Q = 3$  [11].

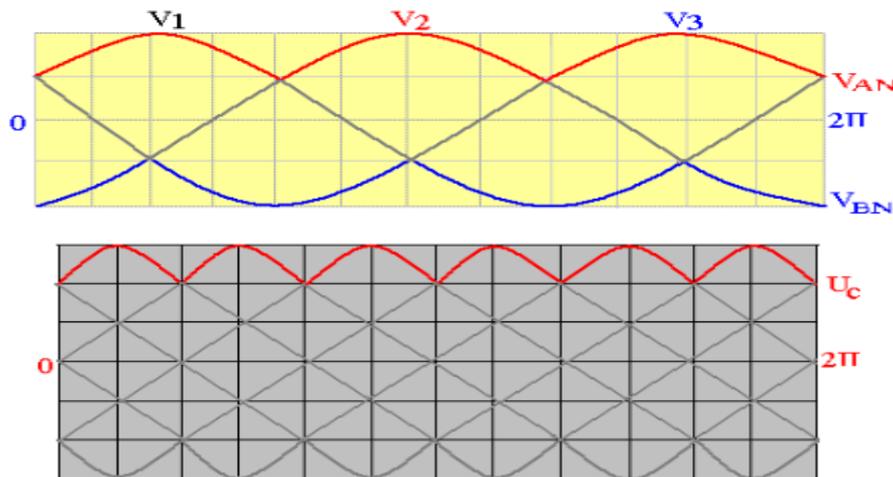


Figure (II.14) : Allures de tension d'un redresseur triphasé double à diodes [11]

$$U_c = \frac{P}{\pi} U_{\max} \sin \frac{\pi}{6} = \frac{6}{\pi} U_{\max} * \frac{1}{2} = \frac{3}{\pi} U_{\max} \quad (\text{II.16})$$

**B) Tension moyenne redressée**

$$U_c = \frac{P}{\pi} \sqrt{3} V_{\max} \sin \frac{\pi}{P}, \text{ or } P = 6 \quad (\text{II.17})$$

$$U_c = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_{\max} \quad (\text{II.18})$$

**C) Valeur extrême  $U_c$**

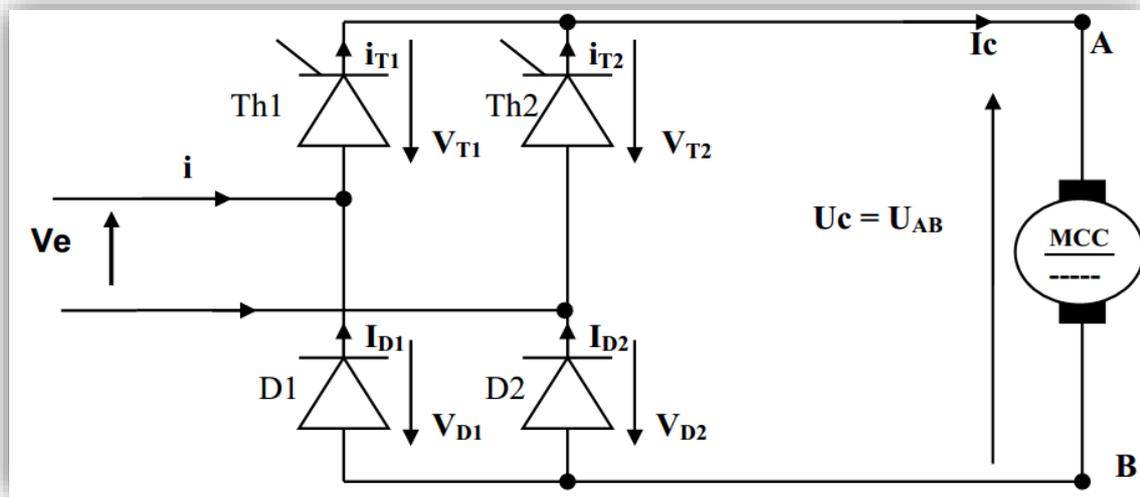
$$U_{c \max} = \sqrt{3} V_{\max} \quad (\text{II.19})$$

$$U_{c \min} = V_1 - V_2 = V_{\max} \left[ \sin \omega t - \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \right] = \frac{\sqrt{3}}{2} V_{\max} \quad (\text{II.20})$$

**II.3.2.1.2 Le redresseur commandé**

Les diodes sont remplacées par des thyristors pour commander la puissance voulue aux bornes du récepteur.

**A) Principe de fonctionnement**



**Figure (II.15) :** Redresseur commandé pont mixte symétrique [10]

Comme pour le hacheur, le redresseur permet de faire varier la tension moyenne du moteur. On fait varier la tension de moteur à courant continue en agissant sur l'angle d'amorçage des thyristors [10].

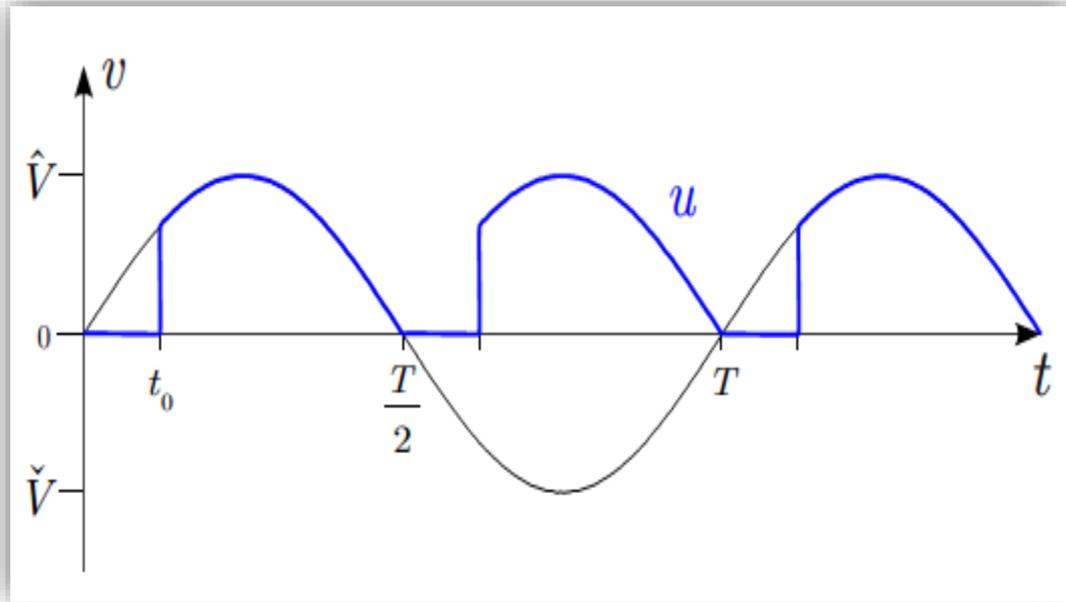


Figure (II.16) : La tension aux bornes de la charge avec un redresseur commande [10]

### II.3.2.2 Les onduleurs

#### II.3.2.2.1 Définition

Les onduleurs sont des convertisseurs statiques continu-alternatif permettant de d'obtenir une source de tension alternative à partir d'une source de tension continue.

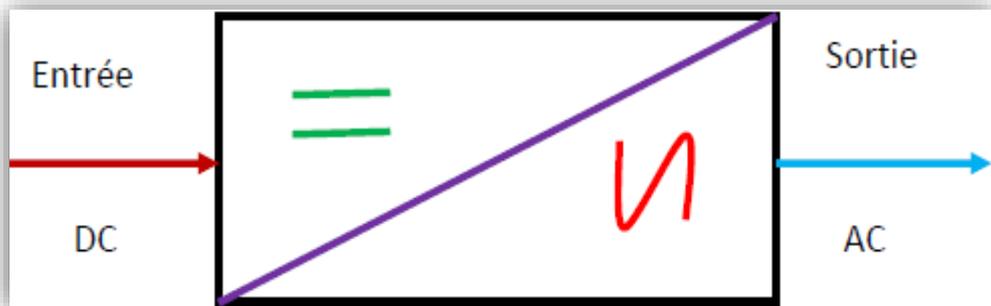


Figure (II.17) : convertisseurs statiques continu-alternatif [10]

On distingue les onduleurs de tension et les onduleurs de courant, en fonction de la source d'entrée continue (source de tension ou source de courant). La technologie des onduleurs de tension est la plus maîtrisée et est présente dans la plupart des systèmes industriels, dans toutes les gammes de puissance (quelques Watts à plusieurs MW) [10].

### II.3.2.2.2 Types d'onduleurs

#### A) Onduleur autonome

Un onduleur est dit autonome s'il utilise l'énergie d'un circuit auxiliaire propre à lui pour la commutation des thyristors ou les autres semi-conducteurs. On distingue deux types d'onduleurs autonomes.

- ✓ Les onduleurs de tension alimentée par une source de tension continue;
- ✓ Les onduleurs de courant alimentés par une source de courant continue [12].

#### B) Onduleur non autonome

C'est le nom donné au montage redresseur tous thyristors (pont de Graëtz) qui en commutation naturelle assistée par le réseau auquel il est raccordé, il permet un fonctionnement en onduleur (par exemple par récupération de l'énergie lors des périodes de freinage dans les entraînements à moteurs électriques). À la base du développement des entraînements statiques à vitesse variable pour moteurs à courant continu et alternatif, cycloconvertisseur, onduleurs de courant pour machines synchrones et asynchrones, jusqu'à des puissances de plusieurs MW, ce type de montage est progressivement supplanté, au profit de convertisseurs à IGBT (Insulated Gate Bipolaire Transistor) ou GTO (Gate Turne Off) [12].

### II.3.2.2.3 Principe général de fonctionnement de l'onduleur

L'onduleur triphasé en pont est constitué d'une source de tension continue et de six interrupteurs monté en pont. La tension continue est généralement obtenue par un redresseur triphasé à diodes suivi d'un filtre.

Celui-ci est très utilisé en MLI (modulation de largeur d'impulsions) pour l'alimentation des récepteurs triphasés équilibrés à tension et fréquence variable. Il peut être considéré comme étant superposition de trois onduleurs demi-pont monophasé (figure II.18).

Chacune des trois tensions de sortie et forme d'une onde bistable prenant les valeurs  $(-U)$  et  $(+U)$  mais décalées de  $(2\pi/3)$  l'une par rapport à l'autre.

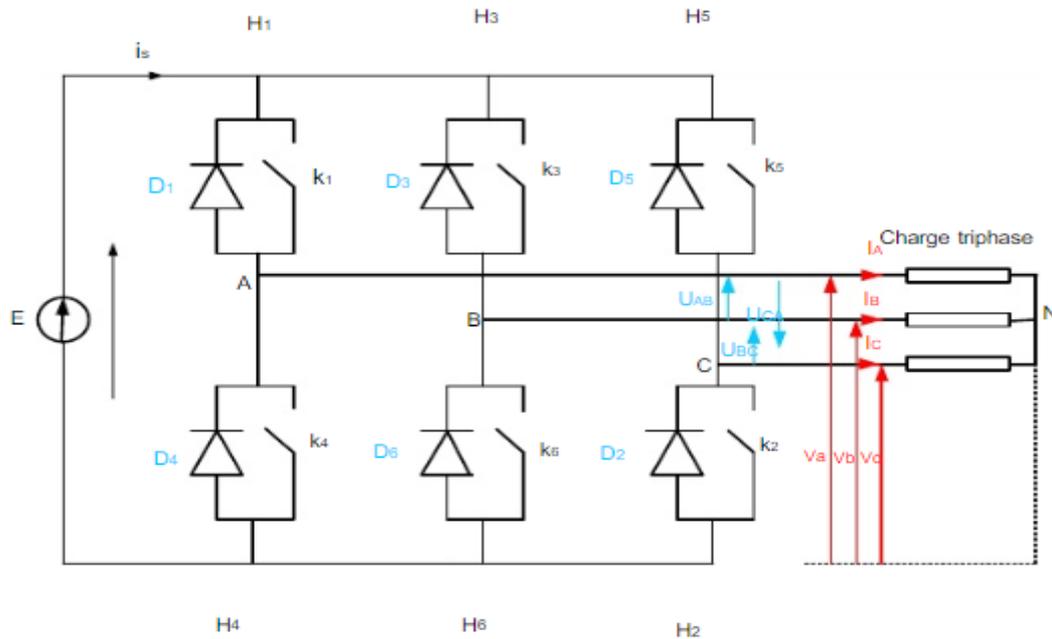
De plus si le récepteur est couplé en étoile sans neutre ou en triangle, les harmoniques multiples de trois éliminées. Ainsi, le système triphasé obtenu à la sortie de l'onduleur est un système équilibré en tension ne contenant que les harmoniques impaires différents de trois.

Pour obtenir une tension alternative à partir une tension continue, il faut découper la tension d'entrée et l'appliquer une fois dans un sens, l'autre fois dans l'autre a la charge.

L'onduleur de tension alimenté par une source de tension parfait impose à sa sortie. Grace au jeu d'ouverture des interrupteurs, une tension alternative formée d'une succession de

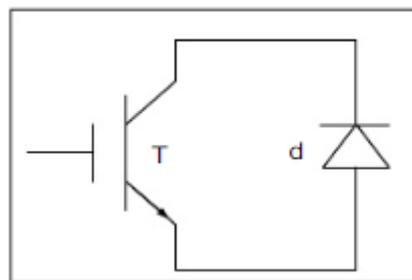
créneaux rectangulaires à deux niveaux, la période de fonctionnement est fixée par la commande des interrupteurs [13].

L'architecture de ce convertisseur se compose de plusieurs bras, connectés chacun à une phase du réseau et comportant deux interrupteurs de puissance, (figure II.18).



**Figure (II.18) :** structure d'un onduleur triphasé en pont [13]

Les interrupteurs de puissance sont des éléments de base de l'onduleur, ils se composent, selon la puissance commutée, de GTO (Gate Turne Off), de MOS de puissance ou D'IGBT (Insulated Gate Bipolaire Transistor), en parallèle avec une diode (Figure II.19). La diode permet d'assurer la continuité du courant lors du changement de sens de celui-ci [13].



**Figure (II.19) :** Interrupteur de puissance avec IGBT et diode [13]

Les caractéristiques de l'onduleur sont principalement définies par ces composants de puissance. Ceux-ci déterminent la puissance, la tension et le courant maximum commutés, la

fréquence maximale de commutation et le temps mort. Ces deux dernières caractéristique sont particulièrement importantes car elles vont beaucoup influencer la conception.

La fréquence maximale de commutation est déterminée par les temps de commutation (ouverture et fermeture du composant) des interrupteurs et par le temps mort.

Sur une période des commutations, un interrupteur commuté au maximum deux fois : à l'ouverture et à la fermeture, (Figure II.20) [13].

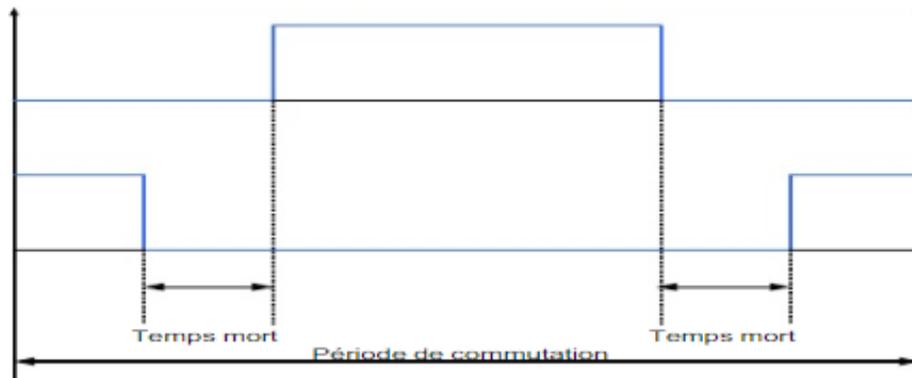


Figure (II.20) : Exemple de période de commutation avec temps mort [13]

Pour cette structure, plusieurs types de commande sont possibles, les plus utilisées sont :

- ✓ La commande 120°;
- ✓ La commande 180°;
- ✓ Les commandes à modulation de largeur d'impulsions (MLI) [13].

#### II.3.2.2.4 Applications des onduleurs

Parmi les nombreux domaines d'emploi des onduleurs autonomes, on trouve principalement les onduleurs à fréquence fixe à commutation forcée : Alimentés le plus souvent par une batterie d'accumulateur, ils jouent d'ordinaire le rôle d'alimentation de sécurité, ils constituent à ce titre, le principe déboucle actuel des onduleurs autonomes.

Les onduleurs à fréquence variable à commutation forcées : Alimentés à partir du réseau industriel par l'intermédiaire d'un montage redresseur, ils délivrent une tension de fréquence et de valeur efficace nécessaires pour faire tourner à vitesse variable un moteur à courant alternatif [12].

### II.3.2.2.5 Commande des onduleurs

#### A. Commande symétrique

Cette commande se résume à commander les interrupteurs K1 et K3 à la fermeture pendant une demi-période puis de commander K2 et K4 durant la deuxième demi-période (Nous sous-entendons que les interrupteurs non commandés à la fermeture sont en fait commandés à l'ouverture) [14].

#### A.1 Stratégie de commande

A chaque période  $T$  :  $\alpha = 0.5$

+ La première phase : pour  $0 < t < \frac{T}{2}$

On commande la fermeture de K1 et K3, durant cette durée K2 et K4 sont ouverts.

Nous obtenons donc le schéma équivalent très simple dans la figure (II.21).

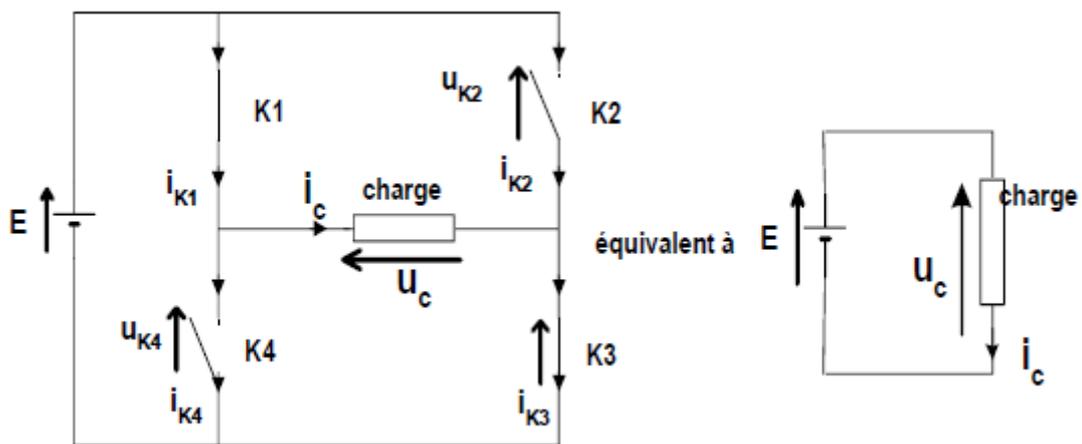


Figure (II.21) : Schéma équivalent d'un onduleur (première phase) [14]

La tension au borne de la charge aura donc la valeur :  $U_c = E$

+ La deuxième partie : pour :  $\frac{T}{2} < t < T$

On commande la fermeture de K2 et K4 durant cette durée K1 et K3 sont ouverts.

Nous obtenons donc le schéma équivalent très simple dans la figure (II.22).

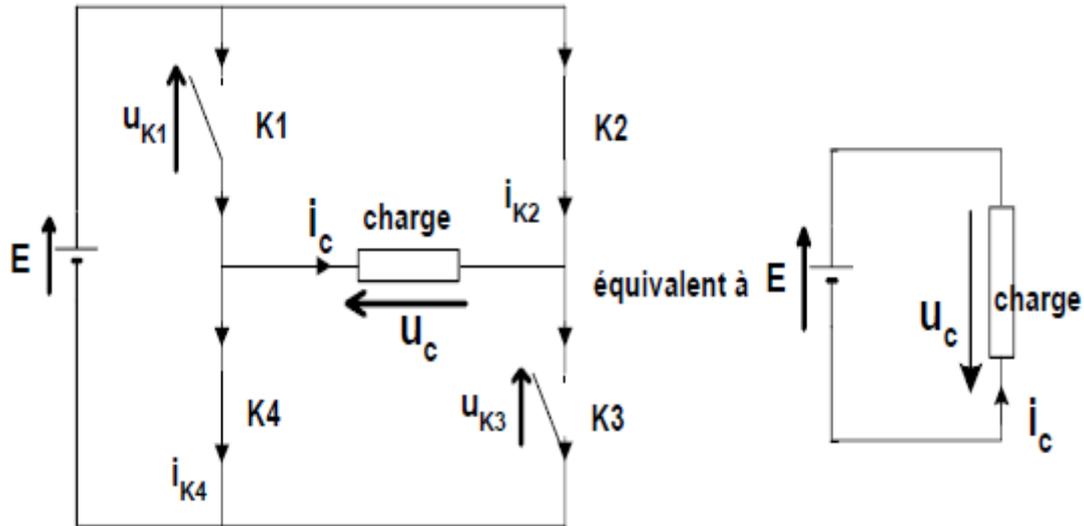


Figure (II.22) : Schéma équivalent d'un onduleur (deuxième phase) [14]

La tension au borne de la charge durant cette phase :  $U_c = -E$  [14]

### B. Commande décalée

La commande décalée permet d'éliminer en partie les harmoniques et améliore donc le convertisseur. D'ailleurs l'allure du courant s'en ressent.

Au niveau de la commande, il suffit de décaler la fermeture des différents interrupteurs dans un ordre précis [15].

### C. Commande MLI dite aussi PWM (Pulse With Modulation)

La commande dite MLI est la technique de commande la plus fréquemment utilisée avec les onduleurs (MLI scalaire et vectorielle) : elle a pour objectif de réduire les harmoniques de courants lorsque la charge est inductive (moteurs électriques par exemple). Il s'agit d'un filtrage naturel (sans l'aide de filtres additifs) uniquement réalisé par la stratégie de commande [15].

## II.3.2.3 Les gradateurs

### II.3.2.3.1 Définition

Les gradateurs sont des convertisseurs alternatif-alternatif permettant de commandé le débit d'une source alternative dans un récepteur alternatif sans changer de fréquence. Ils permettent d'assurer la liaison constante entre la source et la charge puis de l'interrompre, c'est la marche en interrupteur. Ils permettent aussi de rendre intermittente cette liaison et par là, de régler l'intensité du courant que la source débite dans le récepteur, c'est le fonctionnement gradateur [16].

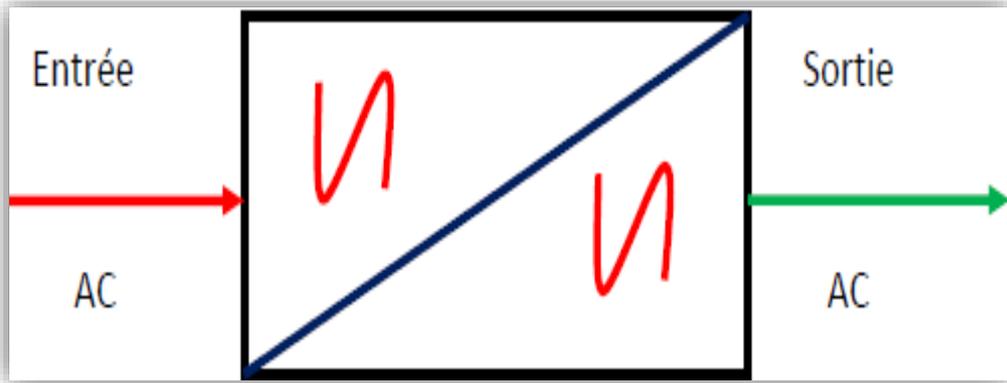


Figure (II.23) : convertisseurs statiques alternatif-alternatif [10]

Dans ce type de convertisseur on distingue deux types de commande :

### A. Gradateur à angle de phase

#### A.1 Définition

C'est un appareil qui, alimenté sous une tension sinusoïdale de valeur efficace constante, fournit à la charge un courant alternatif non sinusoïdal de même fréquence que la tension d'alimentation, mais de valeur efficace réglable [17].



Figure (II.24): Gradateur a angle de phase [17]

#### A.2 Principe de fonctionnement d'un gradateur à angle de phase monophasé débitant sur charge résistive

Dans ce type de gradateur, le signal envoyé sur l'entrée de commande du gradateur est analogique.

Le thyristor Th1 est amorcé durant l'alternance positive avec un angle de retard par rapport au passage par zéro de la tension secteur. Le thyristor Th2 est amorcé durant l'alternance négative avec le même angle de retard [17].

On obtient alors aux bornes de la charge la tension dans la figure (II.25).

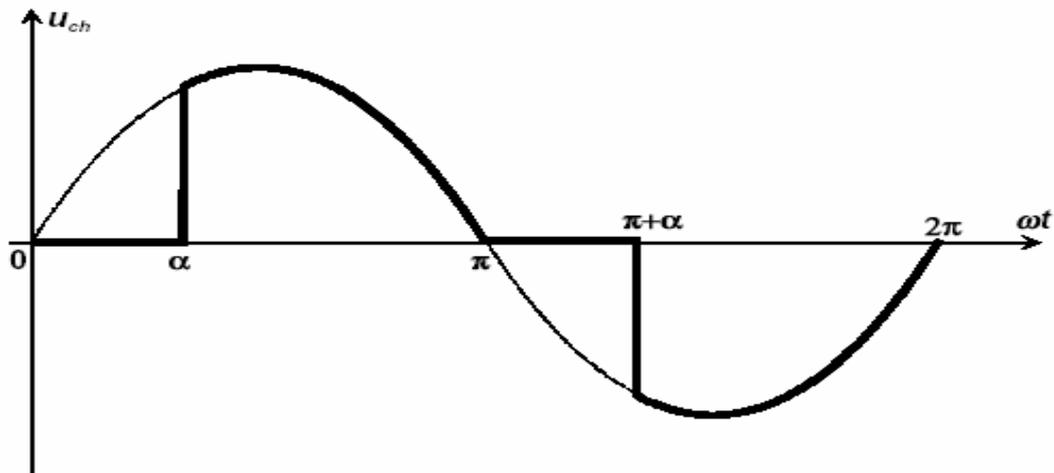


Figure (II.25): l'allure de la tension au borne de la charge [17]

### A.3 Domaine d'utilisation de ce genre de gradateur

- + Chauffage;
- + Éclairage;
- + Variation de vitesse des moteurs alternatifs de faible puissance (perceuse, aspirateurs de quelques centaines de Watts);
- + En règle générale, ils sont utilisés sur des systèmes ne présentant pas ou présentant peu d'inertie thermique ou mécanique [17].

### A.4 Inconvénients

- + La tension aux bornes de la charge est alternative non sinusoïdale, donc le courant absorbé sera aussi alternatif non sinusoïdal. La présence d'harmonique de courant absorbé sur le réseau sera donc importante;
- + La relation entre la puissance moyenne dissipée dans la charge et le signal de commande n'est pas linéaire [17].

## B. Gradateur à train d'onde

### B.1 Définition

C'est un appareil qui est alimenté sous une tension sinusoïdale de valeur efficace constante, fournit à la charge des salves de tension de manière à faire varier la valeur efficace de la tension aux bornes de la charge [17].



Figure (II.26): Gradateur a train d'onde [17]

### B.2 Principe de fonctionnement d'un gradateur à train d'ondes monophasé débitant sur charge résistive

Dans ce type de gradateur, le signal envoyé sur l'entrée de commande du gradateur est de type TOR (tout ou rien).

Le thyristor T et le thyristor T' sont amorcés de manière continue pendant le temps  $T_{on}$  (période de conduction) et ils sont ensuite bloqués jusqu'à la fin de la période de modulation [17].

On obtient alors aux bornes de la charge la tension représenté dans la figure (II.27).

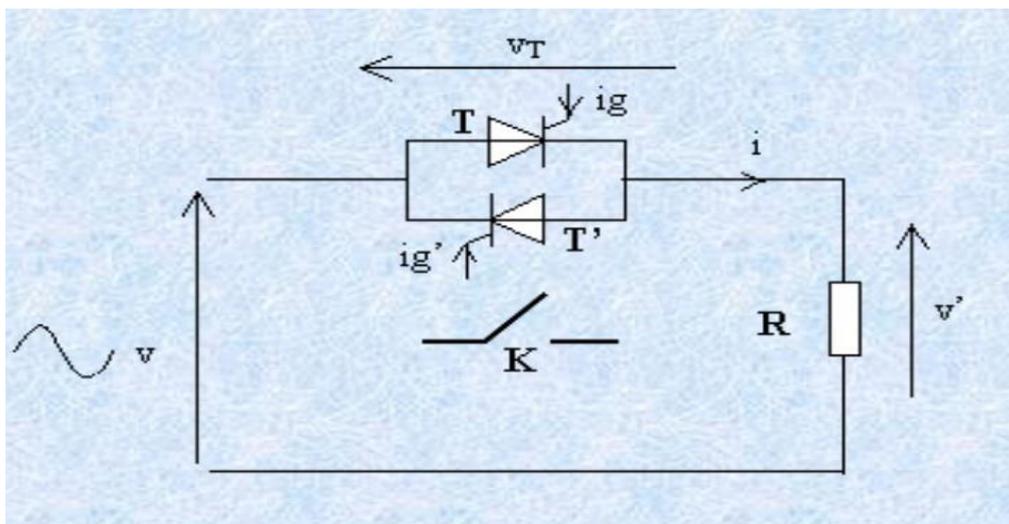
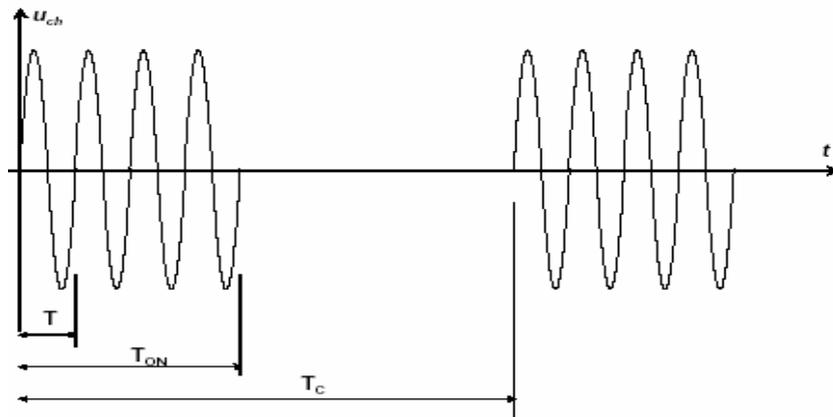


Figure (II.27) : Gradateur a train d'onde [17]



$T$  : période de la tension source (secteur).

Ton : durée du train d'onde (salve).

$T_c$  : période de modulation.

Figure (II.28): Gradateur à train d'onde [17]

### B.3 Domaine d'utilisation de ce genre de gradateur

- + Chauffage;
- + Utilisés sur des systèmes présentant une inertie thermique importante [17].

### B.4 Avantages

- + La tension aux bornes de la charge est alternative sinusoïdale, donc le courant absorbé sera aussi alternatif sinusoïdal. La présence d'harmonique de courant sera donc nulle;
- + On a une relation linéaire entre la puissance moyenne dans la charge et le signal de commande  $\beta$  [17].

#### II.3.2.4 Cycloconvertisseurs

##### II.3.2.4.1 Définition

Un cycloconvertisseur effectue la conversion directe de fréquence par synthèse d'une onde de basse fréquence à partir de découpes appropriées d'une tension de fréquence plus élevée (généralement fournie par le réseau 50 ou 60Hz).

Un cycloconvertisseur est constitué de deux convertisseurs « tête-bêche » (en antiparallèle), voir la figure II.29. Selon les formes d'ondes représentées à la figure II.30, dans le cas général, la puissance instantanée qui circule dans la charge évolue suivant quatre étapes. Durant les deux intervalles le produit tension courant est positif, la puissance s'écoule dans la charge, les groupes convertisseurs redressent et chacun des groupes positif et négatif conduit pendant l'alternance de même nom du courant de sortie.

Durant les deux autres intervalles, le produit tension-courant est négatif, la puissance sort donc de la charge et les convertisseurs fonctionnent en onduleur [18].

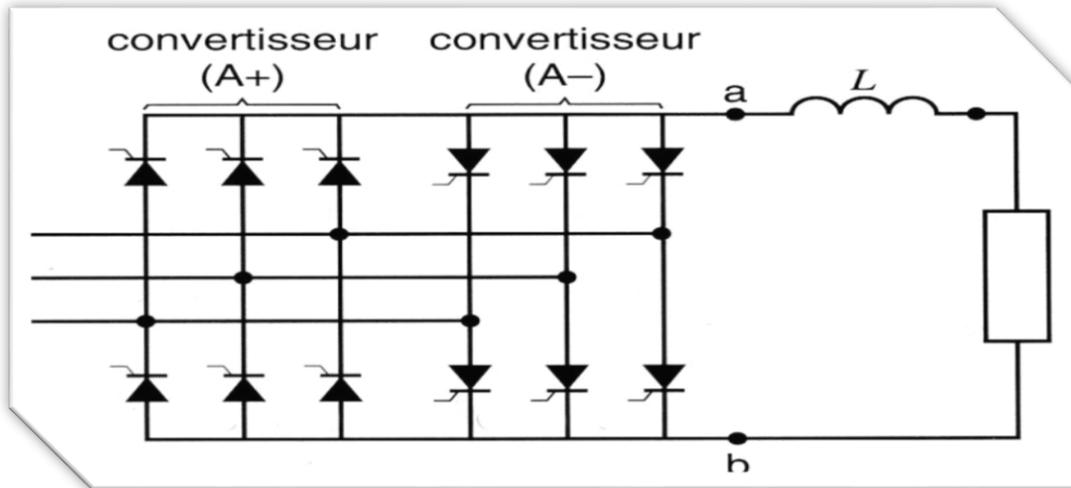


Figure (II.29) : Schéma fonctionnel du cycloconvertisseur [18]

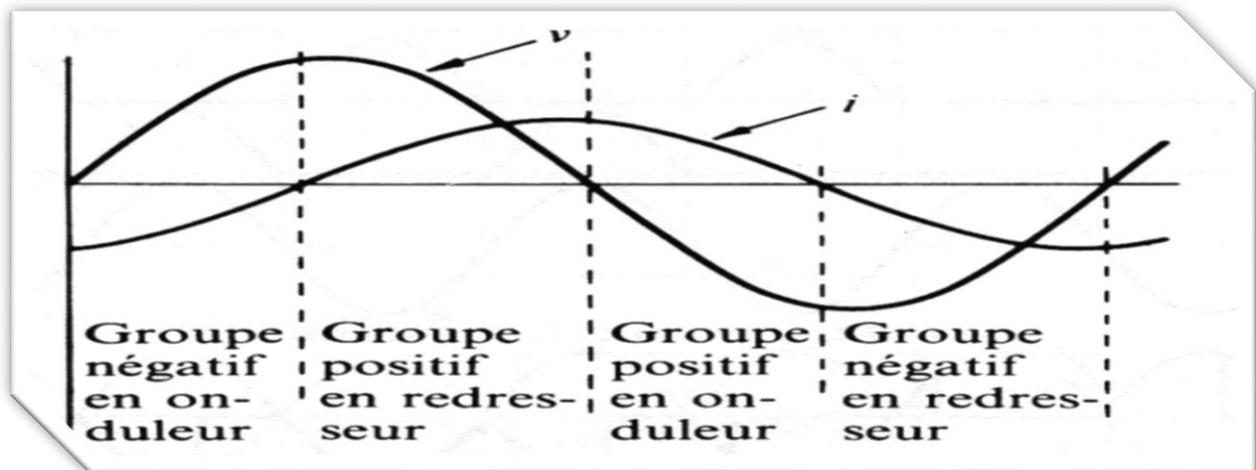


Figure (II.30) : Ondes idéales du cycloconvertisseur [18]

#### II.3.2.4.2 Principe du cycloconvertisseur

Pour exposer le principe du cycloconvertisseur, nous allons utiliser le circuit le plus simple possible (figure II.31) à entrée monophasée, sortie monophasée et charge résistive pure. Chaque convertisseur est un montage redresseur simple alternance, le groupe positif est noté (p), le groupe négatif à courant inverse est noté (N) [18].

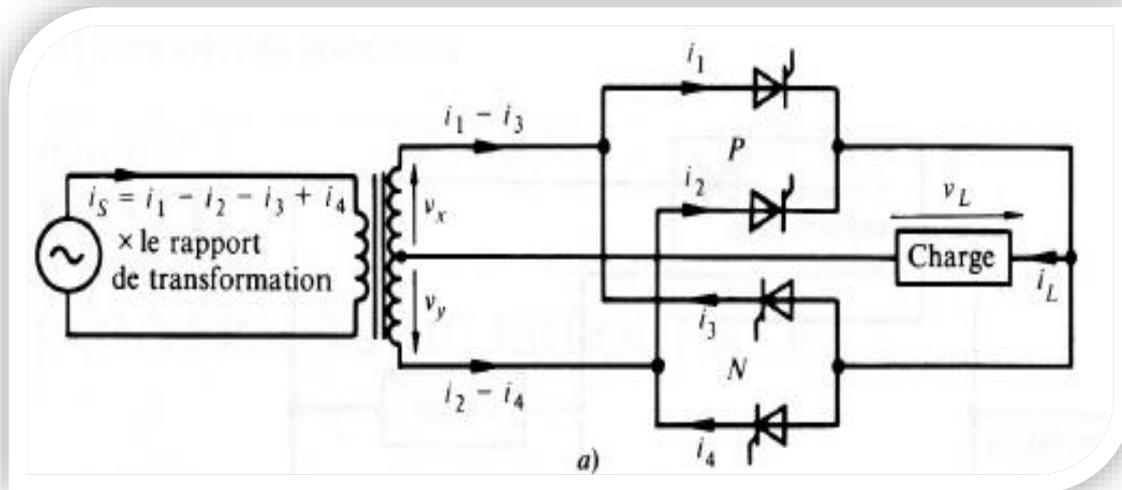


Figure (II.31) : Circuit à entrée monophasée, sortie monophasée et charge résistive pure [18]

### II.3.2.4.3 Avantages et inconvénients des cycloconvertisseur

#### A) Avantages

- + Fonctionnement en commutation naturelle, il ne nécessite pas de circuit auxiliaire de blocage des thyristors ;
- + La commande et la protection des semi-conducteurs ne présentent pas de difficultés étant un convertisseur direct, il a un très bon rendement [19].

#### B) Inconvénients

Comme tout convertisseur direct, il est perméable aux harmoniques : les harmoniques des tensions de sortie entraînent l'existence d'harmonique dans les courants d'entrée. Ces harmoniques sont la cause principale des bruits ainsi que des vibrations existant dans les machines entraînées par ce type de convertisseur. Le montage nécessite beaucoup de thyristor. Pour une sortie triphasée, il faut au moins 36 thyristors.

Le cycloconvertisseur consomme une puissance réactive importante, il présente une limitation : sa fréquence de sortie est variable mais doit rester nettement inférieure à sa fréquence d'entrée [19].

### II.3.2.5 Convertisseur matricielle

La vitesse variable est un besoin qui se généralise dans tous les secteurs de l'industrie et des transports. C'est en effet, la solution qui permet de contrôler un processus ou un système avec la dépense minimale d'énergie et de matière première.

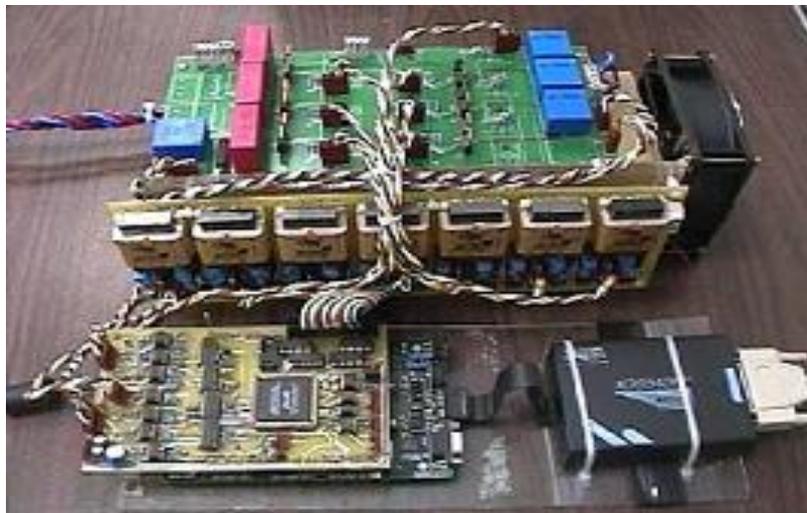
Dans cette voie, la commande électronique des moteurs électriques à vitesse variable a apporté aux processus industriels d'énormes avantages, en accroissant leurs possibilités et leurs

performances, en facilitant leur automatisation, en réduisant leur maintenance, leur consommation en énergie et en augmentant leur taux de disponibilité.

Dans les entraînements électriques, le convertisseur de puissance joue un rôle prépondérant pour les performances et la fiabilité. Les convertisseurs classiques les plus utilisés ont un circuit intermédiaire à tension continue stabilisée par un gros condensateur électrolytique et qui est une des causes principales des pannes. Un autre type de convertisseurs, dits matriciels, fonctionne sans condensateur et est par nature bidirectionnels (ces convertisseurs peuvent restituer de l'énergie électrique au réseau). Ces nouveaux éléments, dont il existe plusieurs topologies, sont l'objet de recherches intenses dans plusieurs universités européennes [20].

#### **II.3.2.5.1 Définition**

Les convertisseurs matriciels (qui sont aussi des Cycloconvertisseurs à commutation forcée) consistent en une matrice dont les éléments sont des interrupteur bidirectionnels arrangés de telle sorte que chaque ligne de sortie du convertisseur peut être connectée à n'importe quelle ligne d'entrée, tout en évitant le court-circuit des lignes d'entrées et l'ouverture du circuit des lignes de sorties [20].



**Figure (II.32) : convertisseur matricielle [20]**

#### **II.3.2.5.2 Avantage des convertisseurs matriciel**

Le convertisseur matriciel a plusieurs avantages par rapport aux structures traditionnelles. Il est fondamentalement bidirectionnel, donc il renvoie l'énergie vers la source. Il permet aussi d'avoir des courants sinusoïdaux à l'entrée. La taille peut être réduite en

comparaison avec les structures conventionnelles puisque il n'est plus nécessaire de grandes capacités ou d'inductances pour emmagasiner de l'énergie réactive [20].

### II.3.2.5.3 Principe de fonctionnement

Le convertisseur matriciel est une nouvelle topologie de convertisseurs de fréquence directe. Il permet donc d'obtenir un système triphasé de tensions variables en amplitude et en fréquence à partir des tensions fixes du réseau d'alimentation industriel. Ceci est réalisé par une matrice de neuf commutateurs de puissance reliant chaque phase d'entrée (A, B, C) à chaque phase de sortie (a, b, c). Le schéma de principe du convertisseur matriciel est montré à la figure II.33.

Les commutateurs de puissance de la matrice sont bidirectionnels, c'est-à-dire qu'ils permettent de conduire le courant symétriquement dans les deux sens ainsi que de bloquer les tensions de deux polarités. On parle d'une conversion directe de fréquence parce que la conversion est réalisée sans circuit intermédiaire servant à un stockage d'énergie. Dans le cas idéal, les tensions aux bornes de la charge correspondent à chaque instant à une des trois tensions d'alimentation. En pulsant les neuf commutateurs selon une séquence de pulsation adéquate et avec une fréquence de pulsation fixe, la conversion de fréquence est réalisée [20].

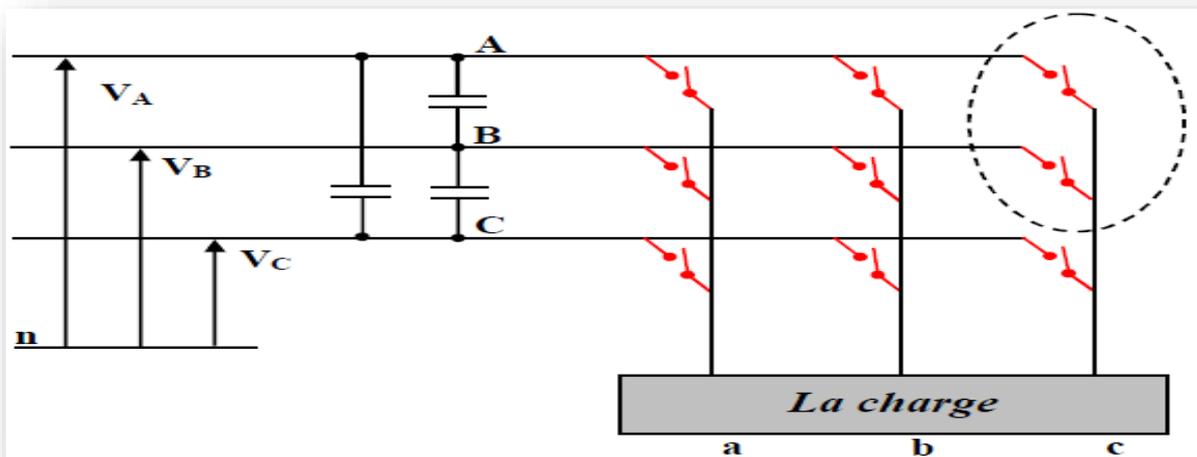


Figure (II.33) : Convertisseur Matriciel 3ph-3ph alimentant une charge [20]

## **II.4 Conclusion**

Ce chapitre nous a permis d'acquérir et d'approfondir nos connaissances sur les moteurs asynchrones et les variateurs de vitesses.

L'étude de la première partie de ce chapitre, nous a permis la définition et la constitution de la MAS ainsi que son principe de fonctionnement et les différents types des MAS et leurs domaines de fonctionnements et quelque avantage et inconvénients de ces deux types de machine.

Après notre étude nous avons constaté que les moteurs à cage d'écureuil sont les plus robustes, plus facile à construire et sont les plus utilisés dans l'industrie.

L'étude de la deuxième partie de ce chapitre nous a permis la définition de variateur de vitesse et les types de convertisseurs statiques.

On a présenté les définitions et le principe de fonctionnements de chaque un des convertisseurs statiques.

Dans notre étude nous avons étudié beaucoup plus les redresseurs et les onduleurs, puisque nous allons les utilisés dans le quatrième chapitre (étude de la cascade AC-DC-AC).

# Chapitre III

**PRESENTATION DE LA MACHINE  
ROBOPACK**

### III.1 Introduction

La machine **ROBOPACK** décrite dans le présent chapitre est une banderoleuse automatique.

Elle a été conçue et fabriquée pour enrouler et stabiliser des palettes de dimension et poids établis, avec un film extensible.

Les opérations d'utilisation et de maintenance doivent être exécutées par un personnel formé et qui connaît les caractéristiques de l'équipement, en respectant les consignes de sécurité.

Utiliser la machine uniquement pour enrouler et stabiliser, avec film extensible, des produits se trouvant dans les confections (boîtes, récipients pour liquides, etc.) de forme régulière ou de toute façon ayant une forme qui permet une palettisation stable. Les confections contenant des liquides ou des matériaux inconsistants doivent avoir des caractéristiques adéquates au produit et être parfaitement fermés et scellés, pour éviter que le contenu puisse sortir.

### III.2 Description générale de la machine

La machine qui fait l'objet de ce mode d'emploi est une banderoleuse automatique à anneau rotatif pour le banderolage et la stabilisation de charges sur palettes à l'aide de film extensible.

Elle est constituée d'une structure portante où sont installés les différents groupes opérationnels. Celle-ci est produite en plusieurs versions en fonction des différentes exigences de production. Sur commande, elle peut être équipée d'autres groupes et/ou dispositifs optionnels dont les instructions figurent dans les livrets correspondants. La haute capacité de production et une longue autonomie opérationnelle rendent cette machine apte à être installée dans des milieux industriels, en fin de ligne automatique de palettisation. Elle est équipée d'une série de composants électromécaniques pour le contrôle des phases opérationnelles du cycle et de dispositifs de sécurité pour garantir la sécurité des opérateurs.

Cette machine ne nécessite pas la présence permanente de l'opérateur. Il suffit de contrôler son fonctionnement et le cas échéant, de procéder aux réglages éventuels et au remplacement de la bobine épuisée.

### III.3 Constitution de la machine

La machine de base se compose des parties suivantes :

- 1) Châssis;
- 2) Chariot;

- 3) Anneau rotatif;
- 4) Protections de prévention des accidents (en option).

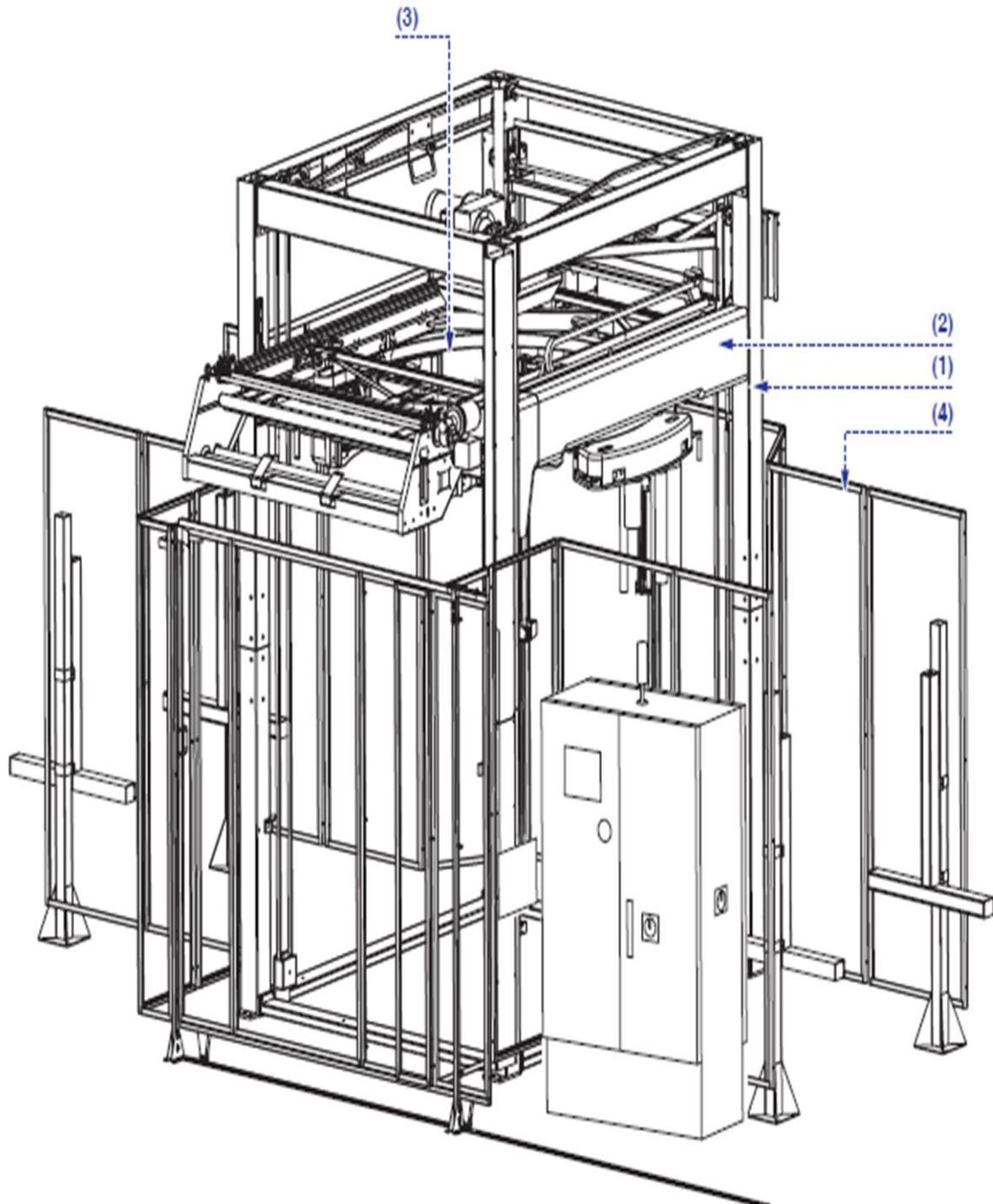


Figure (III.1) : Constitution de la machine Robopack

## A) Châssis et chariot

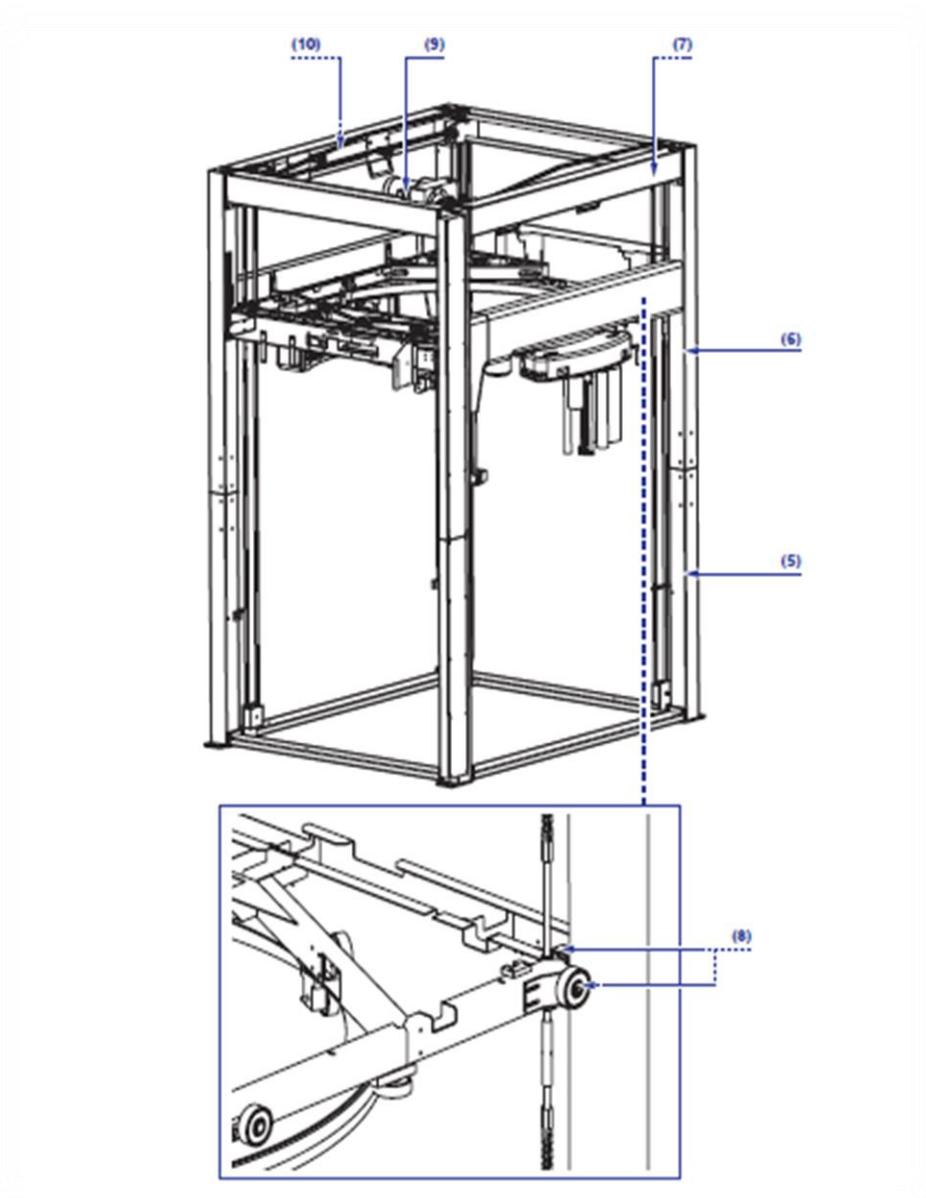
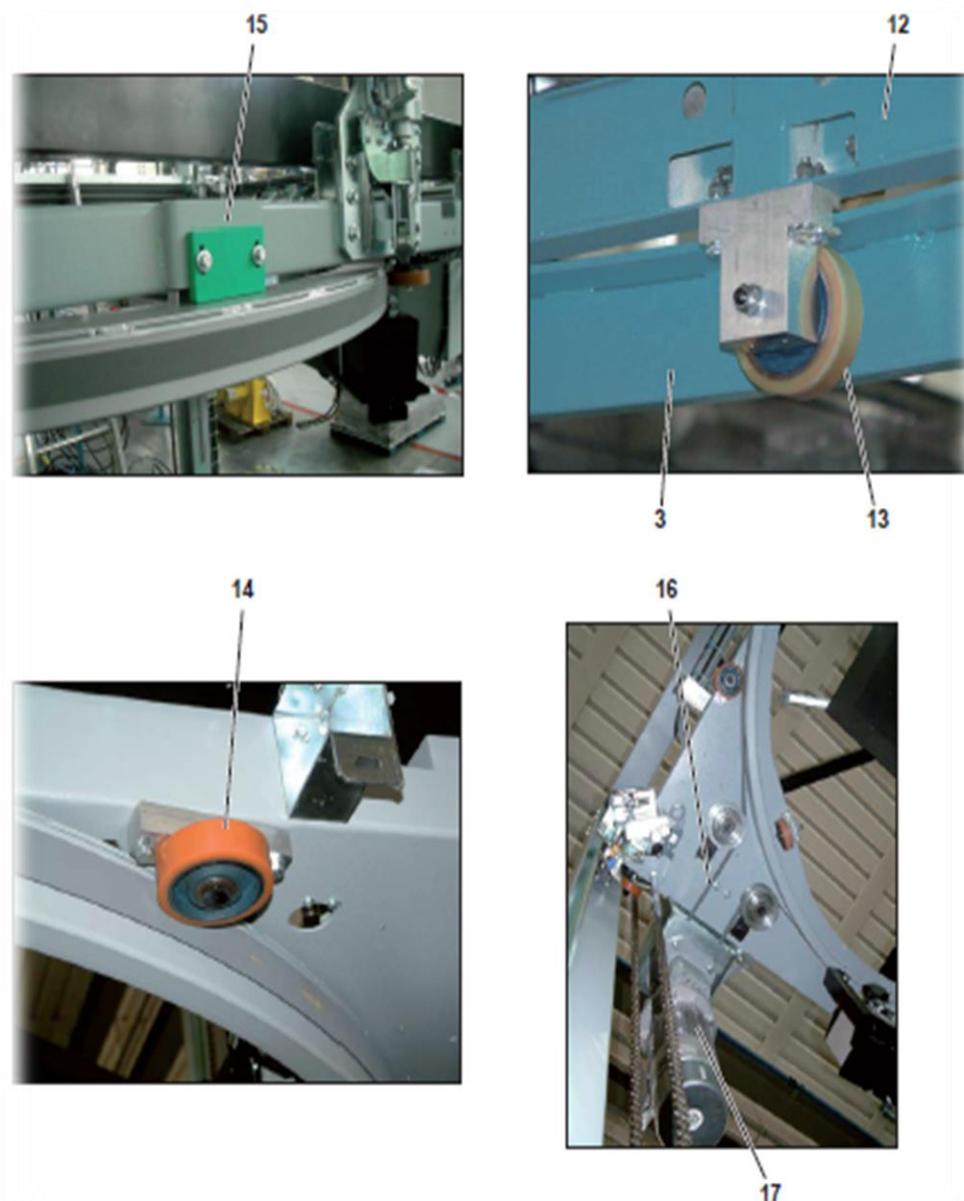


Figure (III.2) : La représentation de Châssis et chariot

Sur le châssis on distingue:

- la base (5);
- les quatre colonnes (6), disponibles en différentes hauteurs selon les exigences de la palette à banderoler;
- le chapeau (7), où est monté le moteur du chariot porte-anneau.

Le chariot se déplace verticalement sur les roues (8) qui coulisent sur les quatre colonnes. Le mouvement est provoqué par le motoréducteur (9) et les chaînes (10). La vitesse du moteur est contrôlée par variateur et codeur.

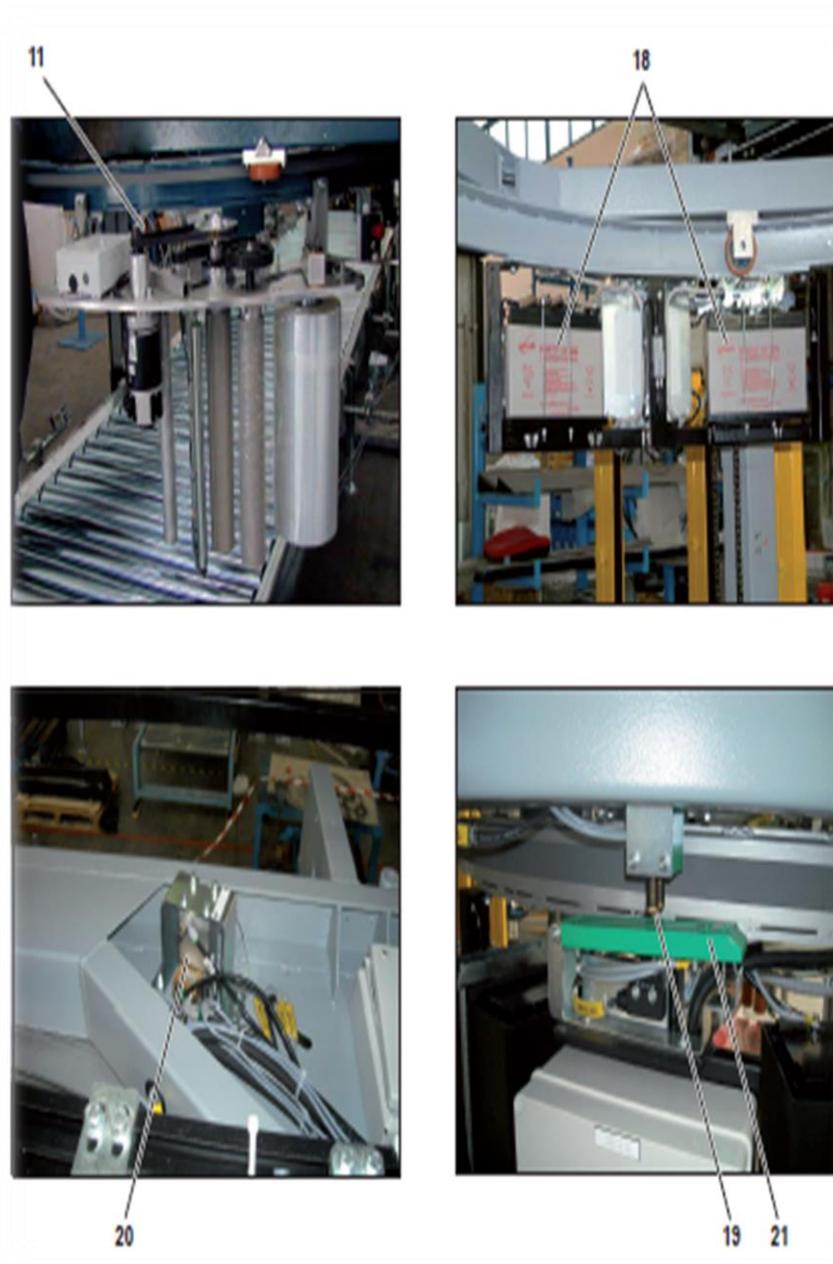
**B) Anneau rotatif**

**Figure (III.3) :** La constitution de l'anneau rotatif

L'anneau rotatif (3) est monté sur le chariot porte-anneau et a pour fonction d'amener le chariot porte-bobine en rotation.

L'anneau rotatif se déplace soutenu par la structure (12) au moyen des roues (13) et il est contrasté latéralement par les roues (14). Les roues de contraste supérieures (15) garantissent que l'anneau ne puisse pas se déplacer vers le haut.

La courroie plate (16), enroulée sur sa surface externe et motorisée par le motoréducteur (17), fait tourner l'anneau. La vitesse du motoréducteur est contrôlée par variateur.



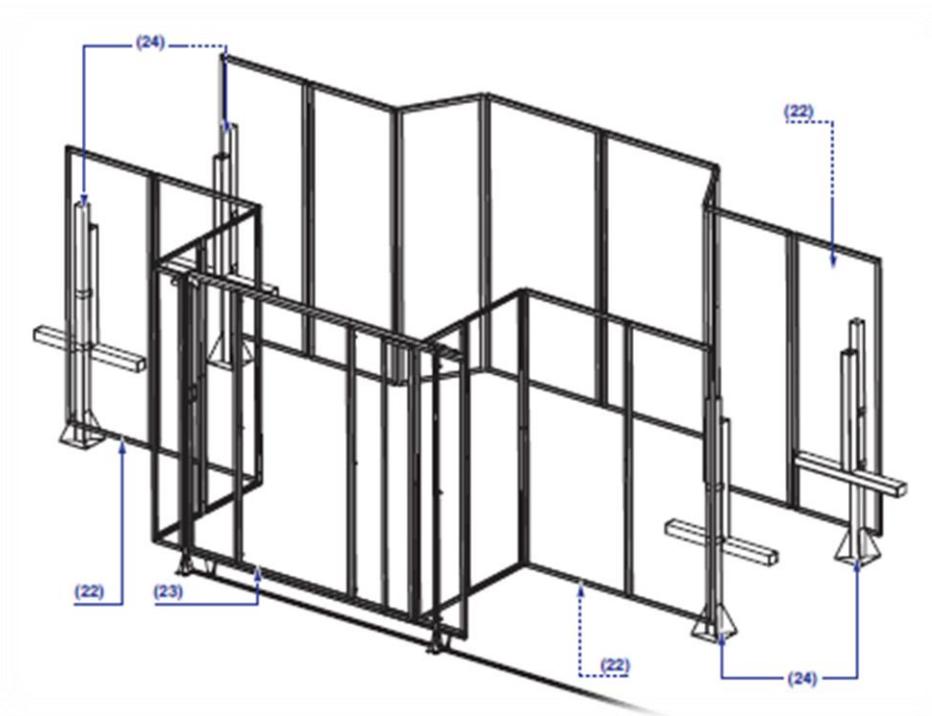
**Figure (III.4) :** La méthode de chargement des batteries qui alimente le chariot

Sur l'anneau rotatif, en position diamétralement opposée au chariot porte-bobine (11), sont montées les batteries (18) d'alimentation dudit chariot.

Les batteries alimentent le chariot porte-bobine et ont aussi pour fonction d'équilibrer partiellement sa masse.

À la fin de chaque cycle de banderolage de film, l'anneau rotatif s'arrête en phase; à chaque arrêt en phase les goujons (19), déplacés par le cylindre (20), vont toucher les contacts (21), pour effectuer la recharge des batteries.

### C) Protections anti-accidents



**Figure (III.5) :** La constitution de la protection anti-accidents

Les protections de prévention des accidents sont constituées de panneaux en grillage métallique (22) et (23) avec une porte d'accès inter-verrouillée (24), si on la traverse, on cause l'arrêt en urgence de la machine.

Le dispositif électrique d'inter-verrouillage, installé sur la porte, permet à l'opérateur de pénétrer en toute sécurité à l'intérieur de la zone opérationnelle, mais uniquement sur demande par sélecteur et arrêt automatique de la machine en condition d'alimentations électrique et pneumatique interrompues ; le redémarrage de la machine est soumis à la fermeture de la porte et au rétablissement du cycle à l'aide du bouton de «Reset».

### III.4 Organes principaux

- 1) Groupe machine de base;
- 2) Groupe chariot porte-bobine;
- 3) Groupe pince – coupe – soudeuse;
- 4) Groupe «top inside» (en option);
- 5) Groupe presseur (en option);
- 6) Groupe convoyeur (en option);
- 7) Groupe élévateur à palettes (en option).

### III.5 Cycle opérationnel

Les phases qui composent le cycle opérationnel de la machine dans sa configuration de base sont décrites dans la figure (III.6).

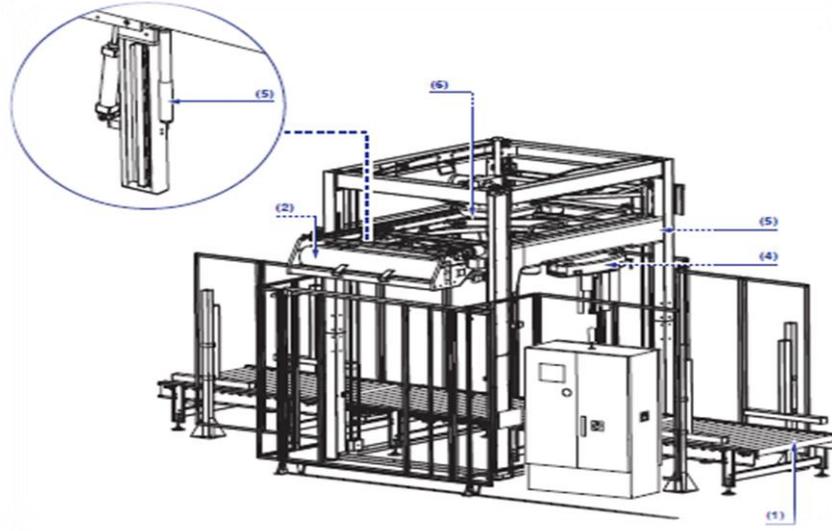


Figure (III.6) : Le cycle opérationnel

#### A) Positionnement de la palette

Le convoyeur (1) (qui peut être livré sur commande) transfère la palette en position de banderolage au centre de la machine.

#### B) Préparation de la feuille de couverture (en option)

La feuille de couverture est déroulée de la bobine (2), coupée sur mesure et centrée sur la palette.

#### C) Banderolage

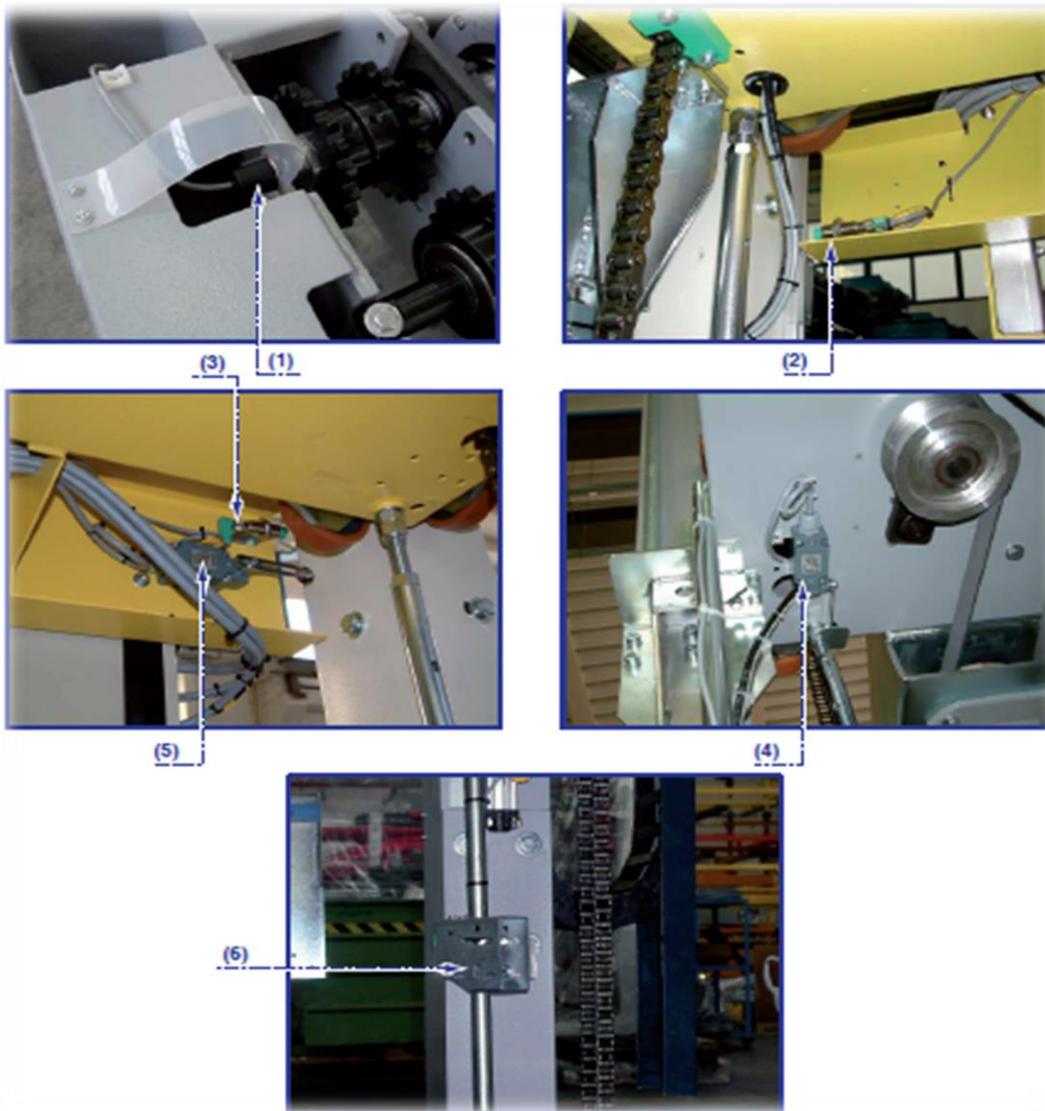
Le chariot (3) s'abaisse jusqu'à la partie supérieure de la palette. Le chariot porte-bobine (4) entame le banderolage en tournant autour de la palette à vitesse réduite ; à la fin du premier tour, la pince de préhension du film (5) s'ouvre et l'extrémité du film est couverte par ses spirales successives. Le chariot commence à descendre en déposant la feuille de couverture (si prévu) qui est banderolée au cours des tours successifs. Simultanément, la charge est stabilisée par la pression exercée par le presseur (6) (si prévu). Tout en poursuivant sa rotation, le chariot porte-bobine atteint sa vitesse de croisière et descend jusqu'au point le plus bas de la palette pour remonter ensuite en effectuant un banderolage en spirales croisées (il est toutefois possible de programmer des cycles de banderolage différents de celui-ci).

**D) Coupe et soudure du film**

A proximité de la fin du banderolage, le contraste s'abaisse, le chariot porte-bobine effectue le dernier tour et s'arrête. Le groupe «Pince-coupe-soudure» (5) bloque le film, la coupe à chaud et le soude.

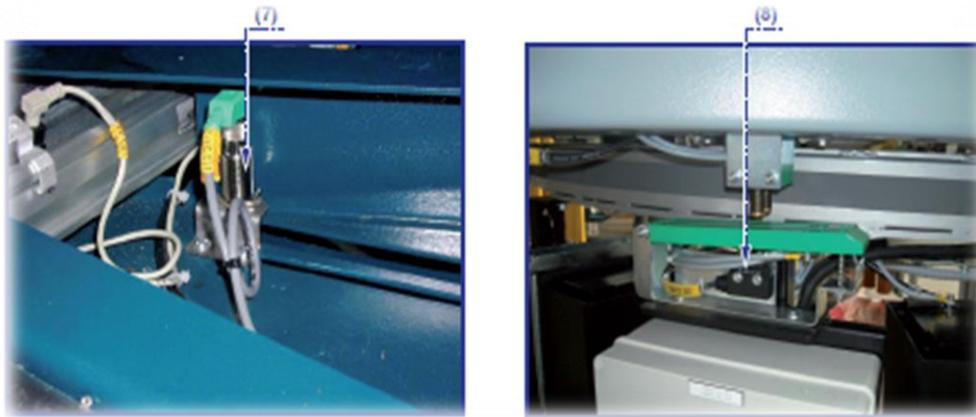
**E) Sortie palette**

Le convoyeur (1) transfère la palette dans la zone de sortie et transporte en même temps la suivante dans la zone de banderolage.

**III.6 Description des dispositifs****III.6.1 Dispositifs électriques de contrôle**

**Figure (III.7) :** La description des dispositifs électriques de contrôle

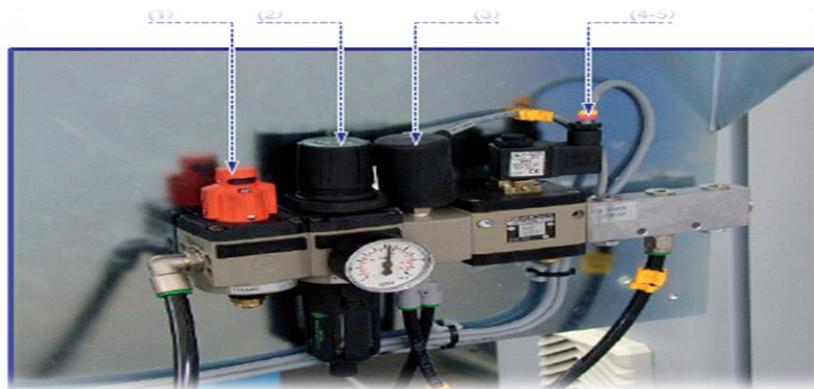
- 1) Codeur de détection de position du chariot;
- 2) Capteur de détection du chariot bas;
- 3) Capteur de détection du chariot haut;
- 4) Micro-interrupteur de sécurité hors course bas et rupture de chaînes;
- 5) Micro-interrupteur de sécurité hors course haut;
- 6) Cellule photoélectrique de détection bord supérieur de la palette (projecteur et récepteur);



**Figure (III.8) :** La représentation du capteur de phase anneau et le micro-interrupteur

- 7) Capteur de phase anneau: il est fixé à la structure du chariot porte-anneau et compte les tours effectués par l'anneau. Après un nombre de tours préprogrammé, il commande l'arrêt en phase, il agit sur une came fixée à l'anneau rotatif;
- 8) Micro-interrupteur d'interruption de courant au déroulement durant l'arrêt de l'anneau rotatif.

### III.7 Groupe de traitement de l'air en entrée



**Figure (III.9) :** Groupe de traitement de l'air en entrée

- 1) **Robinet entrée** : ouvre et ferme l'alimentation d'air comprimé de la machine;
- 2) **Régulateur de pression avec filtre et manomètre** : pour réguler la pression générale de l'installation pneumatique. Tourner la molette pour modifier les taux de pression indiqués sur le manomètre;
- 3) **Pressostat**: détecte le taux de pression de service lorsque ce taux descend au minimum programmer;
- 4) **Électrovanne de purge rapide** : pour fermer l'alimentation d'air et purger la pression de l'installation pneumatique en cas d'arrêt d'urgence;
- 5) **Électrovanne de démarrage progressif** : pour alimenter l'air dans l'installation de façon graduelle.

### III.8 Réglages

#### III.8.1 Conseils pour les réglages

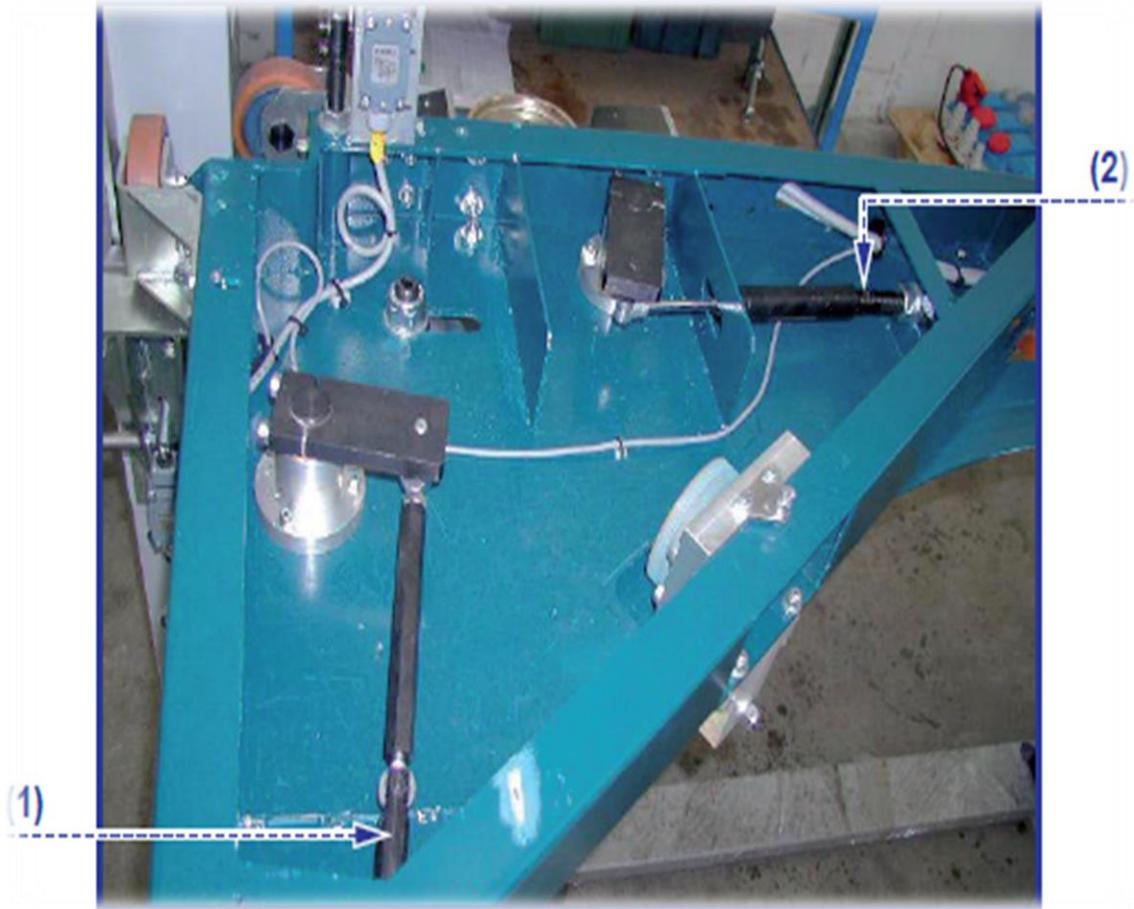
Avant d'effectuer toute opération de réglage, le personnel autorisé doit:

- activer tous les dispositifs de sécurité prévus;
- évaluer la nécessité d'informer le personnel qui y travaille ou se trouvant à proximité;
- munir les zones limitrophes d'une signalisation claire;
- empêcher l'accès à tous les dispositifs qui constitueraient un danger imprévu, s'ils étaient activés, en mettant en péril la sécurité et la santé du personnel.

#### III.8.2 Réglage de la tension de la courroie

Procéder comme indiqué :

- 1) Dévisser les tendeurs (1) et (2) de la figure (III.10) et retirer la courroie des poulies;
- 2) Faire deux marques sur la courroie à 100 cm d'écart;
- 3) Remonter la courroie sur les poulies et les tirants;
- 4) Régler la tension de la courroie à l'aide du tirant (1). Tendre jusqu'à ce que la distance entre les marques augmente de 2% (102 cm).



**Figure (III.10) :** La méthode du Réglage de la tension de la courroie

### III.8.3 Centrage anneau rotatif

En cas de désaxement de l'anneau rotatif, procéder comme suit:

- 1) Dévisser complètement la courroie (3) à l'aide des tendeurs (1) e (2) et la retirer uniquement des poulies et non des roues latérales (4);
- 2) Dévisser les roues latérales (4) et les éloigner de la courroie;
- 3) Introduire six entretoises (5) de même épaisseur qui entrent avec précision entre l'anneau rotatif et le bloc de support de la roue inférieure;
- 4) Appuyer les roues latérales (4) sur la courroie et les serrer;
- 5) Remonter la courroie sur les poulies;
- 6) Retirer les entretoises (5);
- 7) Faire tourner l'anneau à faible vitesse et vérifier son centrage avant de lancer le cycle de la machine.

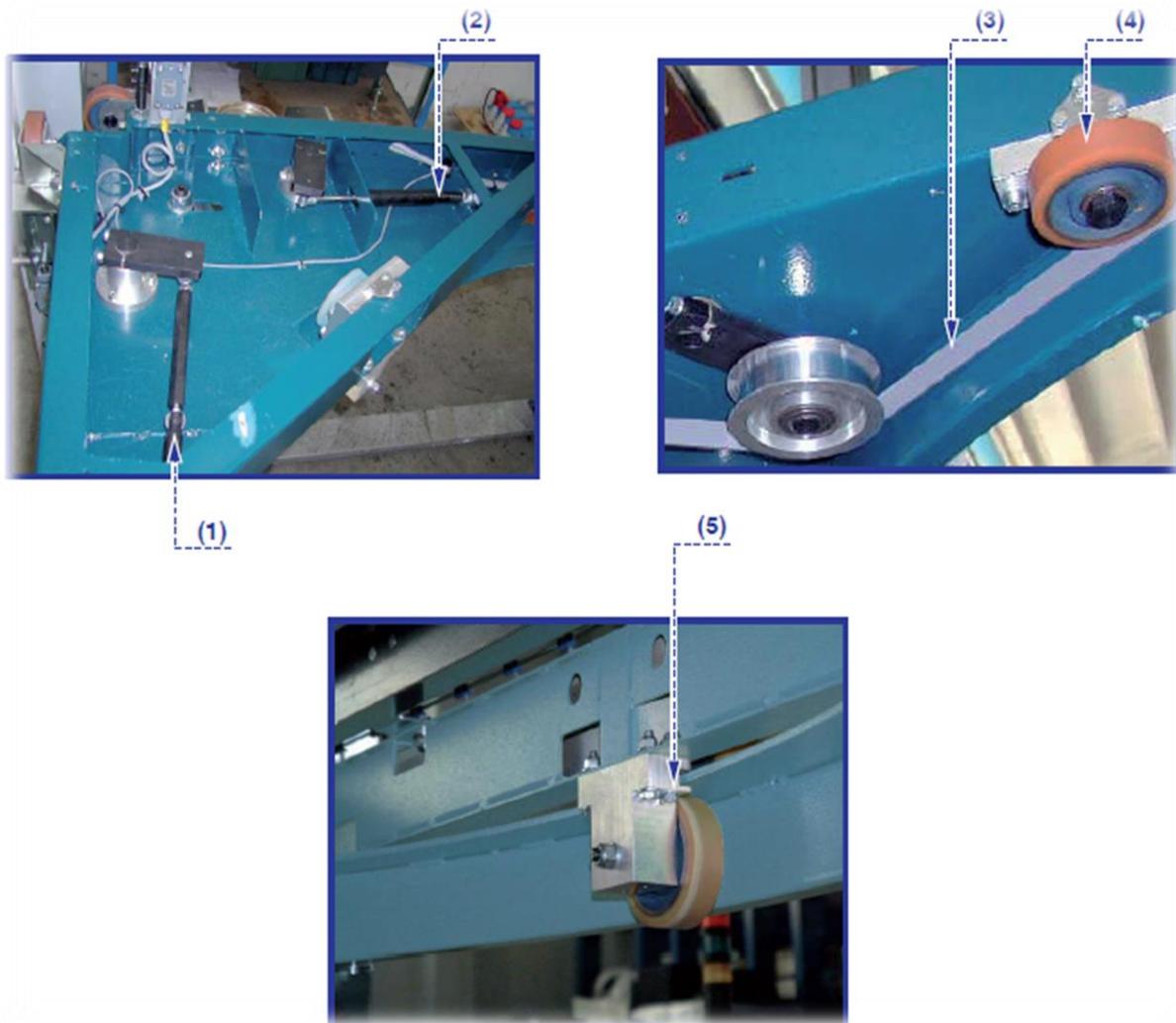


Figure (III.11) : La méthode du Centrage de l'anneau rotatif

#### III.8.4 Nivellement chariot porte-anneau

Après avoir vérifié le nivellement du chariot porte-anneau en y posant un niveau, si nécessaire, procéder comme suit :

- 1) Tourner l'écrou (1) et le contre-écrou (2) d'au moins trois chaînes pour rehausser ou abaisser le chariot jusqu'à l'amener à niveau en vérifiant que les quatre chaînes soient chargées de manière équivalente;
- 2) Pour terminer, serrer le contre-écrou (2).

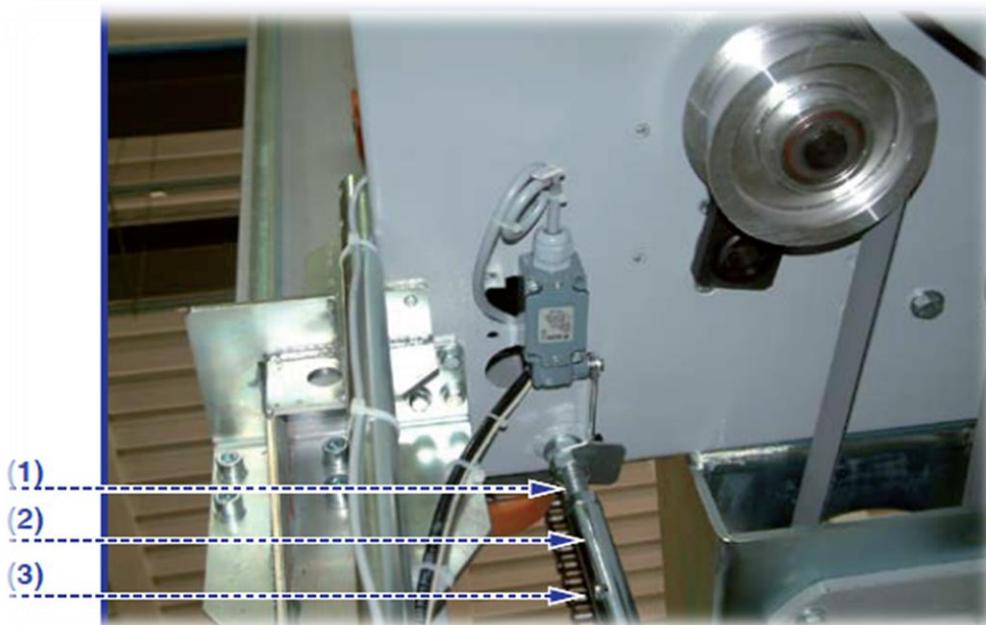


**Figure (III.12) :** La méthode du Nivellement chariot porte-anneau

### III.8.5 Tension de la chaine de renvoi de levage

Procéder de la manière suivante.

- 1) Desserrer les écrous (1);
- 2) Tourner le tendeur (2) en introduisant une goupille dans le trou (3);
- 3) Serrer les écrous (1).



**Figure (III.13) :** La méthode du réglage tension de la chaine de renvoi de levage

### III.9 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une description générale de la machine, sa constitution et ses principaux organes, puis on a expliqué son cycle opérationnel et une description des dispositifs électriques de contrôle. Ainsi, on a défini le fonctionnement de groupe de traitement de l'air en entrée et ses consignes de réglages.

L'étude de ce chapitre nous a permis de comprendre le fonctionnement de la machine Robopack et les méthodes de réglages à savoir réglage de la tension de courroie et le centrage de l'anneau rotatif.

# Chapitre IV

**ETUDE DE VARIATEUR DE  
VITESSE DES DEUX MOTEURS  
ASYNCHRONES**

### IV.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter l'ensemble des moteurs asynchrones qui constitue la machine (Robopack) et aussi l'ensemble des variateurs de vitesse et la description de la chaîne de transport.

Nous allons expliquer le principe de fonctionnement de variateur de vitesse et le principe de fonctionnement de l'ensemble variateur-moteur.

Nous allons faire une présentation de logicielle MCT 10 et explique le paramétrage de variateur avec ce logiciel et nous terminerons par une conclusion.

### IV.2 Description de la chaîne de transport

#### IV.2.1 Moteurs utilisés dans notre système

Les moteurs utilisés dans le système étudié (convoyeur) sont des moteurs asynchrones à cage et un moteur à courant continue, leurs plaques signalétiques sont données dans le tableau (IV.1).

**Tab (IV.1) : Plaques signalétiques des moteurs utilisés**

<b>Caractéristique</b> <b>Moteur</b>	Nn (Tr/min)	Cosφ	Pn (KW)	V/U (Volt)	In (A)
Convoyeur 1 (MAS)	1435/74	0.79/0.76	0.75	220/242 Δ 380/420 Y	3.05/1.75 Δ 2.65/1.52 Y
Convoyeur 2 (MAS)	1435/74	0.79/0.76	0.75	220/242 Δ 380/420 Y	3.05/1.75 Δ 2.65/1.52 Y
Convoyeur 3 (MAS)	1435/74	0.79/0.76	0.75	220/242 Δ 380/420 Y	3.05/1.75 Δ 2.65/1.52 Y
Anneau rotatif (MAS)	1440/382	0.77/0.75	2.2	220/242 Δ 380/480 Y	8.6/4.95 Δ 7.2/4.2 Y
MCC	2000		0.6	24	33.3

#### IV.2.2 Les capteurs

Les captures sont des composants de la chaîne d'acquisition de données dans une chaîne fonctionnelle. Ils prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande. Une information est une

grandeur abstraite qui précise un évènement particulier parmi un ensemble d'évènement possible. Pour pouvoir être traitée, cette information sera portée par un support physique (energie), on parlera alors de signal. Ce dernier est généralement de nature électrique ou pneumatique [21].

La machine Robopack contient 5 capteurs (2 capteurs de présence et 3 capteurs de sécurité), 2 capteurs à l'entrée de la machine (un capteur pour détecter la présence de la palette et l'autre capteur pour la sécurité), 3 autres capteurs un pour fixer la palette au centre de la machine, les deux autres capteurs surveille le dépassement ou le retardement de la palette.

### **IV.2.3 Groupe élévateur de palettes**

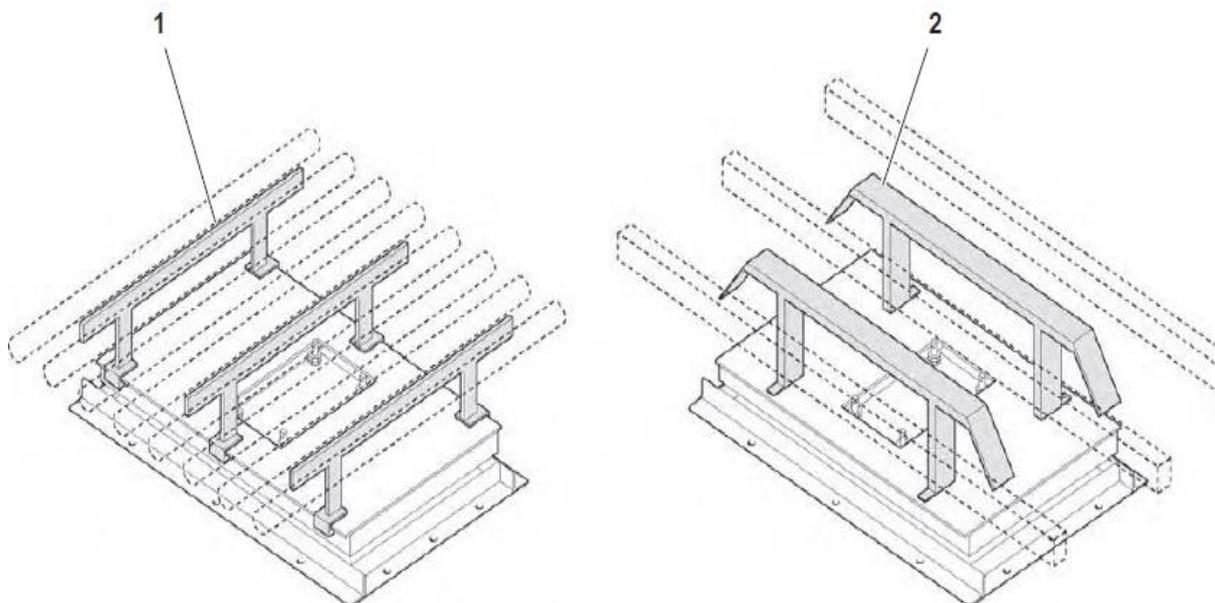
L'élévateur en question est un dispositif qui permet de soulever la palette à emballer pour son banderolage dans le bas.

Il est associé à une banderoleuse automatique en s'intégrant entièrement à son cycle.

Il peut être installé indifféremment sur des transporteurs à chaînes ou à rouleaux. La course en montée est variable en fonction des exigences d'emploi. Il est muni d'installations électrique et pneumatique indépendantes.

Les commandes de mouvement sont intégrées au tableau de commandes de la machine.

L'élévateur est muni de barres transversales 1 pour être allié aux transporteurs à rouleaux ou de châssis 2 pour les transporteurs à chaîne.



**Figure (IV.1) : L'élévateur**

- Dispositifs électriques de contrôle

+ Capteur: détecte l'élévateur en position « HAUTE »;

+ Capteur: détecte l'élévateur en position « BASSE ».

#### IV.2.3.1 Cycle opérationnel

Il fonctionne comme suit :

A) La palette s'arrête au centre du transporteur, à hauteur du centre de l'élévateur;

B) L'élévateur soulève la palette pour permettre son banderolage dans la partie inférieure;

C) En fin de cycle de banderolage. L'élévateur s'abaisse en se replaçant en position de repos.

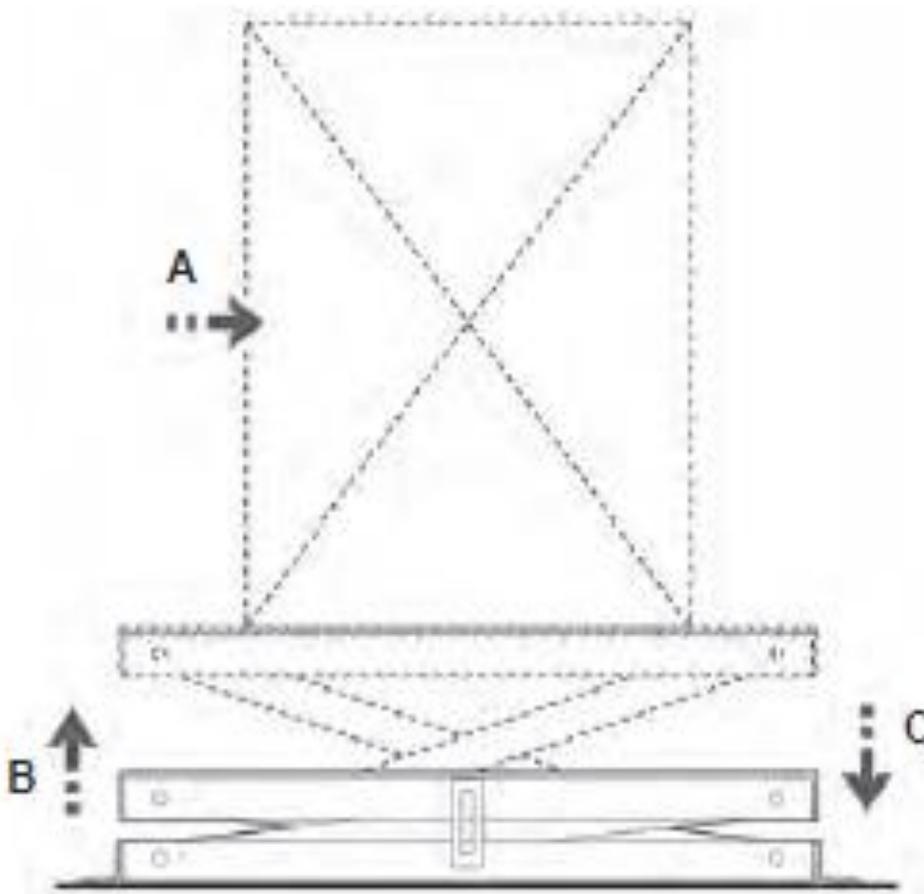


Figure (IV.2) : Fonctionnement de l'élévateur de palettes

### IV.3 Armoire électrique



Figure (IV.3) : Vue extérieur de l'armoire électrique

#### A) Constitution de l'armoire électrique

+ Disjoncteur principale : c'est un dispositif électromécanique ou bien électronique, de protection de la machine Robopack dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique, il surveille plusieurs paramètres de notre ligne électrique et sa principale caractéristique par rapport au fusible est qu'il est réarmable [22].

+ Disjoncteur thermique : il permet d'éviter de mettre le circuit en surintensité prolongée. La protection thermique a pour principale fonction la protection des conducteurs contre les échauffements excessifs pouvant générer des risques d'incendies, dus aux surcharges prolongées de l'installation électriques [22].

- + Disjoncteur différentielle : outre son pouvoir de coupure contre les courts-circuits et les surcharges, assure la détection d'une différence d'intensité de courant entre la phase et le neutre, si un défaut d'isolation existe (courant de fuite par la prise de terre), se défaut et aussi appelé courant résiduel [22].
- + Disjoncteur magnétothermique : sont destinées à remplacer les fusibles, en offrant l'avantage d'être réarmable et en cumulant dans un même boîtier une détection thermique contre les surcharges prolongées et magnétique contre l'augmentation rapide de courant [22].
- + Bornier : est un dispositif permettant d'assurer la continuité électrique entre un câble et une autre partie de l'installation.
- + Relais de sécurité : sont des appareils de surveillance de sécurité pour les équipements de protection électro-sensibles.
- + Automate (S 7300) : c'est un dispositif similaire à un ordinateur ayant des entrées et des sorties, utilisée pour automatiser des processus comme la commande des machines asynchrones dans une usines (les moteurs de la machine Robopack).
- + CPU (central processing unit) : il exécute les instructions qui lui sont données par le système d'exploitation.
- + Variateur de vitesse (DANFOSS FC 301-302) : c'est un équipement permettant de faire varier la vitesse des deux moteurs asynchrones (moteur anneau rotatif et convoyeur machine), une nécessité pour le fonctionnement de la machine Robopack.
- + Contacteur : sont prévu pour supporter un courant important, sont utilisées a fin d'alimenté des moteurs d'industrie.
- + Résistance de freinage pour les moteurs.
- + Carte de connexion (Réseau) : il assure l'interface entre l'équipement ou la machine dans lequel elle est monté et connecté sur le même réseau.

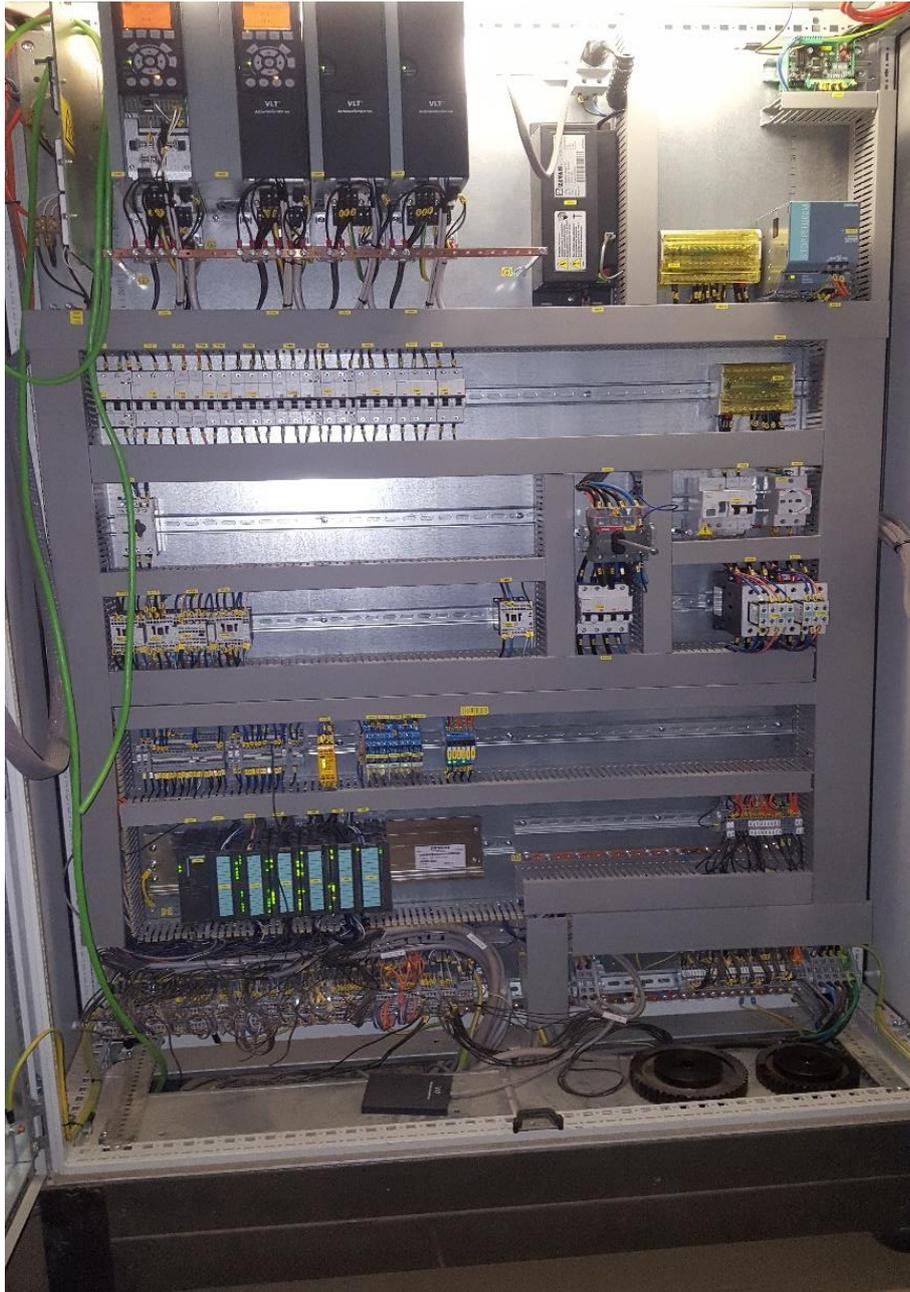


Figure (IV.4) : Vue intérieur de l'armoire électrique

#### IV.4 Variateur de vitesse

Pour modifier la vitesse d'un moteur, il faut simplement modifier la forme de sa caractéristique mécanique :

$$T = f(N) \tag{IV.1}$$

T : couple.

N : vitesse de rotation.

Pour cela on peut agir :

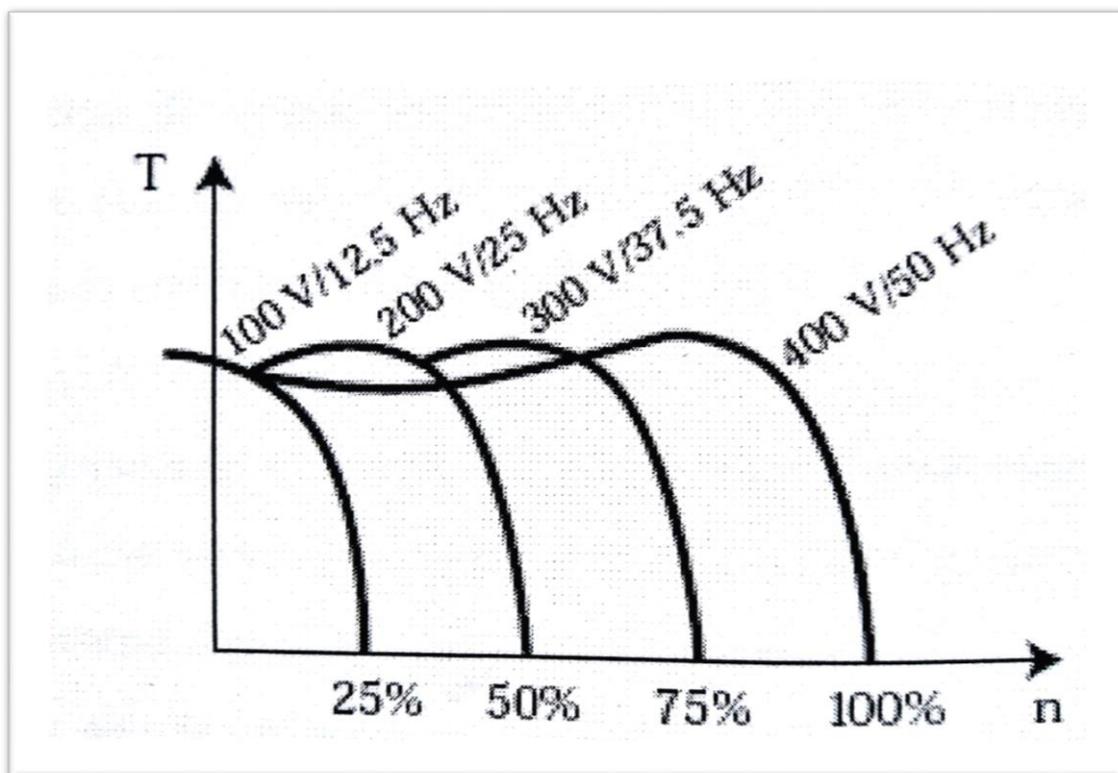
- ✓ Soit sur la tension statorique;
- ✓ Soit sur la résistance rotorique (uniquement les moteurs à rotor bobiné);
- ✓ Soit sur la fréquence des courants statoriques.

Néanmoins, la véritable solution pour faire tourner un moteur asynchrone à vitesse variable, tout en conservant un rendement satisfaisant, est de l'alimenter à fréquence variable.

Cette méthode n'est limitée que par l'amplitude du champ le long de l'entrefer qui doit garder la même valeur que l'état de saturation des tôles reste constamment optimal. Pour cela il faut faire varier la tension statorique au même temps que la fréquence [21].

Deux types de convertisseurs peuvent réaliser ce procédé :

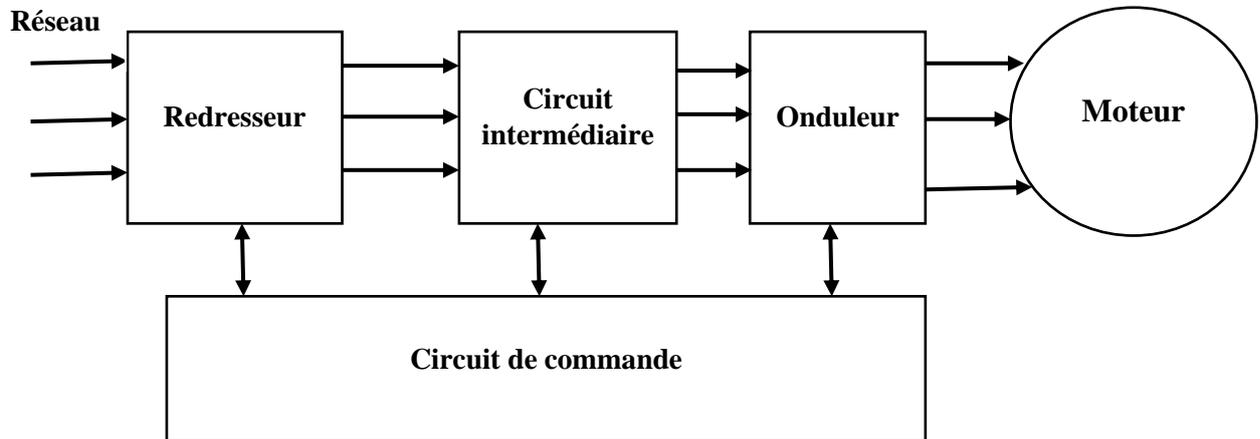
- Un cycloconvertisseur;
- L'association redresseur-onduleur;
- La variation de la fréquence d'alimentation entraîne une translation de la caractéristique mécanique du moteur [21].



**Figure (IV.5) :** Caractéristique mécanique d'une MAS pour plusieurs fréquences d'alimentation [21]

Le variateur utilisé dans notre étude est le deuxième type cité ci-dessous, qui est le plus utilisé dans l'industrie.

Ce variateur est formé de quatre composants principaux : redresseur, filtre, onduleur et circuit de commande.



**Figure (IV.6) : Variateur de vitesse simplifié [21]**

#### **IV.4.1 Description de fonctionnement**

La tension alternative triphasée est convertie en tension continue par l'intermédiaire du pont redresseur et d'un filtre. Cette tension continue est alors découpée par un pont onduleur à transistors. L'ajustage de la largeur des impulsions et leurs répétitions permet d'ajuster l'alimentation du moteur en tension et en fréquence afin de garantir un rapport tension/fréquence constant dans le moteur.

Un signal externe de vitesse est transmis au bloc de commande ASIC (action par microprocesseur). Le bloc de commande, après comparaison des signaux internes et externes, génère les impulsions de commande des transistors.

Le variateur de vitesse permet :

- Une gamme de vitesse de 5% à 200% de la vitesse nominale;
- Une conservation du couple sur toute la gamme de vitesse;
- Des rampes d'accélération et de décélération;
- Deux sens de rotation [21].

Schéma de câblage de variateur de vitesse

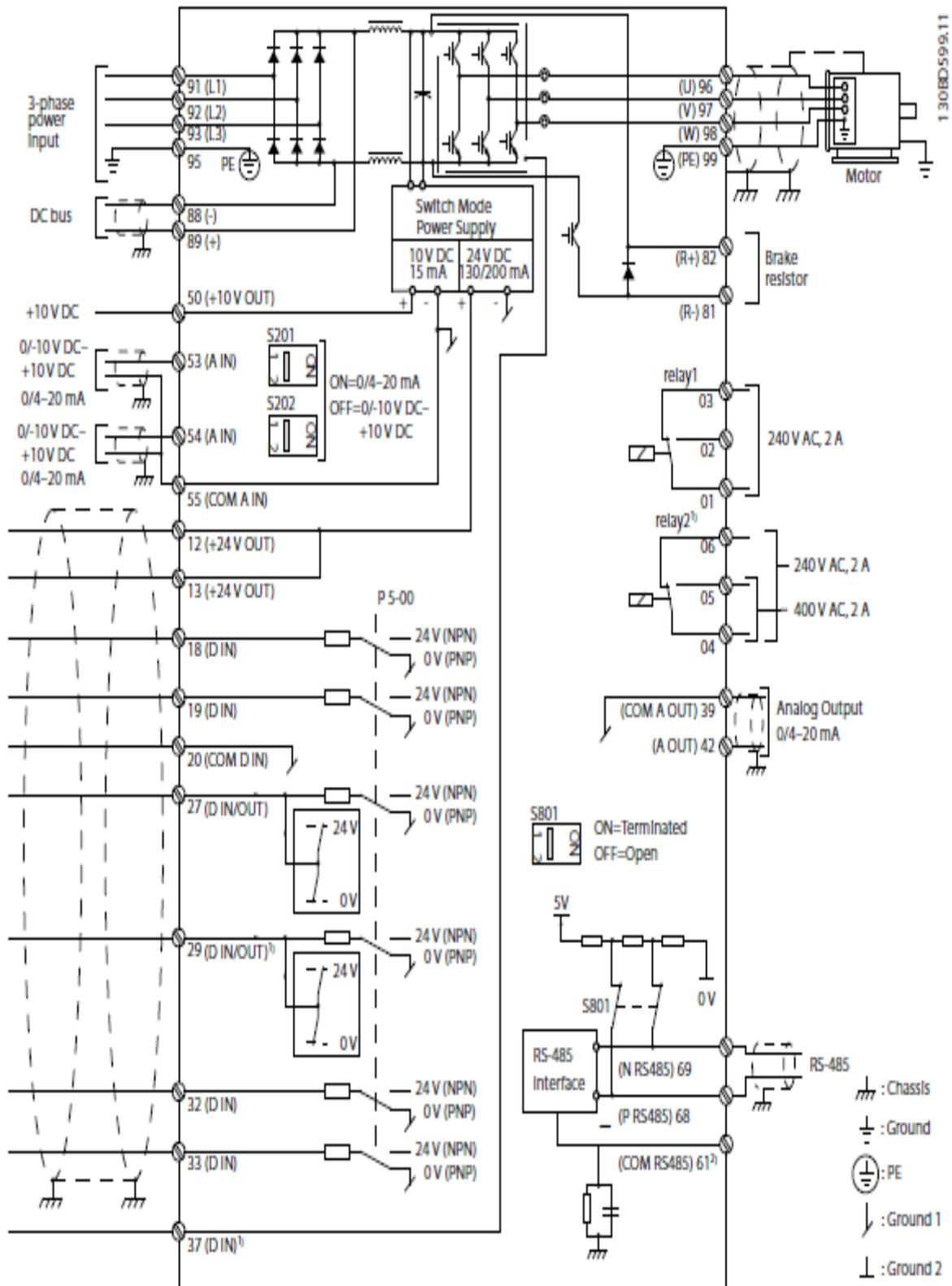


Figure (IV.7) : Schéma de câblage de base

+ variateur de vitesse de la machine Robopack

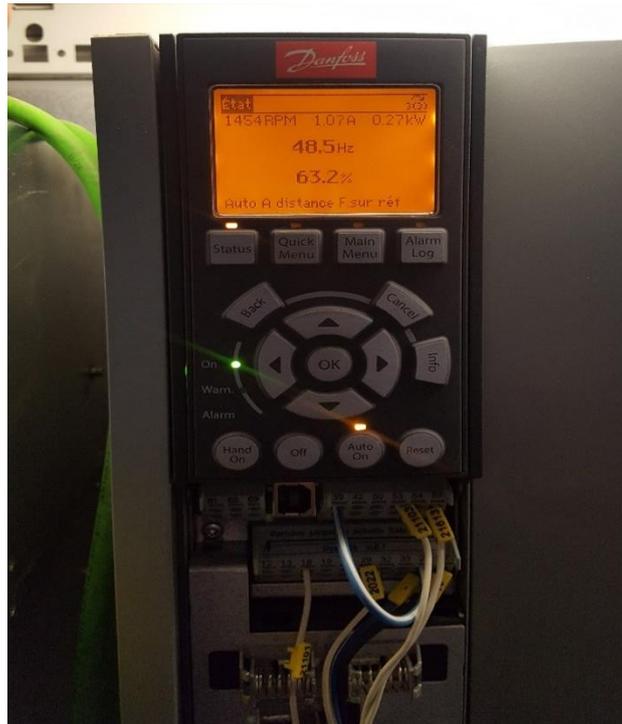


Figure (IV.8) : Variateur de vitesse (DANFOSS FC 301-302)

#### IV.4.2 Entrées /Sorties analogiques et digitales

##### A. Entrées/Sorties digitales

Tab (IV.2) : Entrées/Sorties digitales [23]

Borne	Réglage par défaut	Description
12.13	+ 24V CC	tension d'alimentation 24 V CC des entrées digitales et des transformateurs externes.
18	Démarrage	Entrées digitales.
19	Inversion	
32	Inactif	
33	Inactif	
27	Lâchage	Pour entrée ou sortie digitale.
29	Jogging	Le réglage par défaut est Entrée.
20		Borne commune pour les entrées digitales et potentiel de 0 V pour l'alimentation 24 V.
37	STO	Entrée de sécurité.

**B. Entrées/Sorties Analogiques**

**Tab (IV.3) :** Entrées/Sorties analogiques [23]

<b>Borne</b>	<b>Réglage par défaut</b>	<b>Description</b>
39	COM 24 V	Commune à la sortie analogique.
42	Inactif	Sortie analogique programmable. 0-20 mA ou 4-20 mA à un maximum de 500 Ω.
50	+ 10V CC	Tension d'alimentation analogique de 10 V CC pour un potentiomètre ou une thermistance. 15 mA maximum.
53	Reference	Entrée analogique. Pour tension ou courant. Sélectionner mA ou V pour les commutateurs A53 et A54.
54	Retour	
55	COM 0 V	Commune à l'entrée analogique.

**IV.4.3 Communication entre variateur de vitesse et automate programmable**

Il existe 3 types de signaux :

- ✓ Signaux de commande (vitesse, marche/arrêt ...);
- ✓ Signaux d'état (courant moteur, fréquence moteur, ...);
- ✓ Signaux d'alarmes (arrêt moteur, surchauffe,...).

Le variateur de vitesse reçoit les signaux de commande en provenance de l'automate programmable pour piloter le moteur en conséquence. Il envoie des signaux d'état à l'automate pour l'informer des effets des signaux de commande sur le moteur. Si le variateur de vitesse est arrêté par des irrégularités de fonctionnement, il envoie un signal d'alarme à l'automate [21].

**IV.4.4 Les consignes des variateurs**

Notre système contient quatre variateurs (V1, V2, V3 et V4). Sont de type DANFOSS FC 301-302. Ils commandent les moteurs comme suit :

- ✓ Variateur (1) : Il commande les deux moteurs (moteur convoyeur2 et moteur de l'anneau rotatif);
- ✓ Variateur (2) : Il commande le moteur de convoyeur 1;
- ✓ Variateur (3) : Il commande le moteur de convoyeur 3;
- ✓ Variateur (4) : Il commande le moteur de l'élévateur de la machine Robopack.

## Valeurs des fréquences

**Tab (IV.4) :** Les différentes fréquences des variateurs

Variateur	Fréquence (Hz)
V1 (anneau rotatif)	74.7
V1 (convoyeur 2)	48.5
V2 (convoyeur1)	50.6
V3 (convoyeur3)	48.2
V4 (moteur de l'élèvevateur)	13.1

### IV.4.5 Sécurité

#### IV.4.5.1 Sectionneur

C'est un appareil mécanique de connexion capable d'ouvrir et de fermer un circuit ou une installation électrique. Il supporte en permanence des courants dans les conditions de fonctionnement normal y compris les conditions anormales telles que les surcharges et les défauts de circuits [21].

#### IV.4.5.2 Les relais

Ils sont des éléments indispensables pour toute automatisation électrique. Ils assurent une multitude de fonctions telles que : sélection de circuits, commande des contacteurs, sécurité, signalisation,...

Conçus pour contrôler des courants faibles, ces composants doivent néanmoins remplir sans défaillance leur rôle d'intermédiaire car le fonctionnement correct des équipements d'automatisme et le respect du cycle établi de marche dépendent de leur fiabilité.

Parmi les relais, on trouve les relais magnétothermiques qui sont destinés à assurer la protection des moteurs à courant alternatif contre les surcharges. Leur déclenchement est différé pour les faibles surcharge et instantanées pour les surintensités importantes [21].

#### IV.4.5.3 Fusible

C'est un appareil de protection dont la fonction est d'ouvrir une partie du circuit lorsque le courant véhiculé dépasse une valeur donnée. Sa fonction est réalisée au point de fusion [21].

#### **IV.4.5.4 Contacteur**

Le contacteur est un appareil mécanique de connexion commandé par électro-aimant. Il fonctionne par tout ou rien. Lorsque la bobine de l'électro-aimant est alimentée, le contacteur se ferme, établissant, par l'intermédiaire de contacts, la connexion entre le réseau d'alimentation et le récepteur. La partie mobile de l'électro-aimant se déplace soit par :

- Rotation, en pivotant autour d'un axe;
- Translation, en glissant suivant un axe;
- Un mouvement conjugué des deux.

Dès que la bobine est privée de tension, le contacteur s'ouvre sous l'effet des ressorts de pression des pôles ou du ressort de rappel de l'armature mobile et pour certains appareils, de la gravité (l'équipage mobile tendant naturellement à reprendre sa position d'origine) [21].

#### **IV.4.5.5 Relais d'arrêt d'urgence**

C'est un bouton poussoir normalement fermé qui a généralement pour fonction de fermer un circuit électrique de façon plus au moins prolongée.

La chaîne de transport étudiée contient 4 arrêts d'urgence :

- Un sur l'armoire électrique;
- Un sur la porte de rentrée;
- Un au début de la chaîne de transport;
- Un à la fin de la chaîne de transport [21].

### **IV.5 Principe de fonctionnement de l'ensemble variateur de vitesse – moteur**

#### **IV.5.1 Schéma électrique du système**

La (Figure IV.9), représente le schéma électrique de système qui est composée d'un variateur qui alimente deux moteurs asynchrones (moteur de l'anneau rotatif et le moteur de convoyeur (2) machine).

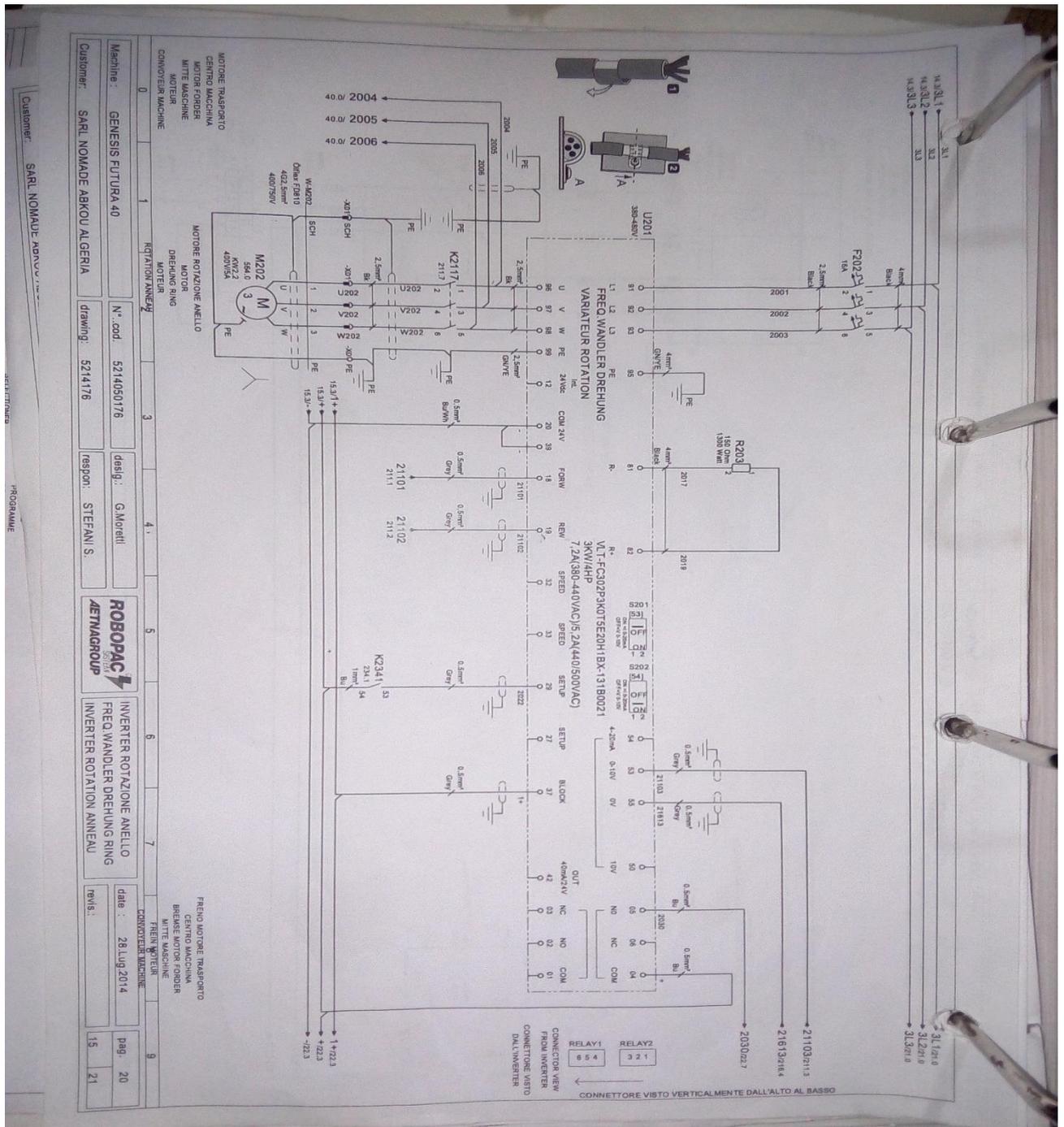


Figure (IV.9) : Schéma électrique du système

#### IV.5.2 Les composantes de schéma électrique

Le schéma de la figure(IV.9) est composé de quatre parties principales :

- + Une source triphasée (3 phases);
- + Variateur de vitesse (DANFOSS FC 301-302);

- + Deux moteurs asynchrones qui alimentent l'anneau rotatif et le convoyeur de la machine;
- + Un automate programmable (S 7300).

### **IV.5.3 Description de fonctionnement de système**

La figure (IV.9) représente le schéma électrique de système variateur de vitesse-moteurs, il décrit comment un variateur de vitesse commande deux moteurs asynchrones.

Les trois bornes d'entrées de variateur de vitesse (91, 92, 93) sont alimentées respectivement par un réseau triphasé (L1, L2, L3), à travers un relais thermique. L'entrée 95 est reliée à la prise de terre, les entrées 81 et 82 sont reliées à une résistance de freins pour les moteurs, l'entrée analogique 53 pour tension (0-10V) est alimentée par un automate programmable (S7300), et la borne 55 est commune à l'entrée analogique, l'entrée 5 est reliée à l'automate, l'entrée 4 et reliée aux trois autres variateurs (V2, V3, V4) ils sont montés en série pour signaler le défaut.

Les trois bornes de sorties de variateur de vitesse (96, 97, 98) sont reliées respectivement aux entrées de moteur (U, V, W) à travers un contacteur (K2117), la borne 99 est reliée à la prise de terre, la borne 20 c'est la borne commune pour les entrées digitales et potentiel de 0V pour l'alimentation 24V et la borne 39 commun à la sortie analogique, l'entrée digitale 18 pour le démarrage de moteur anneau rotatif (sens choisie) et l'entrée 19 pour l'inversion (sens inverse au sens choisi), et la borne 37 c'est une entrée de sécurité de variateur (STO), et la borne 29 donne une information sur le choix du moteur.

Le moteur du convoyeur '2' machine est alimenté directement sur les sorties de variateur à travers un contacteur (K2341).

Le choix de ses deux moteurs se fait comme suite :

Quand la palette arrive au niveau de la machine Robopack, un capteur de présence détecte l'arrivé de la palette et il envoie un signal à l'automate, ce dernier donne un ordre de 0V (0 logique) pour que le moteur de l'anneau se met en marche à travers une antenne de connexion, (le contacteur K2117 se ferme et le contacteur K2341 reste ouvert).

Maintenant la palette est bobinée, à travers cette connexion l'automate donne un ordre de 24V (1 logique) pour que le moteur de l'anneau s'arrête et au même temps le moteur de convoyeur'2' se met en marche, (la fermeture de contacteur K2341 et l'ouverture de contacteur K2117), la palette se déplace vers le convoyeur'3'.

#### IV.5.4 Paramétrage de variateur de vitesse avec le logicielle MCT10 [24]

##### IV.5.4.1 Présentation de logicielle MCT10

Cette partie fournit les connaissances de base requises pour utiliser le logiciel de configuration MCT 10 avec Danfoss drives VLT fréquence convertisseurs. La connaissance de ce qui suit est supposée :

- MS Windows TM au niveau de l'utilisateur;
- Mise en place, connaissance des processus et fonctionnement de convertisseurs de fréquence;
- Utilisation et liaison avec la communication équipement.

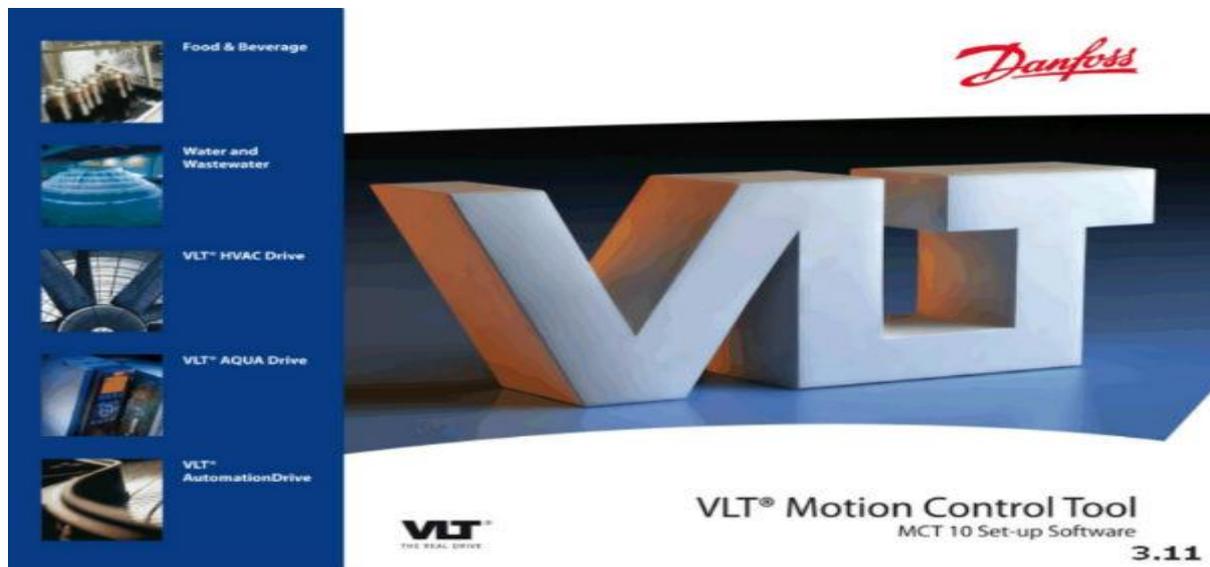


Figure (IV.10) : Danfoss drives VLT MCT 10

##### IV.5.4.2 Description

Le logiciel VLT MCT 10 permet la gestion des paramètres d'un ou plusieurs variateurs, et il facilite la mise en service, la programmation et la documentation de tous vos VLT.

- Interface utilisateur ressemblant à l'Explorateur de Windows;
- Orienté projet, facile à utiliser sur les installations réseau;
- Affichage plein écran;
- 6 langues : allemand, anglais, danois, espagnol, français et italien;
- Programmation en ligne et hors ligne;
- Programmation SyncPos intégrée;
- Communication Profibus DP-V1;

- Point d'appui pour les futurs programmes PC de Danfoss;
- Prend en charge les séries de variateur existantes ainsi que les nouveaux produits.

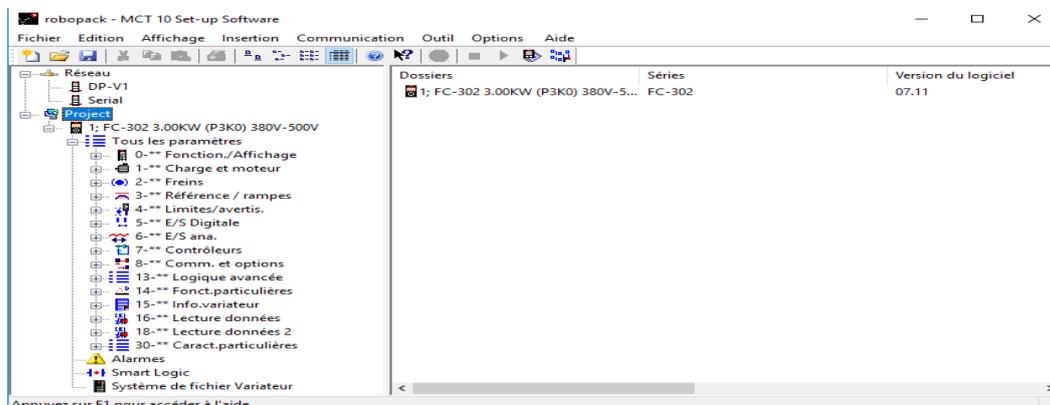


Figure (IV.11) : Fenêtre MCT10 (version 3.11)

### IV.5.4.3 Paramétrage

Cette partie explique comment contrôler un variateur de fréquence à l'aide du logiciel de configuration MCT 10. Après le démarrage du logiciel de configuration MCT 10, la fenêtre principale ressemble à ceci :

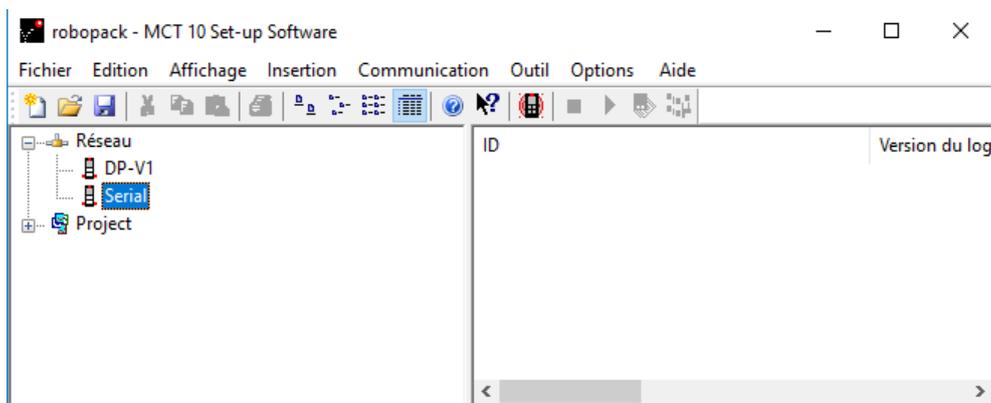


Figure (IV.12) : Fenêtre principale du logiciel de configuration MCT 10

## A. Interface utilisateur

### A.1 Affichage

Le logiciel de configuration MCT 10 est affiché en deux parties, vues de gauche et vue de droite.

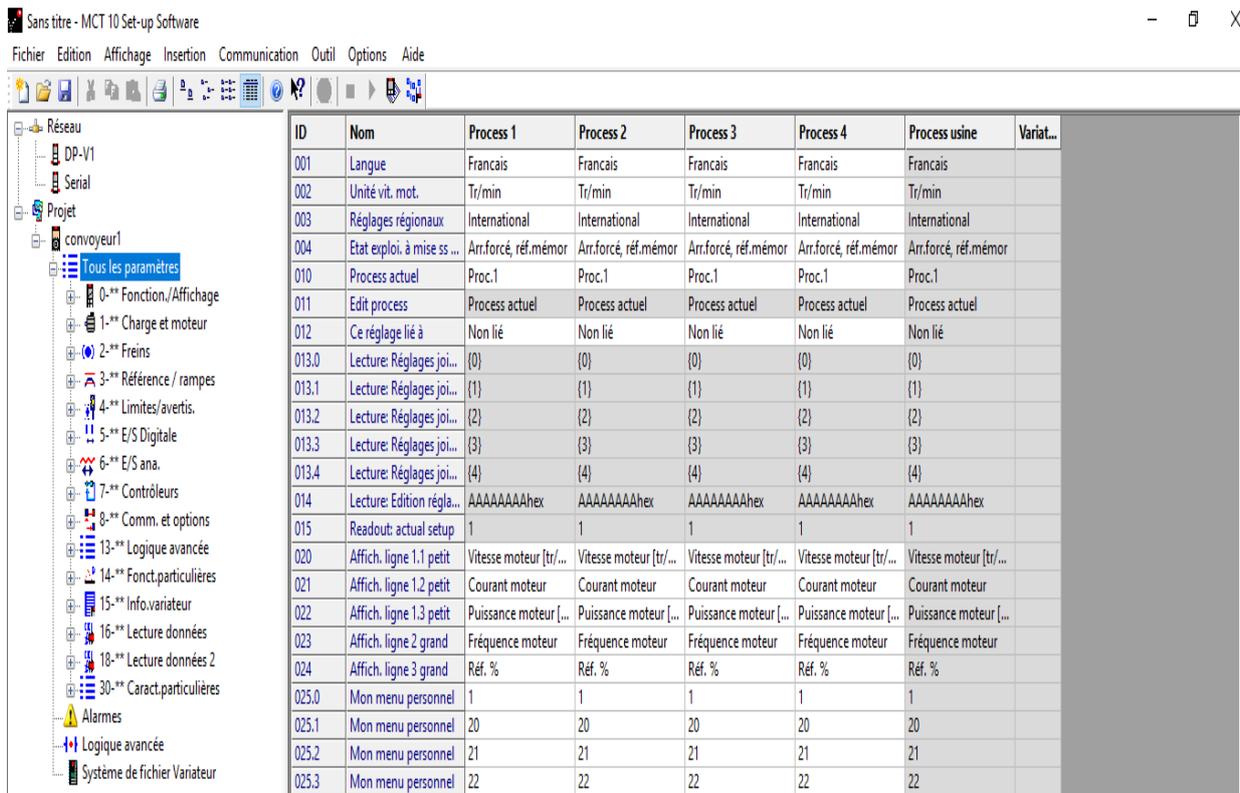
La vue de gauche montre les vues réseau (réel, en ligne) et projet (simulé, hors ligne) du réseau du variateur de fréquence. L'utilisation de la vue gauche se fait pour :

- Ajouter ou supprimer des dossiers et des éléments.
- Stocker les modifications dans le dossier.

Conservez les modifications apportées à la configuration en ligne réelle dans le dossier projet dans la configuration hors ligne simulée pour une utilisation ultérieure, pour plus d'informations sur la sauvegarde des données, on se reporte à :

La vue de gauche est organisée dans une arborescence et le contenu peut être étendu ou compressé selon les besoins. On va cliquer sur +/- pour ouvrir ou fermer le dossier.

La vue de droite affiche les détails de l'élément mis en surbrillance dans la vue de gauche. Dans la vue de droite, les éléments du réseau du variateur de fréquence peuvent être programmés.



**Figure (IV.13) : Paramètres de la machine Robopack**

## A.2 Configuration du convertisseur de fréquence

On insère un convertisseur de fréquence, un filtre actif ou un démarreur progressif dans un dossier de projet comme suit :

1. On va cliquer avec le bouton droit sur l'emplacement hors ligne et on va sélectionner le type de périphérique approprié. On peut également marquer l'emplacement en mode hors connexion et sélectionner 'Insérer' dans la barre de menus principale.

L'insertion d'un lecteur à faible harmonique dans un dossier de projet comme suit :

1. On va cliquer avec le bouton droit sur l'emplacement hors ligne et sélectionnez nouveau lecteur, on peut également marquer l'emplacement hors ligne et sélectionner nouveau lecteur dans le menu 'Insertion';
2. On va mettre toutes les données pertinentes dans la boîte de dialogue 'new drive' et on va sélectionner 'make LHD';
3. On va rentrer tous nos données du filtre actif dans la boîte de dialogue nouveau filtre, et il faut s'assurer que l'adresse de bus de terrain utilisée pour le filtre actif n'est pas utilisée pour les autres composants.

### A.3 Dossiers des paramètres

Un nouveau dossier drive contient tous les dossiers de paramètres, qui comprennent une série de dossiers internes avec des noms génériques. Il n'y a pas de fonction de renommage pour ces dossiers. Les dossiers génériques dans la plupart des convertisseurs de fréquence sont les suivants:

- Fonctionnement et affichage;
- Charge et moteur;
- Références et limites;
- Entrées et sorties;
- Fonctions spéciales;
- Communication série;
- Fonctions techniques.

#### IV.5.4.4 Capture d'écran des paramètres

##### A. Fonction / affichage

Ce paramètre est constitué de plusieurs parties (réglage de bas, gestion de process, écran LCP, lecture LCP, clavier LCP...).

ID	Nom	Setup 1	Setup 2	Setup 3	Setup 4
001	Langue	Francais	Francais	Francais	Francais
002	Unité vit. mot.	Tr/min	Tr/min	Tr/min	Tr/min
003	Réglages régionaux	International	International	International	International
004	Etat exploi. à mise ss ...	Arr.forcé, réf.mémor	Arr.forcé, réf.mémor	Arr.forcé, réf.mémor	Arr.forcé, réf.mémor
010	Process actuel	Multi process	Multi process	Multi process	Multi process
011	Edit process	Process actuel	Process actuel	Process actuel	Process actuel
012	Ce réglage lié à	Non lié	Non lié	Non lié	Non lié
013.0	Lecture: Réglages joi...	{0}	{0}	{0}	{0}
013.1	Lecture: Réglages joi...	{1}	{1}	{1}	{1}
013.2	Lecture: Réglages joi...	{2}	{2}	{2}	{2}
013.3	Lecture: Réglages joi...	{3}	{3}	{3}	{3}
013.4	Lecture: Réglages joi...	{4}	{4}	{4}	{4}
014	Lecture: Edition réгла...	AAAAA1AAhex	AAAAA1AAhex	AAAAA1AAhex	AAAAA1AAhex
015	Readout: actual setup	1	1	1	1
020	Affich. ligne 1.1 petit	Vitesse moteur [tr/...	Vitesse moteur [tr/...	Vitesse moteur [tr/...	Vitesse moteur [tr/...
021	Affich. ligne 1.2 petit	Courant moteur	Courant moteur	Courant moteur	Courant moteur
022	Affich. ligne 1.3 petit	Puissance moteur [...	Puissance moteur [...	Puissance moteur [...	Puissance moteur [...
023	Affich. ligne 2 grand	Fréquence moteur	Fréquence moteur	Fréquence moteur	Fréquence moteur
024	Affich. ligne 3 grand	Réf. %	Réf. %	Réf. %	Réf. %

**Figure (IV.14) : Paramètres fonction/affichage**

### B. Charge et moteur

Ce paramètre est constitué de plusieurs parties (réglage généreux, sélection moteur, données moteur, réglage démarrage, réglage arrêt ...).

ID	Nom	Setup 1	Setup 2	Setup 3	Setup 4
100	Mode Config.	Boucle ouverte vit.	Boucle ouverte vit.	Boucle ouverte vit.	Boucle ouverte vit.
101	Principe Contrôle M...	VVCplus	VVCplus	U/f	VVCplus
102	Source codeur arbre ...	Codeur 24 V	Codeur 24 V	Codeur 24 V	Codeur 24 V
103	Caract.couple	Couple constant	Couple constant	Couple constant	Couple constant
104	Mode de surcharge	Couple élevé	Couple élevé	Couple élevé	Couple élevé
105	Configuration mode ...	= mode par. 1-00			
106	Sens horaire	Inverse	Normal	Normal	Normal
107	Motor Angle Offset ...	Manual	Manual	Manual	Manual
110	Construction moteur	Asynchrone	Asynchrone	Asynchrone	Asynchrone
111	Fabricant moteur	Std. Asynchrone	Std. Asynchrone	Std. Asynchrone	Std. Asynchrone
114	Amort. facteur gain	140	140	140	140
115	Low Speed Filter Tim...	1,00	1,00	1,00	1,00
116	High Speed Filter Ti...	1,00	1,00	1,00	1,00
117	Voltage filter time co...	0,500	0,500	0,500	0,500
118	Min. Current at No L...	0	0	0	0
120	Puissance moteur [k...	2,20	2,20	0,75	1,10
121	Puissance moteur [CV]	2,95	2,95	1,01	1,48
122	Tension moteur	400	380	400	380
123	Fréq. moteur	50	50	50	50
124	Courant moteur	5,00	5,00	2,00	2,95
125	Vit.nom.moteur	1440	1420	1420	1420
126	Couple nominal cont...	5,0	5,0	5,0	5,0
129	Adaptation auto. au ...	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif
130	Résistance stator (Rs)	2,0138	1,9131	7,9674	4,3135
131	Résistance rotor (Rr)	1,5750	1,4963	5,9583	3,3095
133	Réactance fuite stato...	4,6188	4,3879	11,5470	7,4371
134	Réactance de fuite ro...	4,6188	4,3879	11,5470	7,4371
135	Réactance principale ...	106,2324	100,9208	230,9401	156,9218
136	Résistance perte de f...	1 803,904	1 628,024	3 920,108	2 702,002
137	Inductance axe d (Ld)	0,0	0,0	0,0	0,0
139	Pôles moteur	4	4	4	4

Figure (IV.15) : Paramètres Charge et moteur

### C. Freins

Ce paramètre est constitué de plusieurs parties (frein cc, fonction puissance frein, frein mécanique ...).

ID	Nom	Setup 1	Setup 2	Setup 3	Setup 4
200	I maintien CC	50	50	50	50
201	Courant frein CC	50	50	50	50
202	Temps frein CC	2,0	10,0	10,0	10,0
203	Vitesse frein CC [tr/...	150	0	0	0
204	Vitesse frein CC [Hz]	5,0	0,0	0,0	0,0
206	Parking Current	50	50	50	50
207	Parking Time	3,0	3,0	3,0	3,0
210	Fonction Frein et Sur...	Freinage résistance	Freinage résistance	Freinage résistance	Freinage résistance
211	Frein Res (ohm)	200	200	200	200
212	P. kW Frein Res.	1,200	1,200	1,200	1,200
213	Frein Res Therm	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif
215	Contrôle freinage	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif
216	Courant max. frein CA	100,0	120,0	100,0	100,0

Figure (IV.16) : Paramètres freins

**D. Entrée / Sortie digitale**

Ce paramètre est constitué de plusieurs parties (mode entrée/sortie digitales, entrée digitale, sortie digitale ...).

ID	Nom	Setup 1	Setup 2	Setup 3	Setup 4
500	Mode E/S digital	PNP	PNP	PNP	PNP
501	Mode born.27	Entrée	Entrée	Entrée	Entrée
502	Mode born.29	Entrée	Entrée	Entrée	Entrée
510	E.digit.born.18	Démarrage	Démarrage	Démarrage	Démarrage
511	E.digit.born.19	Démarrage avec inv.	Démarrage avec inv.	Démarrage avec inv.	Démarrage avec inv.
512	E.digit.born.27	Sélect.proc.bit 0	Sélect.proc.bit 0	Sélect.proc.bit 0	Sélect.proc.bit 0
513	E.digit.born.29	Sélect.proc.bit 0	Sélect.proc.bit 0	Sélect.proc.bit 1	Sélect.proc.bit 1
514	E.digit.born.32	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif
515	E.digit.born.33	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif
519	Arrêt de sécurité bor...	Arrêtsécu avertiss.	Arrêtsécu avertiss.	Arrêtsécu avertiss.	Arrêtsécu avertiss.
530	S.digit.born.27	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif
531	S.digit.born.29	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif

**Figure (IV.17) :** Paramètres entrée/sortie digitales

**E. Entrée / Sortie analogique**

ID	Nom	Setup 1	Setup 2	Setup 3	Setup 4	Variat...
600	Temporisation/60	10	10	10	10	s
601	Fonction/Tempo60	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif	
610	Ech.min.U/born.53	0,07	0,07	0,07	0,07	V
611	Ech.max.U/born.53	10,00	10,00	10,00	10,00	V
612	Ech.min.I/born.53	0,00	0,14	0,14	0,14	mA
613	Ech.max.I/born.53	20,00	20,00	20,00	20,00	mA
614	Val.ret./Réf.bas.born.53	0,000	0,000	0,000	0,000	tr/mn
615	Val.ret./Réf.haut.born...	2 250,000	1 500,000	2 100,000	1 500,000	tr/mn
616	Const.tps.fil.born.53	0,001	0,001	0,001	0,001	s
620	Ech.min.U/born.54	0,07	0,07	0,07	0,07	V
621	Ech.max.U/born.54	10,00	10,00	10,00	10,00	V
622	Ech.min.I/born.54	0,14	0,14	0,14	0,14	mA
623	Ech.max.I/born.54	20,00	20,00	20,00	20,00	mA

**Figure (IV.18) :** Paramètres entrée/sortie analogique

F. Lecture données

F.1 Etat moteur

ID	Nom	Setup 1	Setup 2	Setup 3	Setup 4	Variat...
1610	Puissance moteur [k...	0,66	0,66	0,66	0,66	kW
1611	Puissance moteur[CV]	0,89	0,89	0,89	0,89	hp
1612	Tension moteur	412,5	412,5	412,5	412,5	V
1613	Fréquence moteur	59,5	59,5	59,5	59,5	Hz
1614	Courant moteur	2,60	2,60	2,60	2,60	A
1615	Fréquence [%]	45,12	45,12	45,12	45,12	%
1616	Couple [Nm]	2,7	2,7	2,7	2,7	Nm
1617	Vitesse moteur [tr/mi...	1787	1787	1787	1787	RPM
1618	Thermique moteur	0	0	0	0	%
1619	Température du capt...	0	0	0	0	°C
1620	Angle moteur	26319	26319	26319	26319	
1621	Torque [%] High Res.	19,3	19,3	19,3	19,3	%
1622	Couple [%]	19	19	19	19	%
1623	Motor Shaft Power [k...	0,52	0,52	0,52	0,52	kW
1624	Calibrated Stator Resi...	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Ohm
1625	Couple [Nm] élevé	2,5	2,5	2,5	2,5	Nm

Figure (IV.19) : Paramètres lecture données (état moteur)

F.2 Etat variateur

ID	Nom	Setup 1	Setup 2	Setup 3	Setup 4	Variat...
1630	Tension DC Bus	557	557	557	557	V
1632	Puis.Frein. /s	0,000	0,000	0,000	0,000	kW
1633	Puis.Frein. /2 min	0,000	0,000	0,000	0,000	kW
1634	Temp. radiateur	39	39	39	39	°C
1635	Thermique onduleur	0	0	0	0	%
1636	InomVLT	7,20	7,20	7,20	7,20	A
1637	ImaxVLT	11,52	11,52	11,52	11,52	A
1638	Etat ctrl log avancé	0	0	0	0	
1639	Temp. carte ctrl.	41	41	41	41	°C
1640	Tampon enregistrem...	Non	Non	Non	Non	
1645	Motor Phase U Current	2,58	2,58	2,58	2,58	A
1646	Motor Phase V Current	2,58	2,58	2,58	2,58	A
1647	Motor Phase W Curr...	2,61	2,61	2,61	2,61	A
1648	Speed Ref. After Ram...	1786	1786	1786	1786	RPM
1649	Source défaut courant	0	0	0	0	

Figure (IV.20) : Paramètres lecture données (état variateur)

IV.5.5 Explication de la fonctionnalité choisie dans notre cas pour la commande de deux moteurs

Nous avons un variateur de vitesse qui commande deux moteurs asynchrones (moteur de l’anneau rotatif et le moteur de convoyeur’2’ machine), leurs fonctionnements se fait en alternance, lorsque le moteur de l’anneau rotatif est en marche le moteur de convoyeur est en arrêt et quand le moteur de l’anneau est en arrêt le moteur de convoyeur 2 se met en march pour sortir la palette, et pour réaliser cette fonctionnalité nous disposons d’un logiciel MCT10.

A la présence de la palette au niveau de convoyeur’2’ machine Robopack, l’automate donne un ordre pour que le moteur de l’anneau rotatif se met en marche. Une antenne de réseau

qui reçoit une consigne comme quoi la palette est bobinée par un capture de position (l’anneau rotatif), l’automate donne un ordre pour que le moteur de l’anneau se met en arrêt et au même temps le moteur de convoyeur’2’ machine se met en marche pour que ce dernier sort la palette

La borne 29 joue un rôle très important pour permettre la commande de ces deux moteurs asynchrones, par un paramétrage de logiciel MCT10 selon la figure(IV.21).

On charge les données de moteur anneau rotatif dans le proc bit0 et les données moteur convoyeur’2’ machine dans le proc bit1.

Si l’automate donne un ordre de 0 logique le variateur de vitesse prend en charge les données de moteur de l’anneau, sinon. Si l’automate donne un ordre de 1 logique le variateur prend en charge les données de moteur convoyeur’2’ machine.

ID	Nom	Setup 1	Setup 2	Setup 3	Setup 4
500	Mode E/S digital	PNP	PNP	PNP	PNP
501	Mode born.27	Entrée	Entrée	Entrée	Entrée
502	Mode born.29	Entrée	Entrée	Entrée	Entrée
510	E.digit.born.18	Démarrage	Démarrage	Démarrage	Démarrage
511	E.digit.born.19	Démarrage avec inv.	Démarrage avec inv.	Démarrage avec inv.	Démarrage avec inv.
512	E.digit.born.27	Sélect.proc.bit 0	Sélect.proc.bit 0	Sélect.proc.bit 0	Sélect.proc.bit 0
513	E.digit.born.29	Sélect.proc.bit 0	Sélect.proc.bit 0	Sélect.proc.bit 1	Sélect.proc.bit 1
514	E.digit.born.32	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif
515	E.digit.born.33	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif
519	Arrêt de sécurité bor...	Arrêtsécu avertiss.	Arrêtsécu avertiss.	Arrêtsécu avertiss.	Arrêtsécu avertiss.
530	S.digit.born.27	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif
531	S.digit.born.29	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif

**Figure (IV.21) : Paramètres entrée/sortie digitales**

## IV.6 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons donné une description de la chaîne de transport (moteurs, capteurs, élévateur), en suite on a présenté les composantes de l’armoire électrique, puis on a donné le schéma de câblage, le fonctionnement, les entrées et sorties analogiques et digitales de variateur de vitesse.

On a fait une description de fonctionnement de système variateur de vitesse-moteur, puis on a expliqué le paramétrage de variateur de vitesse à l’aide de logicielle MCT10 (nous avons présenté le logicielle, son paramétrage et quelques capture d’écrans des paramètres).

L’étude de ce chapitre nous a permis de comprendre comment le variateur de vitesse commande les deux moteurs asynchrones et la borne 29 joue un rôle important pour le choix des deux moteurs.

# Conclusion Générale

## **CONCLUSION GENERALE**

Le travail que nous avons présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'étude pratique d'un variateur de vitesse dédiée à l'alimentation de la machine Robopack, au sein de la SARL NOMAD Ayris. Cette machine est équipée par deux moteurs asynchrones commandés par un seul variateur de vitesse.

Afin d'aborder cette étude, nous avons élaboré une étude générale sur les machines asynchrones et les variateurs de vitesses. Dans la première partie nous avons présenté en générale la machine asynchrone (sa constitution, ces deux types, son principe de fonctionnement, ces différents avantages et inconvénients et son domaine d'application). Dans la deuxième partie nous avons fait une description générale de variateur de vitesse et nous avons rappelé les différents convertisseurs statiques qui existent.

Notre étude se base sur un variateur de vitesse qui contient un convertisseur statique Redresseur-Onduleur (AC/DC/AC), qui fait une cascade de l'alternative vers le continu et de continu vers l'alternative avec une fréquence variable.

Ensuite, nous avons donné une représentation générale de la machine Robopack. Dans cette partie nous avons présenté une description générale, la constitution, les organes principaux et le cycle opérationnel de la machine Robopack.

Dans la dernière partie de notre mémoire nous avons étudié la commande des deux moteurs asynchrones de la machine Robopack par un variateur de vitesse à l'aide d'un logiciel MCT10 qui permet le paramétrage de variateur de vitesse DANFOSS.

D'après notre étude nous avons déduit que c'est la borne analogique 29 du variateur de vitesse qui donne l'information sur le choix de ces deux moteurs.

- Si le moteur du convoyeur '2' machine est en marche le moteur de l'anneau reste en arrêt.
- Si le moteur de l'anneau est mis en marche le moteur de convoyeur '2' machine se met en arrêt.

Et ce choix permet le bon fonctionnement de la machine Robopack.

En fin, nous espérons que notre travail permettra aux étudiants des futures promotions de bien mener cette étude sur cette machine Robopack et développé ce travail.

# Références Bibliographiques

### Références bibliographiques

- [1] : Cours électrotechnique, 1A électronique. Consulté le 11 juin 2018. Disponible sur : < [https://www.emse.fr/~dutertre/documents/Cours\\_ET\\_1A\\_imp.pdf](https://www.emse.fr/~dutertre/documents/Cours_ET_1A_imp.pdf) >.
- [2] : Teggat Ayoub. Etude comparative entre la commande vectorielle à flux orienté et la commande directe du couple de la machine asynchrone. Mémoire de master en électronique spécialité Instrumentation. Ouargla. Université Kasdi Merbah Ouargla. Promotion 2016. 53 Pages.
- [3] : Bulletin sur la qualité de l'électricité. Les variateurs de vitesse. Consulté le 05 avril 2018. Disponible sur : < <http://www.hydroquebec.com/data/affaires/pdf/2014G1120F-variateur-de-vitesse-fr.pdf> >.
- [4] : René le Doeuff, Mohammed El-Hadi Zaim. Machines électriques tournantes. 11 Rue Lavoisier 75008 Paris, April 2009. 267 Pages.
- [5] : C. Glaize. Propriétés générales de la variation de vitesse des machines électriques. Université Montpellier II, Laboratoire d'électrotechnique Montpellier, Campus Saint-Priest, Bâtiment 2, Porte 139. 860 Rue de Saint-Priest Montpellier.
- [6] : Mebarki Mourad. Commande de la machine asynchrone. Master en électrotechnique option automatismes industriels. Bejaia. Université de Bejaia. Promotion 2017. 53 Pages.
- [7] : Le Moteur Asynchrone. Energie-plus. Généralités et principe de fonctionnement. Consulté le 25 mars 2018. Disponible sur : < <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11529> >.
- [8] : < [https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine\\_asynchrone#Applications](https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine_asynchrone#Applications) >.
- [9] : Le Moteur Asynchrone. Avantages et Inconvénients. Consulté le 25 mars 2018. Disponible sur : < <http://generation.elec.free.fr/ressources/fonctconvrtenergi/convertirlenergieelecma01.htm> >.
- [10] : Bekkouche Charaf Eddine, Touggourt Abdel Kader. Étude et simulation d'un variateur de vitesse commande un moteur à courant continu. Master en électrotechnique option électrotechnique industrielle. Ouargla. Université Kasdi Merbah Ouargla. Promotion 2016. 47 Pages.

[11] : Redresseur triphasé consulté le 19 juin 2018 sur le site : < <http://www.mongosukulu.com/index.php/en/contenu/genie-electrique4/electronique-de-puissance/555-redressements-triphases?showall=1>>

[12] : Boukaroura Abdelkader. Modélisation et diagnostic d'un onduleur triphasé par l'approche bond graph. Mémoire de magister en électrotechnique option réseaux électriques. Sétif. Université Ferhat Abbas de Sétif. Promotion 2009. 103 Pages.

[13] : Chapitre onduleur triphasée, Principe de fonctionnement d'un onduleur triphasé. Consulté le 19 juin 2018 sur le site : < <https://fr.scribd.com/doc/117692869/Chpitre-II-onduleur-triphase> >

[14] : Commande symétrique. Consulté le 19 juin 2018 sur le site : < [https://elearn.univ-ouargla.dz/2013-2014/courses/ELECTRONIQUEDEPUISSA/document/Cour5d\\_electroniquedepuissanceparL.M.Ouazen.pdf?cidReq=ELECTRONIQUEDEPUISSA](https://elearn.univ-ouargla.dz/2013-2014/courses/ELECTRONIQUEDEPUISSA/document/Cour5d_electroniquedepuissanceparL.M.Ouazen.pdf?cidReq=ELECTRONIQUEDEPUISSA) >.

[15] : EL Idrissi Ramzi, Semlali Amine, Aghmadi Ahmed. Réalisation d'un onduleur monophasé autonome commandé par PIC 16F877. Génie industriel & Energies renouvelables. Casablanca, Maroc. Promotion 2014. 58 Pages.

[16] : Guy Séguier, Robert bausiére, Francis labrique. Electronique de puissance, Structure, Fonctions de base, Principales applications. 8<sup>ème</sup> édition. Dunod, Paris, 2004. 409 Pages.

[17] : Solaz Philippe. Cours électronique de puissance, Gradateur. Université de Toulouse. Consulté le 20 avril 2018. Disponible sur : <[http://pedagogie.ac-toulouse.fr/BTS\\_electrotechnique-tarbes/download/GRADATEUR.pdf](http://pedagogie.ac-toulouse.fr/BTS_electrotechnique-tarbes/download/GRADATEUR.pdf)>.

[18] : Claude Chevassu. Electronique de Puissance (Principes).2013. Ecole Nationale Supérieur Maritime, Marseille. Consulté le 21 avril 2018 sur le site : <http://mach.elec.free.fr/>. Disponible sur : < <http://mach.elec.free.fr/electronique-puissance/cours-electronique-puissance.pdf> >.

[19] : Maouche Salem, Bailla Atmane. Etude pratique d'un variateur de vitesse dédiée à l'alimentation d'une machine asynchrone double étoile. Master en électrotechnique option commande des systèmes électriques. Bejaia. Université Abderrahmane Mira de bejaia. Promotion 2013. 69 Pages.

[20] : Cours Electronique de Puissance. Les Convertisseurs Matriciels. Université Ouargla. Consulté le 25 avril 2018. Disponible sur : <[https://elearn.univ-ouargla.dz/2013-2014/courses/ELECTRONIQUEDEPUISSA/document/Cour7\\_Lesconvertisseursmatricielle.pdf?cidReq=ELECTRONIQUEDEPUISSA](https://elearn.univ-ouargla.dz/2013-2014/courses/ELECTRONIQUEDEPUISSA/document/Cour7_Lesconvertisseursmatricielle.pdf?cidReq=ELECTRONIQUEDEPUISSA)>.

Chapitre III : Présentation de la Machine Robopack. Aetna Group S.p.a. S.P. Marecchia, 59–47827 Villa Verucchio, Rimini, Italie. < [www.aetnagroup.com](http://www.aetnagroup.com)>. Manuel de la Machine Robopack.

[21] : Fennouch Djamel, Rahmouni Yacine. Etude et amélioration d'une chaîne de transport de brique de lait (convoyeur) au niveau de la SARL Tchén Lait de Bejaia. Master en électromécanique. Bejaia. Université Abderrahmane Mira de Bejaia. Promotion 2007. 65 Pages.

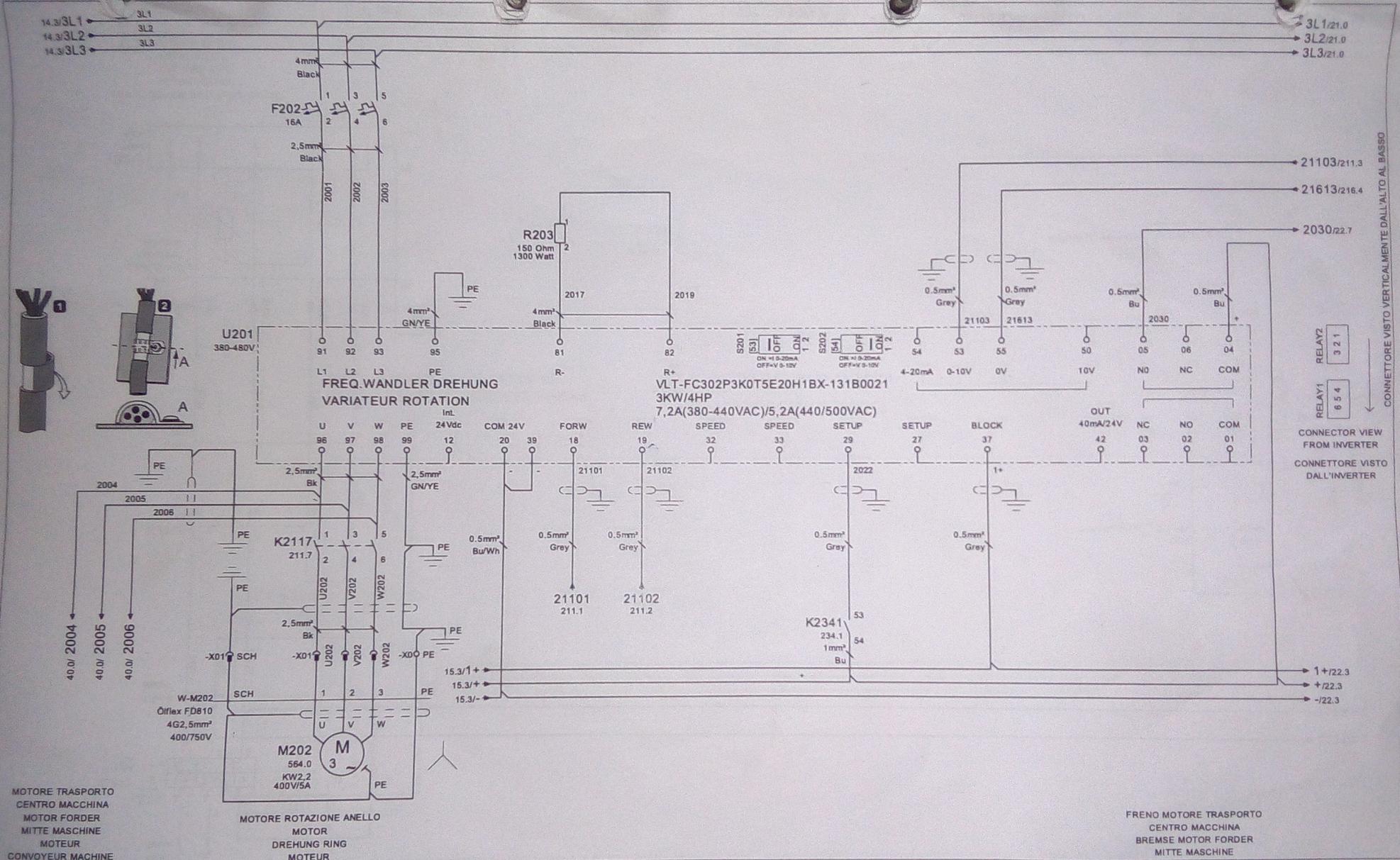
[22] : Les différents types de disjoncteur. Consulté le 17 juin 2018. Sur le site : < <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Disjoncteur> >.

[23] : Manuel d'utilisation VLT® AutomationDrive FC 301/302. DANFOSS. Juillet 2015.

[24] : Manuel d'utilisation de logiciel MCT10. DANFOSS.

# ANNEXES

**Annexe A**  
**Schéma électrique de système**



MOTORE TRASPORTO  
CENTRO MACCHINA  
MOTOR FORDER  
MITTE MASCHINE  
MOTEUR  
CONVOYEUR MACHINE

MOTORE ROTAZIONE ANELLO  
MOTOR  
DREHUNG RING  
MOTEUR

FRENO MOTORE TRASPORTO  
CENTRO MACCHINA  
BREMSE MOTOR FORDER  
MITTE MASCHINE  
FREIN MOTEUR  
CONVOYEUR MACHINE

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Machine :	GENESIS FUTURA 40	N°..cod.	5214050176	desig.:	G.Moretti	INVERTER ROTAZIONE ANELLO FREQ.WANDLER DREHUNG RING INVERTER ROTATION ANNEAU			date :	28.Lug.2014	pag.	20
Customer:	SARL NOMADE ABKOU ALGERIA	drawing:	5214176	respon:	STEFANI S.	ROBOPAC SYSTEMS AETNAGROUP			revis.:		15	21

CONNETTORE VISTO VERTICALMENTE DALL'ALTO AL BASSO

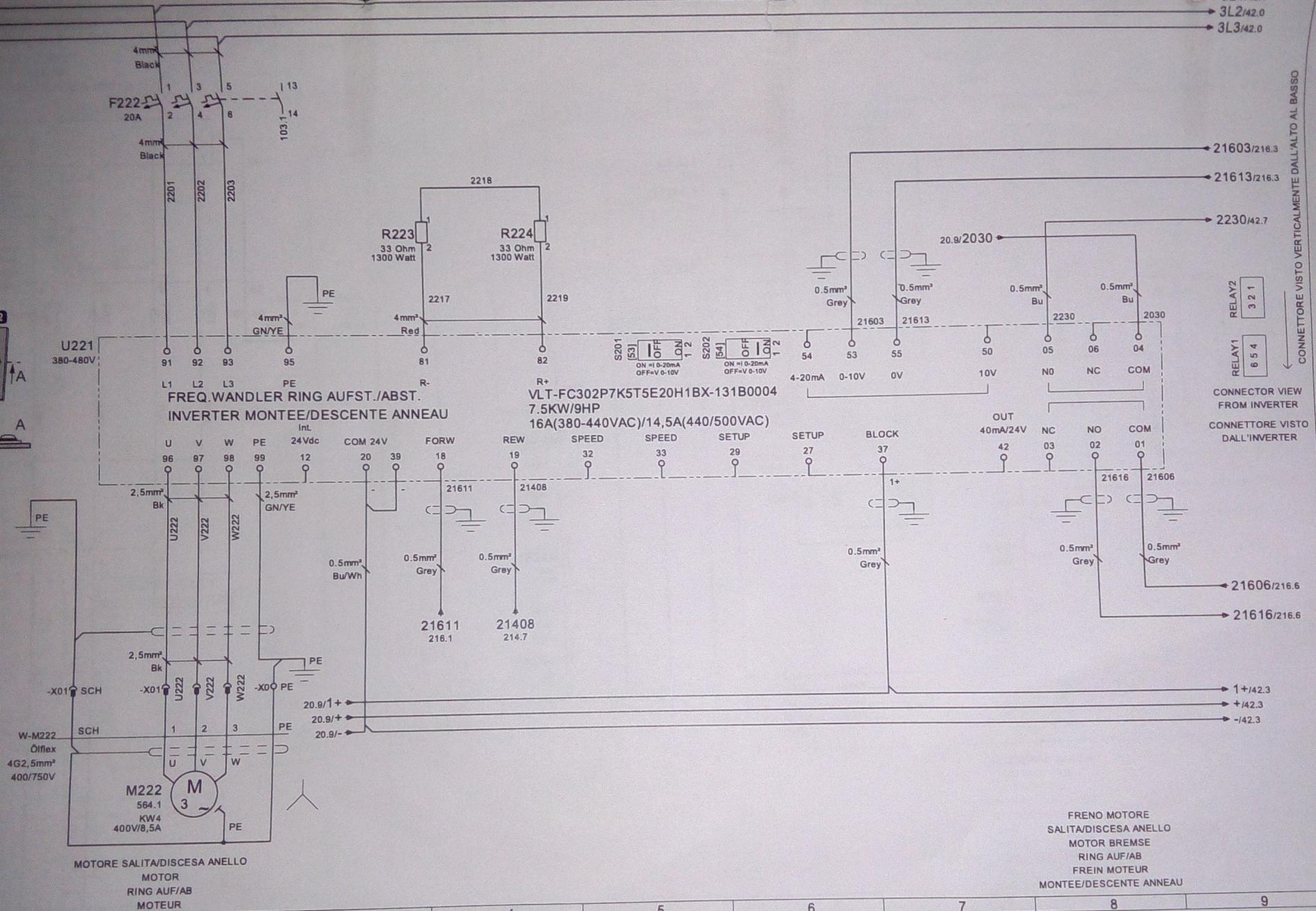
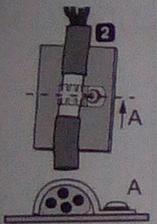
CONNECTOR VIEW  
FROM INVERTER  
CONNETTORE VISTO  
DALL'INVERTER

Customer: SARL NOMADE ABKOU ALGERIA

SELECTIONER PROGRAMME

**Annexe B**

**Schéma électrique monté descente**

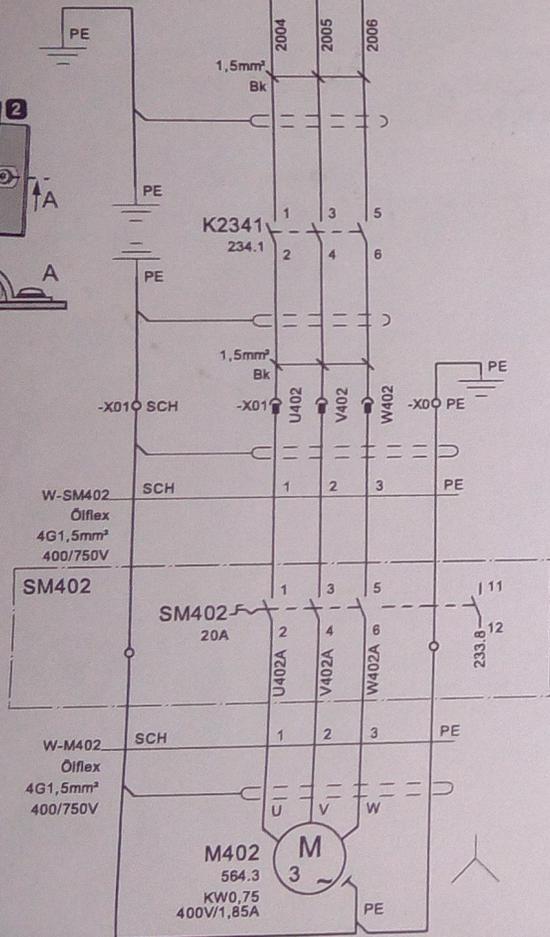
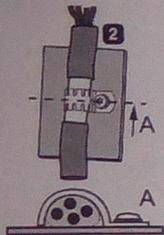
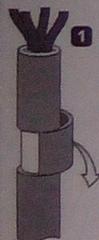


1	2	3	4	5	6	7	8	9	
GENESIS FUTURA 40		N°.cod. 5214050176	desig.: G.Moretti	ROBOPAC SYSTEM AETNAGROUP		INVERTER SAL./DISC.ANELLO FREQ.WANDLER RING AUFST./ABST. INVERTER MONTEE/DESCENTE ANNEAU		date : 28.Lug.2014	pag. 22
SARL NOMADE ABKOU ALGERIA		drawing: 5214176	respon: STEFANI S.					21	23

**Annexe C**

**Schéma électrique convoyeur 2 machine**

20.0/2004  
 20.0/2005  
 20.0/2006



MOTORE TRASPORTO  
 CENTRO MACCHINA  
 MOTOR FORDER  
 MITTE MASCHINE  
 MOTEUR  
 CONVOYEUR MACHINE

0	1	2	3	4	5	6	7	8
Machine :	ESIS FUTURA 40	N°..cod. 521405017	desig.: G.Moretli			MOTORE TRASPORTO C.M.		date : 28.Lug.2014
Customer:	ARL NOMADE ABKOU ALGERIA	drawing: 5214176	respon: STEFANI S.			MOTOR FOERDER C.M.		revis.:
						MOTOR CONVOYEUR C.M.		

respon: STEFANI S.

AETNAGROUP

S

**Résumé :**

Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'étude pratique de la machine Robopack au sein de la SARL NOMADE AYRIS AKBOU.

La machine Robopack est alimentée par deux moteurs asynchrones commandée par un seul variateur de vitesse. A l'aide d'un logiciel MCT10 pour le paramétrage de se variateur de vitesse.

Mot clé :

MAS : Machine Asynchrone.

**Abstract :**

The work presented in this report joins with in the framework of the practical study of the machine Robopack with in the SARL NOMADE AYRIS AKBOU.

The machine Robopack is fed by two asynchronous engines commanded by a single speed variator. By means of a software MCT10 for the configuration of speed variator.

Keyword:

MAS: asynchronous Machine.