

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

**Université A/Mira de Béjaïa**  
**Faculté de Technologie**  
**Département de Génie électrique**



## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Electrotechnique

Option : commande des systèmes Electriques

### Thème

---

Etude et commande de la presse de soudure d'une  
conditionneuse du Yaourt, à « DANONE DJURDJURA SPA »

---

La soutenance aura lieu le 25/06/2015, devant le jury composé de :

1-Mr :GHEDAMSI

2-Mr :KASDI

**Réalisé par :**

Mr : AIT OUALI Md arab

Mr : MAAFA Rabah

**Encadreur :**

Mr :B.BENDAHMANE

Mr :R.DJARROUD

2014/2015

# REMERCIEMENT

## REMERCIEMENT

Nous remercions Dieu pour le courage, la patience et la santé qui nous ont été utile tout au long de notre parcours.

Nous tenons à adresser nos vifs remerciements à notre promoteur « **Mr :B.BENDAHMANE** » pour son aide et suivi pour l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions aussi notre co-promoteur « **Mr :DJAROUD** ». Ingénieur au sein de l'entreprise **DANONE DJURDJURA SPA**, de nous avoir proposé ce thème. et aussi « **Mr :IDJDAREN et Mr : MELAHI** » pour leurs entières disponibilités, leurs aides, leurs précieux conseils .

Notre sincère gratitude va aussi aux membres du jury d'avoir accepté d'examiner ce présent travail.

C'est également pour nous une occasion de faire part de toute notre gratitude à tout le personnel de l'entreprise **DANONE** pour sa sympathie, sa disponibilité et son accueil chaleureux.

Il nous est particulièrement agréable d'exprimer ici notre reconnaissance envers tous ce qui ont rendu possible ce travail de prés ou de loin.

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers et précieux parents qui m'ont toujours soutenu et à l'intérêt qu'ils ont toujours porté pour mes études, je ne les remercierai jamais assez, pour tout ce qu'ils ont fait pour moi. Je leur souhaite une longue vie.

A mes chères sœurs «**OUARDANA, KHADIDJA, FAIROUZ** »

A mes grands parents, et toute ma famille.

A mon collègue «**RAVAH** » et sa famille.

A tous mes amis surtout : **AMAYAS, HAMIDA, SOFIANE, HAKIM, KAMEL, FARES, IMAD,**

A tous mes collègues de la promotion **2014/2015.**

A toutes les personnes qui nous ont aidés à réaliser ce mémoire

**A.MOHAND ARAB**

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers et précieux parents qui m'ont toujours soutenu et à l'intérêt qu'ils ont toujours porté pour mes études, je ne les remercierai jamais assez, pour tout ce qu'ils ont fait pour moi. Je leur souhaite une longue vie.

A mon frère et sa femme

A la mémoire de mon oncle et de mes grands parents

A tous mes cousins et cousines

A mon collègue « **Mohand ARAV** » et sa famille.

A tous mes amis surtout : Mustapha , Fares, Abbas , Mourad,  
Nassim, Nadjim, Rafik, Amayas, Sonia, Karima, Mouna

A tous mes collègues de la promotion **2014/2015.**

A toutes les personnes qui nous ont aidés à réaliser ce mémoire

**M.RABAH**

# Table des figures et des tableaux

## Chapitre I

Figure I.1 : Photo de la machine ERCA .....	4
Figure I.2 : Conditionneuse Brassée EF 480 .....	5
Figure I.3 : Dérouleur plastique .....	7
Figure I.4.a : Tirage pinces ouverts .....	8
Figure I.4.b : Tirage pinces fermés .....	8
Figure I.5 : Système de décoration .....	9
Figure I.6 : Cycle de formage .....	10
Figure I.7 : Doseur .....	11
Figure I.8 : Déroulement de film opercule .....	11
Figure I.9.a : Position repos .....	12
Figure I.9.b : Marquage .....	12
Figure I.10 : La presse de soudure .....	13
Figure I.11 : Vue de face d'une presse de découpe .....	14
Figure I.12 : Tirage en coupe déchets .....	14
Figure I.13 : Principe de fonctionnement de tapis de sortie .....	15
Figure I.14 : Interrupteur-sectionneur porte-fusibles tétra polaire .....	15
Figure I.15 : Contacteur tétra polaire .....	16
Figure I.16 : Disjoncteur magnétothermique tripolaire .....	16
Figure I.17 : Détecteurs inductifs .....	17
Figure I.18 : Principe d'un capteur inductif .....	17
Figure I.19 : Capteurs de position .....	18
Figure I.20 : Relais thermique .....	18
Figure I.21 : Relais statique .....	19
Figure I.22 : Boutons poussoirs .....	19
Figure I.23 : Manomètre .....	20
Figure I.24 : Bloc d'alimentation .....	20
Figure I.25 : Schémas mécanique de Vérin .....	21
Figure I.26 : Distributeur .....	21
Figure I.27 : Système de freinage .....	22
Figure I.28 : Réducteur de vitesse .....	22

Figure I.29 : Moteur asynchrone avec réducteur .....	23
Figure I.30(a) : Montage triangle.....	24
Figure I.30(b) : Montage étoile.....	24
Figure I.31 : Variateurs de vitesse SEW .....	25
Figure I.32 : Automate modulaire (siemens).....	25

## **Chapitre II**

Figure II.1 : L'électrode.....	28
Figure II.2 : Circuits de refroidissement.....	28
Figure II.3 : La boucle de régulation .....	30
Figure II.4 : Qualités des régulations.....	31
Figure II.5 : Les Pyromètres .....	34
Figure II.6 : Thermostats industriels.....	35
Figure II.7 : Types de thermocouples les plus courants .....	35
Figure II.8 : Effet thermoélectrique .....	36

## **Chapitre III**

Figure III.1 : Schéma équivalent de la MAS .....	38
Figure III.2 : Représentation symbolique de la machine asynchrone.....	40
Figure III.3 : Représentation schématique de la transformation des enroulements Réels enroulements équivalents (Transformation de Park).....	43
Figure III.4 : Principe de la commande vectorielle FRO.....	48
Figure III.5 : Schéma bloc de la commande vectorielle indirecte .....	49
Figure III.6 : Schéma bloc de la commande vectorielle direct .....	50
Figure III.7 : Repère d'axe (d,q)lié au flux rotorique de la machine asynchrone ....	51

## **Chapitre IV**

Figure IV.1:Schéma de principes de la technique MLI.....	57
Figure IV.2 :Le schéma bloc association moteur onduleur MLI.....	58
Figure IV.3 : Les tensions de sortie de l'onduleur MLI (Varef,Vbref,Vcref).....	59
FigureIV.4 : Résultats de simulation de l'association moteur asynchrone-onduleur .....	60

Figure IV.5: Structure de la commande vectorielle par hystérésis.....	61
Figure IV.6 : Caractéristique du courant et de couple électromagnétique .....	62
Figure IV.7 : Caractéristique des courants $I_{sd}$ , $I_{sq}$ et du flux $\phi_{rd}$ .....	63
Figure IV.8 : Caractéristique du vitesse.....	64
Figure IV.9 : La courbe réel de la vitesse du moteur.....	65

### **Liste des tableaux**

Tableau I.1 : La nomenclature de la machine ERCA 480S .....	5
Tableau I.2 : Les caractéristiques techniques de la machine ERCA 480S .....	6
Tableau I.3 : La nomenclature de dérouleur plastique .....	7
Tableau I.4 : Nomenclature de doseur .....	11
Tableau II.1: Types de thermocouples, matériaux utilisés et étendue de mesure .....	36

## Liste des symboles

$\omega$	Vitesse électrique du rotor
$\omega_r$	Pulsation du champ rotorique
$\omega_s$	Pulsation du champ statorique
$\theta$	Angle électrique entre l'axe $Sa$ du stator et l'axe $Ra$ du rotor
$\theta_s$	Angle électrique entre l'axe $a$ du stator et l'axe $d$ du repère biphasé tournant
$d, q$	repère biphasé
$\Omega$	Vitesse mécanique du rotor
$C_{em}$	Couple électromagnétique
$C_r$	Couple résistant
$V_n$	La tension nominal.
$U_c$	La tension à l'entrée de l'onduleur.
$V_{si}$	La tension du bras $i$ par rapport au neutre de la charge, $i=1, 2, 3$ .
$C_i$	L'état booléen du bras N° $i$ de l'onduleur : $C_i=1$ état haut, $C_i =0$ état bas.
$U_d, U_q$	Tensions de couplage du modèle de la machine dans le repère tournant $d, q$
$f$	Coefficient de frottement visqueux du moteur
$J$	Inertie rapportées à l'arbre moteur
$M$	Mutuelle d'inductance
$l_r$	Inductance des fuites totales du rotor
$l_s$	Inductance des fuites totales du stator
$p$	Nombre des paires de pôles
$k_{if}$	Gain de l'action inverse du correcteur de flux
$k_{pf}$	Gain de l'action proportionnelle du régulateur de flux
$k_{vi}$	Gain de l'action inverse du régulateur de vitesse
$k_{vp}$	Gain de l'action proportionnelle du régulateur de vitesse
$S$	Variable de Laplace

$a, b, c$	Axes du repère triphasé
$\hat{x}$	Valeur mesurée
$x^*$	Valeur de référence
$V_s$	Tension statorique.
$V_r$	Tension rotorique.
$I_s$	Courant statorique.
$I_r$	Courant rotorique.
$\Phi_s$	Flux statorique.
$\Phi_r$	Flux rotorique.
$V_m$	Amplitude maximale de la référence
$V_p$	Valeur crête de la tension de la porteuse
MLI	Modulation de largeur d'impulsion
$g$	Glissement
$\sigma$	Coefficient de dispersion
DTC	Contrôle direct du couple

# Sommaire

Historique .....	1
Laiterie DJURDJURA .....	1
Lieu et entourage de DANONE DJURDJURA ALGERIE .....	2
les différents produits .....	2
Introduction générale .....	3
<b>CHAPITRE I :           généralité sur la conditionneuse du yaourt ERCA</b>	
I. Introduction .....	4
I.1.Présentation de la machine ERCA .....	4
I.1.1. Nomenclature de la machine .....	5
I.1.2.Caractéristique techniques .....	6
I.1.3.Fonctionnement de la machine (ERCA EF 480S) .....	6
I.2. Les opérations effectuées par la machine .....	7
I.2.1. Déroulement plastique .....	7
I.2.2Le tirage .....	8
I.2.2.1 Le principe de fonctionnement de tirage .....	8
I.2.3. Partie Chauffage .....	9
I.2.3.1 Principe de fonctionnement du chauffage .....	9
I.2.4. Partie Décore .....	9
I.2.4.1 Principe de fonctionnement de la partie décore .....	9
I.2.5 Le formage .....	10
I.2.5.1 Principe de fonctionnement de la partie formage .....	10
I.2.6 Dosage .....	10
I.2.6.1 Fonctionnement du doseur .....	10
I.2.7 Déroulement bobine Opercule .....	11
I.2.8 Marquage et encrage .....	12
I.2.8.1 Le fonctionnement du marquage et oncrage .....	12
I.2.9 Soudage .....	12
I.2.9.1 Le principe de fonctionnement soudage .....	13
I.2.10 Découpage et prés découpage :.....	13
I.2.10.1 Principe de Fonctionnement de découpage :.....	13
I.2.11 Tirage en coupe déchets .....	14
I.2.12 Tapis de sortie .....	14
I.3 Définition des différents éléments de la machines .....	15
I.3.1.Sectionneurs portes fusibles : .....	15

I.3.2. Les contacteurs: .....	16
I.3.3. Disjoncteurs .....	16
I.3.4 Détecteurs Inductifs .....	17
I.3.4.1 Principe de fonctionnement du détecteur inductif .....	17
I.3.5 Fins de courses .....	18
I.3.6. relais thermique .....	18
I.3.7. Relai Statique.....	19
I.3.8. Boutons Poussoirs .....	19
I.3.9. Manomètre.....	20
I.3.10. Bloc d'alimentation .....	20
I.3.11. Vérins.....	21
I.3.12. Distributeur .....	21
I.3.13. Systèmes De Freinage .....	22
I.3.14. Réducteurs De Vitesse Mécanique .....	22
I.3.15. Moteur asynchrone .....	23
I.3.15.1 Principe de fonctionnement .....	23
I.3.15.2 Branchement étoile ou triangle .....	23
I.3.16. Variateurs De Vitesse .....	24
I.3.16.1 Fonctionnement des variateurs .....	24
I.3.16.2 Rôles des variateurs .....	24
I.3.17. Automates Programmables Industriels .....	25
I.3.17.1 Principales fonctions d'un API .....	25
I.4 Conclusion .....	26

## **CHAPITRE II**

### **étude de la presse de soudure**

II-Introduction :.....	27
II.1 Description du fonctionnement de la presse de soudure .....	27
II.2. Principe de refroidissement des électrodes .....	28
II.3 Les différents types de soudure .....	28
II.3.1 Soudage laser .....	28
II.3.2 Soudage par impulsion magnétique .....	29
II.3.3 Soudage à l'arc sous flux .....	29
II.3.4 Soudage électro gaz .....	29
II.3.5 Soudage électrique par résistance .....	29
II.4 Eléments constitutifs d'une boucle de régulation .....	30
II.4.1 Schéma de principe d'une boucle de régulation .....	30
II.4.2 Qualités d'une bonne régulation .....	31

II.5 Les différents types de régulation .....	32
II.5.1 Régulation manuelle (commande manuelle) .....	32
II.5.2 Régulation automatique (commande automatique) .....	32
II.6 Nature Des Signaux .....	32
II.7 Les Capteurs de mesure : .....	33
II.7.1 Principes des capteurs de températures .....	33
II.7.2 Les Sondes .....	33
II.7.3 Les pyromètres optiques .....	33
II.7.3.1 Principe de mesure du pyromètre .....	34
II.7.4 Les Thermistances .....	34
II.7.5 Thermostats .....	34
II.7.5.1 Système de mesure d'un thermostat industriel .....	35
II.7.6 Les thermocouples .....	35
II.7.6.1 principe de fonctionnement de thermocouple .....	36
II.8 Concluions : .....	36

### CHAPITRE III                      Modélisation de La Machine Asynchrone

III. Introduction .....	37
III.1 Principe de fonctionnement d'une machine asynchrone .....	37
III.2 Schéma équivalent de la machine asynchrone.....	38
III.3 Modélisation De La Machine Asynchrone .....	38
III.4 Les Hypothèses Simplificatrices.....	39
III.5Modèle de la machine asynchrone triphasée .....	39
III.6 Equations Electriques De La Machine Asynchrone Dans Le Repère Triphasé .....	40
III.7 Equation Du Couple Electromagnétique .....	42
III.8.Modélisation Dans Le Repère De Park .....	43
III.8.1 Application de la transformée de Park à la MAS .....	44
III.8.2 Equation Des Tensions .....	45
III.8.3 Equation des flux .....	46
III.8.4 Equation mécanique et électromagnétique.....	47
III.9 Commande vectorielle par orientation du flux rotorique .....	47
III.10 les Différentes méthodes vectorielles .....	48
III.10.1 Méthode indirecte .....	48
III.10.2 Méthode directe .....	49
III.11 Les Estimateurs .....	50

III.12 Orientation Du Flux Rotorique .....	50
III.12.1 Estimation des grandeurs pour la commande .....	52
III.12.2. Détermination des termes de couplage .....	53
III.12.3. découplage par compensation .....	54
III.13. Régulation du système .....	55
III.18 Conclusion .....	55

## CHAPITRE IV                      Simulation de la commande vectoriel avec Matlab

IV. Introduction .....	56
IV.1.Présentation De Logiciel Matlab .....	56
IV.2.présentation de l'onduleur MLI .....	56
IV.2.1. MLI Naturelle .....	57
IV.3.Association machine asynchrone onduleur de tention .....	58
IV.4. Interprétation des résultats de la simulation.....	58
IV.5.La structure générale du contrôle vectoriel a flux rotorique orienté.....	61
IV.6Interprétation des résultats de simulation.....	62
IV.7 Comparaison entre la simulation et les courbes réel du moteur .....	64
IV.8Conclusion .....	65
Conclusion générale .....	66

### Historique

L'entreprise des frères Batouche a démarrée d'abord à Ighzer Amokrane en 1984 avec la création d'une petite unité de fabrication de 1000 pots de yaourt par heure sous le nom Djurdjura pour passer en 1986 à 4000 pots/heure après l'acquisition d'une conditionneuse thermo formeuse. En 1988 l'entreprise se voit dotée d'un atelier de fabrication du fromage fondu et camembert, et c'est en 1991 que fut l'acquisition d'une ligne de production de crème dessert. En 1993, une nouvelle conditionneuse est arrivée avec une capacité de production de 9000p/h. Deux ans plus tard, l'entreprise Djurdjura augmente sa production suite à l'acquisition de 2 conditionneuses 12000p/h et 5000p/h et une remplisseuse de 7000p/h. En 1998 profitant de la création de la zone industrielle d'Akbou, le groupe Batouche inaugure sa nouvelle unité. En 2001, le leader mondial des produits laitiers frais (groupe Danone) a conclu un accord de partenariat avec la laiterie Djurdjura, leader du marché algérien des produits laitiers frais (Plf), prenant une participation de 51% dans la société (DANONE DJURDJURA ALGERIE) avec un capital de 2 700 000 000DA. Après l'année 2001 consacrée à rénover le site d'Akbou et à mettre en place des outils industriels nécessaires à l'extension future, la marque DANONE a été lancée en Août 2002.

### Laiterie DJURDJURA

La laiterie Djurdjura a connu des évolutions depuis sa création en 1984 c'est dans cette même année que mûrit dans l'esprit de la famille BATOUCHE l'idée de création d'une petite unité de fabrication de yaourt dans la région d'IGHZER AMOUKRANE avec des moyens très restreints (une remplisseuse de pots préformés d'une capacité de 1000 pots/heure). Pour faire face aux exigences de l'heure, la famille BATOUCHE a modernisé l'équipement de l'unité, avec des efforts de travail, l'unité a réussi à acquérir en 1986 une conditionneuse thermo-formeuse d'une capacité de 4000 pots/heure. Profitant de la création de la zone d'activité industrielle d'AKBOU, le groupe BATOUCHE installe sa nouvelle unité en 1996 puis une deuxième en 1999. Partenariat (DANONE DJURDJURA ALGERIE SPA) La rentrée du groupe DANONE en Algérie en octobre 2001 était le fruit de l'accord conclu avec la laiterie DJURDJURA, premier producteur en Algérie avec une participation de 51% au début, dans la société DANONE DJURDJURA ALGERIE SPA.

### **Situation géographique**

#### **Lieu et entourage de DANONE DJURDJURA ALGERIE**

Dans la zone industrielle (TAHARACHTE) avec les 60 unités de production agroalimentaire. À deux km de la ville d'AKBOU. A une dizaine de mètres de la voie ferrée. 60 km de BEJAIA chef-lieu de la région et pôle économique important en Algérie dotée d'un port trafique et un aéroport international. 180 km à l'est de la capitale d'Alger.

#### **Partage de la superficie à 33864,10m<sup>2</sup>**

Une salle de stockage de matière première de 2737m<sup>2</sup>. Une chambre froide pour stockage du produit fini 1152 m<sup>2</sup>. Un magasin de pièce de rechange de 315,5 m<sup>2</sup>, Deux ateliers de productions, un atelier de préparations de yaourt. et un atelier de maintenance.

### **les différents produits**

L'unité Danone Djurdjura Algérie produit 350 à 400 TONNE/JOUR et ses différents produits sont : Yaourt ferme traditionnel, Yaourtyaoumi, Bioactivia aromatisé , Yaourt à boire (lait fraise), Crème dessert (Dannette), Brassé aromatisée , Yaourt à boire Dan up, Jus (Danao). Petit Gervais nature. Petit Gervais aux fruits. Yaourt à boire Activia

## **Introduction générale**

La commande des systèmes électriques est un important secteur industriel et de recherche englobant ces systèmes, leurs commandes ainsi que le contrôle des machines électriques. Ce domaine est à la base de tous les développements techniques majeurs récents grâce aux nouvelles techniques de commande

Elles peuvent être implantées sur des processeurs de signal, pour la résolution de nombreux problèmes de commandes, le choix s'oriente de plus en plus sur les automates programmables industriels (API) qui permettent l'élimination rapide des erreurs, une souplesse dans la manipulation et une augmentation de la productivité du système technique.

L'objectif de notre travail est l'étude de la presse de soudure d'une conditionneuse de yaourt ERCA EF 480 S à la SPA DANONE DJURDJURA.

Le premier chapitre sera consacré pour l'étude de la machine ERCA 480S, ce qui nous permet de présenter tous les éléments constituant de cette machine pour bien comprendre son fonctionnement.

Dans le deuxième chapitre, nous allons faire une étude sur la presse de soudure et faire un aperçu sur les différents types de soudure électrique et aussi la régulation de température.

Dans le troisième chapitre, nous allons illustrer une image globale sur la machine asynchrone ainsi que sa modélisation et faire un aperçu sur la commande vectorielle

Dans le quatrième chapitre, on va simuler la commande du moteur asynchrone de la presse de soudure ERCA EF 480 S

En fin nous terminerons avec une conclusion générale et quelques perspectives.

## I. Introduction

Une machine est un ensemble de pièces ou d'organes liés entre eux, dont au moins un est mobile, réunis de façon solidaire en vue d'une application définie. Notamment pour la transformation, le traitement, le déplacement et le conditionnement d'un matériau. Une machine comprend également tous les composants d'alimentation en énergie et de commande nécessaires à son fonctionnement.

Pour faciliter le travail et la compréhension du fonctionnement d'un système industriel Ce chapitre a pour vocation de faire une analyse du principe de fonctionnement, et les équipements électriques de la machine ERCA EF 480S ainsi que leurs définitions.

### I.1 Présentation de la machine ERCA

ERCA est à l'origine de la technologie Form Fill Seal (former remplir fermé). Propriétaire du premier brevet déposé pour le système FFS.

Erca innove depuis plus de 50 ans pour apporter le meilleur de cette technologie, et servir ainsi au mieux les intérêts de chacun de ses clients.

Plus particulièrement tournée vers l'industrie laitière, et le Conditionnement du yaourt. ERCA est aussi dans le conditionnement du fruit, yaourt à boire, eau minérale, sauces avec différentes formes de pots du 45g jusqu'à 500g ou kilo.

Les machines ERCA ont une cadence de 7000 pots/heure jusqu'à plus de 80000 pots/heure la (Figure I.1) montre la machine ERCA EF 480S.



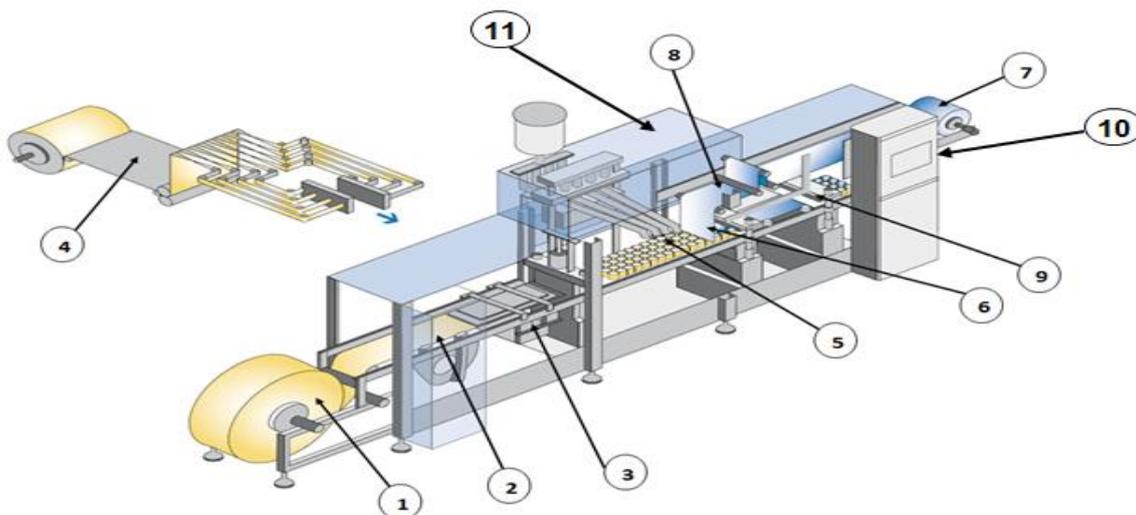
**Fig I.1** : Photo de la machine ERCA

### I.1.1 Nomenclature de la machine

La nomenclature de la machine ERCA EF 480S est présentée dans le (tableau I.1) et sur la (figure I.2) [1].

Repère	Désignation
1	Bobine dérouleur plastique
2	Chaine de tirage
3	Presse de formage
4	Système de décoration
5	Doseur DPM
6	Presse de soudure
7	Bobine opercule
8	Système de datage
9	Presse de découpe
10	Tapis de sortie
11	Ensemble de flux laminaire

**Tableau I.1 :** La nomenclature de la machine ERCA 480S



**Fig I.2 :** Conditionneuse Brassée EF 480S

### I.1.2 Caractéristique techniques

Les caractéristiques techniques de la machine sont présentées dans le **tableau I.2** [1].

Type de machine	EF-480 S DECOR
Année de construction	2003
Numéro de modèle	40302
Tension	380 v triphasé
Fréquence	50 -60 Hz
Puissance installé	80 KVA
Intensité	115 Ampère
Pression d'aire comprimé	6-8 bars
Débit d'aire comprimé	260 N m <sup>3</sup> /h
Débit hydraulique (eau)	1,8 m <sup>3</sup> /h
Pression hydraulique (eau)	2 à 4 bars

**Tableau I.2 :** *Les caractéristiques techniques de la machine ERCA 480S*

### I.1.3 Fonctionnement de la machine (ERCA EF 480S)

La bobine de plastique est transférée vers les différents outillages à l'aide des chaînes de tirage, après la stérilisation de la bonde plastique par l'aspirateur ionisateur, elle passe par une boîte de chauffe pour l'amener à sa température de thermoformage (130-150°C), une fois la bonde est chauffée, elle s'introduit à la presse de formage, après le formage des pots le doseur assure leurs remplissages. Une fois les pots sont remplis en produit, la bobine opercule sera déroulé en même temps que l'avancement des pots, elle sera marquée et datée pour réaliser la soudure entre le film et les pots à l'aide de la presse de soudure (résistance électrique). Et la presse de découpe à l'aide de ses couteaux assure le découpage des pots. Enfin les pots découpés sont dégagés vers le tapis de sortie [1].

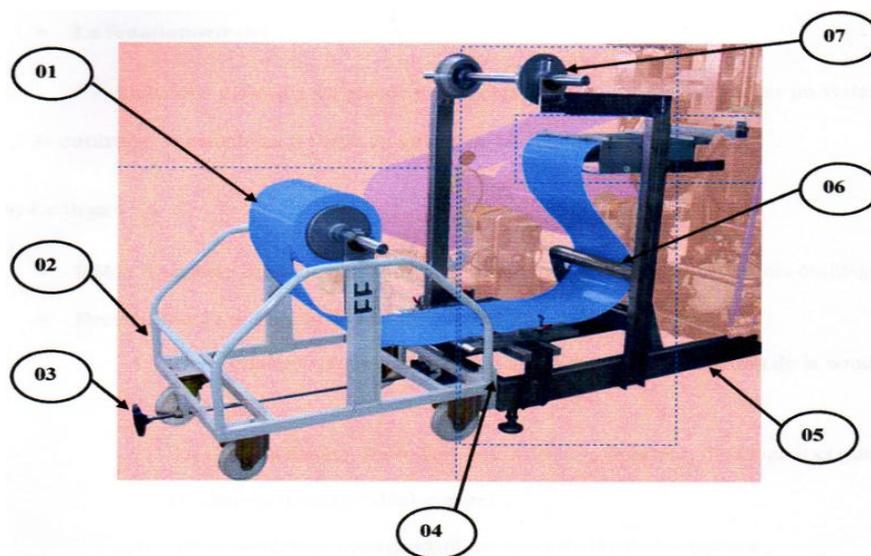
## I.2 Les opérations effectuées par la machine

### I.2.1 Déroulement du plastique

Dérouleur plastique (figure I.3) permet le positionnement de la bobine et le déroulage du film plastique, il est constitué d'un système porte bobine est d'un système de déroulage du film. La nomenclature est présentée dans le (tableau I.3) [1].

Repère	Désignation
1	Bobine bonde de plastique
2	Chariot porte rouleau plastique
3	Volant de verrouillage
4	Centreur
5	Flasque d'entrée machine
6	Pantin dérouleur
7	Roue de tension des chaines

**Tableau I.3 :** La nomenclature de dérouleur plastique



**Fig I.3 :** Dérouleur plastique

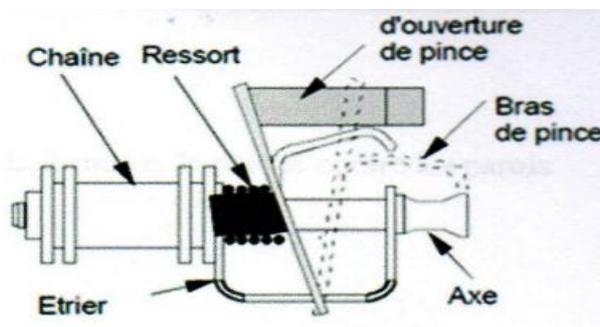
## I.2.2 Le tirage

Le rôle du tirage est de transférer la bande plastique de l'entrée machine vers les différents outillages, l'ensemble de transfert de la bande plastique comporte :

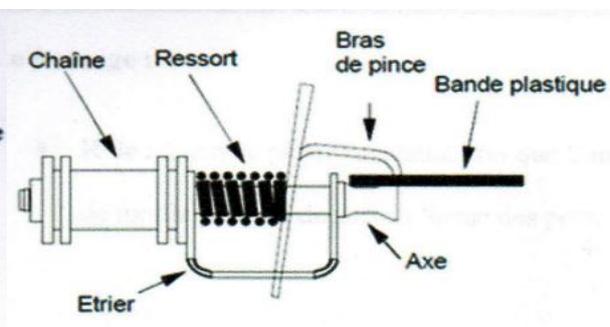
- Deux chaînes munies de pinces assurent la prise et la traction de la bande plastique.
- Des guides chaînes, supérieur intermédiaire intérieur maintenant et guidant les chaînes dans leur déplacement.
- Un servomoteur commandant les roues de tirage des chaînes.
- Un collecteur d'alimentation (courant continu) des bobines des roues de tirage.
- Deux roues de traction à embrayage magnétique.
- Deux roues de détoure.
- Deux rampes d'ouverture des pinces pour assurer la prise de la bande plastique à l'entrée.
- Deux rompe d'ouverture des pinces pour libérer la bande plastique.

### I2.2.1.Le principe de fonctionnement du tirage

Le servomoteur donne un mouvement discontinu de rotation aux roues de tirage. Ce mouvement est transmis aux chaînes par l'intermédiaire des roues de tirage magnétique (traction par embrayage magnétique), au fur et à mesure de l'avancement des chaînes, les pinces passant sur les rampes sont contraintes à l'ouverture (figure I.4.a), à l'entrée en quittant ces rampes, les pinces se referment sur la bande plastique et par pincement l'entraînent sous les différents outils (figure I.4.b). En sortie les rampes forcent les pinces à l'ouverture libérant la bande latérale (déchets) [1].



**FigI.4.a** : Tirage pinces ouverts



**FigI.4.b** : Tirage pinces fermés

La bande plastique est stérilisée (nettoyée) par l'aspirateur de tout corps étranger (poussière, liquide...) avant le chauffage.

### I.2.3. Partie Chauffage

Le chauffage permet de chauffer la bande plastique jusqu'à la température thermoformage (130,150°C), seulement la partie à former qui se sera chauffée [1].

#### I.2.3.1. Principe de fonctionnement du chauffage

Dès le démarrage de la machine, les vérins de commandes actionnent les parties supérieures à la boîte de chauffe (positionnement, ouverture et fermeture de la boîte). La pression de contact sur la bande plastique est définie par la compression des ressorts montés sur les plaques de chauffage supérieures [1].

### I.2.4. Partie Décore

Le système de décoration (figure I.5) comporte, un ensemble de chariots dérouleur et de porte bobine décore, une table de raboutage plus un système d'introduction [1].

#### I.2.4.1. Principe de fonctionnement de la partie décore

Le film décore découpé dans le sens de la longueur, donnant ainsi des bandelettes selon la largeur du pot, les bandelettes sont amenées à l'intérieur des alvéoles d'un bloc d'introduction où elles sont enroulées, conformées et découpées, le mouvement de coupe est commandé simultanément avec la rotation du moule. L'éjection du papier par des poussoirs est commandée dès la présence du moule en position face au bloc d'introduction, à la fin d'éjection les pistons retournant à leur position initiale et un détecteur autorise à nouveau l'enroulement du papier dans les alvéoles [1].

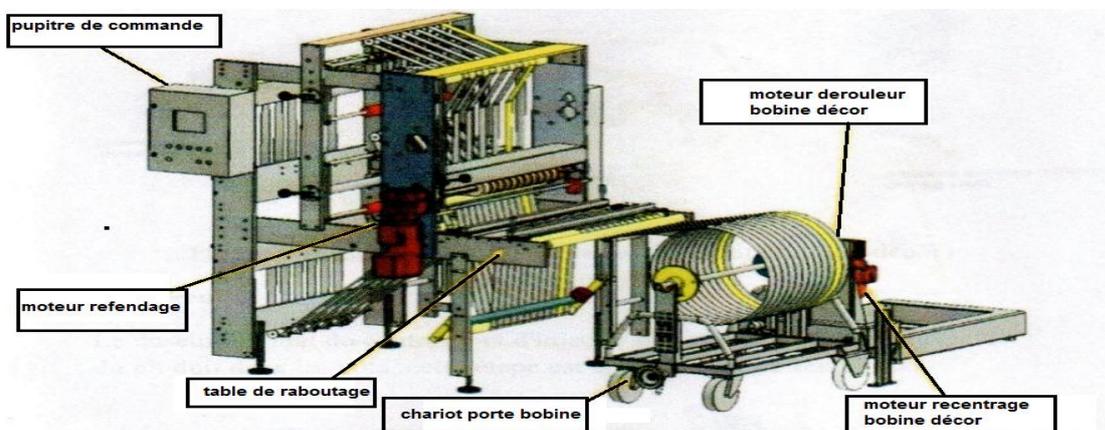


Fig.I.5 : Système de décoration

## I.2.5 Le formage

Presse indépendante dans laquelle la bande plastique, rendue malléable par son passage dans la boîte de chauffe, est thermoformée (formée à chaud). 24 pots sont formés simultanément [1].

### I.2.5.1 Principe de fonctionnement de la partie formage

Le principe du thermoformage consiste à utiliser l'air comprimé pour déformer une bande de plastique suffisamment souple (état obtenu par chauffage). Puis elle est transférée au-dessus d'un moule et fixée par des pinces. On réalise le vide entre la bande et le moule sous l'action de la pression atmosphérique. La plaque se déforme et vient épouser la forme du moule. Une fois la plaque refroidit, on la démoule. En fin, on obtient les pots. La (figure I.6) montre les différentes étapes de la partie formage [1].

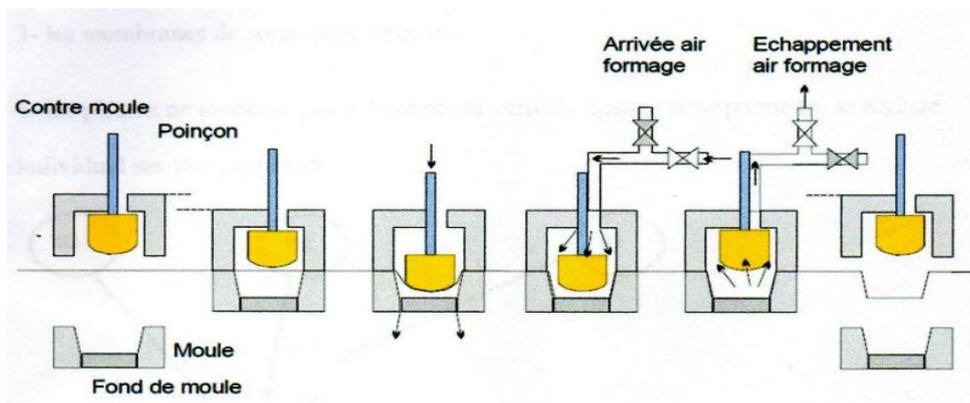


Fig I.6 : Cycle de formage

## I.2.6 Dosage

C'est le remplissage des pots en produit à la quantité voulue (dose). Représentant le doseur dans la (figure I.7) et sa nomenclature (tableau I.4) [1].

### I.2.6.1 Fonctionnement du doseur

Le doseur a deux états, la première, doseur en repos les buses sont en position haute, et les membranes d'entrée sont ouvertes et ceux de sortie sont fermés, et les pistons ne touchent pas le barreau du vérin. Et la deuxième, doseur en marche, on remarque la descente de la tête de dosage et les pistons sont en position basse, en suite l'ouverture des membranes de sortie [1].

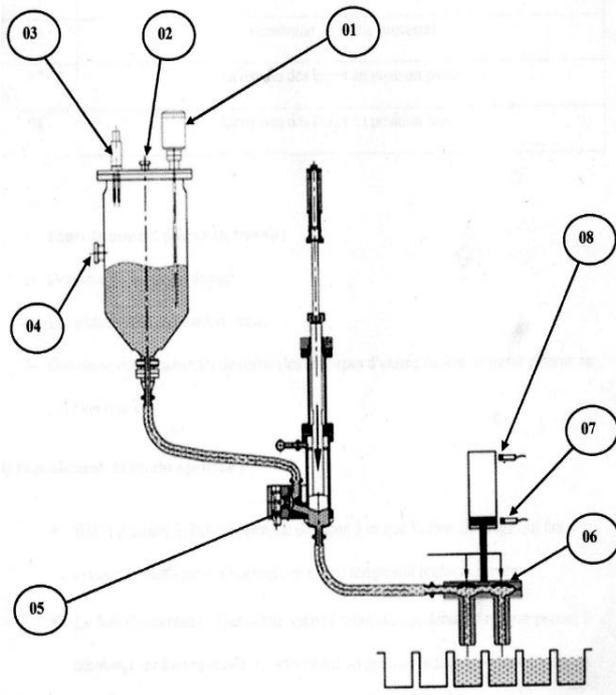


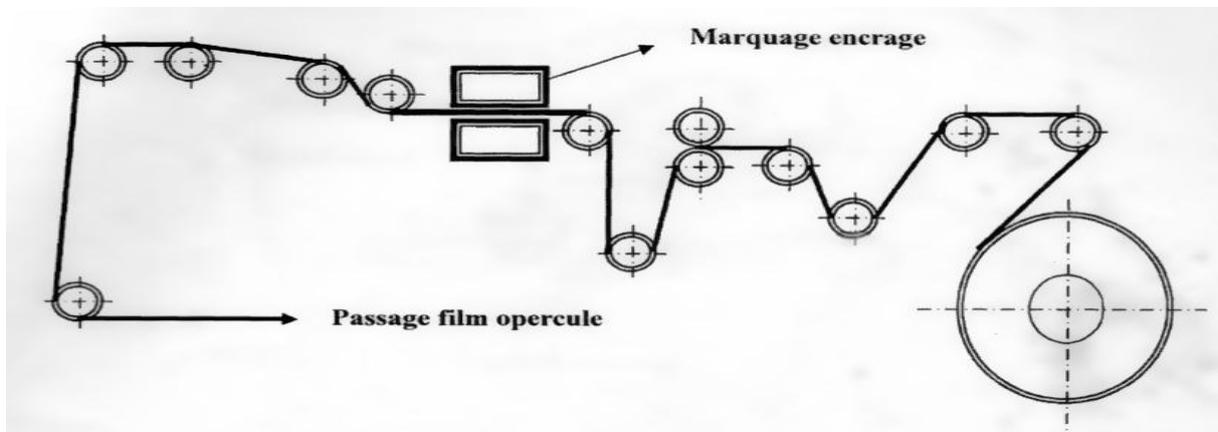
Fig I.7 : Doseur

Repère	Désignation
1	Sonde capacitive de niveau.
2	Suppression air.
3	Sonde de niveau maxi.
4	Arrivée produit
5	Membrane d'entrée (ouverte).
6	Membrane de sortie (ouverte).
7	Détection des buses en position basse.
8	Détection des buses en position haute.

Tableau I.4 : Nomenclature de doseur

### I.2.7 Déroulement bobine Opercule

Le film d'opercule est déroulé à partir d'une bobine motorisée puis tracté, lors de l'avancement d'un pas, par l'ensemble du train de pots fermés précédemment. La correspondance parfaite du logo de l'opercule sur l'orifice du pot est assurée par un capteur photoélectrique qui suit un «spot » imprimé sur le bord du film d'opercule. Si le spot est décalé, un système de tirage du film d'opercule permet de rattraper l'erreur. La longueur entre 2 spots est toujours inférieure au pas machine (figure I.8)[1].



FigI.8: déroulement de film opercule

## I.2.8 Marquage et encrage

Ce système permet le marquage de la date sur le film couvercle avant la soudure. Il comporte : Une plaque porte caractères, Une contre plaque, Des rouleaux encreurs, Un vérin de marquage, Un vérin d'encrage, Position de marquage au repos (figure I.9.a), position de marquage (figure I.9.b) [1].

### I.2.8.1 Le fonctionnement du marquage et encrage

Le vérin d'encrage assure le déplacement longitudinal de la plaque porte caractères sous les rouleaux encrés articulés. Dès le retour de l'ensemble, le détecteur autorise la montée du vérin de marquage, le film opercule est alors marqué et avancé d'un pas. Le même cycle se produit au pas suivant [1].

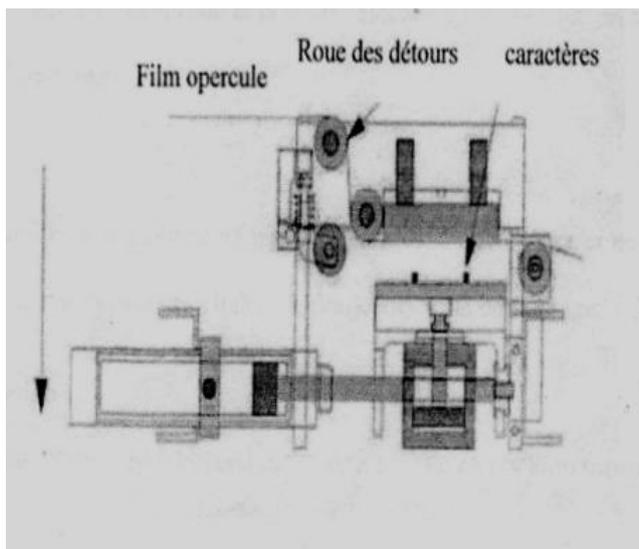


Fig I.9.a : Position repos

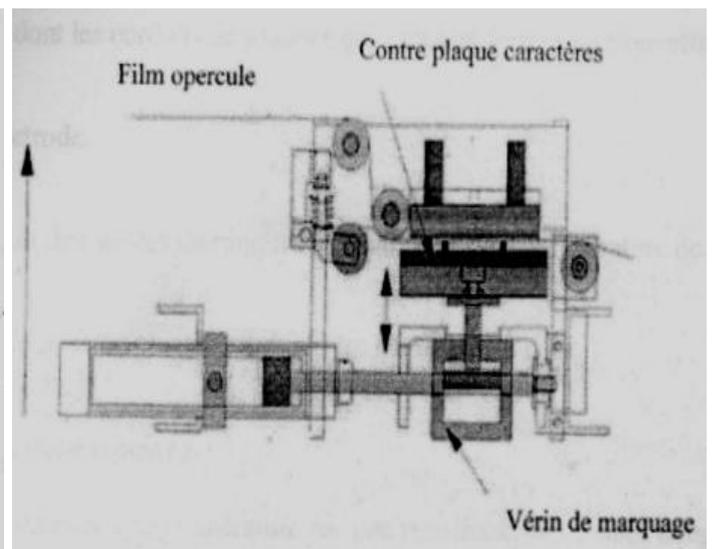


Fig I.9.b : Marquage

## I.2.9 Soudage

L'étape de soudage permet de souder l'opercule (aluminium ou complexe papier) sur les pots en plastique. L'outil comprend : une électrode dont les cordons de soudure qui sont aux formes de l'ouverture des pots et une contre électrode. Une résistance et des sondes thermiques de régulation de la température de l'électrode, et des éjecteurs de position ajustable suivant les hauteurs de pots.

### I.2.9.1 Principe de fonctionnement du soudage

L'électrode est amenée à sa température par une résistance électrique, la sonde de température permet la régulation thermique pour effectuer une thermo soudure. A chaque cycle machine l'électrode et la contre électrode sont fermées et mises en pression pour effectuer la soudure présenté dans la (figure I.10) [1].



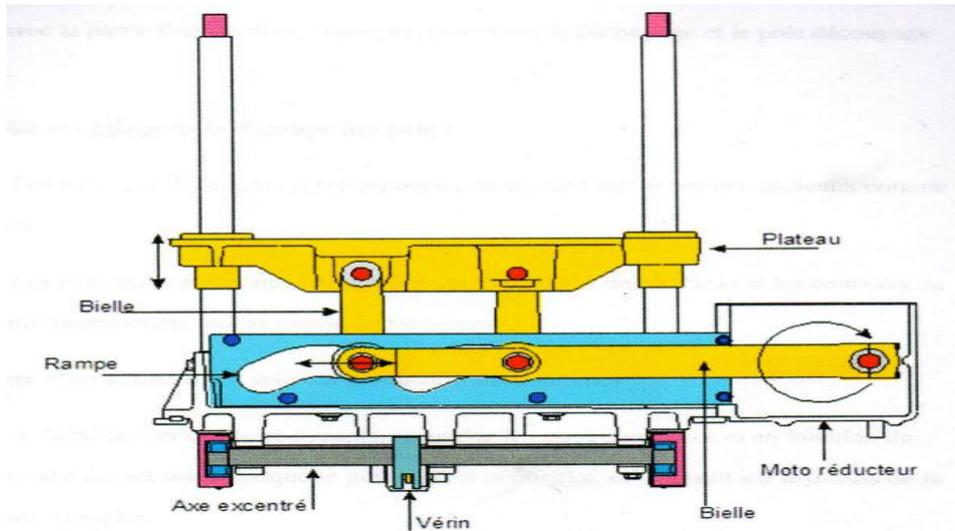
**Fig I.10 :** *La presse de soudure*

### I.2.10 Découpage et prés découpage

Le découpage et prés découpage des pots se fait à l'aide des outils (couteaux) montés sur la presse de découpe. (figure I.11) Montre la vue de face de la presse de découpe.(On découpe seulement les pots remplis) [1].

#### I.2.10.1 Principe de Fonctionnement de découpage

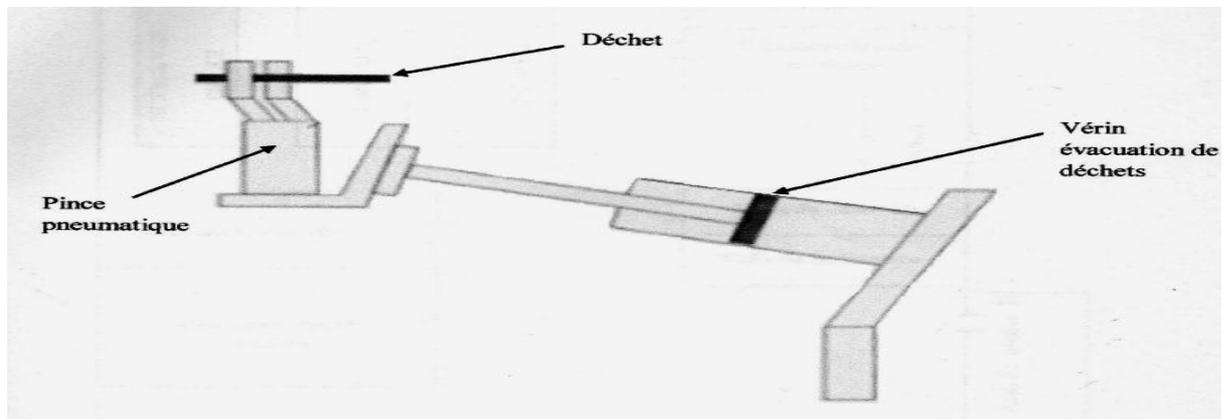
Le mouvement de découpe rectiligne alternatif est donné par les quatre bielles verticales, est obtenu à partir du mouvement rotatif du moteur, transmis à l'aide d'un système bielle manivelle, qui transforme le mouvement transversal alternatif à un mouvement vertical alternatif qui fait monter la matrice (table) et la mettre en contact avec la partie fixe ( outil de découpe) pour avoir le découpage et pré découpage des pots[1].



**Fig.I.11 :** *Vus de face d'une presse de découpe*

### I.2.11 Tirage en coupe déchets

La figure suivante (figure I.12) montre l'outil de découpe qui coupe les déchets latéraux, et les deux pinces pneumatiques appréhendent les déchets, en fin les deux vérins évacuant les déchets dans le bac à déchets [1].



**Fig I.12 :** *Tirage en coupe déchets*

### I.2.12 Tapis de sortie :

Le tapis roulant (tapis de sortie) : à pour rôle d'évacuer les pots de yaourt vers l'encaisseuse à l'aide d'un moteur asynchrone qui fait tourner en continu les cordes de transport. La (figure I.13) montre le principe de fonctionnement du tapis [1].

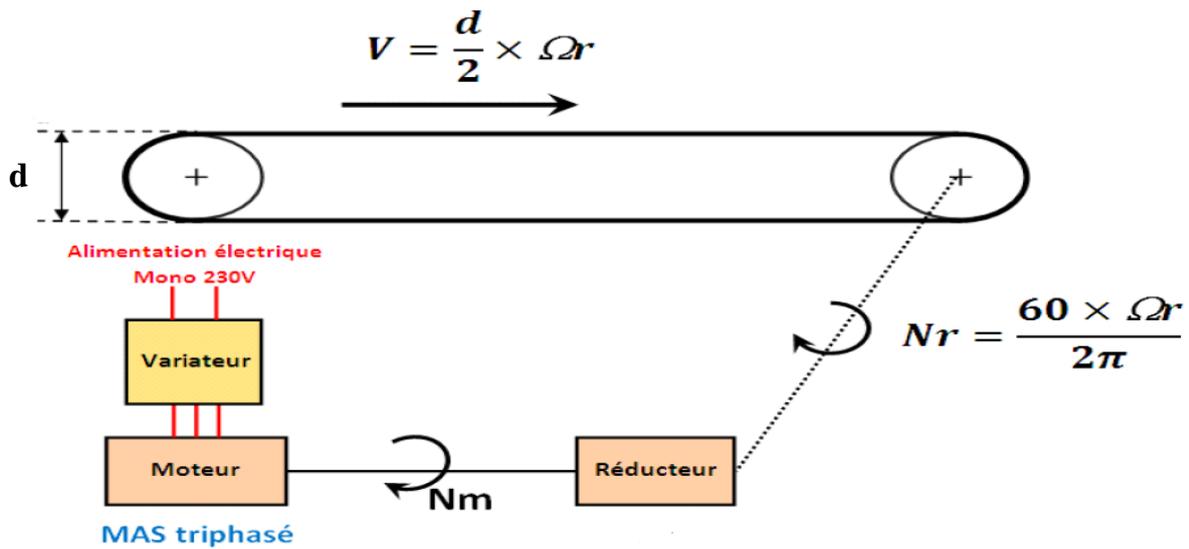


Fig I.13 : Principe de fonctionnement du tapis de sortie

### I.3 Définition des différents éléments de la machines

#### I.3.1 Sectionneurs portes fusibles

Ce sont les organes de sécurité utilisés pour ouvrir ou fermer un circuit lorsqu'il n'est pas parcouru par un courant, et prévus pour isoler, par rapport au reste du réseau, un ensemble de circuits, (appareil , installation, section de linge ou de câbles), afin de permettre aux personnel d'exploitation d'y accéder sans danger est le sectionneur porte fusibles (figure I.14) permet de réaliser deux fonctions :

- assurer l'isolement du circuit aval
- supporter les cartouches porte-fusibles destinées à protéger l'installation contre les court-circuit [2].

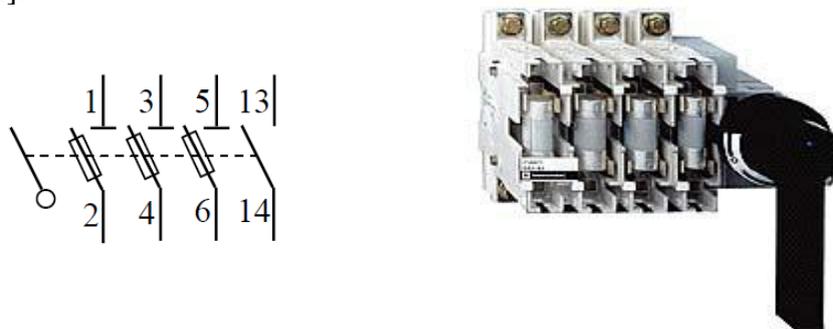


Fig I.14 : Interrupteur-sectionneur porte-fusibles tétra polaire

### I.3.2. Le contacteur

C'est un appareil électromagnétique (figure I.15) de connexion ayant une seule position de repos, commande électriquement et capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales du circuit. C'est essentiellement un appareil de commande et de contrôle capable d'effectuer un grand nombre de manœuvres sous des courants de charges normaux, [2].

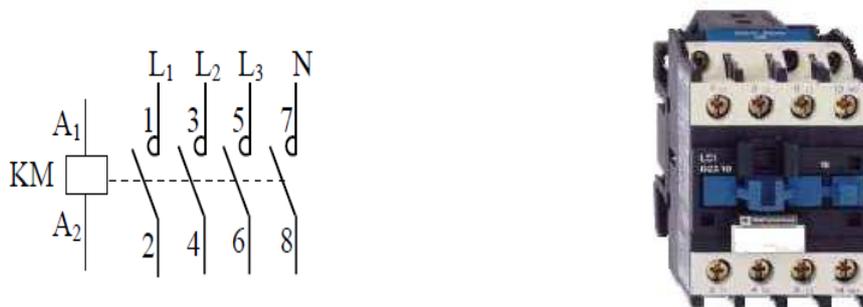


Fig I.15 : Contacteur tétrapolaire

### I.3.3. Disjoncteurs

Un disjoncteur est destiné à établir, supporter et interrompre des courants, sous sa tension assignée, dans les conditions normales de service et dans les conditions anormales spécifiques (court-circuit, discordance de phases...). C'est l'appareil de protection par excellence, capable d'une totale capacité d'intervention sans provoquer de surtension excessive sur le réseau, sur la (figure I.16) on présente le disjoncteur et son schéma électrique [2].



Fig I.16 : Disjoncteur magnétothermique tripolaire

### I.3.4 Détecteurs Inductifs

Ces détecteurs fonctionnent grâce à la variation d'un champ électrique perturbé par la proximité d'un objet métallique. La distance de détection varie de 1 à 60 mm selon le type de capteur, les conditions d'utilisation et la nature de l'objet à détecter (acier, aluminium, cuivre...). Ils supportent bien les ambiances humides ou poussiéreuses (figure I.17) [3].

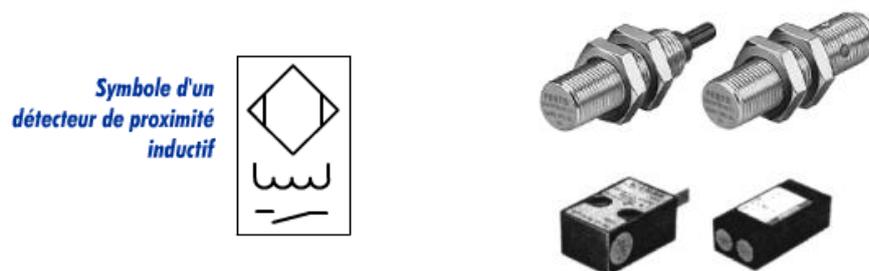


Fig I.17 : Détecteurs inductifs

#### I.3.4.1 Principe de fonctionnement du détecteur inductif

Ces capteurs (Figure I.18) se composent d'un oscillateur ayant pour fonction de générer un champ magnétique de fréquence 100 à 600Hz selon les modèles. Lorsqu'une pièce métallique pénètre dans ce champ, il est le siège de courants induits circulaires qui se développent à sa périphérie. Ces courants constituent une surcharge pour le système oscillateur et entraînent de ce fait une réduction de l'amplitude des oscillations au fur et à mesure de l'approche de l'objet métallique, jusqu'au blocage complet [3].

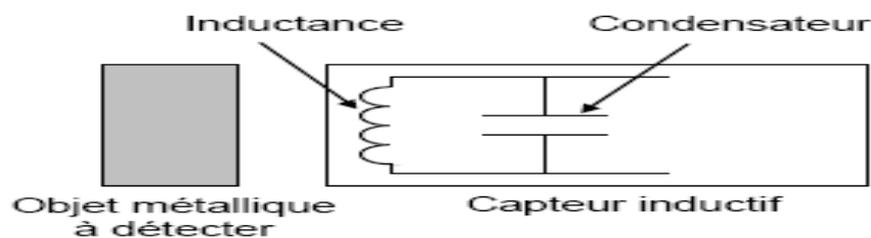
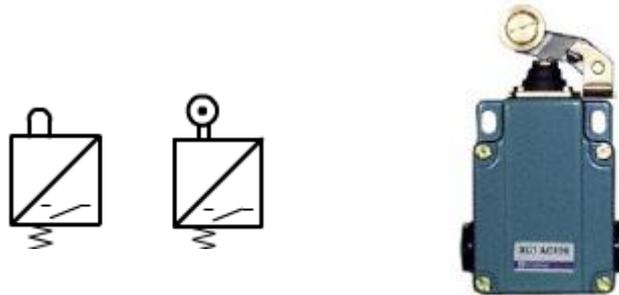


Fig I.18 : principe d'un capteur inductif

### I.3.5 Fins de courses

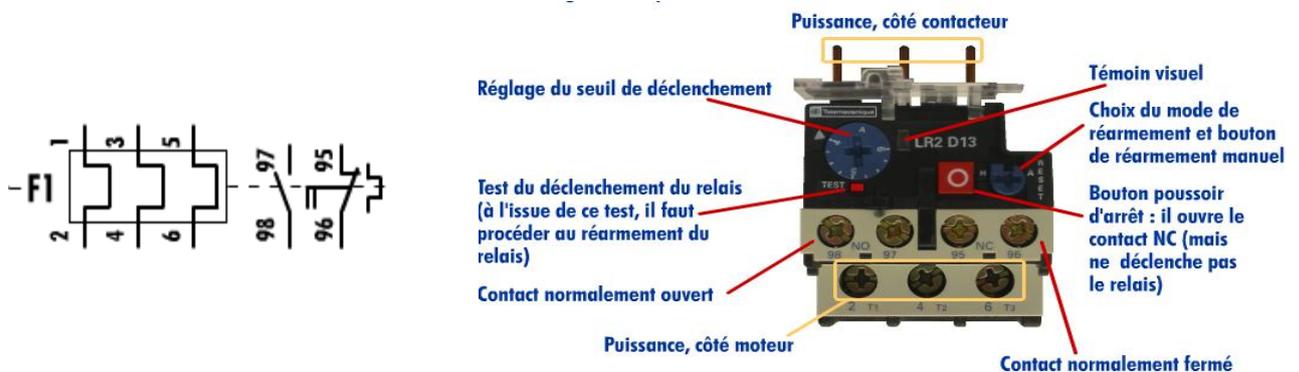
Ces capteurs présentés sur (figure I.19) sont aussi appelés (interrupteurs de position). Ce sont des commutateurs actionnés par le déplacement d'un organe de commande. Lorsqu'ils sont actionnés ils ouvrent ou ferment un ou plusieurs circuits électriques ou pneumatiques. De nombreuses versions existent en fonction de l'usage prévu pour leur utilisation, son signal de sortie est tout ou rien [3].



**FigI.19 :** Capteurs de position

### I.3.6 Relais thermique

Le relais se déclenche quand la valeur du courant dépasse un seuil fixé (réglable) correspondant à  $1.15 \times$  courant nominal pendant une durée appelée (durée du déclenchement). Un témoin visuel permet d'informer l'utilisateur de l'état du relais, un bouton de réarmement permet la remise en service. Le relais est muni de contacts auxiliaires utilisés dans le circuit de commande (95-96 pour couper la commande et 97-98 dans un circuit de visualisation de défaut). La plupart des relais thermiques sont conçus pour être directement associés au contacteur (Figure I.20) [3].



**Fig I.20:** Relais thermique

### I.3.7. Relais Statique

Les relais statiques présentés sur là (figure I.21) ne comportent aucune partie mobile et aucun contact mécanique. Ils peuvent commuter des charges de 125 A maximum plusieurs fois par seconde un relais statique peut commuter des charges jusqu'à 80 fois par seconde. Le temps de réponse d'un relais statique asynchrone est seulement de 100  $\mu$ s. Tout ceci s'effectue sans rebondissement et en toute fiabilité [3].



Fig I.21 : Relais statique

### I.3.8. Boutons Poussoirs

Les boutons poussoirs présentés sur la (figure I.22) sont les éléments de dialogue de base sur les pupitres traditionnels leur couleur permet de distinguer leur fonction (mise en marche, mise à l'arrêt, mise en hors énergie, consigne, acquittements..). Les contacts des boutons poussoirs peuvent être normalement ouverts (NO), ou normalement fermés (NC) [3].

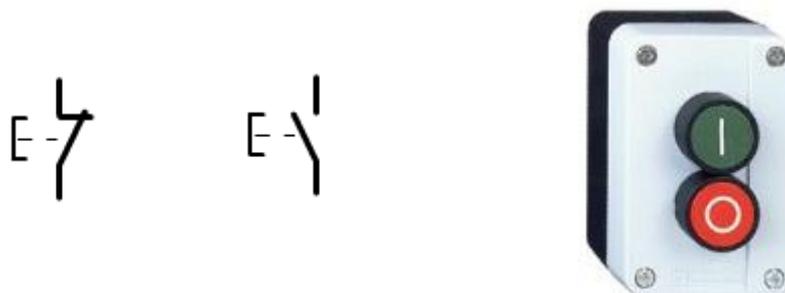


Fig 1.22 : Boutons poussoirs

### I.3.9. Manomètre

Le manomètre est l'appareil de mesure des pressions (Ils indiquent la pression relative dans le circuit : l'air comprimé agit sur un fin tube qui se déforme et provoque la déviation de l'aiguille) (figure I.23). Il y a aussi des manomètres numériques certains disposent d'interfaces qui permettent d'acquérir leur mesure sur un ordinateur ou un automate [3].



Fig I.23 : Manomètre

### I.3.10. Bloc d'alimentation

C'est un ensemble de transformateurs plus redresseur de tension (figure I.24) qui délivre une tension de référence fixée par l'utilisateur. Il peut être à entrée monophasée, biphasée ou triphasée et il sert surtout à alimenter l'automate, les capteurs et les actionneurs en 24V [3].



Fig I.24 : Bloc d'alimentation

### I.3.11 Vérins

Quel que soit le vérin, son type et son constructeur, il sera constitué des mêmes éléments. Le piston est solidaire de la tige qui peut se déplacer à l'intérieur du Corps. Le corps est délimité par le nez et le fond dans lesquels sont aménagés les orifices d'alimentation en air comprimé. Les espaces vides qui peuvent être remplis d'air comprimé s'appellent chambres. On présente sur la (figure I.25) le schéma mécanique du vérin [3].

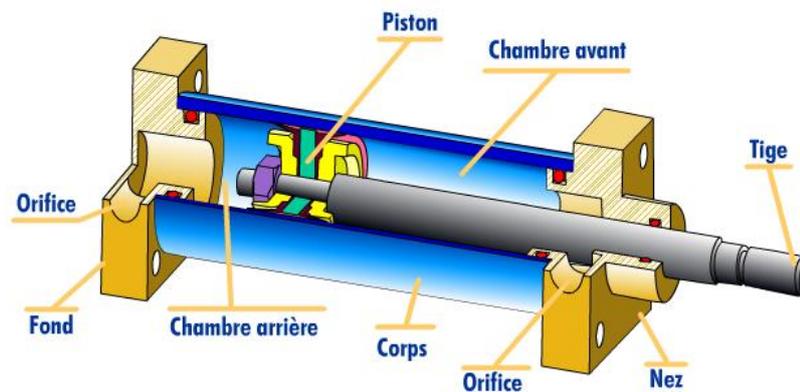


Fig I.25 : Schémas mécanique du Vérin

### I.3.12 Distributeur

Il est présenté sur là (figure I.26). Sa fonction est d'assurer l'ouverture et la fermeture d'une ou plusieurs voies d'écoulement. Il y a trois types de distributeurs : à tiroir (les plus utilisés), à boisseau (rotatif), à clapet(s). Le distributeur a pour fonction essentielle de distribuer le fluide dans des canalisations qui aboutissent aux chambres des vérins [4].

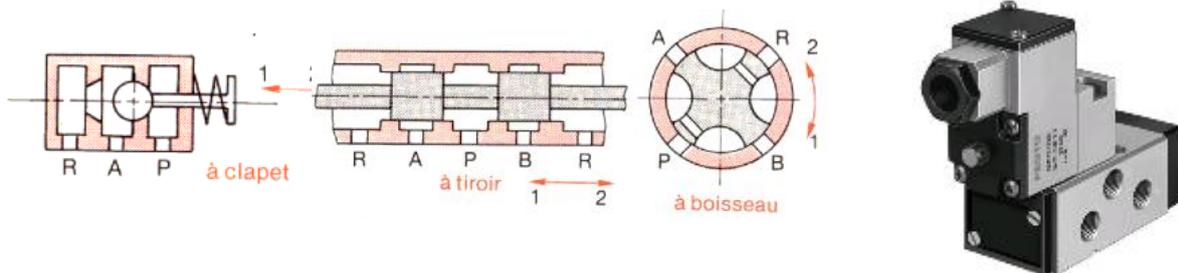


Fig I.26 : Distributeur

### I.3.13. Systèmes de freinage

Freinage par injection de courant continu, au moment du freinage, KM1 s'ouvre puis KM2 se ferme un courant continu est envoyé dans le stator. Le moteur se comporte comme un alternateur dont l'inducteur est constitué par le stator et l'induit par le rotor en court-circuit. Ce freinage nécessite le plus souvent des résistances (rhéostat) extérieures pour dissiper l'énergie le principe est présenté sur la (figure I.27) [5].

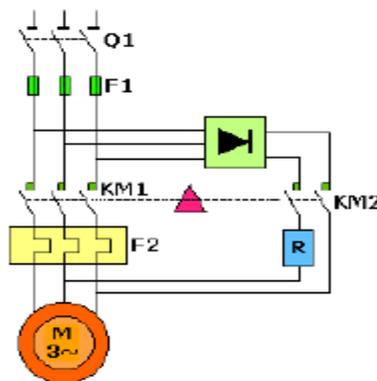


figure I.27 : Système de freinage

### I.3.14 Réducteurs De vitesse mécanique

Les moteurs électriques conventionnels n'existent que sous la forme d'actionneurs rotatifs, et leur plage de vitesse est généralement limitée entre 600 et 6000 tr/min. Or, le mouvement des machines exige en majorité des mouvements linéaires et des mouvements rotatifs plus lents. C'est la raison pour laquelle la plupart des moteurs électriques sont utilisés avec un ou plusieurs réducteurs, ou d'autres systèmes d'accouplement. Les réducteurs se différencient suivant que leur sortie est rotative ou linéaire, ainsi que selon leurs axes de rotation ou de glissement (figure I.28) [6].



Fig I.28 : Réducteur de vitesse

### I.3.15 Moteur asynchrone

Le moteur asynchrone triphasé (figure I.29) est largement utilisé dans l'industrie, sa simplicité de construction en a fait un matériel très fiable et qui demande peu d'entretien. Il est constitué d'une partie fixe, le stator qui comporte le bobinage, et d'une partie rotative, le rotor qui est bobiné en cage d'écurieul. Les circuits magnétiques du rotor et du stator sont constitués d'un empilage de fines tôles métalliques pour éviter la circulation de courants de Foucault [6].



**Fig I.29 :** Moteur asynchrone avec réducteur

#### I.3.15.1 Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement des moteurs à courants alternatifs réside dans l'utilisation d'un champ magnétique tournant produit par des tensions alternatives.

#### I.3.15.2 Branchement étoile ou triangle

Il y a deux possibilités de branchement du moteur au réseau électrique triphasé. Le montage en triangle (figure I.30 a) et le montage en étoile (figure I.30 b). Avec un branchement en étoile, la tension aux bornes de chacune des bobines est d'environ 230V. Dans le montage en triangle, chacune des bobines est alimentée avec la tension nominale du réseau (400V). On utilise le montage étoile si un moteur de 230V doit être relié sur un réseau 400V ou pour démarrer un moteur à puissance réduite dans le cas d'une charge avec une forte inertie mécanique [6].

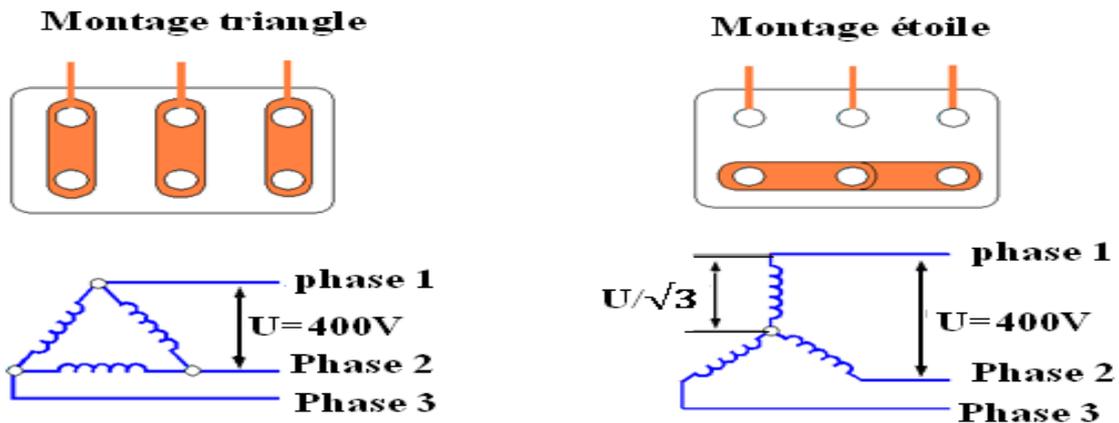


Fig I.30(a) : Montage triangle

FigI.30(b) : Montage étoile

### I.3.16. Variateurs de vitesse

Le variateur de fréquence utilisé est le SEW movidrive (figure I.31). Il devient l'un des composants essentiels dans tous les systèmes d'automatisation modernes. Il sert à faire varier la vitesse des moteurs de manière continue.

La valeur de la vitesse peut être proportionnelle à un signal analogique fourni soit par un potentiomètre, soit par une source d'alimentation externe [6].

#### I.3.16.1.Fonctionnement des variateurs

Malgré sa conception ancienne, le moteur asynchrone reste toujours d'actualité, car l'électronique permet maintenant de faire varier sa fréquence de rotation. Pour faire varier celle-ci, il faut modifier la fréquence de rotation du champ magnétique et donc la fréquence du courant d'alimentation. La consigne de vitesse est en général fournie sous forme d'une tension de 0 à 10 V par exemple. Une protection du moteur est intégrée au variateur. Le courant électrique issu du réseau est, dans un premier temps, converti en courant continu, il est ensuite reconverti en courant alternatif par un onduleur, mais avec une fréquence différente. Il est ainsi possible de convertir du monophasé en triphasé si c'est nécessaire.

### I.3.16.2 Rôles des variateurs

La Réduction des courants de démarrage, les Rampes d'accélération et décélération sont linéaires et en Seconde, freinage par injection de courant continu rattrapage de vitesse à la volée, stabilisation de tension, compensation de glissement, vitesses pré programmables, temporisateur intégré, récupération d'énergie, régulation de vitesse, Souplesse de l'entraînement, Économe d'énergie, deux sens de rotation.



FigI.31 : Variateurs de vitesse SEW

### I.3.17. Automates Programmables Industriels

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable (figure I.32), adapté à L'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques [7].

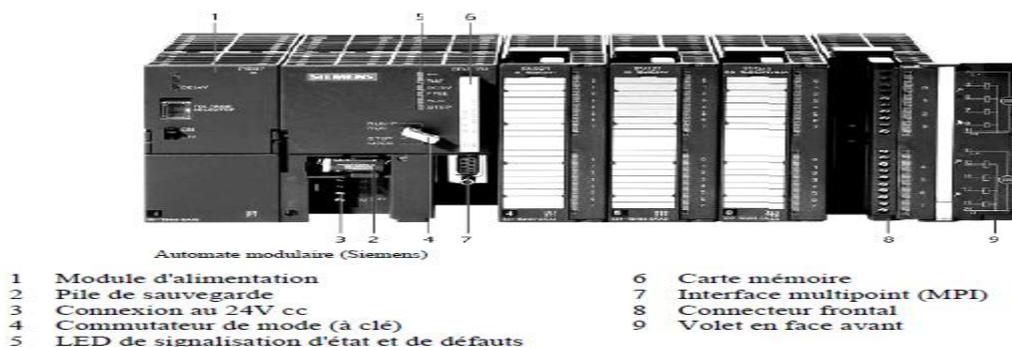


Fig I.32 : Automate modulaire (siemens)

### I.3.17.1 Principales fonctions d'un API

#### Cartes d'entrées / sorties

Au nombre de 4, 8, 16 ou 32, elles peuvent aussi bien réaliser des fonctions d'entrées, de sorties ou les deux. Ce sont les plus utilisées et les tensions disponibles sont normalisées (24, 48, 110 ou 230V continu ou alternatif ...). Les voies peuvent être indépendantes ou posséder des "communs". Les cartes d'entrées permettent de recueillir l'information des capteurs, boutons ... qui lui sont raccordés et de la matérialiser par un bit image de l'état du capteur. Les cartes de sorties offrent deux types de technologies : les sorties à relais électromagnétiques (bobine plus contact) et les sorties statiques (à base de transistors ou de triacs) [7].

#### Cartes de comptage rapide

Elles permettent d'acquérir des informations de fréquences élevées incompatibles avec le temps de traitement de l'automate. Exemple : signal issu d'un codeur de position [7].

#### Cartes de commande d'axe

Elles permettent d'assurer le positionnement avec précision de l'élément mécanique selon un ou plusieurs axes. Cette carte permet par exemple de piloter un servomoteur et de recevoir les informations de positionnement par un codeur. L'asservissement de position pouvant être réalisé en boucle fermée[7].

#### Cartes d'entrées / sorties analogiques

Elles permettent de réaliser l'acquisition d'un signal analogique et sa conversion numérique (CAN) indispensable pour assurer un traitement par le microprocesseur. La fonction inverse (sortie analogique) est également réalisée. Les grandeurs analogique sont normalisées : 0-10V ou 4-20mA [7].

#### Autres cartes

Cartes de régulation PID, Cartes de pesage ,Cartes de communication (Ethernet ...) , Cartes d'entrées / sorties déportées[7].

## I.4 .Conclusion

Ce chapitre nous a permis de donner un aperçu sur tous les éléments essentiels de la conditionneuse de yaourt ERCA EF 480S et Son principe de fonctionnement, d'avoir une image globale sur tous ses éléments et comprendre leur rôle ainsi leur fonctionnement.

## II. Introduction

Le soudage sert à assembler localement deux pièces, en utilisant l'effet Joule, les phénomènes physiques entrant en jeu lors d'une soudure sont à la fois d'origine électrique, thermique, mécanique et métallurgique. La rapidité et la complexité de ces phénomènes en font un procédé extrêmement difficile à modéliser.

La régulation sert à mesurer d'une manière continue la grandeur réglée et de la comparer à la consigne de régulation. Dès qu'on détecte un écart entre elles, on produit dans le système une modification appropriée, qui doit ramener la grandeur réglée en accord avec la consigne de régulation.

### II.1. Description du fonctionnement de la presse de soudure

Le soudage d'opercule, d'aluminium ou du complexe papier/polyester, revêtu d'une plaque thermocollante sur la bande plastique plate ou formée au moyen d'un ensemble électrode contre électrode. L'outil comprend une électrode dont les cordons de soudures sont aux formes de l'ouverture des pots et une contre électrode, une résistance à fil, une sonde thermocouple qui assure la régulation de température, et des éjecteurs de positions ajustable suivant les hauteurs des pots [1].

L'électrode est amenée à la température de soudure (200-240°C), et la sonde de température permet la régulation thermique pour effectuer une thermo soudure.

A chaque cycle machine l'électrode et la contre électrode sont fermées, et mise en pression pour effectuer la soudure. A l'arrêt un soufflage d'air comprimé évite à l'électrode de brûler l'opercule, en cycle machine presse ouvert l'électrode reste a 3mm au-dessus du plan de défilé pour éviter le contact de la bande sur le cordon de soudure, la température est réglable à l'aide du MINICOR sur le pupitre [1].

On a pris l'habitude de caractériser la dégradation des électrodes (figure II.1) par le nombre maximal de points de qualité satisfaisante que l'on peut souder avec l'intensité de haut de domaine à électrodes neuves. Ce nombre est appelé la durée de vie des électrodes.



**Fig II.1** :L'électrode

## II.2 Principe de refroidissement des électrodes

Le système de refroidissement (figureII.2) est fondé sur le principe de la thermodynamique. Pour éviter les grandes températures dans l'électrode, le liquide de refroidissement (eau glacée 7°C) traverse un circuit fermé à travers les canalisations de support électrode pour faire l'échange de chaleur entre l'électrode et l'eau.



**figII.2** :Circuits de refroidissement

## II.3 Les différents types de soudure

### II.3.1 Soudage laser

Un système optique concentre l'énergie du faisceau laser, ( $10^5$  W/cm<sup>2</sup> à  $10^6$  W/cm<sup>2</sup>) et génère un capillaire rempli de vapeurs métalliques dont les parois sont tapissées de métal liquide en fusion. Le bain de fusion ainsi créé est déplacé et le métal liquide se solidifie après

le passage du faisceau assurant la continuité métallurgique entre les pièces. Plusieurs études sont en cours sur ce procédé, notamment au Centre des technologies de l'aluminium [6].

### **II.3.2 Soudage par impulsion magnétique**

Le soudage par impulsion magnétique est une technique encore peu connue. Cet assemblage se réalise (presque) à froid et résulte d'une force magnéto-mécanique appliquée à l'une des pièces à souder qui en quelque sorte s'encastre violemment et mécaniquement dans l'autre pièce à souder maintenue fixe. Cette technique permet de souder des matériaux conducteurs qui ont des points de fusion éloignés (par ex: aluminium-acier). Il est également possible de faire du formage de pièces [6].

### **II.3.3 Soudage à l'arc sous flux**

Aussi appelé « arc submergé » : le procédé SAW (submerged arc welding) consiste à effectuer un joint de soudure sur de l'acier à l'aide d'un arc électrique qui est submergé de flux en poudre. Ce procédé de soudage est effectué à l'aide d'un robot, ce qui lui apporte une grande régularité. Deux robots de ce type positionnés l'un en face de l'autre (joint en « T ») peuvent effectuer une soudure pleine pénétration d'un acier de forte épaisseur sur de longues distances (plusieurs mètres). Ce procédé est surtout utilisé pour la fabrication de pièces en série [6].

### **II.3.4 Soudage électro gaz**

Le soudage électro-gaz est un développement du soudage sous laitier électro-conducteur auquel il ressemble quant à sa conception et son utilisation. Au lieu de fondre dans un laitier, l'électrode fond dans un arc entouré d'un gaz de protection. Cette méthode est utilisée pour des tôles de 12 à 100 mm [6].

### **II.3.5 Soudage électrique par résistance**

Le soudage est réalisé par la combinaison d'une forte intensité électrique et d'une pression ponctuelle. L'intensité électrique chauffe la matière jusqu'à la fusion. La pression maintient le contact entre l'électrode et l'assemblage. Pour souder, une pince plaque des électrodes en cuivre (matière bonne conductrice de l'électricité et de la chaleur), ce qui permet

de moins chauffer la zone de contact avec cette pince et d'en éviter la fusion, qui se trouve limitée à la zone de contact entre les deux feuilles à souder. Cette technique est donc dépendante de la résistivité (résistance électrique) des matières, de l'épaisseur totale de l'assemblage et du diamètre des électrodes. Ce procédé est majoritairement utilisé dans l'assemblage de tôle d'acier de faible épaisseur (< 6 mm). Cette technique bénéficie d'une productivité incomparable (dans le domaine d'application). C'est le type de soudure utilisé dans la machine ERCA EF 480S [6].

## II.4 Eléments constitutifs d'une boucle de régulation

Une boucle de régulation doit comporter au minimum les éléments suivants :

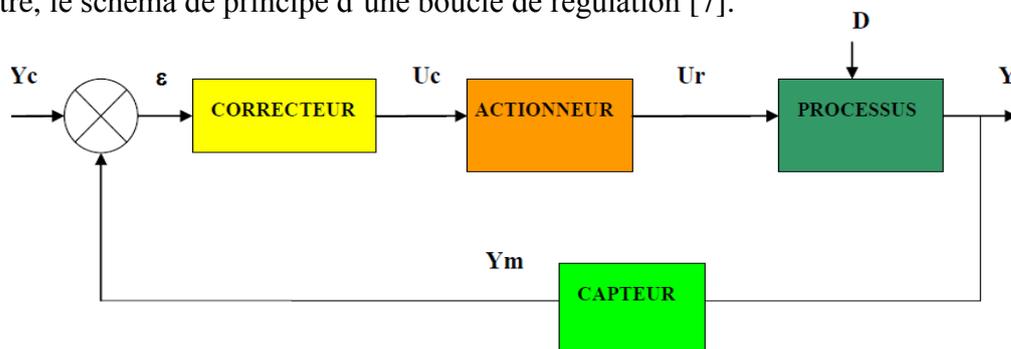
- un capteur de mesure.
- un transmetteur souvent intégré au capteur.
- un régulateur.
- un actionneur.

L'objectif global de la régulation peut se résumer par ces trois mots clefs :

- mesurer
- comparer
- Corriger

### II.4.1 Schéma de principe d'une boucle de régulation

Le principe de la régulation, c'est de maintenir une grandeur physique (grandeur régulée) à une valeur de consigne, même en présence de perturbations. La (figure II.3) montre, le schéma de principe d'une boucle de régulation [7].



**FigII.3** :La boucle de régulation

Avec :

$Y_c$  : consigne (set value)

$U_r$  : grandeur de réglage

$Y$  : variable de sortie

$\varepsilon$  : écart de régulation

$D$  : perturbation

$U_c$  : signal de commande

$Y_m$  : grandeur physique à la sortie du capteur

### II.4.2. Qualités d'une bonne régulation

Les qualités exigées d'une régulation industrielle sont définies Par les critères suivants (figure II.4) :

- **stabilité** : elle doit toujours converger vers un point d'équilibre stable, et ne doit pas osciller autour du point de consigne [7].
- **précision** : en régime établi, la grandeur régulée doit être maintenue en permanence au plus près de la consigne [7].
- **rapidité** : on cherchera à atteindre le point d'équilibre en prenant le moins de temps possible [7].

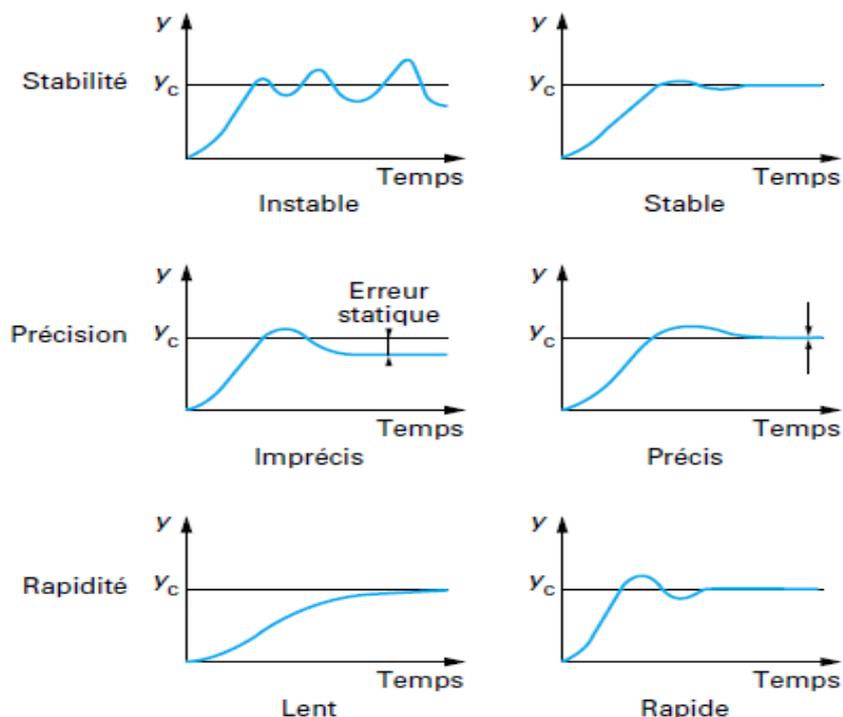


Fig II.4 : Qualités des régulations

## II.5 Les différents types de régulation

### II.5.1 Régulation manuelle (commande manuelle)

La modification sur la grandeur réglante peut être effectuée par un opérateur observant Continuellement la grandeur réglée en modifiant en conséquence la grandeur réglante [7].

### II.5.2 Régulation automatique (commande automatique)

Dans ce cas, la mesure de la grandeur réglée et la modification de la grandeur réglante s'effectuent automatiquement au moyen d'appareils appelés Régulateurs dans lesquels est implantée une loi de commande (algorithme). En régulation automatique Il n'y a donc pas d'intervention d'un opérateur humain.

Le régulateur reçoit deux informations :

- Le signal de mesure (M ou PV) provenant du capteur,
- la consigne (C ou SP) (qui peut être locale ou externe)

En fonction de l'écart entre ces deux valeurs et de l'algorithme de calcul pour lequel il a été configuré, il délivre un signal de sortie (S ou OUT) dirigé vers l'actionneur afin d'annuler cet écart et de ramener la mesure vers la valeur de consigne.[7]

## II.6.Nature Des Signaux

Les signaux reçus et transmis par le régulateur doivent être normalisés afin de permettre l'interchangeabilité du matériel.

Ils peuvent être de nature différente :

- Electriques
- Pneumatiques
- Numériques
- Plus rarement hydrauliques

Ces signaux sont normalisés en électrique (intensité) :

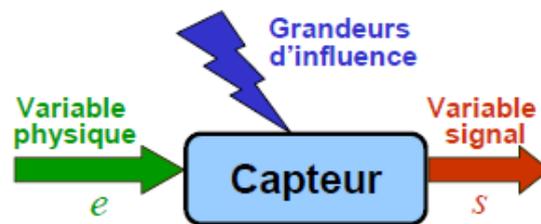
0% échelle ----> 4 mA

100% échelle ----> 20mA

En fonction de la nature des capteurs, des actionneurs et des régulateurs (analogiques ou numériques) des convertisseurs sont indispensables à différents points de la boucle pour normaliser les signaux[8].

## II.7 Les Capteurs de mesure

Un capteur est l'élément d'un appareil de mesure servant à la prise d'informations relatives à la grandeur à mesurer. Ce sont donc des organes sensibles, transformant la grandeur à mesurer en un signal électrique, pneumatique, hydraulique ou numérique, normalisé, représentatif de l'information Originelle [9].



### II.7.1 Principes des capteurs de températures

La température est un paramètre important dans les processus industriels. Différentes technologies sont employées pour mesurer la température selon de l'étendue et la précision désirée[9].

### II.7.2 Les Sondes

A résistance de platine (Pt100) ou à thermistances tous les conducteurs métalliques voient leur résistivité varier en fonction de la température. Pour les métaux, la résistivité augmente avec la température. Le platine est pratiquement le seul conducteur utilisé. En règle générale on utilise des sondes de 100 ohm à 0°C (Pt 100) [8].

### II.7.3 Les pyromètres optiques

Le pyromètre dans la (figure II.5) est un capteur qui mesure la température sans contact. Ils sont utilisés pour mesurer la température de corps en mouvement (matériaux en fusion), d'objets de faible masse (films) ou de flammes. Ces capteurs ont un temps de réponse très court [8].



**Fig II.5 :**Les Pyromètres

### II.7.3.1 Principe de mesure du pyromètre

Le rayonnement infrarouge émis par la source de chaleur passe à travers le système optique du capteur puis est enregistré par des photos capteurs sensibles aux infrarouges. L'électronique du capteur analyse la longueur d'onde du rayonnement qui est fonction de la température et donne un signal proportionnel à celle-ci [8].

### II.7.4 Les thermistances

La thermistance permet de mesurer la température. Il s'agit d'une thermistance à coefficient de température négative (CNT), dont la valeur varie en fonction de la température selon une loi de la forme [8].

$$R(T) = R(T_0) \cdot \exp\left(\beta \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right),$$

Où,  $T_0=298K$   $R(T_0)$  est la résistance à 298K et  $\beta$  est un coefficient considéré comme constant sur la plage de température utilisé.

### II.7.5 Thermostats

Les thermostats représentés dans la (figureII.6) donne une information binaire qui dépend d'un seuil de température. Ils sont utilisés comme éléments de commande ou de sécurité dans des installations simples [8].



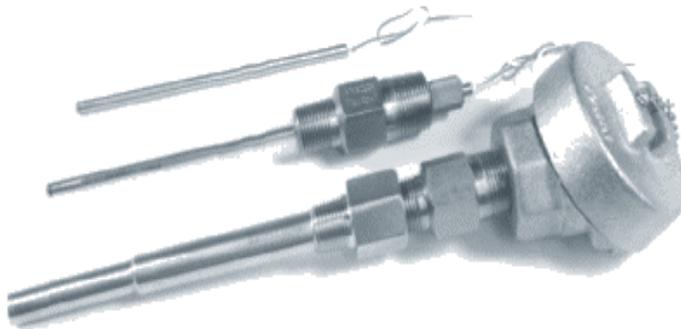
**FigII.6 :***Thermostats industriels*

### II.7.5.1 Système de mesure d'un thermostat industriel

Un bilame est l'assemblage de deux lames de métal ayant des coefficients de dilatation très différents, cet assemblage se déforme sous l'action de la température. Cette lame est conçue de manière à se déformer brusquement à une température précise, ce changement de forme actionne un contact électrique. Les thermostats sont utilisés comme éléments de sécurité pour éviter la surchauffe de moteur [8].

### II.7.6 Les thermocouples

Le thermocouple (figureII.7) le plus précis est constitué de platine et d'un alliage platine +10% de rhodium. La sensibilité est de l'ordre de 10 microvolts par degré. D'autres couples métalliques fournissent jusqu'à 70 microvolts par degré, mais les jonctions entre des corps tels que tellure ou bismuth, ainsi que les couples formés de cristaux de germanium dopés n et p, délivrent des forces électromotrices beaucoup plus considérables; ils sont toutefois difficilement manipulables. Le thermocouple le plus réfractaire (utilisable jusqu'à 2 800 °C) est formé de tungstène et d'un alliage de tungstène et de 26% de rhénium [8].



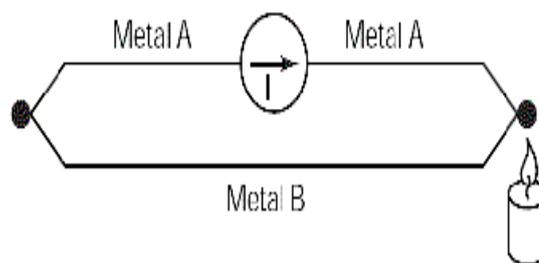
**Fig II.7 :***Types de thermocouples les plus courants*

type	métaux	Etendue de mesure
T	Cuivre/constantan	-192....+400 °C
J	Fer/constantan	-192....+870 °C
E	Chromel/constantan	0....+1000°C
K	Chromel/alumel	0...+1370°C
R	Platine /rhodium	0....+1700°C
S		

**Tab II.1:** Types de thermocouples, matériaux utilisés et étendue de mesure

### II.7.6.1. principe de fonctionnement de thermocouple

Lorsque deux fils composés de métaux différents sont raccordés à leurs extrémités et que l'une d'elles est chauffée, il se produit une circulation de courant continu dans le circuit. C'est l'effet Thermoélectrique comme ci apparaît dans la (figureII.8) ci-dessous.



**Fig II.8 :** Effet thermoélectrique

On remarque qu'il ya plusieurs techniques pour la mesure de la température et dans notre système (presse de soudure de la machine ERCA EF 480S) le principe utiliser c'est le principe de thermocouple et se chois est due à sa précision et sa sensibilité [8].

## II.8 Concluions

Dans ce chapitre, on a fait un aperçu sur le principe de fonctionnement de la presse de soudure et les différents types de soudures employées dans l'industrie et les différents types de régulation électrique de température.

### III Introduction

Ce chapitre a pour objectif de revenir sur la constitution des machines asynchrones, rappellerons la modélisation de cette machine dans un repère triphasé. Nous expliciterons, ensuite, via la transformée de *Park*, les équations d'état dans un repère diphasé lié au champ tournant (repère dq).

#### III.1 Principe de fonctionnement d'une machine asynchrone

Le fonctionnement d'une machine asynchrone est basé sur le principe de l'interaction électromagnétique du champ tournant créé par le courant triphasé fourni à l'enroulement statorique par le réseau, et des courants induits dans l'enroulement rotorique lorsque les conducteurs de ce dernier sont coupés par le champ tournant. De cette façon le fonctionnement d'une machine asynchrone est analogue à celui d'un transformateur : le stator étant comparable à l'enroulement primaire et le rotor à l'enroulement secondaire qui, dans le cas général, peut tourner à la vitesse de rotation donnée par le rapport suivant [10] :

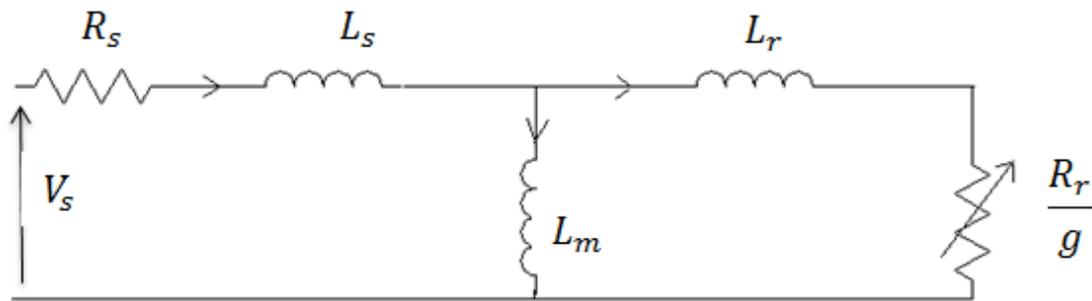
$$N_s = \frac{60 \times f}{P}$$

L'interaction électromagnétique des deux parties d'une machine asynchrone n'est possible que lorsque la vitesse du champ tournant ( $n_s$ ) diffère de celle du rotor ( $n$ ), c'est-à-dire, lorsque  $n \neq n_s$ , car dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque  $n = n_s$ , le champ serait immobile par rapport au rotor et aucun courant ne serait induit dans l'enroulement rotorique [10].

Le rapport :  $g = \frac{n_s - n}{n_s}$  : Est appelé glissement d'une machine asynchrone.

#### III.2 Schéma équivalent de la machine asynchrone

Comme la mesure des grandeurs rotorique est inaccessible, il est pratique de se baser sur le schéma monophasé en régime établi de la machine asynchrone (figure III.1) qui se caractérise par l'inductance de fuite totale ramenée au primaire.



**FigIII.1 :** Représentation symbolique de la machine asynchrone

Les paramètres qui apparaissent dans la (Figure II.1) sont les suivants :

-  $R_s$  et  $R_r$  : sont respectivement les résistances des enroulements du stator et du rotor.

-  $L_s$  et  $L_r$  : représentent respectivement les inductances cycliques du stator et du rotor.

-  $L_m$  : inductance mutuelle, inductance magnétisante

-  $g = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s}$  : le glissement de la machine.

### III.3 Modélisation de la Machine Asynchrone

L'actionneur asynchrone est constitué de l'ensemble alimentation - onduleur - commande rapprochée associé à une machine asynchrone. Le modèle mathématique de la machine asynchrone est un système à six équations différentielles. La résolution d'un tel système est difficile même avec l'utilisation de l'outil informatique. L'utilisation de la transformation de PARK, sous certaines hypothèses simplificatrices, permet de contourner cette difficulté. Elle permet une représentation biphasée équivalente de la machine triphasée ce qui réduit considérablement la complexité du modèle en vue de la commande. Toutes les grandeurs électromagnétiques sont ramenées sur un seul repère. Ce repère peut être fixe par rapport au stator ( $\alpha, \beta$ ) soit tournant ( $d, q$ ). Le repère tournant nécessite la présence d'une variable supplémentaire qui permet de définir sa position. La représentation du modèle

complet est mise sous forme d'équation d'état suivant le repère  $(\alpha, \beta)$  ou  $(d, q)$  pour être facilement traitable par une méthode de résolution numérique.

### III.4 Les Hypothèses Simplificatrices

La machine électrique est prodigieusement complexe. Pour sa modélisation, nous sommes obligés d'introduire un certain nombre d'hypothèses simplificatrices sont:

- L'entrefer constant,
- L'effet d'encochage et pertes ferromagnétiques négligeables,
- l'influence de l'effet de peau et de l'échauffement négligeable,
- distribution spatiale sinusoïdale des forces magnétomotrices dans l'entrefer,
- circuit magnétique parfaitement feuilleté et non saturé (perméabilité magnétique constante) [11].

Ceci entraîne :

- un champ magnétique sinusoïdal,
- l'additivité vectorielle des flux,
- des inductances propres constantes.

### III.5 Modèle de la machine asynchrone triphasée

La machine asynchrone représentée par la (figure III.2) se compose :  
D'un circuit statorique fixe comportant trois phases identiques décalées entre elles de  $120^\circ$   
d'un circuit rotorique mobile comportant trois phases identiques en court circuits décalées de  $120^\circ$  entre elles.

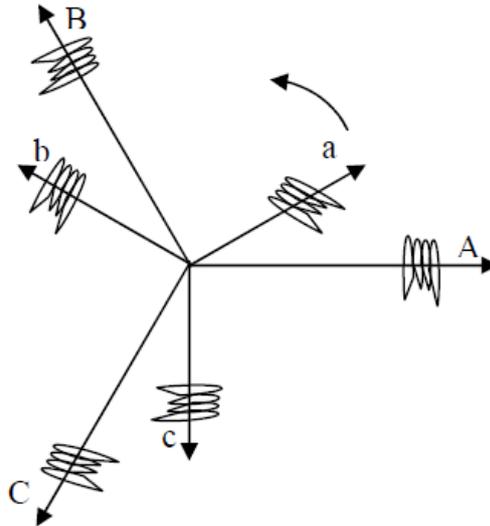


Fig III.2 : Représentation symbolique de la machine asynchrone

### III.6 Equations Electriques De La Machine Asynchrone Dans Le Repère Triphasé

Nous écrivons en notation matricielle les équations électriques suivantes dans le repère a, b, c[11] :

**Au stator :**

$$\begin{bmatrix} V_{sa} \\ V_{sb} \\ V_{sc} \end{bmatrix} = [R_s] \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_{sa} \\ \phi_{sb} \\ \phi_{sc} \end{bmatrix} \quad (\text{III-1})$$

**Au rotor :**

$$\begin{bmatrix} V_{ra} \\ V_{rb} \\ V_{rc} \end{bmatrix} = [R_r] \begin{bmatrix} i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{rc} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_{ra} \\ \phi_{rb} \\ \phi_{rc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (\text{III-2})$$

Maintenant, nous exprimons les grandeurs magnétiques au stator et au rotor, toujours dans le repère a, b, c :

Au stator :

$$\begin{bmatrix} \phi_{sa} \\ \phi_{sb} \\ \phi_{sc} \end{bmatrix} = [L_s] \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} + [M_{sr}] \begin{bmatrix} i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{rc} \end{bmatrix} \quad (\text{III-3})$$

Au rotor :

$$\begin{bmatrix} \phi_{ra} \\ \phi_{rb} \\ \phi_{rc} \end{bmatrix} = [L_r] \begin{bmatrix} i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{rc} \end{bmatrix} + [M_{sr}] \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} \quad (\text{III-4})$$

Avec :

$$[R_s] = \begin{pmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{pmatrix}; [R_r] = \begin{pmatrix} R_r & 0 & 0 \\ 0 & R_r & 0 \\ 0 & 0 & R_r \end{pmatrix}$$

$$[L_s] = \begin{pmatrix} L_s & m_s & m_s \\ m_s & L_s & m_s \\ m_s & m_s & L_s \end{pmatrix}; [L_r] = \begin{pmatrix} L_r & m_r & m_r \\ m_r & L_r & m_r \\ m_r & m_r & L_r \end{pmatrix}$$

$$[M_{sr}] = M_{sr} \begin{pmatrix} \cos(\theta_m) & \cos(\theta_m + \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta_m + \frac{4\pi}{3}) \\ \cos(\theta_m + \frac{4\pi}{3}) & \cos(\theta_m) & \cos(\theta_m + \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\theta_m + \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta_m + \frac{4\pi}{3}) & \cos(\theta_m) \end{pmatrix} \quad (\text{III-5})$$

et  $[M_{sr}] = [M_{rs}]^t$

D'où :

**L<sub>s</sub>, L<sub>r</sub>** : L'inductance propre d'une phase statorique et d'une phase (rotorique),

**ms**: Inductance mutuelle entre phases statoriques,

**mr**: Inductance mutuelle entre phases rotoriques

La matrice des inductances mutuelles entre phases du stator et du rotor  $[M_{sr}]$  dépend de la position angulaire ( $\theta$ ) entre l'axe du stator et celui du rotor.

Nous obtenons donc les équations électromagnétiques suivantes :

$$[V_{sk}]_{k=a,b,c} = R_s [i_{sk}]_{k=a,b,c} + \frac{d}{dt} \left\{ [L_s] [i_{sk}] \right\}_{k=a,b,c} + \left\{ [M_{sr}] [i_{rk}] \right\}_{k=a,b,c} \quad (\text{III-6})$$

$$[V_{rk}]_{k=a,b,c} = R_r [i_{rk}]_{k=a,b,c} + \frac{d}{dt} \left\{ [L_r] [i_{rk}] \right\}_{k=a,b,c} + \left\{ [M_{sr}] [i_{sk}] \right\}_{k=a,b,c} \quad (\text{III-7})$$

### III.7 Equation Du Couple Electromagnétique

Pour tout système électromagnétique, l'expression du couple électromagnétique est donnée par la relation suivante [15].

$$C_{em} = \frac{1}{2} [i]^t \cdot \left\{ \frac{d[L]}{d\theta} \right\} \cdot [i] \quad (\text{III-8})$$

Avec :

$$[i] = \begin{bmatrix} i_{3s} \\ i_{3r} \end{bmatrix} \text{ et } [L] = \begin{bmatrix} [L_{ss}] & [M_{sr}] \\ [M_{rs}] & [L_{rr}] \end{bmatrix}$$

En notant que les dérivées de  $[L_{rr}]$  et de  $[L_{ss}]$  par rapport à  $\theta$  sont nulles, il vient immédiatement :

$$[C_{em}] = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} [i_{3s}]^t & [i_{3r}]^t \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & \frac{d[M_{sr}]}{d\theta} \\ \frac{d[M_{rs}]}{d\theta} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} [i_{3s}] \\ [i_{3r}] \end{bmatrix} \quad (\text{III-9})$$

Et puisqu'on a :

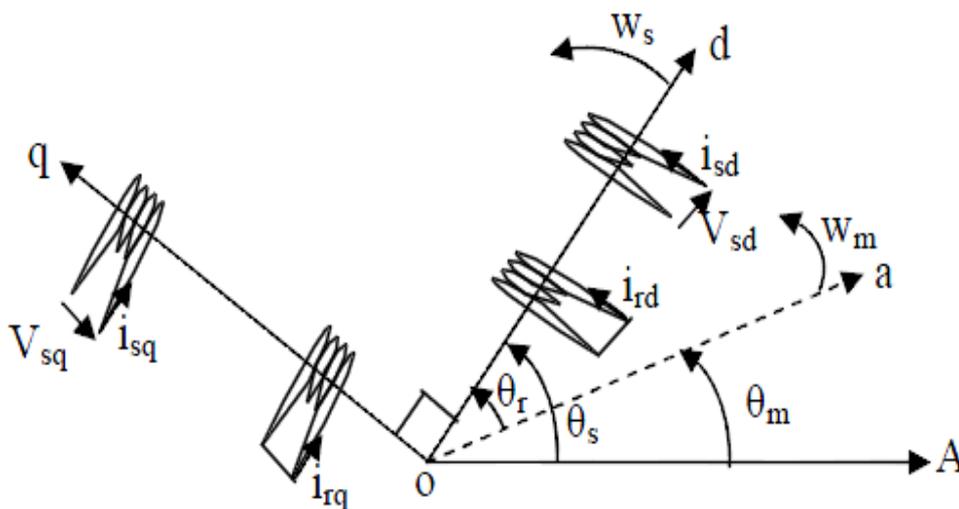
$$[i_{3r}]^t \cdot \left[ \frac{d[M_{rs}]}{d\theta} \right] \cdot [i_{3s}] = [i_{3s}]^t \cdot \left[ \frac{d[M_{sr}]}{d\theta} \right] \cdot [i_{3r}] \quad (III-10)$$

D'où :

$$C_{em} = [i_{3s}]^t \frac{d[M_{sr}]}{d\theta} [i_{3r}] \quad (III-11)$$

### III.8 Modélisation Dans Le Repère De Park

La transformation de Park est une transformation du repère triphasé en un repère diphasé. Cette transformation s'appelle transformation de *Park*  $P(\theta)$ . Elle transforme le système en un système équivalent diphasé (Figure III.5) [11].



**FigIII.3:** Représentation schématique de la transformation des enroulements réels en enroulements équivalents (Transformation de Park)

La matrice de Park est donnée sous la forme suivante :

$$[P_3(\varphi)] = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \cos(\varphi - 2\pi/3) & -\sin(\varphi - 2\pi/3) \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \cos(\varphi - 4\pi/3) & -\sin(\varphi - 4\pi/3) \end{bmatrix} \quad (\text{III-12})$$

$$[P_3(\varphi)]^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \cos \varphi & \cos(\varphi - 2\pi/3) & \cos(\varphi - 4\pi/3) \\ -\sin \varphi & -\sin(\varphi - 2\pi/3) & -\sin(\varphi - 4\pi/3) \end{bmatrix} \quad (\text{III.13})$$

### III.8.1 Application de la transformée de Park à la MAS

Pour les grandeurs statoriques ( $\varphi = \theta_s$ ) et pour les grandeurs rotoriques ( $\varphi = \theta_r$ ).

La transformation des grandeurs statoriques des courants, tensions et des flux à l'aide de la transformation de Park nous donne :

➤ **Pour le stator :**

$$[V_{cs}] = [P_3(\theta_s)]^{-1} [V_{3s}] \quad [V_{cs}] = [v_{os} \quad v_{ds} \quad v_{qs}]^t$$

$$[i_{cs}] = [P_3(\theta_s)]^{-1} [i_{3s}] \quad \text{Avec :} \quad [i_{cs}] = [i_{os} \quad i_{ds} \quad i_{qs}]^t$$

$$[\Phi_{cs}] = [P_3(\theta_s)]^{-1} [\Phi_{3s}] \quad [\Phi_{cs}] = [\Phi_{os} \quad \Phi_{ds} \quad \Phi_{qs}]^t$$

➤ **Pour le rotor :**

$$[V_{cr}] = [P_3(\theta_r)]^{-1} [V_{3r}] \quad [V_{cr}] = [v_{or} \quad v_{dr} \quad v_{qr}]^t$$

$$[i_{cr}] = [P_3(\theta_r)]^{-1} [i_{3r}] \quad \text{Avec :} \quad [i_{cr}] = [i_{or} \quad i_{dr} \quad i_{qr}]^t$$

$$[\Phi_{cr}] = [P_3(\theta_r)]^{-1} [\Phi_{3r}] \quad [\Phi_{cr}] = [\Phi_{or} \quad \Phi_{dr} \quad \Phi_{qr}]^t$$

### III.8.2 Equation Des Tensions

En appliquant la transformation de Park dans la relation (III-1), on obtient :

$$[P_3(\theta_s)][V_{cs}] = [R_s][P_3(\theta_s)][i_{cs}] + \frac{d}{dt} \{ [P_3(\theta_s)][\Phi_{cs}] \}$$

En multipliant par :  $[P_3(\theta_s)]^{-1}$  on aura :

$$[V_{cs}] = [R_s][i_{cs}] + [P_3(\theta_s)]^{-1} \frac{d}{dt} \{ [P_3(\theta_s)][\Phi_{cs}] \}$$

$$= [R_s][i_{cs}] + [P_3(\theta_s)]^{-1} [P_3(\theta_s)] \frac{d[\Phi_{cs}]}{dt} + [P_3(\theta_s)]^{-1} [\Phi_{cs}] \frac{d[P_3(\theta_s)]}{dt}$$

$$\Rightarrow [V_{cs}] = [R_s][i_{cs}] + \frac{d[\Phi_{cs}]}{dt} + [P_3(\theta_s)]^{-1} [\Phi_{cs}] \frac{d[P_3(\theta_s)]}{dt} \quad (\text{III-14})$$

On a :

$$[P_3(\theta_s)]^{-1} \frac{d[P_3(\theta_s)]}{dt} = \frac{d\theta_s}{dt} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

En tenant compte du court-circuit du rotor dans les moteurs asynchrones à cage,  $V_{rd}=V_{rq} = 0$ , alors les équations électriques et magnétiques de la machine s'écrivent sous le modèle vectoriel suivant :

$$\begin{cases} V_{sd} = R_s i_{sd} + \frac{d}{dt} \Phi_{sd} - \omega_s \Phi_{sq} \\ V_{sq} = R_s i_{sq} + \frac{d}{dt} \Phi_{sq} + \omega_s \Phi_{sd} \\ V_{rd} = R_r i_{rd} + \frac{d}{dt} \Phi_{rd} - \omega_r \Phi_{rq} = 0 \\ V_{rq} = R_r i_{rq} + \frac{d}{dt} \Phi_{rq} + \omega_r \Phi_{rd} = 0 \end{cases} \quad (\text{III-15})$$

### III.8.3 Equation des flux

$$\begin{cases} \Phi_{sd} = L_s i_{sd} + M i_{rd} \\ \Phi_{sq} = L_s i_{sq} + M i_{rq} \\ \Phi_{rd} = L_r i_{rd} + M i_{sd} \\ \Phi_{rq} = L_r i_{rq} + M i_{sq} \end{cases} \quad (\text{III-16})$$

Avec :

$$L_s = l_s - M_s$$

$$L_r = l_r - M_r$$

$$M = \frac{3}{2} M_{sr}$$

On introduisant les équations des flux (III-16) dans les équations (III-15) on obtient :

$$\begin{cases} V_{sd} = R_s i_{sd} + L_s \frac{d}{dt} i_{sd} + M \frac{d}{dt} i_{rd} - \omega_s L_s i_{sq} - \omega_s M i_{rq} \\ V_{sq} = R_s i_{sq} + L_s \frac{d}{dt} i_{sq} + M \frac{d}{dt} i_{rq} + \omega_s L_s i_{sd} + \omega_s M i_{rd} \\ 0 = R_r i_{rd} + L_r \frac{d}{dt} i_{rd} + M \frac{d}{dt} i_{sd} - \omega_r L_r i_{rq} - \omega_r M i_{sq} \\ 0 = R_r i_{rq} + L_r \frac{d}{dt} i_{rq} + M \frac{d}{dt} i_{sq} + \omega_r L_r i_{rd} + \omega_r M i_{sd} \end{cases} \quad (\text{III-17})$$

Les systèmes d'équations (III-15) et (III-16) constituent respectivement le modèle magnétique et électrique de la machine asynchrone.

### III.8.4 Equation mécanique et électromagnétique

En effectuant le changement de variable à l'équation (III-10), on obtient :

$$C_{em} = [P_3(\theta_s)]^t [i_{cs}]^t \frac{d[M_{sr}]}{d\theta} [P_3(\theta_r)] [i_{cr}] \quad (III-18)$$

Avec :

$$[i_s] = [P_3(\theta_s)] [i_{cs}]$$

$$[i_r] = [P_3(\theta_r)] [i_{cr}]$$

On a le produit :

$$[P_3(\theta_s)]^t \frac{d[M_{sr}]}{d\theta} [P_3(\theta_r)] = M \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

D'où :

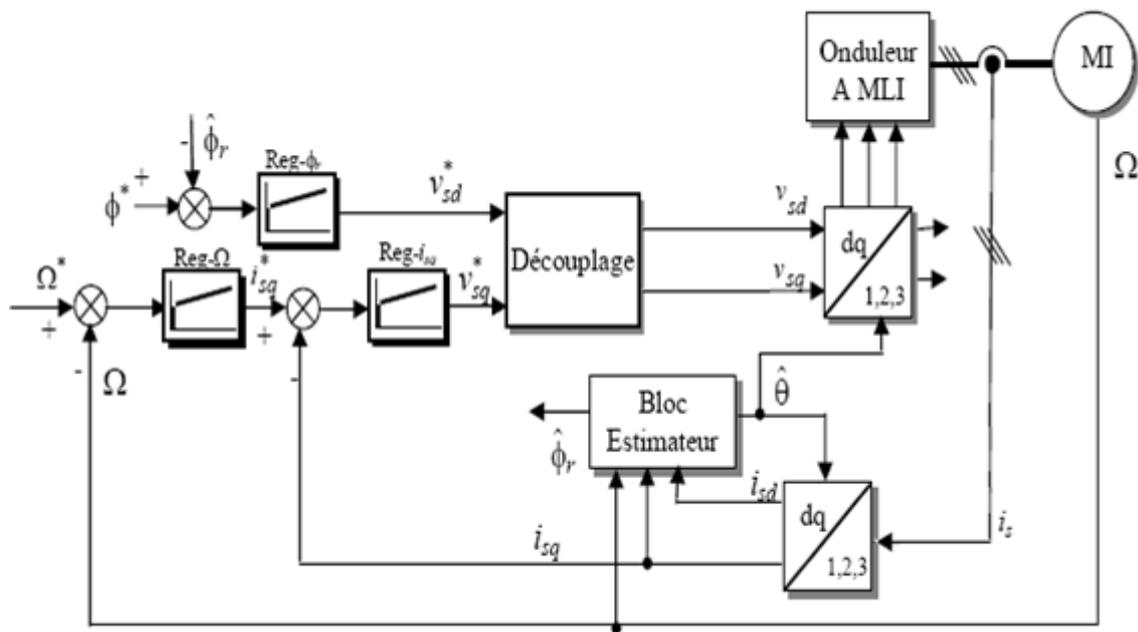
$$C_{em} = p M \begin{pmatrix} i_{rd} & i_{sq} & - & i_{rq} & i_{sd} \end{pmatrix} \quad (III-19)$$

Afin de concevoir le modèle complet il faut ajouter nécessairement l'équation mécanique du mouvement caractérisant le mode lent de la machine qui s'exprime comme suit :

$$C_{em} - C_r = J \frac{d\Omega}{dt} + f\Omega \quad (III-20)$$

### III.9 Commande vectorielle par orientation du flux rotorique

La stratégie de la commande vectorielle à flux rotorique orienté est représentée par le schéma fonctionnel de la figure (III.6). Elle est basée sur le maintien d'un flux constant, donnant ainsi un bon rendement énergétique de la machine. Il existe trois flux dans la machine : le flux statorique, le flux d'entrefer et le flux rotorique. Diverses études proposent le contrôle de l'un des trois flux dans un repère lié à cette variable. Ce repère tournant (d,q) permet un découplage du couple et du flux, lequel est réduit à une composante continue.



**Fig III.4 :** principe de la commande vectorielle à flux rotorique orienté de la machine asynchrone

### III.10 Les Différentes méthodes vectorielles

Il existe deux types de méthodes vectorielles directes et indirectes, la différence principale entre les deux méthodes réside dans le fait que dans la commande indirecte la pulsation statorique est reconstituée à l'aide de la pulsation du glissement de référence, tandis que dans la commande directe, elle est directement calculée à l'aide des grandeurs mesurées ou estimées [12].

#### III.10.1 Méthode indirecte

Elle appelée ainsi, car l'angle d'orientation est calculé par l'intégrale de la pulsation du stator déduite à partir de la combinaison linéaire de la pulsation de glissement et la vitesse du rotor [13].

Les inconvénients de cette méthode, sont d'une part le surcôt dû à l'utilisation des capteurs, leur fragilité ou les problèmes de fiabilité limitant leur mise en œuvre dans des application industrielles [12].

### III.10.2 Méthode directe

L'angle d'orientation est donné directement à partir des composantes biphasées du flux qui est fixé en boucle ouverte. Les tensions ou les courants assurant l'orientation du flux et le découplage sont évalués à partir d'un modèle de la machine en régime transitoire [13].

La méthode de reconstruction indirecte du flux, utilisant uniquement les grandeurs accessibles (courants statoriques) et le modèle de la machine est préférée à la méthode de mesure directe (capteur à effet hall par exemple) pour leur fiabilité, leur faible coût d'entretien et leur faible sensibilité aux bruits de mesure

Nous pouvons voir sur les figures (III-5) et (III-6) une représentation schématique de la commande vectorielle respectivement indirecte et directe.

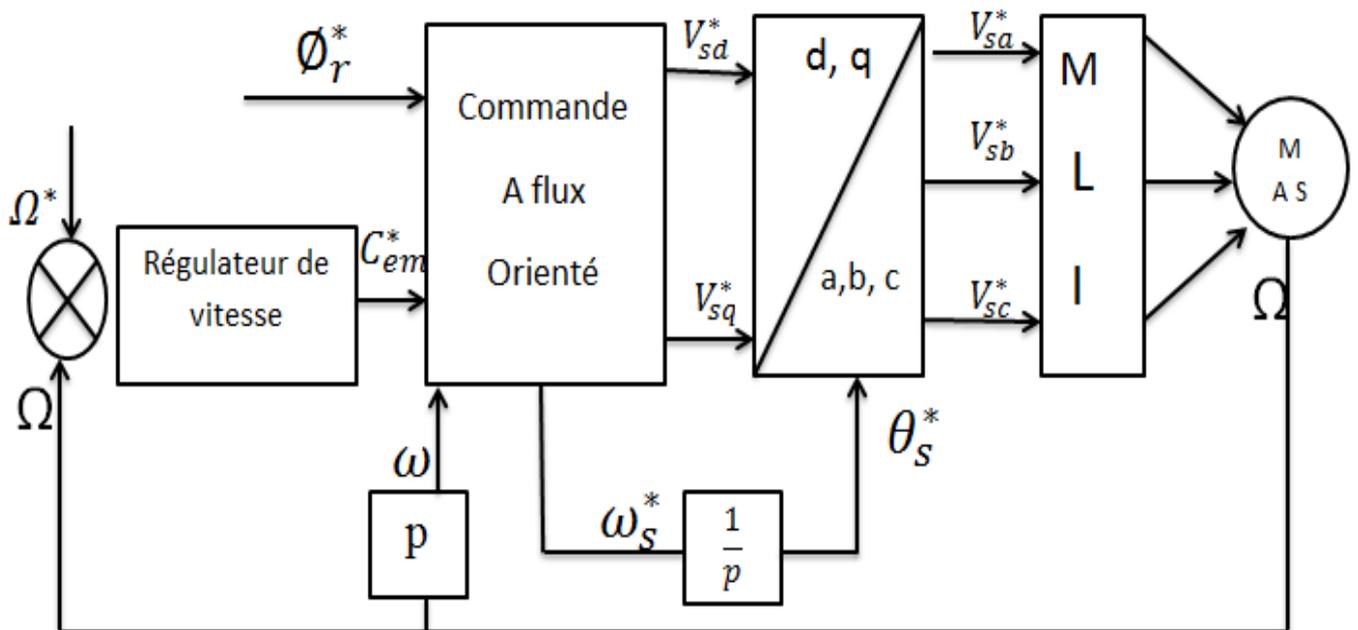


Fig III.5 :Schema bloc de la commande vectorielle indirecte

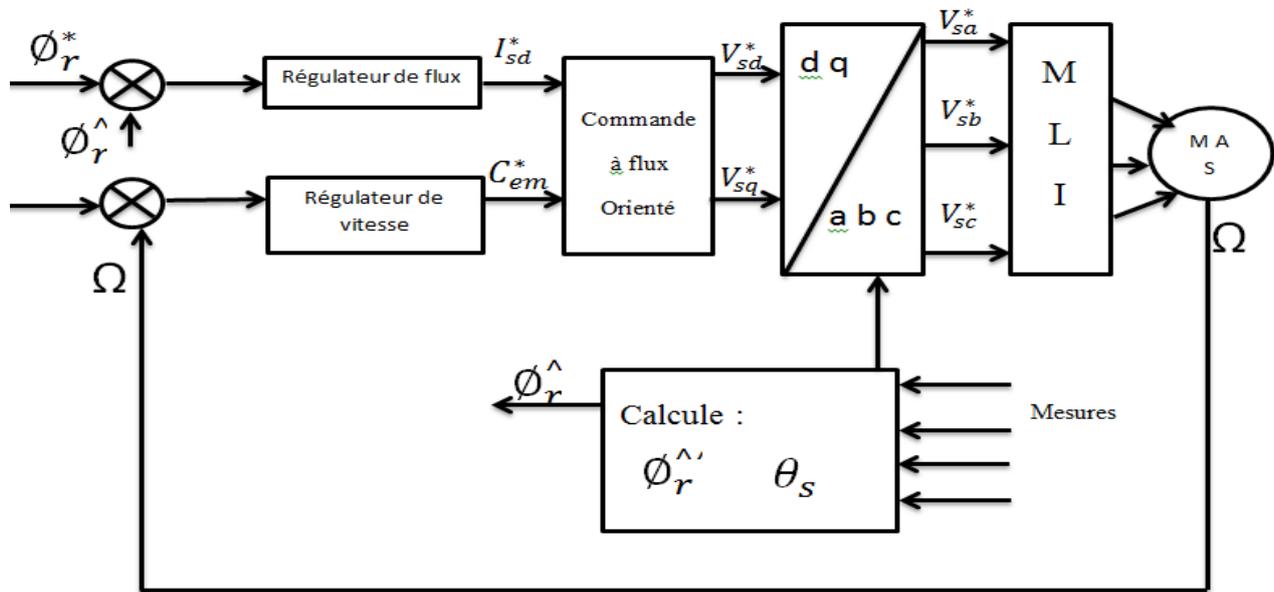


Fig III.6: Schéma bloc de la commande vectorielle direct

### III.11 Les Estimateurs

Les grandeurs d'état ou de sortie utilisées pour l'élaboration de la commande sont souvent difficilement accessibles pour des raisons techniques (c'est le cas du flux) ou pour des problèmes de coût.

Le flux peut être reconstitué par :

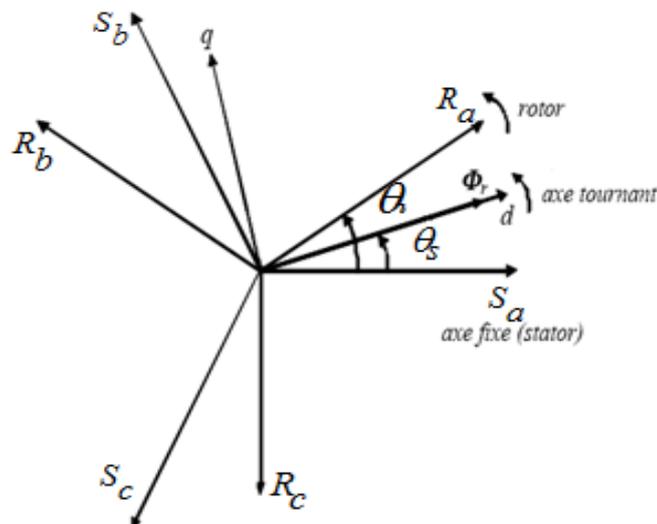
- Des estimateurs utilisés en boucle ouverte.
- Des observateurs corrigeant en boucle fermée les variables estimées.

Les estimateurs reposent sur l'utilisation d'une représentation de la machine sous forme d'équation de PARK définie en régime permanent (estimateur statique) ou transitoire (estimateur dynamique). Ils sont obtenus par une résolution directe des équations associées à ce modèle. L'intérêt d'une telle approche conduit à la mise en œuvre d'algorithmes simples et donc rapide.

### III.12 Orientation Du Flux Rotorique

Cette commande est réalisée en orientant le flux rotorique suivant l'axe direct (d) du repère tournant (figure III.7), tel que :

$$\Phi_{rd} = \Phi_r \text{ et } \Phi_{rq} = 0$$



**Fig III.7 :** repère d'axe (d,q)lié au flux rotorique de la machine asynchrone.

Les équations (III-16), (III-17) du système deviennent :

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{sd} = R_s i_{sd} + \frac{d}{dt} \Phi_{sd} - \omega_s \Phi_{sq} \\ V_{sq} = R_s i_{sq} + \frac{d}{dt} \Phi_{sq} + \omega_s \Phi_{sd} \\ R_r i_{rd} + \frac{d}{dt} \Phi_r = 0 \\ R_r i_{rq} + \omega_r \Phi_r = 0 \end{array} \right. \quad \text{(III-21)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_{sd} = L_s i_{sd} + M i_{rd} \\ \Phi_{sq} = L_s i_{sq} + M i_{rq} \\ \Phi_r = L_r i_{rd} + M i_{sd} \\ 0 = L_r i_{rq} + M i_{sq} \end{array} \right. \quad \text{(III-22)}$$

$$\begin{cases} i_{rd} = \frac{\Phi_r - M i_{sd}}{L_r} \\ i_{rq} = -\frac{M}{L_r} i_{sq} \end{cases} \quad (\text{III-23})$$

En remplaçons  $\mathbf{i}_{rd}$  de (III-23) dans l'expression (III-21) on détermine, avec l'expression du couple, les deux grandeurs fondamentales de la machine asynchrone :

$$\begin{cases} T_r \frac{d\Phi_r}{dt} + \Phi_r = M i_{sd} \\ C_{em} = p \frac{M}{L_r} \Phi_r i_{sq} \end{cases} \quad (\text{III-24})$$

Tel que :

$$T_r = \frac{L_r}{R_r} \text{ - La constante du temps rotorique.}$$

A l'examen de ces dernières relations, on constate que:

- La composante  $i_{sd}$  joue le rôle du courant d'excitation qui génère et contrôle le flux d'excitation  $\Phi_r$ .
- La composante  $i_{sq}$  joue le rôle du courant induit qui, à flux d'excitation donné, contrôle le couple.

On retrouve à partir de (III-27) la configuration des machines à courant continu, constituant la base de la commande à flux rotorique orienté [11].

### III.12.1 Estimation des grandeurs pour la commande :

Pour que la vitesse du référentiel  $\omega_s$   $d,q$  soit effectivement celle du champ tournant, il vient d'assurer à tout instant la relation d'autopilotage suivante.

$$\theta_s = \int \omega_s dt \quad \text{Avec : } \omega_s = p\Omega + \tilde{\omega}_r \quad (\text{III-25})$$

$\tilde{\omega}_r$  : Représente la valeur de la vitesse relative du repère, estimée dans les conditions de l'orientation choisie pour le référentiel.

On remplace  $i_{rd}$  de l'expression (III-23) dans la 4<sup>ème</sup> équation de l'expression (III-21) :

$$\tilde{\omega}_r = \frac{M}{T_r \tilde{\Phi}_r} i_{sq} \quad (\text{III-26})$$

Cette équation n'est pas exploitable telle quelle est car  $\tilde{\Phi}_r$  est nul au démarrage du moteur.

Nous utiliserons, pour l'implantation, l'équation suivante :

$$\tilde{\omega}_r = \frac{M}{T_r \tilde{\Phi}_r + \varepsilon} i_{sq} \quad (\text{III-27})$$

Avec  $\varepsilon = 0.001$

Le système d'équation (III-24) nous permet d'estimer le flux :

$$\tilde{\Phi}_r = \frac{M}{T_r s + 1} i_{sd} \quad (\text{III-28})$$

La commande vectorielle du flux rotorique et pour une alimentation en tension de la machine, n'est pas tout à fait découplée [14]. Elle nécessite un bloc de découplage entre les tensions  $(V_{sd}, V_{sq})$  permettant de contrôler, de manière indépendante, le couple par la constante  $I_{sq}$  et le flux par la constante  $I_{sd}$ .

### III.12.2. Détermination des termes de couplage

On remplace les courants  $I_{dr}$  et  $I_{qr}$  de (III.23) dans (III.22) on aura

$$\begin{cases} \Phi_{sd} = L_s \sigma i_{sd} + \frac{M}{L_r} \Phi_r \\ \Phi_{sq} = L_s \sigma i_{sq} \end{cases} \quad (\text{III-29})$$

Avec  $\sigma = (1 - \frac{M^2}{L_s L_r})$

En remplaçons les grandeurs  $\Phi_{sd}, \Phi_{sq}$  et dans le système d'équations (III-21) il devient :

$$\begin{cases} V_{sd} = (R_{sr} + \sigma L_s s) i_{sd} - \omega_s L_s \sigma i_{sq} - M \frac{R_r}{L_r^2} \Phi_r \\ V_{sq} = (R_{sr} + \sigma L_s s) i_{sq} + \omega_s L_s \sigma i_{sd} + \frac{M}{L_r} \omega_e \Phi_r \end{cases} \quad (\text{III-30})$$

Tel que :

$$R_{sr} = R_s + \left( \frac{M}{L_r} \right)^2 R_r : \text{Résistance équivalente statorique et rotorique ramenée au stator.}$$

Les expressions données en (III-30) sont aussi couplées, car elles comportent des termes croisés. Les termes qui ne dépendent pas du courant  $i_{sd}$  dans la première équation et du courant  $i_{sq}$  dans la deuxième expression sont appelés les “termes de couplage”  $E_d$  et  $E_q$  [11].

Tel que ;

$$\text{Et } \begin{cases} E_d = -\omega_s L_s \sigma i_{sq} - M \frac{R_r}{L_r^2} \Phi_r \\ E_q = \omega_s L_s \sigma i_{sd} + \frac{M}{L_r} \omega_e \Phi_r \end{cases} \quad (\text{III-31})$$

### III.12.3. Découplage par compensation

La méthode pour obtenir un système d'équations linéaires (dépendant d'un seul axe) consiste à faire intervenir une compensation, qui a pour but d'annuler les termes croisés [11]. Le système d'équations (III-29) peut être réécrit de la façon suivante :

$$\begin{cases} V_{sd} = V_{sd1} + E_d \\ V_{sq} = V_{sq1} + E_q \end{cases} \quad (\text{III-32})$$

La dynamique des termes de couplage  $E_d$  et  $E_q$  doit être plus faible que la dynamique des grandeurs régulées  $i_{sd}$  et  $i_{sq}$ , pour compenser les termes  $E_d$  et  $E_q$  [11].

Les fonctions de transfert résultantes sont :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{i_{sd}}{V_{sd} - E_q} = \frac{1}{R_{sr}} \left( \frac{1}{1 + \frac{\sigma L_s}{R_{sr}} s} \right) \\ \frac{i_{sq}}{V_{sq} - E_d} = \frac{1}{R_{sr}} \left( \frac{1}{1 + \frac{\sigma L_s}{R_{sr}} s} \right) \end{array} \right. \quad \text{(III-33)}$$

### III.13 Régulation du système

Dans le contrôle vectoriel, l'idée sur la régulation consiste à contrôler les deux grandeurs importantes de la machine asynchrone : le flux et le couple. Ces réglages doivent annuler l'erreur existante entre les valeurs moyennes des grandeurs et leurs consignes de référence [11].

### III.18 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini le moteur asynchrone étudié. Sur la base de park, en tenant compte des hypothèses simplificatrices et on a obtenu un modèle mathématique d'une machine asynchrone à cage. Ainsi, on a élaboré des stratégies de la commande vectorielle.

## IV Introduction

La mise en œuvre de tout système de commande de dispositifs électromécanique, commence toujours par une modélisation suivie du dimensionnement de différents paramètres, passe avant la réalisation, par une phase capitale dite « *simulation* » qui permet d'avoir une image du comportement réel du système à mettre en œuvre. Ainsi, Il est facile d'en prévoir les conditions de fonctionnement.

### IV.1 Présentation De Logiciel Matlab

MATLAB est un logiciel destiné principalement au calcul scientifique, à la modélisation et à la simulation. Le noyau de calcul est associé à l'environnement SIMULINK, permettant une modélisation basée sur des schémas-blocs.

Des bibliothèques spécialisées sont disponibles (les "*Toolboxes*") pour la plupart des domaines scientifiques nécessitant des moyens de calcul importants automatique, traitement de signal, mathématiques appliquées, télécommunications, etc.

Des modules temps réel, développés autour des produits dSPACE (RealTimeInterface, TRACE, COCKPIT) sont également proposés et rendent l'environnement de travail particulièrement attractif l'utilisateur dispose en effet de tous les outils nécessaires à l'élaboration d'une application sur procédé réel, de la simulation à la supervision.

### IV.2.Présentation de l'onduleur MLI

La modulation de largeur d'impulsion consiste à adapter une fréquence de commutation supérieure à la fréquence des grandeurs de sortie et à former chaque alternance de la tension de sortie d'une succession de créneaux de largeur convenable.

L'essor de la modulation de largeur d'impulsion est lié au progrès de développement des semi-conducteurs de puissance, l'augmentation des nombres des commutations entraînerait des pertes excessives si on n'avait pas réussi à réduire les pertes à chacune des commutations.

La multiplication du nombre d'impulsion formant chacune des alternances d'une tension de sortie offre la possibilité de moduler la forme de cette tension de manière à avoir la forme sinusoïdale la plus possible [14].

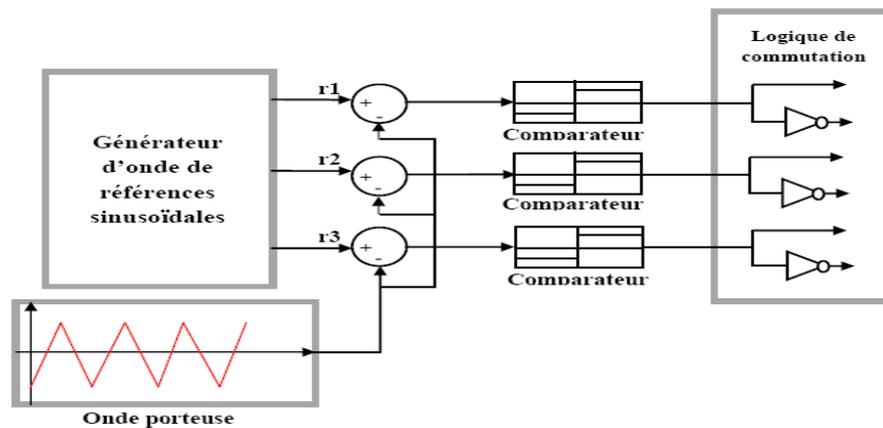
La modulation de largeur d'impulsion permet :

- De repousser vers des fréquences élevées les harmoniques de la tension de sortie.
- De faire varier la valeur du fondamentale de la tension de sortie.

Durant ces dernières années, plusieurs techniques ont été développées, on peut distinguer :

### IV.2.1. MLI Naturelle

Le principe de cette technique consiste à comparer un signal triangulaire ( $p$ ) d'amplitude fixe, et de fréquence nettement supérieure appelée porteuse, aux trois signaux sinusoïdaux ( $r_1, r_2, r_3$ ), d'amplitude variable et de fréquence ( $f_m$ ), appelée référence. L'intersection de ces deux signaux donne les instants de commutation des interrupteurs figure (IV.1) [14].



**FigIV.1 :** Schéma de principes de la technique MLI.

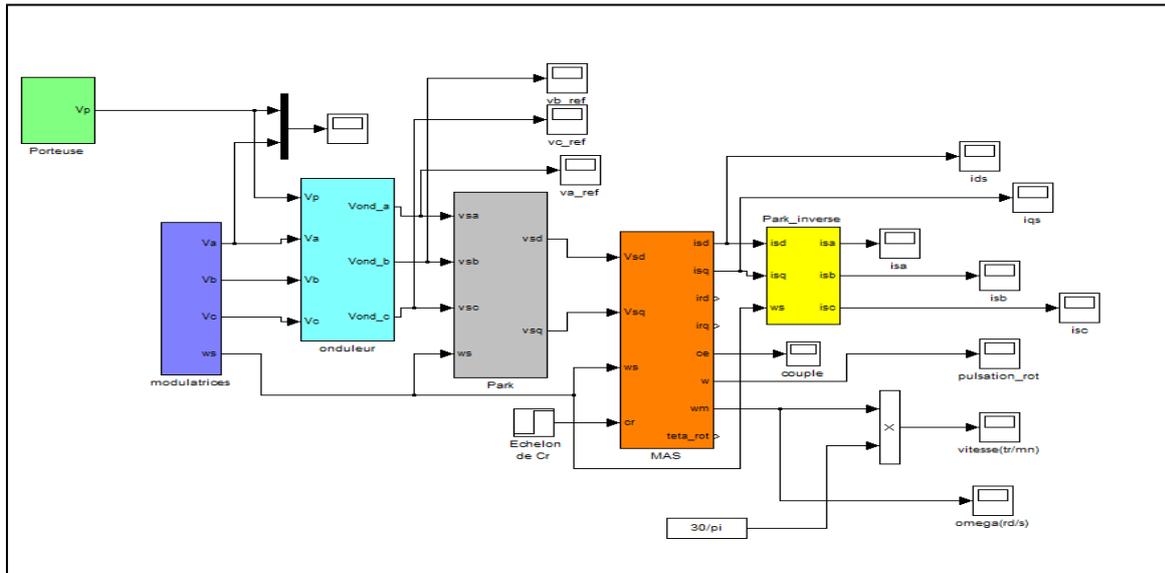
Cette technique se caractérise par deux paramètres :

- L'indice de modulation  $m$ , est défini comme étant le rapport de fréquence de la porteuse ( $f_p$ ) à celle de la référence ( $f_m$ )
- Le coefficient de réglage en tension ( $r$ ) est défini comme étant le rapport de l'amplitude de la référence ( $V_m$ ) à celle de la porteuse ( $V_p$ )
- $V_m$  : Amplitude maximale de la référence
- $V_p$  : Valeur crête de la tension de la porteuse

### IV.3. Association machine asynchrone onduleur de tension

Dans ce cas on compare les signaux de référence (modulatrice) avec le signal triangulaire (porteuse). Les intersections seront utilisées pour la commande des gâchettes des semi-conducteurs de l'onduleur.

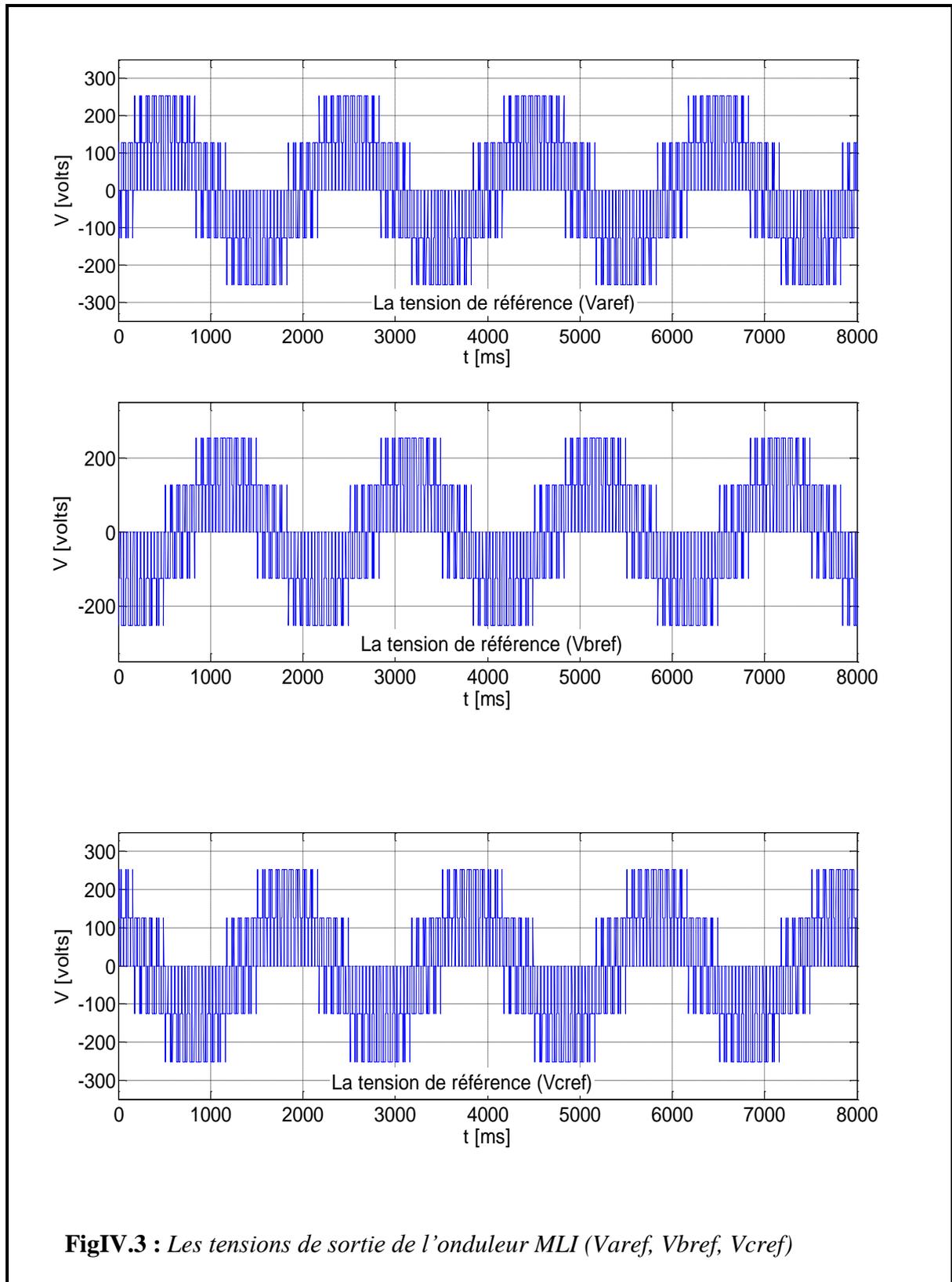
L'association onduleur machine est représentée comme suit :



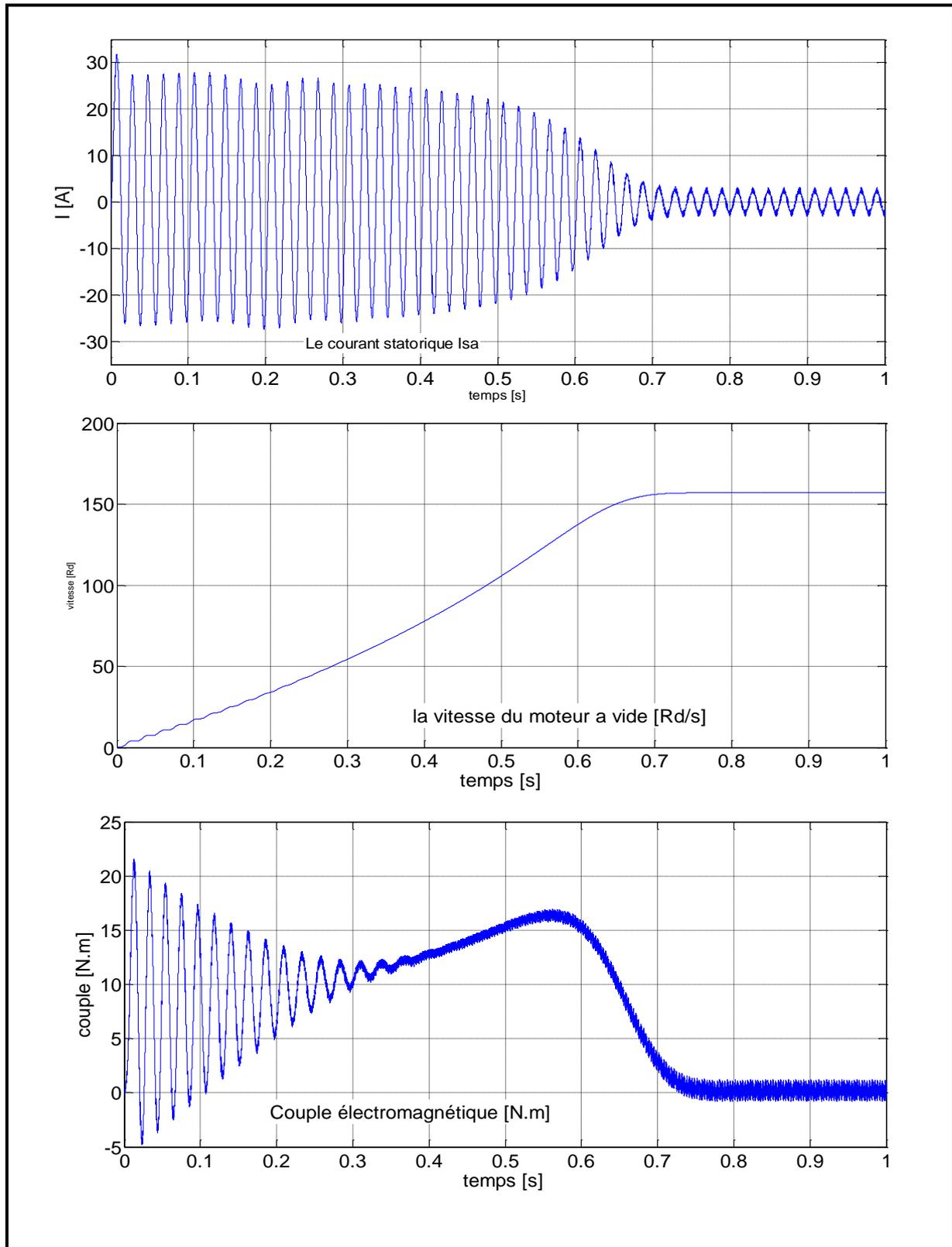
**FigIV.2 :** le schéma bloc association moteur onduleur MLI

### IV.4. Interprétation des résultats de simulation

La simulation de l'association machine asynchrone- onduleur à MLI est effectuée en utilisant le logiciel Matlab/simulink. Les paramètres de la machine utilisée sont donnés en annexe. La (figure IV.3) illustre les tensions simples délivrées par l'onduleur, la (figure IV.4) montre le comportement du moteur asynchrone suite à un démarrage à vide. La vitesse atteint sa valeur nominale après un régime transitoire plus ou moins court.



**FigIV.3 :** Les tensions de sortie de l'onduleur MLI ( $V_{aref}$ ,  $V_{bref}$ ,  $V_{cref}$ )



**Fig. IV.4 :** Résultats de simulation de l'association moteur asynchrone-onduleur MLI démarrage à vide.

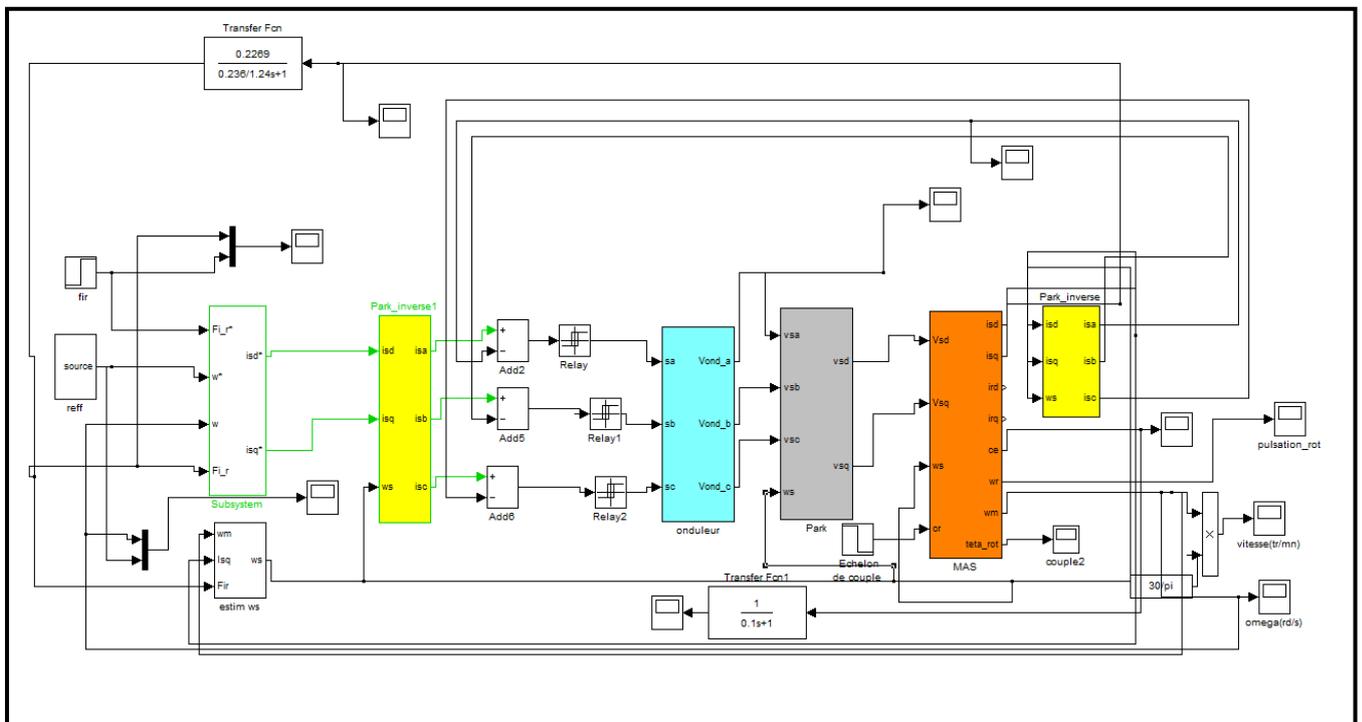
Les courbes de la (Figure IV.4) représentent les résultats de simulation pour un démarrage à vide pour ( $C_r=0$ ).

La vitesse en régime permanent se stabilise à ( $157 \text{ rad/sec}$ ), puisque le moteur possède 2 paires de pôles. Au démarrage à vide, le couple est fortement pulsatoire. Il atteint une valeur maximale de l'ordre de trois fois le couple nominal, par la suite il tend vers zéro. Il y a un fort appel de courant certes bref, mais important au démarrage, égal à 5 fois environ le courant nominal. Le régime permanent est atteint et il reste le courant correspondant au comportement inductif du moteur à vide. A partir des essais de simulation effectués en constate que le modèle mathématique proposé est adéquat.

**IV.5 La structure générale du contrôle vectoriel à flux rotorique orienté :**

A l'aide du logiciel matlab-simulink et la structure générale du contrôle vectoriel à flux rotorique orienté on a construit le schéma bloc de la commande et on a fait la simulation.

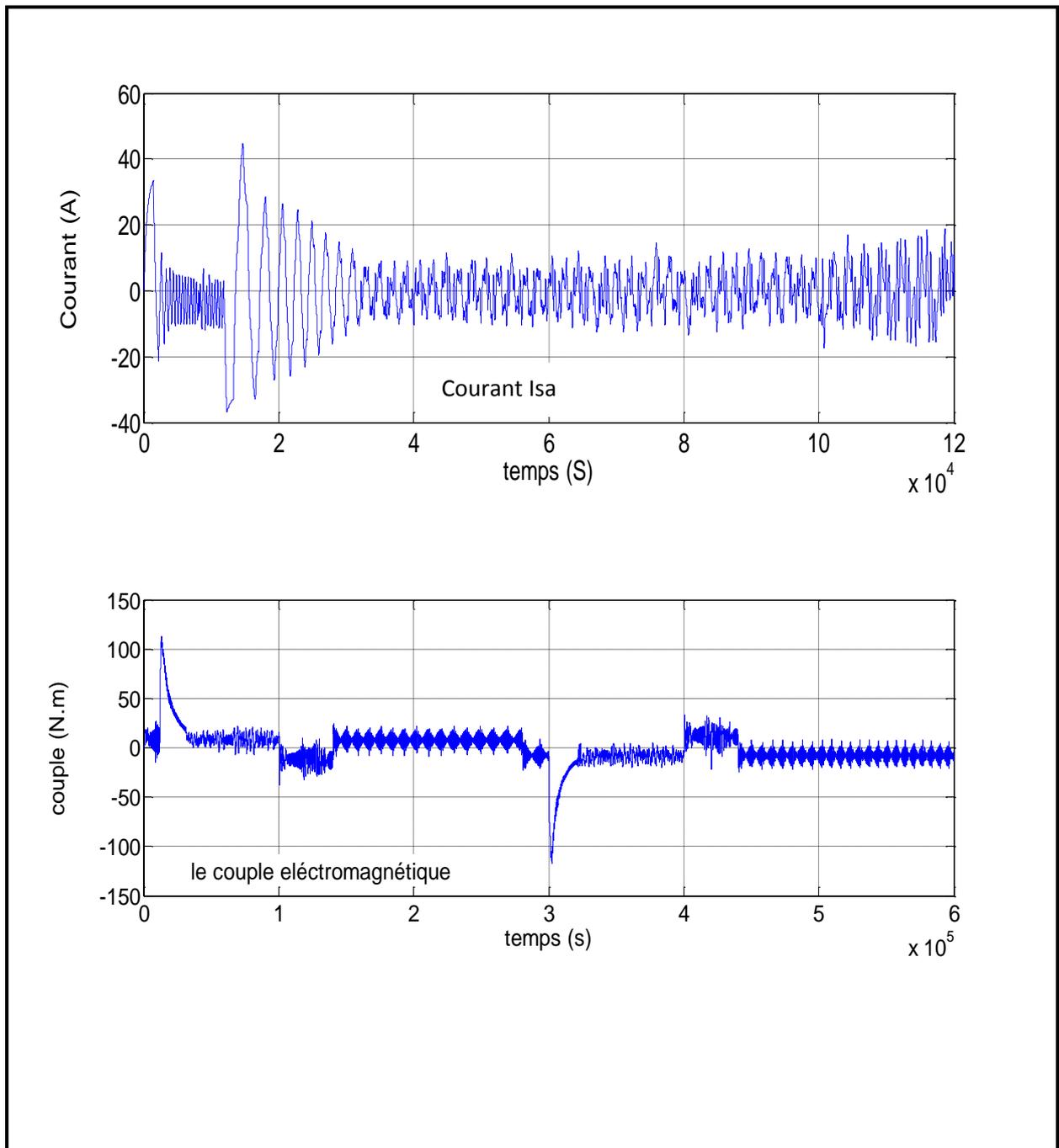
Le schéma bloc de cette commande sous matlab-simulink est présentée dans la (figureIV.5)



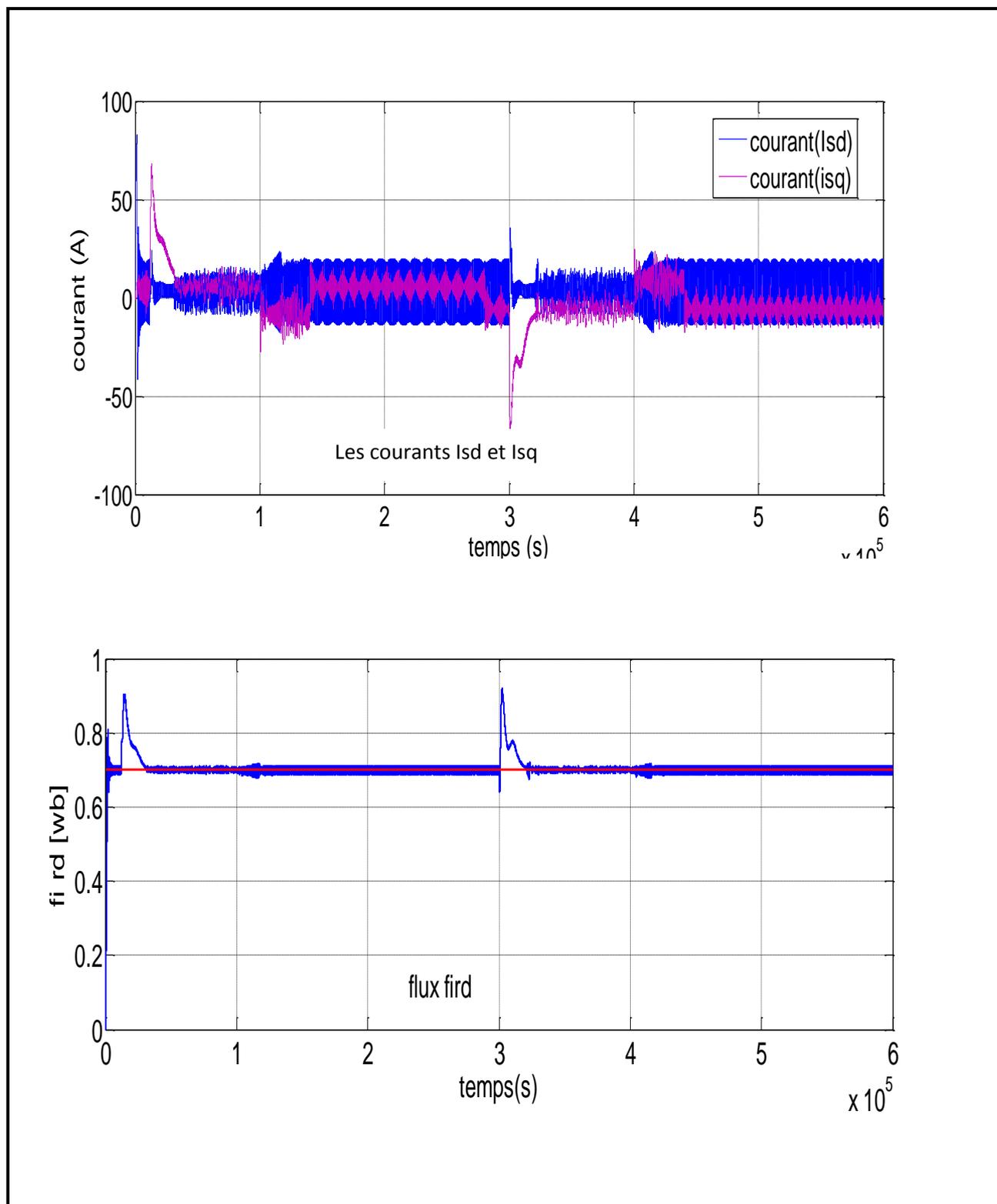
**FigIV.5:Structure de la commande vectorielle par hystérésis**

### IV.6. Interprétation des résultats de simulation

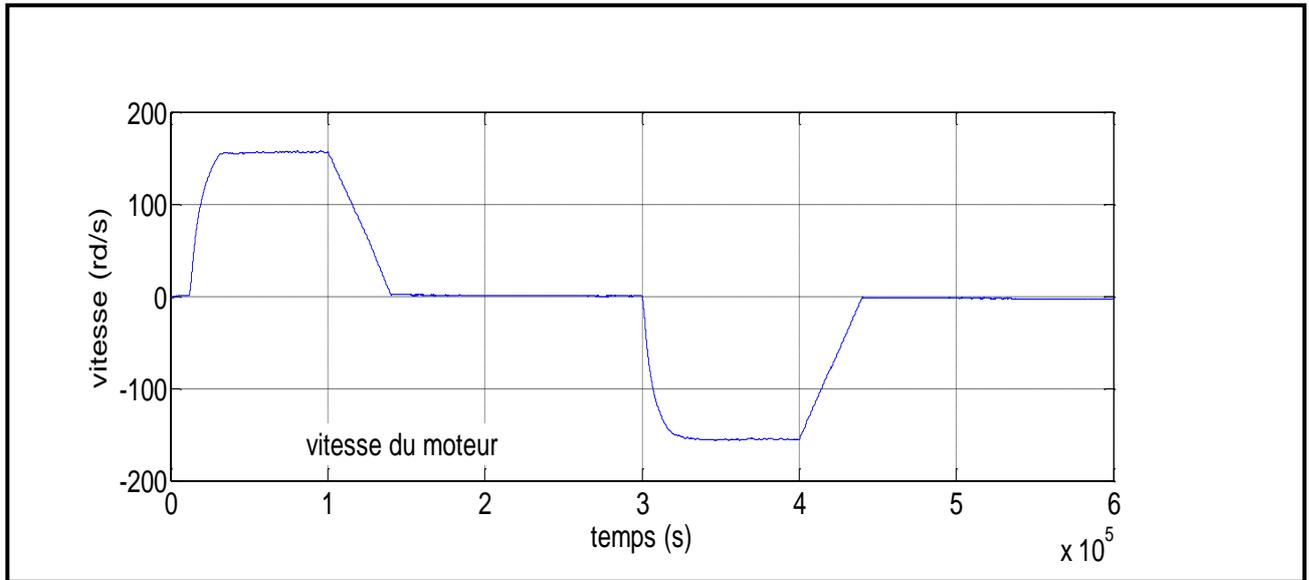
Les résultats de simulation de la commande vectorielle du moteur avec deux sens de rotation pour une consigne de vitesse de (157rd/set -157rds), flux de référence ( $\Phi_r=0.7\text{Wb}$ ), et un couple résistant de ( $C_r=8\text{N.m}$ ).



**FigIV.6 :** Caractéristique du courant et de couple électromagnétique



**FigIV.7 :** Caractéristique des courants  $I_{sd}$ ,  $I_{sq}$  et du flux  $\phi_{rd}$



**FigIV.8 :** *Caractéristique du vitesse*

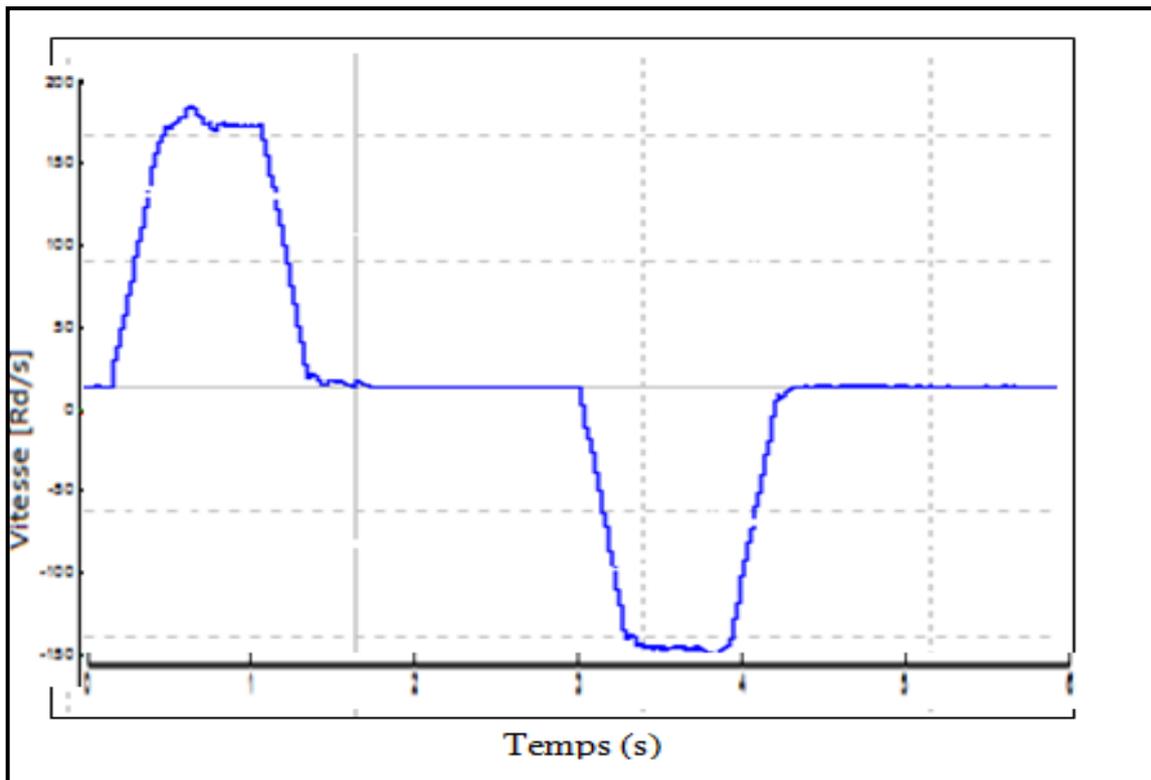
On remarque que le couple électromagnétique figure (IV.6), a des pics remarquable et ses pics due au changement de rotation de moteur de la presse de soudure et sur la même figure on présente le courant du charge  $I_{sa}$  tandis que le courant  $I_{sd}$  reste constant de même que le flux  $\Phi_{rd}$  qui est égale au flux de référence  $\Phi_{r(ref)}$  ( $\Phi_{r(ref)}=0.7Wb$ ) figure (IV.7), puisque le flux  $\Phi_{rq}$  est nul.

On ce qui concerne la chute de vitesse lors de l'application de la perturbation du couple de charge est presque compensée.

En remarque aussi que lorsque la vitesse est positif le couple électromagnétique est positif est vice versa , donc la machine restera toujours en fonctionnement moteur .(figure IV.8).

#### IV.7. Comparaison entre la simulation et les courbes réel du moteur

A l'aide du logiciel (MANGER MOVITOOLS Version 4.9) utilisé pour visualisation les courbes réels du moteur, on a relevé la courbe réelle de la vitesse du moteur asynchrone (figure IV.6). En comparant cette courbe avec celle obtenue à l'aide de simulation matlab.



**FigIV.9:** La courbe réel de la vitesse du moteur

On remarque que l'allure obtenue avec MATLAB-Simulink se coïncide avec l'allure réelle de moteur asynchrone de la presse de soudure (figure IV.9).

## IV.8. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons remarqué que la commande vectorielle à flux rotorique orienté nécessite donc la connaissance de l'ensemble des paramètres de la machine asynchrone,  $R_s$ ,  $L_s$ ,  $R_r$ ,  $L_r$ . Ces paramètres peuvent être difficiles à identifier et sont susceptible de varier avec la température et l'états magnétique de la machine

Cette structure de contrôle vectoriel nous a permis un découplage entre le flux et le couple électromagnétique rendant sa commande à celle d'une machine à courant continu à excitation séparée. Et les résultats obtenus nous permet de comprendre le régime de fonctionnement de la presse de soudure de la machine ERCA EF 480 S.

## Conclusion générale

La motivation générale est l'étude de principe de fonctionnement d'une conditionneuse de yaourt ERCA EF 480S exploiter à la SPA DANONE DJURDJURA .

Le point de départ de ce travail fut, l'étude du fonctionnement de la presse de soudure pour bien comprendre le comportement de ses sous-ensembles électriques pour pouvoir élaboré une commande pour le moteur asynchrone à cage d'écureuil qui est le cerveau de la presse.

Une stratégie de pilotage, à savoir la commande et la régulation, pour le moteur de la presse est conçue afin d'accroître son efficacité et sa dynamique pour différents régimes de fonctionnement. Il s'agit d'adapter une commande vectorielle à flux rotorique orienté et d'effectuer une synthèse des régulateurs standards PI.

Les résultats de la simulation sous (MATLAB-Simulink) de cette commande sont concluants, la technique de commande élaborée s'adapte convenablement aux différents régimes de fonctionnement du moteur, notamment à bas régime lors de l'accélération et de la décélération dans des intervalles de temps très limités et les résultats de simulation obtenue se. Coïncide avec les résultats réels.

D'une manière générale, ce travail nous permet d'approfondir nos connaissances sur la constitution de mode de fonctionnement dans différents régimes de la conditionneuse de yaourt ERCA

Nous espérons bien que ce travail sera la plate forme pour les prochaines promotions.

# Bibliographie

- [1]Manuelle de la machine ERCA OYSTAR Erca-Formseal.
- [2]Thierry Schanen, Logiciel « Guide des automatismes Version 7 », [www.guidedesautomatisme.com](http://www.guidedesautomatisme.com) 2001-2007.
- [3]Institut d'automatisation industrielle, Haute Ecole d'ingénierie et de Gestion du canton de Vaud«Architecture des Systèmes automatisés», [www.iai.heig-vd.ch](http://www.iai.heig-vd.ch), 2003.
- [4]Patrick ABATI, « démarrage et freinage des moteurs asynchrones triphasés »,<http://stielec.ac-aix-marseille.fr/cours/abati/demfr.htm> , 2002.
- [5] D.TOUAHRI, A.AMGHAR, « Automatisation de la Décaisseuse de bouteilles de Verre avec un API S300 piloté avec le logiciel STEP7à la S.A.R.L IFRI », Université de Bejaia 2008/2009.
- [6] <http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%20668> Document INRS Guide de ventilation n°7 Opérations de soudage à l'arc et de coupage.
- [7] Claude BREZINSKI, « méthode de régulation de base », Technique de l'ingénieur A 1220,2007
- [8] Bernard Schneider et Alain Beuret, « Électricité au service des machines nombre de page 390 », haute Ecole d'ingénierie et de gestion du canton de vaud, 2008.
- [9] Pierre Maréchal, François Guérin, « Instrumentation et Régulation Normes, théorie et applications, Université du Havre », cours d'instrumentation, Mai 2012.
- [10] RADOUANE BOUSSEKSOU,Modélisation analytique des machinesAsynchrone application au diagnostic, Mémoire magister, Université Mentouri Constantine,2007.
- [11] **Jean-GOGNAT**, Modélisation et Simulation d'une Commande Vectorielle sous le Logiciel MATLAB, Université de Franche Comte, Département Génie Electrique d'Aix-Marseille III du 1<sup>er</sup> Mars 1999 au 30 Juin 1999).

[12] B.AOUES , A.NDIAYE, commande vectorielle découplée de la machine asynchrone,mémoire ingénieur ,université de bejaia ,2002.

[13] SOUAD CHAOUCH, commande vectorielle robuste d'une machine a induction sans capteur de vitesse, LSP-IE, Université de BATNA-2005.

[14] O.Bouakaz « contribution a l'analyse des onduleurs multi-niveaux », Mémoire Magister en électrotechnique, université de Batna, 2005.

[15]Dr A. Meroufel, « Contrôle de la machine asynchrone», polycopie de cours, Université DjillaliLiabès –Sidi Bel-Abbès,2008-2009.

## A-1- Caractéristique de la machine asynchrone

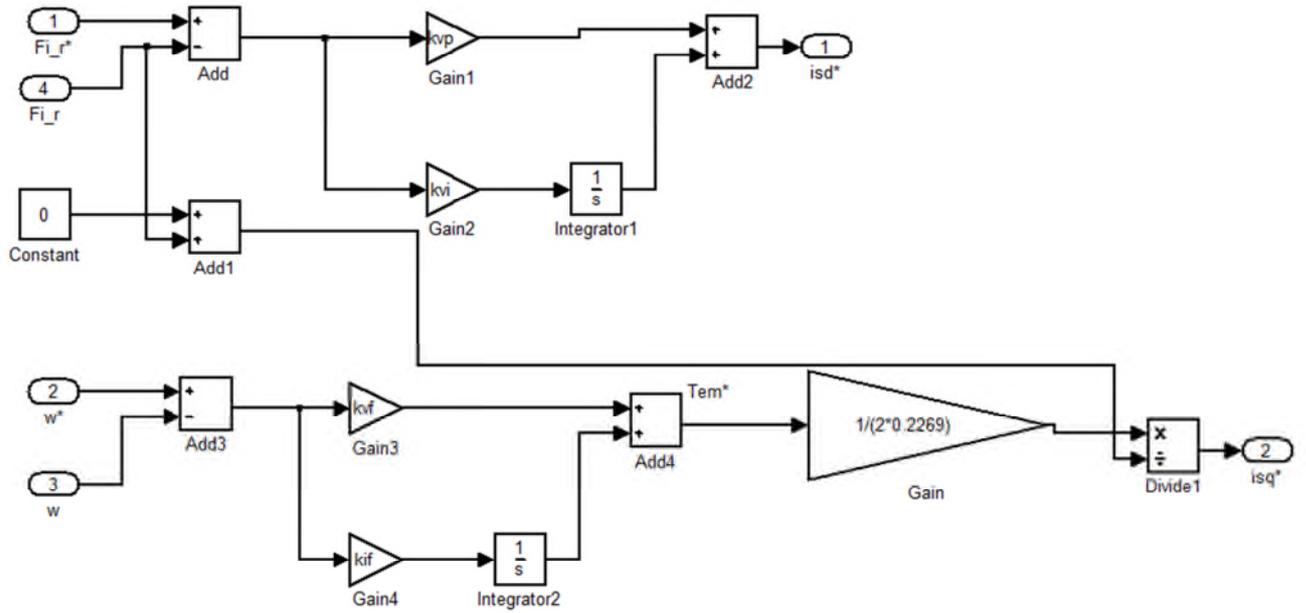
### A-1-1- Caractéristique Constructeur

Type	Asynchrone 3 phases
Puissance nominale : $V_n$	3 Kw
Tension nominal : $V_n$	380/220V – 50 Hz
Vitesse nominale : $\Omega_n$	1500 Tr/min
Flux nominal : $\phi_n$	0.7 Wb
La Fréquence : $f$	50 Hz

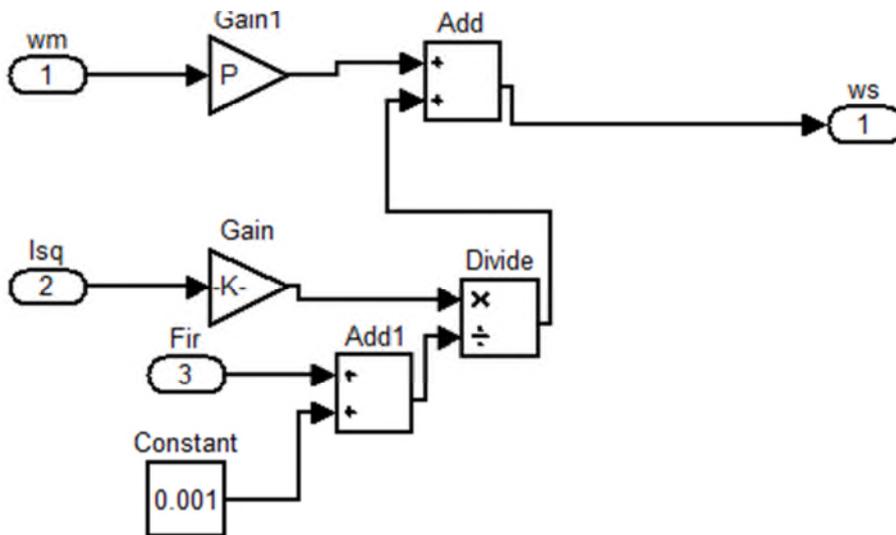
### A-1-2 Paramètre de la machine

Résistance statorique	$R_s$	2.47 $\Omega$
Résistance rotorique	$R_r$	1.24 $\Omega$
Inductance cyclique statorique	$L_s$	0.236 H
Inductance cyclique rotorique	$L_r$	0.236 H
Inductance Mutuelle	$M$	0.2269 H
Nombre de paire de pôles	$P$	2
Arbre		
-Inertie	$j$	0.05 Kg/m <sup>2</sup>
-Frottement visqueux	$f$	0.00075 N.m/Rd/s





**Bloc de régulation**



**Estimateur de  $W_s$**

# CHAPITRE I

*Généralité sur la conditionneuse du  
yaourt ERCA*

# CHAPITRE II

*Etude de la presse de soudure*

# CHAPITRE IV

*Simulation de la commande vectorielle  
avec Matlab*

# CHAPITRE III

*Modélisation et Commande de La  
Machine Asynchrone*

## *Listes des Tableaux et Figures*

# *Sommaire*

# *Annexe*

*Conclusion générale*

# *Liste des symboles*

# *Introduction générale*

# *Références bibliographie*