

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université A. Mira - Bejaia  
Faculté de technologie  
Département Génie électrique  
Spécialité Commande des systèmes électriques

---

# Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master en  
Commande des systèmes électriques

Sous le thème

## Motorisation d'une table pivotante au niveau de Général Emballage

Réalisé par : Mr. SAIDANI Abdelkhalek Tarik  
Mr. KHENTACHE Ghilas

Encadré par : Mr. TAIB Nabil (Université de Bejaia)  
Mr. MERZOUGUI Koussayla (Entreprise Général Emballage)

2014 / 2015

# Remerciements

**Avant tout nous remercions dieu tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour élaborer ce modeste travail.**

**Au terme de ce modeste travail, il nous est agréable de pouvoir remercier tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à le réaliser.**

**Notre profonde gratitude et vifs remerciements vont à nos encadreurs M<sup>r</sup>. TAIB Nabil avec lequel on a pu bénéficier de ses compétences scientifiques et M<sup>r</sup> Merzougui Koussayla, un être d'exception, dont la rigueur et le sérieux sont à défier les tous les esprits.**

**Nous remercions tout particulièrement Mr Tazerart enseignant à l'université de Bejaia pour sont temps précieux qui nous a accordé.**

**Notre reconnaissance va à tous les membres de jury qui nous feront l'honneur d'apprécier notre travail.**

**Tous les mots restent faibles pour exprimer notre profonde reconnaissance à nos parents pour le soutien et l'aide précieuse qu'ils nous ont apportés durant nos longues années d'études.**

**GSI L'AS, Tarik**

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail tout d'abord à la mémoire de mes grand parents qui on su m'inculqué de mon enfance, l'amour du savoir, les valeurs étiques et la rigueur morale.

A la maison, il y est une mère qui aime et qui prie. Sa présence est lumière et protection. A son courage d'affronter la vie.

A mes petit frère est sœur (Myrina, Salah, Raouf) l'un de vous lira peut un jour ce manuscrit, détrompez-vous les choses faciles n'on pas gout.

A mon cher frère et camarade Ghilas avec qui j'ai coréalisé ce modeste travaille, c'est peut être la fin d'une chose mais le commencement d'une autre encore plus spectaculaire.

A mon oncle Waki, Les hommes d'honneurs se fond rare de nos jours et toi tu l'est indéniablement.

J'ai tant appris à l'université. Ma formation, ma vie estudiantine et, surtout, tant et tant de rencontres. Impossible, ici encore, d'exprimer nominalemment ma gratitude. Mais j'aimerais simplement rappeler quelques prénoms qui se reconnaîtront peut-être : Rafik, mohsim, Moh, Radia, Hanna, Sara... Il en est bien d'autres encore.

Il y aurait aussi tant de femmes et d'hommes à qui je devrais dédier mon projet pour leur amour, leur amitié, leur accompagnement, autant que pour leurs encouragements.

S. Farik



# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents. Ce travail est le fruit de leur soutien depuis toujours, leurs présences à mes cotes et leur affection.*

*Mes frères.*

*A ma tante.*

*A toute ma famille.*

*A toute la promo de l'électrotechnique 2014/2015.*

*A mes amis.*

*A mon binôme Saidani A. Tarik.*

*X.Chilas*



# Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

## **Chapitre I : Description du fonctionnement**

Introduction .....	3
.1. Présentation de Général Emballage Spa .....	3
.2. Description du fonctionnement du système actuel .....	7
1.3. Problématique et élaboration du cahier de charges .....	11
Conclusion .....	12

## **Chapitre II : Généralités sur les entrainements électriques**

Introduction .....	14
.1 Motorisation .....	14
.1.1 Principe de fonctionnement des machines électriques tournantes. ....	15
.1.1.1 Principe des machines à courant continu .....	15
.1.1.2 Principe des machines à courant alternatif.....	16
.1.2 Comparatif des différents moteurs .....	17
.1.3 Le choix du moteur à utiliser .....	19
.2 Les variateurs de vitesse .....	19
.2.1 Principe de base des variateurs de vitesse .....	20
.2.2 La variation et la régulation de vitesse .....	21
.3 Définition de la manutention .....	22
.4 Généralités sur les convoyeurs .....	22
.5 Définition d'un système motorisé .....	24
.6 Définition d'un capteur .....	24
.6.1 Familles des capteurs .....	25

.6.2 Les détecteurs de présence par contact (ou action mécanique).....	25
.7 Définition et généralité sur l'appareillage électrique .....	26
.7.1 Sectionneur .....	26
.7.2 Contacteur .....	27
.7.3 Disjoncteur magnétothermique .....	28

### **Chapitre III : Méthodes d'analyses et solutions techniques**

Introduction .....	29
.1 Méthodes d'analyse fonctionnelle .....	29
.1.1 La méthode d'analyse SADT (Structured Analysis and Design Technic) .....	30
.1.2 La méthode d'analyse FAST ( <i>Functional Analysis System Technique</i> ).....	34
.2 Les solutions techniques en vue de la motorisation .....	37
.2.1 Démarrer la rotation des rouleaux dans le sens du chargement .....	37
.2.2 Détection du chargement et arrêt de la rotation des rouleaux sur la table pivotante .....	37
.2.3 Démarrer la rotation de la table .....	38
.2.4 Détection de la position sur 90° et l'arrêt de la table .....	39
.2.5 Démarrage et arrêt de la rotation des rouleaux dans le sens du déchargement .....	40
.2.6 Pivotement de la table pour l'initialisation du cycle .....	41
.2.7 Sécuriser les personnes et le matériel .....	42
Conclusion.....	43

### **Chapitre IV : Dimensionnement de la motorisation**

Introduction .....	43
V-1 Dimensionnement des moteurs .....	44
V-1-1 Dimensionnement du motoréducteur (MR1) couplé aux rouleaux .....	44
V-1-1 -1 Cahier des charges et choix du réducteur .....	44
V-1-1 -2 Grandeurs physique intermédiaires calculées .....	45

V-1-1 -3 Choix du type du moteur .....	46
V-1-1-4 Vérification du moteur choisi .....	47
V-1-2 Dimensionnement du motoréducteur (MR2) de la table pivotante .....	52
V-1-2-1 Cahier des charges .....	52
V-1-2-2 Grandeurs physique intermédiaires calculées .....	52
V-1-2-3 choix du type du moteur .....	54
V-1-2-1 Vérification du moteur choisi .....	55
V.2 Elaboration des schémas électriques .....	58
Conclusion.....	63
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>64</b>

### Chapitre

**Figure .1** : Zone d'implantation Général Emballage.

**Figure .2** : Vue de face de la table pivotante.

**Figure .3** : Vue de l'axe de support comportant des dentures.

**Figure .4** : Vue de l'axe de support comportant des dentures.

**Figure .5** : Position de la table dans le process de fabrication et de la manutention du carton au sein de l'entreprise General Emballage.

**Figure .6** Schéma de description du fonctionnement à l'état manuel.

### Chapitre

**Figure .1** : Représentation des différentes directions de champ, courant et force par la main.

**Figure .2** : Moteur asynchrone avec réducteur entraînant un convoyeur a bande.

**Figure .3** : Variateur de vitesse à CC

**Figure .4** : Variateur de vitesse à fréquence variable

**Figure .5** : Principe de base d'un variateur de vitesse

**Figure .6** : Boucle fermée

**Figure .7** : Boucle ouverte

**Figure .8** : Convoyeur à rouleaux

**Figure .9** : Convoyeur à bande

**Figure .10** : Principe d'un capteur.

**Figure .11** : Les différents détecteurs de présence par contacte

**Figure .12** : Sectionneur

**Figure .13** : Contacteur

**Figure .14** : Disjoncteur magnétothermique.

### Chapitre

**Figure .1**: SADT datagramme

**Figure .2**: SADT Actigramme

**Figure .3**: Schéma de principe

**Figure .4**: Liaison ET et OU

**Figure .5** : Diagramme fonctionnel de la méthode FAST



## LISTE DES FIGURES

---

- Figure .6 :** Application de la méthode FAST au système à motoriser
- Figure .7 :** Vue de haut du principe de démarrage et arrêt de la rotation des rouleaux et de la détection du chargement.
- Figure .8 :** Vue de face du principe de la rotation et l'arrêt de la table et de la détection de la rotation sur  $90^\circ$
- Figure .9 :** Vue de haut du principe d'évacuation des piles de carton
- Figure .10 :** Vue de face du principe de là l'initialisation du cycle

### Chapitre V

- Figure V.1 :** Représentation du motoréducteur des rouleaux (MR1).
- Figure V.2 :** Schéma de calcul 03 masse.
- Figure V.3 :** Diagramme vitesse/ temps du moteur (MR1).
- Figure V.4 :** Evolution de la vitesse angulaire  $W$  en fonction du temps.
- Figure V.5 :** Courbe caractéristique des couples développés par le moteur.
- Figure V.6 :** Représentation de motoréducteur de la table pivotante(MR2).
- Figure V.7 :** Schéma de calcul 03 masse.
- Figure V.8 :** diagramme vitesse/ temps du moteur (MR2).

**Chapitre**

**Tableaux** : Comparatif des différents moteurs

**Chapitre V**

**Tableaux V.1** : Principales caractéristiques du moteur a utilisé

**Tableau V.2** : Principales caractéristiques du moteur a utilisé

## LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

---

Spa : société par action ;

R.N.26 : route national numéro 26.

CMD : pupitre de commande.

CC : courant continu.

FAST : *Functional Analysis System Technique*.

SADT: structured analysis design and technique.

CdCF : Cahier des charges fonctionnel.

VV1 : Variateur de vitesse.

CRP1 : Chaîne d'entraînement des rouleaux à travers des pignons.

MR1 : Motoréducteur avec frein.

D1 ; Disjoncteurs magnétothermiques.

RC1 : Relais de contact.

CR1 : Commutateur avec rappel.

TL1 : Témoin lumineux.

CF1 : Contacteur frein.

CC1 : Contact NO (Chargement).

DPC1 : Détecteur de présence par contact.

TL2 : Témoin lumineux.

VV2 : Variateur de vitesse.

SE1 : Système d'engrenage.

MR2 : Motoréducteur avec frein.

D2 : Disjoncteur magnétothermique.

RC2 : Relais de contact.

CR2 : Commutateur avec rappel.

TL3 : Témoins lumineux.

CF2 : Contacteur frein.

CC3 : Contact NO (pivotement antihoraire).

DPC2 : Détecteur de présence par contact.

Q1 : Sectionneur.

MT : Mise à la terre.

BAU : Bouton d'arrêt d'urgence.

DPC3 : Détecteur de présence par contact.

D2 et D1 : Disjoncteurs.

F2 et F2 : Relais magnétothermiques.

## LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

---

$i$  Le : rapport de réduction

$V_{\max}$  : La vitesse maximale de convoyage

$D$  : Le diamètre du pignon a la sortie de l'arbre du réducteur

$M$  : Le poids maximal des piles de carton

$M_r$  : Le poids d'un rouleau

$W_1$  : vitesse angulaire de moteur

$W_1$  : vitesse angulaire de motoréducteur

$C_{r_{\text{amenée}}}$  : couple résistant ramené sur l'arbre de moteur

$C_{r_2}$  : couple résistant sur l'arbre de réducteur

$C_f$  : coefficient de frottement entre la chaîne acier

$F_{\max}$  : Force maximale exercée sur l'arbre de sortie du réducteur par la charge

$g$  : Force de la gravité

$M_t$  : Masse totale de la charge ( $M_r + M$ )

$dt$  : variation de temps

$t_d$  : temps de démarrage

$t_n$  : Temps de Fonctionnement

$t_f$  : Freinage mécanique

CEI : comité international de l'électrotechnique

$P_n$  : Puissance nominale

$N_n$  : Vitesse nominale

$C_n$  : Couple nominal

$I_n$  : Courant nominal

$\cos \varphi$  : facteur de puissance

$I_d$  : Courant de démarrage

$C_d$  : Couple de démarrage

$C_M$  : Couple de décrochage

$S$  : Puissance apparente nominale

$M_m$  : Masse moteur

$P$  : Nombre de pôles

$C_{a\ ch}$  : couple d'accélération de la charge

$C_{a\ mot}$  : couple d'accélération de moteur

$n$  : nombre de démarrages équivalent par heure

$nD$  : nombre de démarrages dans l'heure

## LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

---

$n_F$  : nombre de freinages électriques dans l'heure

$n_i$  : nombre d'impulsion (démarrage incomplet jusqu'à 1/3 de la vitesse finale) dans l'heure

$F_{dm}$  : facteur de marche (%) = durée de fonctionnement à  $P_u$  / durée totale du cycle

$P_u$  : puissance utile du moteur pendant le cycle d'utilisation hors démarrage

$J_{ch}$  : Le moment d'inertie de l'arbre du réducteur

$J_{ch_{ramenée}}$  : Le moment d'inertie de la charge ramené à l'arbre du moteur

$J_{tot}$  : inertie total

$dw$  : Variation de la vitesse angulaire (rad/s)

$C_n$  : Couple nominal,

$C_m$  : Couple d'accrochage,

$C_M$  : Couple maximal,

$C_d$  : Couple démarrage,

S3 : service de type S3

$P_e$  : puissance équivalente

IP : indice de protection

# INTRODUCTION GENERALE

### **Introduction générale :**

Nous rencontrons les appareils de manutention à tous les niveaux des activités économiques, tant industrielles que commerciales, présents lors des phases transitoires des cycles d'élaboration des matériaux et des produits. Ils sont également des compléments incontournables lors des opérations de transport. De ce fait, ils sont extrêmement variés suivant les matériaux et les produits à déplacer et le mode de déplacement choisi.

Parmi ces appareils, on trouve les convoyeurs et tables pivotantes qui sont des mécanismes ou machines qui permettent le transport d'une charge isolée (cartons, bacs, sacs, ...), ou de produit en vrac (terre, poudre, aliments...), d'un point A à un point B.

Au sein de l'usine "Générale Emballage", la majorité des convoyeurs et des tables pivotantes sont à rouleaux libres ou motorisés. C'est les mêmes modes de configuration pour notre système (table pivotante). La motorisation se fait par des moteurs électriques.

Le moteur électrique est l'un des objets techniques le plus indispensable et le plus fabriqué au monde. De quelques milligrammes aux milliers de tonnes. Il se trouve partout et fait tourner nos civilisations modernes au sens propre comme au sens figuré. Il a été l'étape indispensable vers la spécialisation et la technologie de pointe qui s'affinent toujours dans nos sociétés actuelles.

Les machines électriques tournantes sont, par définition, des convertisseurs d'énergie. Lorsqu'elles transforment de l'énergie électrique en énergie mécanique, on dit qu'elles fonctionnent en moteur. En revanche, si elles transforment l'énergie mécanique apportée par une autre machine en énergie électrique, on dit qu'elles fonctionnent en génératrice.

Toutefois l'utilisation de ces machines nécessite une protection pour l'utilisateur et le matériel à cause des fluctuations du réseau et la détérioration du matériel après usage, qui peut conduire à de dangereuses situations. C'est là le rôle de l'appareillage électrique de protection.

L'appareillage électrique est l'ensemble du matériel nécessaire pour commander et contrôler l'alimentation électrique des dispositifs de conversion d'énergie tels que les moteurs ou autres machines.

Avec le développement des techniques de commande au 20<sup>ème</sup> siècle, sont apparus les systèmes commandés qui ont trouvé leurs racines lorsque l'homme a commencé à penser, concevoir et réaliser. Lorsqu'il a fallu multiplier le nombre d'objets fabriqués, produire en plus grand nombre, l'automatisation des tâches est alors apparue : remplacer l'homme dans des actions pénibles, délicates ou répétitives. Le développement des connaissances, et des outils mathématiques, ont conduit à un formidable essor des systèmes commandés, et des systèmes asservis.

Mais au fait qu'est-ce qu'un système ? Bien difficile de répondre à une telle question! Notre point de vue porte sur les systèmes de production et les systèmes pluri-techniques en général, nous pouvons néanmoins en donner une définition plus large.

Système : toute structure dont la fonction globale est de conférer une valeur ajoutée à un ensemble de matières d'œuvre, dans un contexte donné.

Notre système auquel nous proposons la motorisation inclut tous les mécanismes évoqués précédemment, qui une fois mis en œuvre effectueront une manutention de piles de cartons selon un schéma préfiguré et prédéterminé par l'usine.

Ainsi, le présent manuscrit est structuré en quatre chapitres principaux ;

- Le premier chapitre présente l'entreprise d'accueil et décrit le processus actuel ;
- Le second chapitre donne des généralités sur les éléments technologiques à utiliser pour la réalisation de la motorisation ;
- le troisième chapitre traite les méthodes d'analyse fonctionnelles et apporte les solutions techniques en vue de cette motorisation ;
- le quatrième chapitre est consacré au dimensionnement des moteurs nécessaires à la motorisation.



CHAPITRE :

**DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT  
DU SYSTEME ACTUEL**

## Introduction

Dans le présent chapitre, nous commencerons par la présentation de l'entreprise d'accueil Générale Emballage Bejaia en donnant un aperçu de son historique, sa zone d'implantation, ses infrastructures et d'édification ainsi que l'estimation et objets et de sa capacité de production. Par la suite, une description du fonctionnement du système actuel est nécessaire afin de donner la problématique et d'élaborer le cahier des charges.

### .1. Présentation de Général Emballage Spa [1]

#### Raison sociale :

Général Emballage est une société par action au capital de deux (02) milliards de Dinars Algériens. Son activité principale est la fabrication et la transformation du carton ondulé. L'entreprise dispose actuellement d'un siège social et de deux unités de production implantées à Akbou, Oran Et Sétif.

#### Localisation :

La Spa Général Emballage est implantée au niveau de la Zone d'Activité de Taharacht, située à 2.5 kms au Nord-est du chef-lieu de la commune d'Akbou. D'une superficie de 24Ha, elle est un véritable carrefour économique vue le nombre d'unités industrielles qui exercent dans différent domaines.



Figure .1 : Zone d'implantation Général Emballage

Les installations de la société occupent une assiette foncière d'une superficie de 25 175,00 m<sup>2</sup> les limites de la société sont les suivantes :

- Au Nord : lot inoccupé.
- Au Sud : projet d'une unité industrielle.
- A l'Ouest : chemin de servitude interne de la zone.
- A l'Est : Oued Tifrit.

Le site est accessible à partir de la R.N.26 (pont d'Oued Tifrit) sur une longueur de 1,5 Km, en empruntant le C.W.141, menant vers Seddouk.

### **Historique**

Suite à la nouvelle politique économique adoptée par l'Algérie et qui encourage les investissements dans l'industrie, plusieurs entreprises privées sont nées, Général Emballage est l'une d'elles.

Cette société de nature juridique Sarl a été créée le 01 aout 2000 par décision APSI N°13051 du 06 juin 1998 à la zone d'activités Taharacht, Akbou, Bejaia par Monsieur Mohand et Ramdane BATOUCHE avec un capital social de départ de 32 millions de dinars algériens. Les travaux de construction de bâtiment ont débuté en aout de la même année et ont été réalisés par des entreprises algériennes. En 2002, les équipements de fabrication importés d'Espagne furent installés, la société qui a commencé à fabriquer ses premiers produits en juin de la même année c'est-à-dire 2002.

Le capital de l'entreprise a été porté à 70 millions de dinar algérien en 2005, puis à 150 millions de dinars algériens en 2006 et ensuite 1 023 200 000,00 DA en 2007.

L'assemblée générale des actionnaires de la société tenue en date du 03 juin 2009 a décidé de modifier la société en société par action (SPA) et à augmenter le capital par l'intégration de deux nouveaux associés (MAGHREB PRIVATE EQUITY FUND II « Cyprus II » LP et MAGHREB PRIVATE EQUITY II « Mauritius » PCC) pour le porter à 1 823 200 000,00 DA, comme elle a décidé d'autoriser Monsieur Ramdane BATOUCHE à céder trois parts sociales lui appartenant à Mesdames Samia, Ourida et Lynda BATOUCHE.

Le capital de SPA Général Emballage a été porté à deux (02) milliards de dinars algérien par conversion du compte courant associés suite à la résolution N°02 de l'Assemblée Générale extraordinaire tenue le 30 juin 2009.

### **Activité principale**

Fabrication et Transformation du Carton Ondulé.

### **Mission :**

La mission de Général Emballage est de satisfaire sa clientèle de plus en plus exigeante en matière d'Emballage et de plaques en carton ondulé.

Parmi ces produits fabriqués on trouve :

- Plaque de carton ondulé.
- Caisse à fond automatique.
- Caisse télescopique.
- Barquette à découpe spéciale.

### **Estimation et objets :**

Les moyens utilisés permettent de faire face à la demande actuelle, afin d'augmenter ses parts de marché, répondre dans les délais à la demande de plus en plus croissante et augmenter ses capacités de production, pour cela la SPA a entrepris des négociations pour l'acquisition d'une nouvelle ligne de transformation et pour l'extension de l'espace de stockage des matières premières et des produits finis.

### **Capacité de Production de la Spa Général Emballage :**

En 2008 général emballage a acquit deux nouvelles usines de transformation ; une à Sétif au mois de juin et une autre à Oran au mois d'avril. Les équipements de l'entreprise sont :

2002 : une ligne onduleuse et une de transformation TECASA 2800A.

2004 : une ligne de transformation TECASA 2400.

2005 : une ligne de transformation TECASA 2800B et deux platines à porte feuilles.

2006 : une ligne synchronisée (impression et découpe à plat ; CAVIFES/TMZ)

Une AUTO PLATINE BOBST  
Une AUTO PLATINE COBRA.

2007 : Une PLIEUSE COLLEUSE

Une ligne MARTIN 924 MEDELINE au mois de juin.  
Une ligne de transformation TECASA 2400 à Sétif  
Deux lignes SPO de BOOST 3 couleurs fin 2007 l'une a Sétif et l'autre à Oran.  
Martin Flexo Folder Gluer 924 Fineprinting.

2011: Martin Flexo Folder Gluer 618 Quatro  
Presse imprimeuse Master Flex-L  
Presse Auto Platine Master Cut-2.1

2012 : Ligne Onduleuse Complete 2500mm

### **Organisation de la Spa Général Emballage :**

L'entreprise a adopté une démarche marketing et commerciale, où toutes sont focalisées autour de la demande ; c'est-à-dire la satisfaction et la fidélisation de la clientèle en recherchant l'excellence de la qualité des produits.

La société est composée actuellement de sept directions et trois départements :

- Direction générale.
- Direction d'usine Sétif.
- Direction d'usine Oran.
- Direction maintenance.
- Direction commerciale.
- Direction finance et comptabilité.
- Direction des ressources humaines.
- Département technique.
- Département production.
- Département approvisionnement.

## .2 Description du fonctionnement du système actuel

Un convoyeur à rouleaux libres, en acier, délivre des piles de cartons successivement en direction d'une table pivotante manuellement actionnée telle que démontré dans la Figure .2. Le mode de fonctionnement actuelle consiste à ce que l'opérateur attend l'arrivée des piles de carton à la limite de la surface du système, puis dans un second temps, il exerce une poussée pour attirer les piles vers la table et arrête leurs mouvement lorsque elles sont positionné d'une manière adéquate, à ce moment-là, il fait pivoté la table sur 90°. Enfin, il exerce une autre poussé pour évacuer les piles de cartons vers une navette de manutention et remet la table en position d'attente.



**Figure .2 :** Vue de face de la table pivotante.

La table est montée sur un axe de support qui comporte des dentures tout au long de son contour (Figure .3).



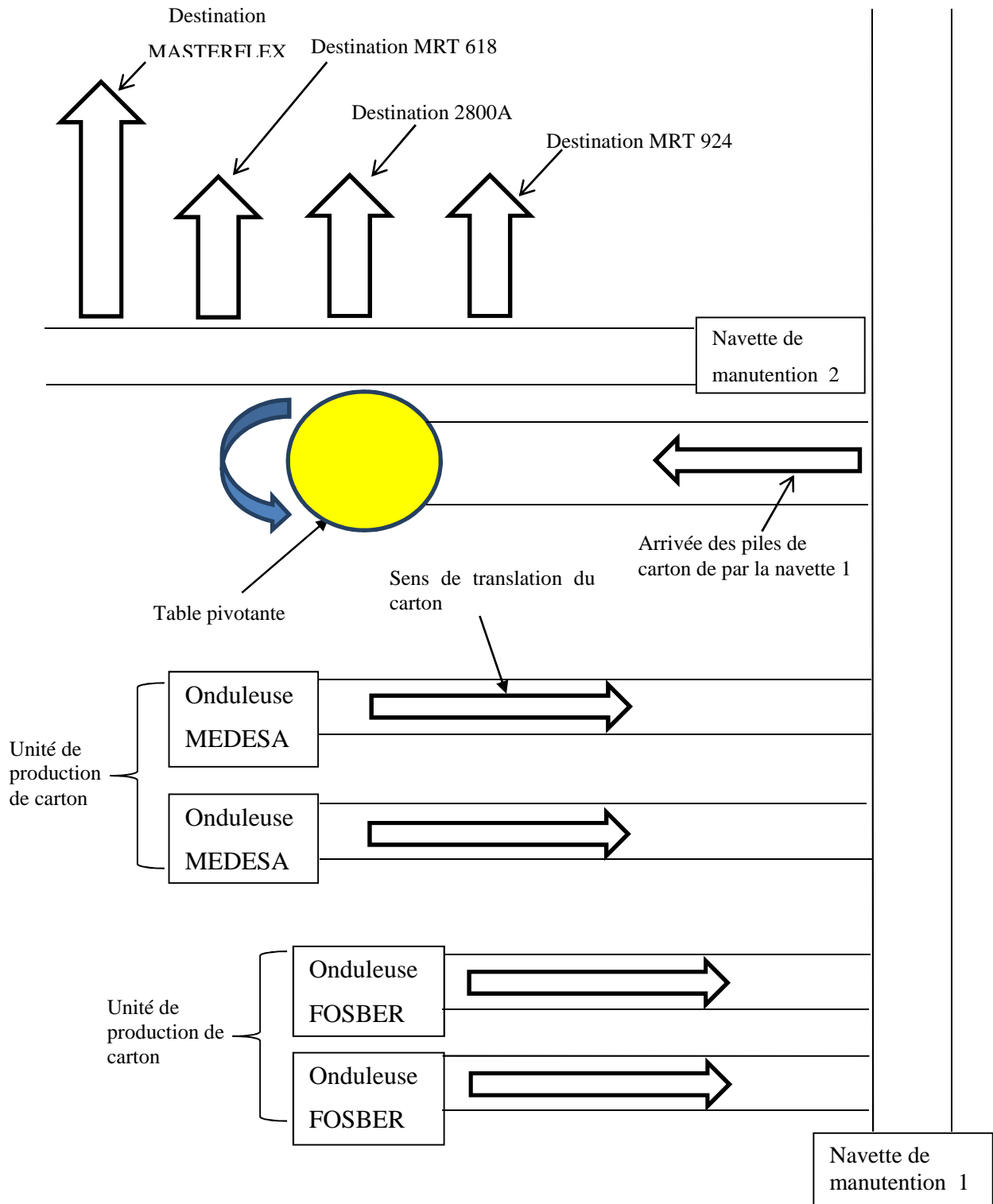
**Figure .3** Vue de l'axe de support de la table comportant des dentures.

La table est munie à sa surface de réception, de rouleaux en acier auxquels on a joint des pignons dans la perspective d'un entrainement machines par transmission de mouvement par un motoréducteur (Figure .4).



**Figure .4** : Rouleaux en Acier comportant des pignons

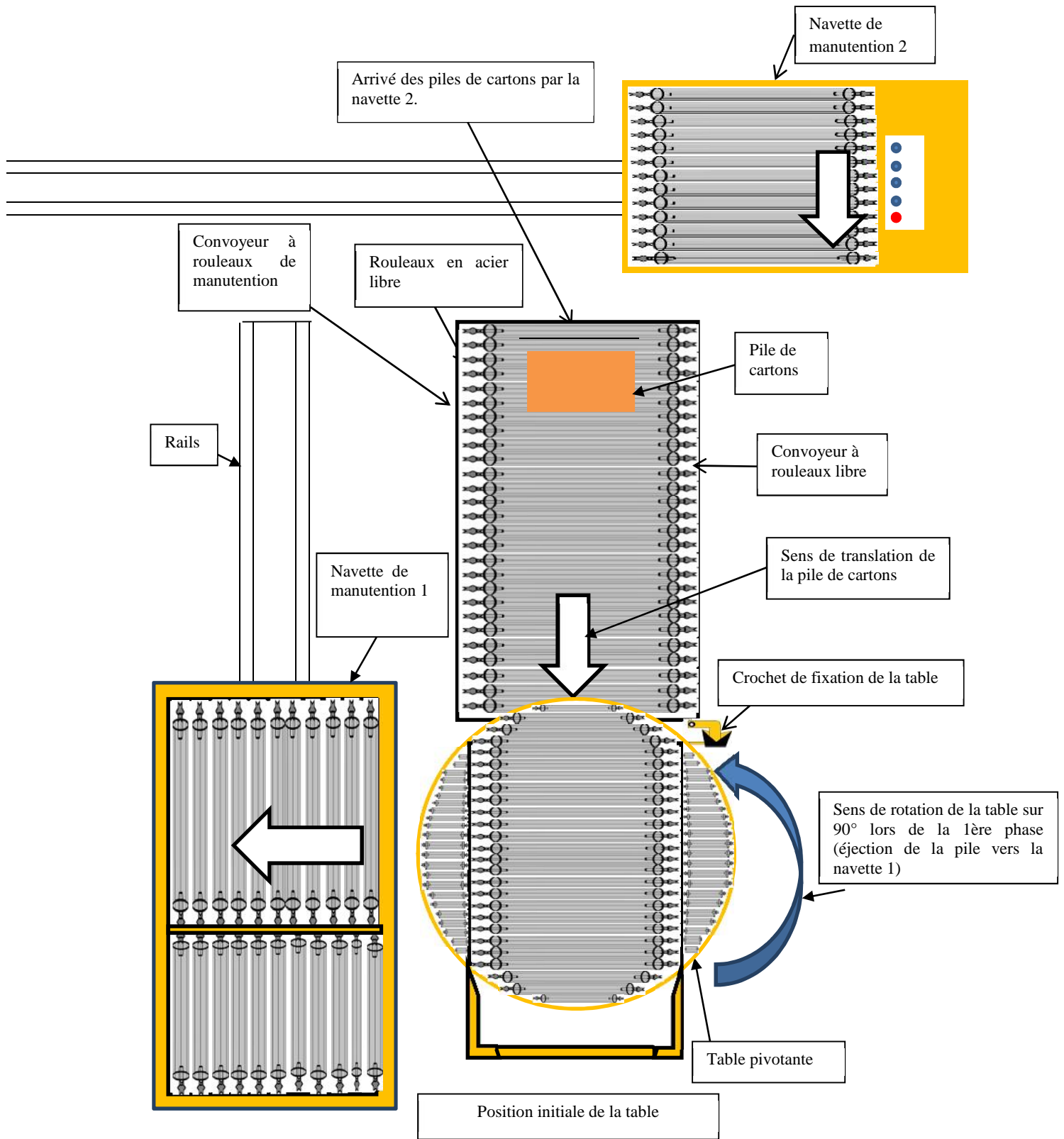
**.2.1 Schéma démonstratif de la position de la table dans le processus de fabrication du carton.**



**Figure .5 :** Position de la table dans le process de fabrication et de la manutention du carton au sein de l’entreprise General Emballage.



**.2.2 Description Schématique du fonctionnement du système**



**Figure .6** Schéma de description du fonctionnement à l'état manuel.

### **.3 Problématique et élaboration du cahier des charges**

#### **Problématique :**

Le système actuel présente certains inconvénients, à savoir :

- Tache fatigante pour les opérateurs,
- Risque d'accident de travail,
- Productivité limitée (long procédé, processus répétitif et risque de manque d'effectifs),
- Le travail est moyennement organisé.

#### **Elaboration du cahier des charges :**

Notre problématique s'agit de motoriser et de commander à travers un pupitre de commande une table circulaire, qui sert à la réorientation des piles de carton vers une navette de manutention qui procèdera à la distribution des piles de carton vers les différentes destinations, selon les besoins de la production et du cahier des charges de la commande des clients. A cet effet, et à fin de réaliser ce processus, la motorisation et la commande de ce système doit assurer la tâche suivante :

#### **1. Conditions générales**

- Le système va fonctionner avec une source d'énergie électrique triphasé 380 V ,50 Hz.
- Un opérateur va sélectionner les opérations et les démarches de fonctionnement du système depuis un pupitre de commande.
- Assurer la sécurité des personnes et du matériel.

#### **2. Charge/décharge des piles de carton**

- Charge maximale des piles 800 kg,
- Un opérateur commande la rotation des rouleaux depuis un pupitre CMD,
- La rotation des rouleaux sera dans deux sens opposés,
- Prévoir la sécurité des personnes, matériels et fonctionnement par exemple : durée maximale de rotation est 20 secondes puis arrêt moteur.

### **3. Rotation de la table**

- Charge maximale des piles de carton et de la table 1400 Kg ;
- Un opérateur commande la rotation de la table depuis le pupitre de CMD ;
- La rotation de la table sera dans deux sens opposés ;
- Prévoir une sécurité des personnes, matériels, et fonctionnement ;
- La table tourne sur un angle maximal de 90°.

### **4-Pupitre de commande**

- Boutons poussoirs et commutateurs servent à activer les différents modes de fonctionnement ;
- Signalisation (témoins lumineux) indiquant l'état de l'équipement ;
- Bouton d'arrêt et d'urgence.

#### **.4 Conclusion**

D'après le schéma de position de la table dans le process de fabrication et de la manutention du carton au sein de l'entreprise General Emballage (Figure .5), on constate que la table joue un rôle important dans l'orientation des piles de carton vers les différentes destinations, selon les besoins de la production.

On remarque qu'un fonctionnement manuel de la table n'est pas très envisageable et rentable pour l'entreprise car il présente tellement d'inconvénient : tâche fatigante sur les opérateurs, risque d'accident de travail, productivité limité...

C'est ce qui nous mène à élaborer un cahier des charges remédiant aux insuffisances de ce système en le motorisons.

Dans la suite de l'élaboration de notre projet nous allons faire une étude plus précise sur la motorisation de la table pivotante et le dimensionnement adéquat des différents moteurs et appareillages qui sont indispensables pour la réalisation de ce système. Tout en faisant une étude du fonctionnement on se basant sur un cahier des charges exigé par l'entreprise.

Par la suite on procédera à l'élaboration des schémas électriques de câblage puis à la partie simulation qui sert à faire apparaître les différents défauts qui peuvent survenir lors de la réalisation du système.

CHAPITRE :

**GENERALITES SUR LES  
ENTRAINEMENTS ELECTRIQUES**

## **Introduction**

La révolution industrielle s'est caractérisée par le passage d'une société à dominance agricole et artisanale à une société commerciale et industrielle dont l'idéologie est technicienne et rationaliste ce qui a permis l'essor de progrès sur tous les plans.

Un gigantesque bouleversement allait bientôt survenir, qui allait avoir de grande retombées sur l'instant comme dans la durée et aussi bien pour l'industrie que pour le particulier : L'invention de la production en chaîne fut sans aucun doute parmi eux.

Cette nouvelle vision de l'industrie moderne allez sans aucun doute par nécessité systématique mettre à rude épreuve la capacité de l'homme a optimisé le rendement de ces nouvelles structures, on propose la définition de certain composant omniprésent dans l'industrie, dont l'invention a été induite par ce boum technologique.

### **.1 Motorisation**

Action de motoriser : fait d'être motorisé. Ensemble des caractéristiques de puissance et de couple moteur d'un moteur équipant un véhicule donné.

les moteurs électriques sont des dispositifs électromécaniques basés sur l'électromagnétisme permettant la conversion d'énergie électrique en travail ou énergie mécanique.

Les moteurs électriques sont de nos jours, à l'exception des dispositifs d'éclairage, les récepteurs les plus nombreux dans les industries et les installations tertiaires. Leur fonction, de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique, leur donne une importance économique toute particulière qui fait qu'aucun concepteur d'installation ou de machine, Aucun installateur et aucun exploitant ne peut les ignorer [2].

Depuis une dizaine d'années, les appareils de motorisation ont évolué grâce à l'application des techniques modernes d'électronique qui ont permis de concevoir des systèmes fiables et parfaitement adaptés aux normes de sécurité en vigueur [3].

## .1.1 Principe de fonctionnement des machines électriques tournantes.

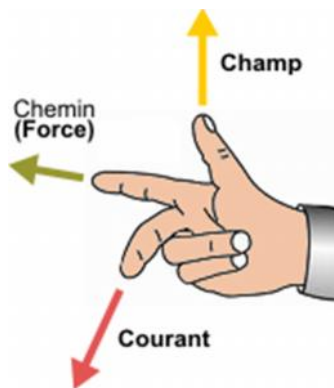
### .1.1.1 Principe des machines à courant continu.

Une machine à courant continu est une machine électrique. Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique ; selon la source d'énergie.

Toutes les machines à courant continu devant débité (génératrice) ou recevoir (moteur) un courant d'une intensité appréciable sont :

- électromagnétique.
- inducteur fixe et induit tournant.
- hétéro-polaires.

Le bobinage de l'induit tournant dans le flux fixe produit par l'inducteur est le siège de la FEM alternatif. La Figure .1 illustre les différentes grandeurs nécessaire pour provoquer un mouvement rotatif.



**Figure .1 :** Représentation des différentes directions de champ, courant et force par la main

L'artifice du collecteur permet, à chaque instant, d'additionner toutes les FEM de même signe et d'obtenir une FEM continue pratiquement constante [3].

La machine à courant continu bien qu'elle soulève des problèmes physiques délicats. N'est-elle pas une machine à forces électromagnétique non sinusoïdale suivie d'un redresseur mécanique ? Mais on peut la traiter sans tenir compte de l'aspect alternatif des FEM et des courants interne, ce qui facilite l'exposé des phénomènes physiques rencontrés dans toutes les machines électromagnétiques [3].

### .1.1.2 Principe des machines à courant alternatif.

Toutes les machines tournantes utilisées en alternatif sont formées de deux armatures magnétique, coaxiale, séparées par un entrefer.

L'armature fixe ou "stator" présente une surface interne cylindrique. L'enroulement est placé dans des encoches taillées suivant les génératrices de ce cylindre.

L'armature mobile ou rotor peut être également cylindrique et porte un bobinage réparti dans des encoches ou présente des pole saillants comme l'inducteur des machines à courant continu [3].

Dans les machines électriques à courant alternatif (synchrone et asynchrone), le couple électromagnétique est dû à l'interaction de deux champs magnétiques tournants, le champ tournant créé par le courant circulant dans l'enroulement rotorique et le champ tournant produit par les courants sinusoïdaux qui parcourent les enroulements du stator.



**Figure .2 :** Moteur asynchrone avec réducteur entrainant un convoyeur à bande



**.1.2 Comparatif des différents moteurs**

<b>Moteur</b>	<b>Domaine d'application</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Moteur Électrique asynchrone	-Ce genre de moteur électrique est utilisé sur des machines-outils tels que des nettoyeurs à haute pression.	-Il a la particularité d'être robuste et Simple, demande peu d'entretien. -sa simplicité de construction, sa standardisation -sa gamme de puissance peut aller de quelques centaines de watts à plusieurs milliers de kilowatts. -Démarrage direct sur le réseau (grand couple de démarrage).	-dépendance entre le courant et la charge. -pointe de courant au démarrage. -Pour les moteurs de moyenne et grande puissance, le temps de démarrage est long (inertie), il faut gérer la pointe de courant de démarrage égale 6 à 8 fois le courant nominal. -Le $\cos \phi$ à vide est très faible (non réglable) rendement moins bon (0.9 pour gros moteurs) [4].
Moteur Électrique synchrone	-Grace aux qualités techniques précédentes, on s'est intéressé beaucoup au MSAP en plusieurs Secteurs: servomoteur, transports terrestres (ferroviaire), systèmes embarqués, énergie éolienne, et dans des applications domestiques.	-robustesse, faible inertie, couple massique élevé, rendement élevé, vitesse maximale supérieure et faible cout d'entretien. -les aimants permanents présentent des avantages indéniables : d'une part, le flux inducteur est créé sans pertes d'excitation et d'autre part, l'utilisation de ces matériaux va permettre de s'écarter notablement des contraintes usuelles de dimensionnement des machines et donc d'accroître la puissance massique de façon significative [5].	-demande un entretien des bagues. -Si on demande trop de couple à un moteur synchrone, il décroche. Le couple chute alors à zéro. Ne permet pas un démarrage en direct sur le réseau sauf pour les moteurs auto-synchrones hybrides, ils possèdent une cage d'écureuil qui permet d'atteindre la vitesse synchrone à vide [4].

Moteur Électrique à Courant continu	-Dans les applications automobiles, dans des applications de faible puissance utilisant des batteries (Moteur de jouet) ou encore pour la traction électrique [6].	-L'avantage du MCC est de pouvoir facilement régler la vitesse de rotation	-Le principal problème de ces moteurs vient de la liaison entre les balais, ou « charbons ».
Moteur Électrique Universel	-Ce genre de moteur électrique est utilisé sur de petits et moyens électroménagers, perceuses, aspirateurs et outillages électroportatifs de faible puissance.	-Coûts de fabrication très faibles.  -Grande facilité de variation de vitesse.	-Mauvais rendement (de 20 % à 40 %). Usure des balais alimentant le rotor, Les ruptures de contact successives, inhérentes au fonctionnement de l'ensemble balais-collecteur.
Moteur pas à pas	-Ce type de moteur est très courant dans tous les dispositifs où l'on souhaite faire un contrôle de vitesse ou de position en boucle ouverte, typiquement dans les systèmes de positionnement. -imprimantes et les lecteurs CD. - horlogerie (moteurs de type Lavet ou variantes, monophasés à aimants) - péri-informatique.	-Rotation constante pour chaque commande (précision meilleure que 5% d'un pas). -Existence de couple à l'arrêt. -Contrôle de la position, de la vitesse et synchronisation de plusieurs moteurs (pas de besoin de contre-réaction). -Moteur sans balais.	-Plus difficile à faire fonctionner qu'un moteur à courant continu. -Vitesse et couple relativement faible. -Couple décroissant rapidement lorsque la vitesse augmente.

**Tableau** : Comparatif des différents moteurs

### .1.3 Le choix du moteur à utiliser

Parmi tous les types de moteurs existants, les moteurs asynchrones triphasés notamment les moteurs à cage sont les plus utilisés dans l'industrie et au-delà d'une certaine puissance dans les applications du bâtiment tertiaire. De plus, bien que leur commande par des équipements à contacteurs soit parfaitement adaptée pour un grand nombre d'applications, l'emploi des matériels électroniques en constante progression élargit leur champ d'application. C'est le cas pour contrôler le démarrage et l'arrêt avec les démarreurs-ralentisseurs progressifs, comment lorsqu'un réglage précis de la vitesse est également nécessaire avec les variateurs-régulateurs de vitesse.

Toutefois, les moteurs asynchrones à bagues sont utilisés pour certaines applications de forte puissance dans l'industrie et les moteurs asynchrones monophasés restent adaptés pour des applications de puissances limitées plutôt pour les applications du bâtiment.

Après une présentation des divers types de moteurs électriques et de leur principe de fonctionnement, en détaillant la technique et les particularités d'emploi de chacun, notamment les principaux dispositifs de démarrage, le réglage de vitesse et le freinage qui leur sont associés. Il est une base de connaissance minimale pour bien comprendre toute la problématique que représentent le pilotage et la protection des moteurs. A partir de ce point de vue, le moteur asynchrone à cause de sa standardisation et sa simplicité de commande est le choix le plus adapté à notre application

### .2 Les variateurs de vitesse

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

En effet, la plupart des moteurs tournent à vitesse constante. Pour moduler la vitesse des équipements de procédé, on a longtemps eu recours à divers dispositifs mécaniques.

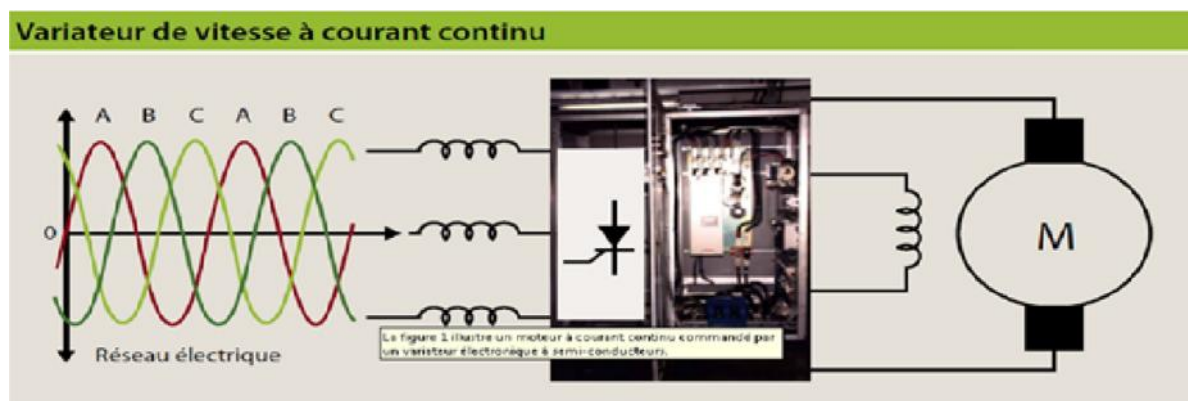
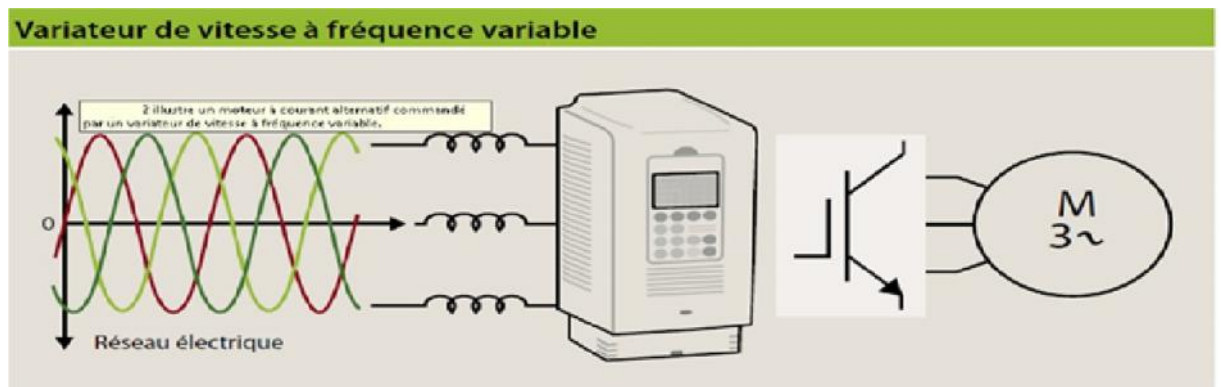


Figure .3 : Variateur de vitesse à CC

Pour les procédés industriels exigeant une régulation précise de la vitesse, on a d'abord utilisé des moteurs à courant continu (CC) commandés par des variateurs électroniques à semi-conducteurs. Cette technique consistait à faire varier la vitesse proportionnellement à la tension. Étant donné la complexité de l'entretien des moteurs à courant continu, les applications récentes n'utilisent que rarement ce système.

Dans les premiers variateurs de vitesse électroniques à courant continu, le dispositif de commande utilisé était le thyristor, un dispositif vulnérable aux perturbations du réseau électrique.

Depuis, l'électronique de puissance a fait des progrès considérables et on installe de plus en plus des variateurs de vitesse à fréquence variable avec des moteurs à courant alternatif. Ces variateurs de vitesse exploitent le plus souvent la modulation de largeur d'impulsion (MLI) et les transistors bipolaires à grille isolée (IGBT).

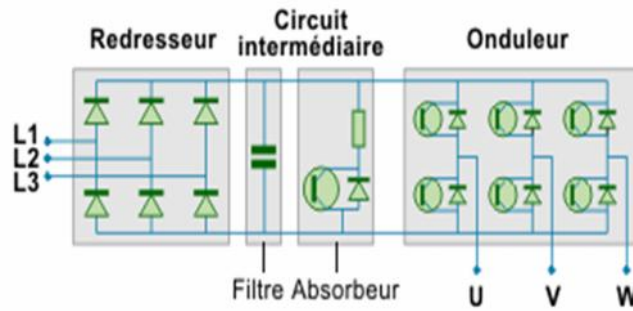


**Figure .4 :** Variateur de vitesse à fréquence variable

### .2.1 Principe de base des variateurs de vitesse

Cette technologie, devenue fiable, part toujours du même principe : à partir d'une source, la plupart du temps triphasée alternative, le variateur de vitesse va recréer en sortie :

- Une tension triphasée variable en fréquence et en amplitude pour les moteurs à courant alternatif.
- Une tension continue variable en amplitude pour les moteurs à courant continu.



**Figure .5 :** Principe de base d'un variateur de vitesse

Le variateur de vitesse est composé essentiellement :

- d'un redresseur qui, connecté à une alimentation triphasée (le réseau), génère une tension continue à ondulation résiduelle (le signal n'est pas parfaitement continu). Le redresseur peut être de type commandé ou pas.
- d'un circuit intermédiaire agissant principalement sur le "lissage" de la tension de sortie du redresseur (améliore la composante continue). Le circuit intermédiaire peut aussi servir de dissipateur d'énergie lorsque le moteur devient générateur,
- d'un onduleur qui engendre le signal de puissance à tension et/ou fréquence variables,
- d'une électronique de commande pilotant (transmission et réception des signaux) le redresseur, le circuit intermédiaire et l'onduleur.

Le variateur de vitesse est principalement caractérisé selon la séquence de commutation qui commande la tension d'alimentation du moteur. On a :

- les variateurs à source de courant (CSI),
- les variateurs à modulation d'impulsions en amplitude (PAM),
- les variateurs à modulation de largeur d'impulsion (PWM/VVC).

## **.2.2 La variation et la régulation de vitesse**

Parmi les fonctionnements classiques des variateurs de vitesse, on distingue la variation de vitesse proprement dite où la vitesse du moteur est définie par une consigne d'entrée (tension ou courant) sans tenir compte de la valeur réelle de la vitesse du moteur qui peut varier en fonction de la charge, de la tension d'alimentation, ... On est en boucle "ouverte" (pas de feedback).

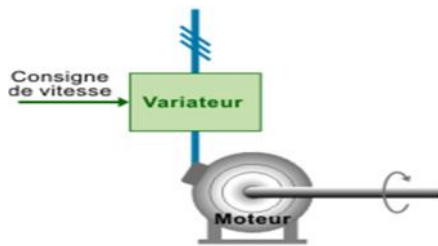


Figure 6 : Boucle fermée

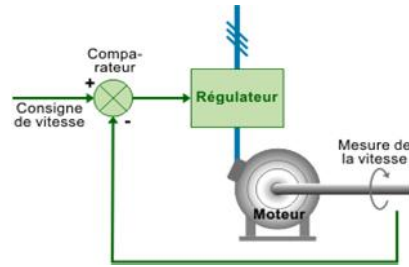


Figure 7 : Boucle ouverte

La régulation de vitesse où la consigne de la vitesse du moteur est corrigée en fonction d'une mesure réelle de la vitesse à l'arbre du moteur introduite dans un comparateur. La consigne et la valeur réelle de la vitesse sont comparées, la différence éventuelle étant corrigée. On est en boucle "fermée".

### .3 Définition de la manutention

Le mot manutention signifie, pour la plupart des gens, un déplacement d'objet [7]. C'est pourquoi nous proposons cette définition simple : « la manutention continue est le moyen de traiter des flux suivant un trajet prédéterminé ». Ce trajet peut être plus ou moins complexe pour résoudre les différentes fonctions : réception, stockage, production, préparation de commandes... d'un entrepôt, d'une usine, etc. En outre, il faut aussi distinguer la manutention continue de produits en vrac de celle relative aux charges isolées. Lorsque l'on en fait une analyse, on constate que la manutention continue est caractérisée par la nature des flux, la matérialisation des circuits et le déplacement des charges [7]. La manutention continue a beaucoup évolué sur le plan technique grâce à l'apport des appareils de commande et de l'informatique. Son impact dans les industries et les services est important, notamment au niveau de la productivité, de la qualité, de la sécurité et, par conséquent, sur les coûts de revient. C'est une composante substantielle de la logistique.

### .4 Généralités sur les convoyeurs

Le convoyeur est un dispositif mécanique de manutention qui permet le transport de charges.

## Déférents types de convoyeurs

### Convoyeur à rouleaux :

Ils sont utilisés pour le transport ou l'accumulation de produits suffisamment longs pour ne pas tomber entre deux rouleaux. Les colis à transporter doivent être également à fond plat et rigides.

Principe de fonctionnement :

Rouleaux munis de pignons entraînés par bracelets de chaînes (Figure .8).



**Figure .8 :** Convoyeur à rouleaux

### Convoyeur à bande :

Les convoyeurs à bande (Figure .9) sont caractérisés par le type de bande transporteuse utilisée (matériaux, texture, épaisseur) et par la position du groupe de motorisation (central ou en extrémité).



**Figure .9 :** Convoyeur à bande

Dans tous les cas, un convoyeur à bande se compose:

- d'un tambour de commande et de son moto réducteur
- d'un rouleau d'extrémité

- d'un châssis porteur avec une sole de glissement qui assure le soutien de la bande
- d'une bande transporteuse

On peut citer aussi d'autre type de convoyeur existant dans l'industrie telle que :

- Convoyeur à résonance,
- Convoyeur à chaînes,
- Convoyeur à pas de pèlerin,
- Convoyeur à vis sans fin,
- Convoyeurs à air.

### .5 Définition d'un système motorisé

Un système motorisé ou semi-automatique est un système réalisant des opérations et pour lequel l'homme n'intervient que dans la programmation du système et dans son réglage.

Les buts d'un système motorisé sont de réaliser des tâches complexes ou dangereuses pour l'homme, effectuer des tâches pénibles ou répétitives ou encore gagner en efficacité et en précision.

### .6 Définition d'un capteur

Par définition, un capteur est un dispositif électronique capable de transformer une grandeur physique, chimique, biologique... (mesurande) en une grandeur électrique, généralement une tension ou un courant (la figure présente le principe d'un capteur) [8].

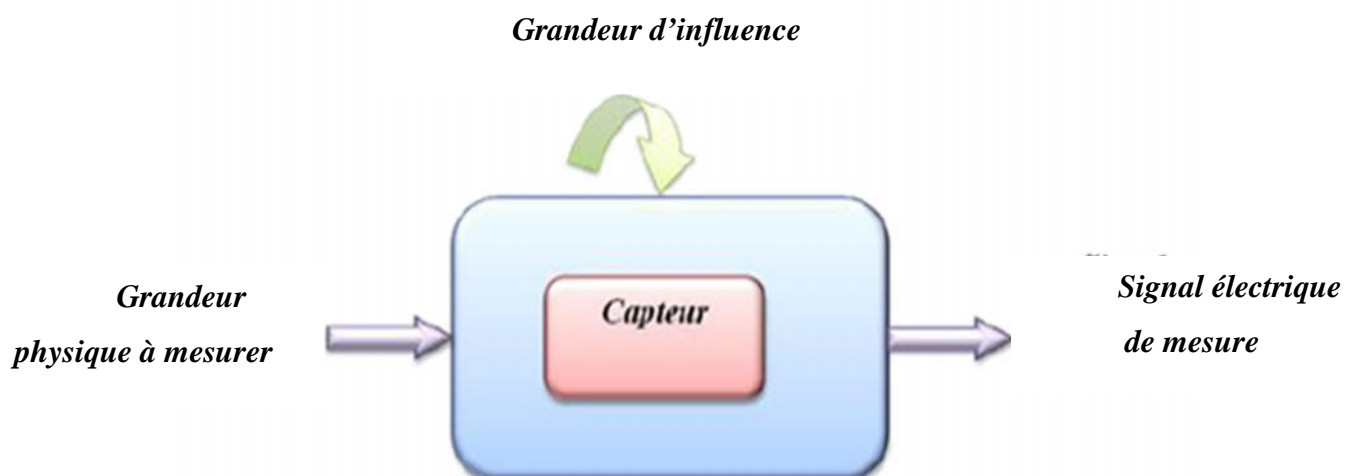


Figure .10 : Principe d'un capteur.



### .6.1 Familles des capteurs :

Plusieurs firmes de développement des composants industriels (FESTO, Schneider ...) présente une multitude de choix, d'où la diversité des familles des capteurs, chacun adapté a un type d'application, de mesure ou d'actionneur ...

La famille la plus fournie est celle des détecteurs de présence. Pour détecter la position d'un mobile ou mesurer son déplacement, on utilise principalement des codeurs optiques

#### Autres familles [9]

- capteur de vitesse ;
- capteur de température ;
- capteur de pression, pressostat ;
- capteur de débit ;
- capteur de force /couple ;
- capteur de vibration /acoustique...

### .6.2 Les détecteurs de présence par contact (ou action mécanique)

Ces capteurs sont aussi appelés «interrupteurs de protection». 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 nombreuse versions existent en fonction de l'usage prévu pour leur utilisation (nature des mouvements a prendre en compte ...). le signal de sortie est TOUT ou RIEN [9].

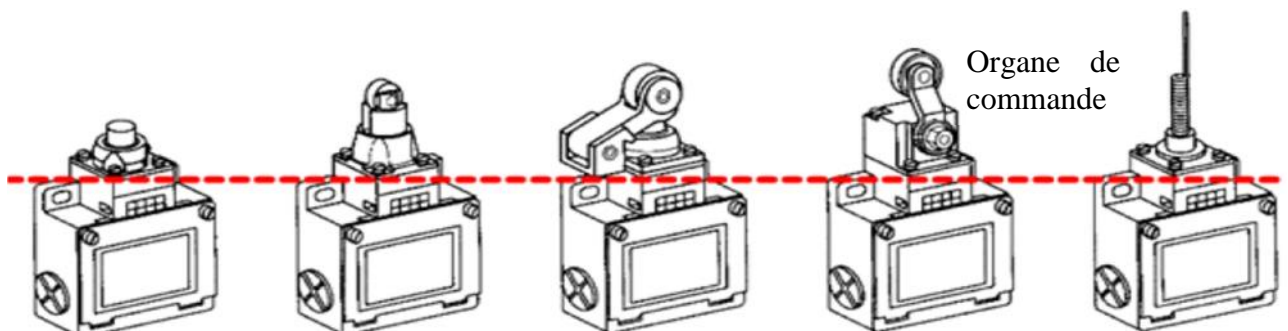


Figure .11 : Les différents détecteurs de présence par contact

## **.7 Définition et généralités sur l'appareillage électrique**

La parfaite maîtrise de l'énergie électrique exige la possession de tous les moyens nécessaire à la commande et au contrôle de la circulation du courant dans les innombrables circuits qui vont de la centrale de production jusqu'à la plus modeste utilisation terminale. Cette délicate mission incombe fondamentalement à l'appareillage électrique [10].

On a pu constater qu'il existe une grande variété de constituants d'appareillage, qui diffèrent par leur fonction, leur technologie, leurs caractéristiques individuelles d'emploi et leurs performances, pour les utiliser dans une application déterminée, il est nécessaire de regrouper ces constituants, convenablement sélectionnés dans des ensemble fonctionnels [11].

L'appareillage électrique a pour buts essentiels :

- de réaliser des connexions entre les circuits ;
- d'établir ou de couper le courant ;
- de protéger les personnes et matériels ;
- de régler, contrôler, mesurer les grandeurs électriques.

### **.7.1 Sectionneur [9]**

Toute intervention sur un équipement électrique doit se faire hors tension en l'isolant totalement dans son réseau d'alimentation. Le sectionneur permet de réaliser cette fonction.

Il est constitué :

- d'un bloc de 3 ou 4 pôles (contacte de puissance) permettant la coupure de chaque phase et éventuellement du neutre,
- d'un ou deux contacts auxiliaires de pré-coupure. Ce sont des dispositifs ajoutés,
- d'un dispositif de commande manuelle

#### **Rôle des contacts auxiliaires**

Le sectionneur étant actionné manuellement c'est un appareil (lent) qui ne doit jamais être manœuvré alors que le circuit est en charge. Le courant doit d'abord être interrompu par le contacteur du moteur.

Le contacte auxiliaire de pré-coupure s'ouvre un court instant avant les contacts de puissance. On le place dans le circuit dans le circuit de commande en série avec la bobine du contacteur.

Ainsi, si le sectionneur est manœuvré accidentellement, l'alimentation de la bobine du contacteur sera interrompue avant l'ouverture des pôles de puissance du sectionneur.



Figure .12 : Sectionneur

## .7.2 Contacteur

Le contacteur est un appareil mécanique de connexion ayant une seule position de repos et une seule position de travail.

• **Sa fonction** : Il est capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharges en service.

L'intérêt du contacteur est de pouvoir être commandé à distance.



Figure .13 : Contacteur

### .7.3 Disjoncteur magnétothermique

Les disjoncteurs magnétothermique assurent, en plus de la protection contre les court-circuit, une protection contre les surcharges à l'instar d'un relais thermique.

Ils remplacent, dans les circuits de départ moteur, l'association de fusible de classe aM (accompagnement moteur) et d'un relais thermique.

Lors d'une coupure du circuit, après correction de défaut le disjoncteur est réarmé manuellement et est prêt à fonctionner à nouveau.



**Figure .14 :** Disjoncteur magnétothermique

### Conclusion

En connaissant les différents éléments technologiques qui assurent le fonctionnement d'une tâche voulue, et en comprenant le principe de fonctionnement de ces derniers, le choix de la sélection des éléments à utiliser afin de réaliser la motorisation voulue, n'est qu'une question de réflexion au bonne solution technique répondant au cahier des charges, et assurant un rendement et un coup optimale, et c'est ce qui nous mène aux solutions techniques dans le «Chapitre » suivant.

CHAPITRE :

**METHODES D'ANALYSES ET  
SOLUTIONS TECHNIQUES**

## Introduction

Il est essentiel avant de commencer à traiter notre sujet à proprement dit, de prendre de la hauteur afin de saisir les multiples emboitements et nous situer dans un environnement de conception industriel très diversifié, ainsi, voir à quelle échelle notre étude interagit.

Le but ici, est précisément de révéler les caractéristiques fonctionnelles qui régissent notre système, avec des méthodes d'analyses pédagogiques, afin de prévoir une réalisation qui répond à notre cahier des charges cité précédemment, il est aussi nécessaire d'utiliser ces méthodes pour nous aider à élaborer un Schéma organisé et explicatif du fonctionnement du système voulu et aboutir à des solutions techniques convenables, puis dans un deuxième temps, le dépouiller de toute entrave qui pourrait altérer sa bonne mise en marche. Et c'est ce dont ce chapitre propose l'application sous le titre 'méthodes d'analyses et solutions techniques'.

### .1 Méthodes d'analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est une méthode d'analyse appliquée par les entreprises industrielles pour optimiser la conception ou la préconception de produits en s'appuyant sur les fonctions que doit réaliser le produit afin de satisfaire le besoin du client [12].

Elle va servir aussi à comprendre comment les fonctions des systèmes sont réalisées et à découper l'installation selon une logique fonctionnelle. Cette analyse repose sur une démarche déductive proche de celle du concepteur. Elle consiste à découper de plus en plus finement les fonctions en partant de celles de l'installation pour parvenir aux fonctions plus élémentaires remplies par les matériels [13].

Plusieurs techniques sont utilisables sachant que l'on part d'une installation connue, On peut proposer la méthode du GRAFCET ou les méthodes basées sur les flux.

Ces méthodes d'analyse basées sur les flux sont utiles pour comprendre le fonctionnement global de l'installation, ou découper les systèmes en utilisant une méthode arborescente comme la méthode FAST (*Functional Analysis System Technique*) ou la méthode SADT (structured analysis design and technique).

L'analyse par les flux consiste à représenter les transformations qui sont réalisées sur les flux de matière, d'énergie et d'information. Ces transformations permettent de délimiter les systèmes et d'identifier leurs fonctions essentielles.

Cette méthode, en restant proche de la physique des systèmes, est utile à la compréhension du fonctionnement. Elle peut s'avérer cependant difficile à utiliser pour traiter ensuite l'ensemble des systèmes [13].

### **.1.1 La méthode d'analyse SADT (Structured Analysis and Design Technic)**

La méthode SADT est utilisée dans la représentation graphique de conception (les solutions techniques qui permettent la réalisation du système sont déjà trouvées).

C'est un outil graphique associé à une méthode d'analyse descendante modulaire détaillée à volonté. On représente un modèle du système réel sous forme de modules et on introduit une hiérarchie entre les modules. On obtient une synthèse visuelle d'un projet décrit dans un langage commun. Cette méthode peut servir de guide de travail en équipe.

Cette méthode est surtout utilisée après la recherche de solutions. En fonction des solutions trouvées, vous aurez des représentations graphiques différentes. Il faut faire le choix d'une seule solution.

Le but est de communiquer entre les acteurs de la conception à la maintenance du futur produit. Même s'il existe différentes solutions, votre action consiste à trouver une formulation commune entre tous les membres du groupe de travail pour donner la vision du produit futur et que tous parlent le même langage. SADT est supporté par les logiciels informatiques [14].

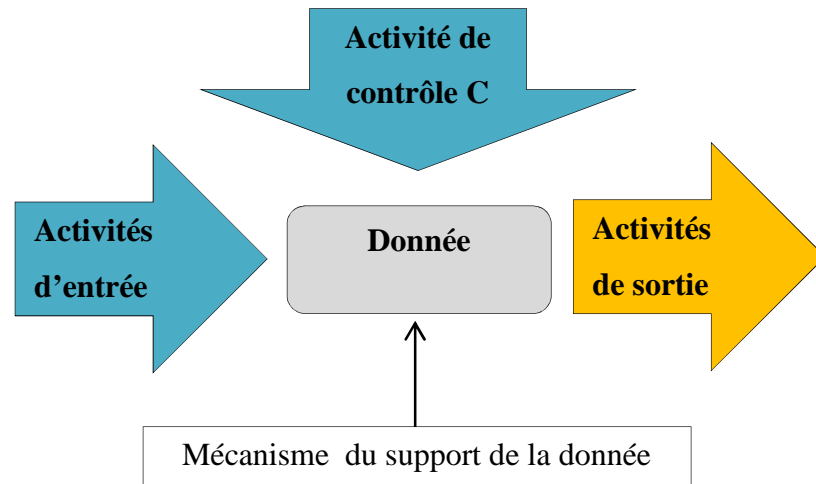
#### **Concepts de base**

Les concepts de base sont les suivants :

- modéliser pour comprendre ;
- discipliner la démarche d'analyse ;
- séparer le quoi du comment en restant au niveau fonctionnel ;
- modéliser la réalité en la décomposant en sous-ensembles ;
- choisir la forme graphique (datagramme ou actigramme) ;
- formaliser le graphique.

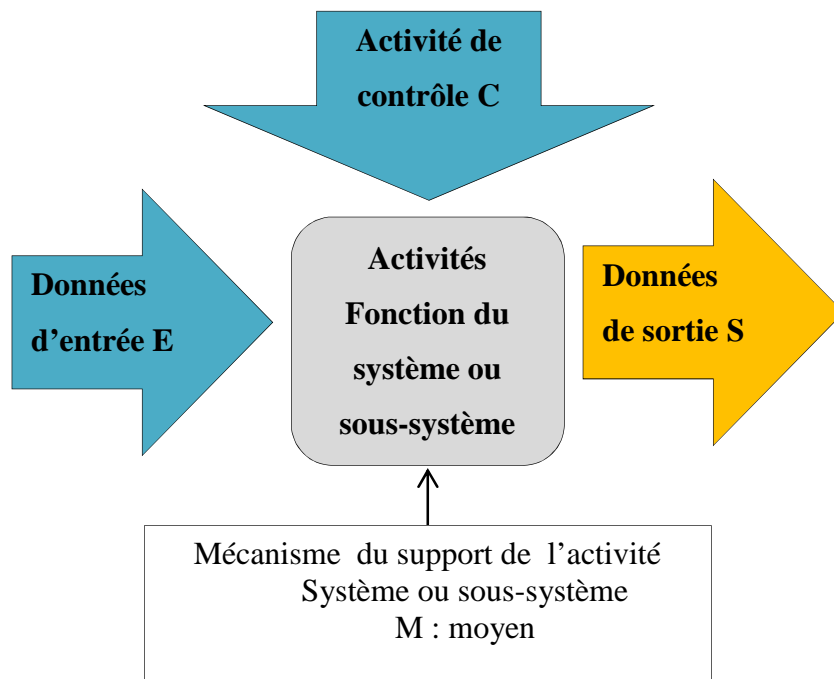
#### **Convention graphique**

- Datagramme : il est basé sur les données existantes dans le système ; celles-ci sont représentées par des rectangles, les activités qui les créent et les utilisent sont représentées par des flèches [14].



**Figure .1:** SADT datagramme

• Actigramme : il est basé sur les activités ou les fonctions du système ; ces dernières sont représentées par des rectangles, les données manipulées sont représentées par des flèches [14].



**Figure .2:** SADT Actigramme



**MECS (mécanismes, entrées, contrôles, sorties)**

- M : moyens ou mécanismes (matériel, logiciel, personnel...) ; c'est la réponse à la question « qui fait l'activité ? » ;
- E : entrées (matières, énergies, données, services...); c'est la réponse à « sur quoi porte ou agit l'activité ? » ;
- C : contrôles (données de contrôle : informations, dossiers, mesure...) ; ce sont les paramètres qui modulent et permettent l'activité ;
- S : sorties (voir les entrées) c'est la réponse à « que deviennent les entrées une fois l'activité exercée? » [14].

**Syntaxe**

La représentation descendante signifie représentation par emboîtement successif : du moins détaillé au plus détaillé.

- Fonction A-0 : le premier rectangle, ou boîte, représente la fonction principale du système.
- Décomposer (fonction A-0) entre 3 à 6 boîtes. Il est recommandé de ne pas aller au-delà. Les boîtes seront fonction A1, fonction A2,... fonction An.
- Les MECS de la boîte A-0 sont celles de la description A0 (A zéro).
- La décomposition peut être poursuivie par emboîtement successif jusqu'à un niveau détaillé jugé nécessaire par le groupe [14].

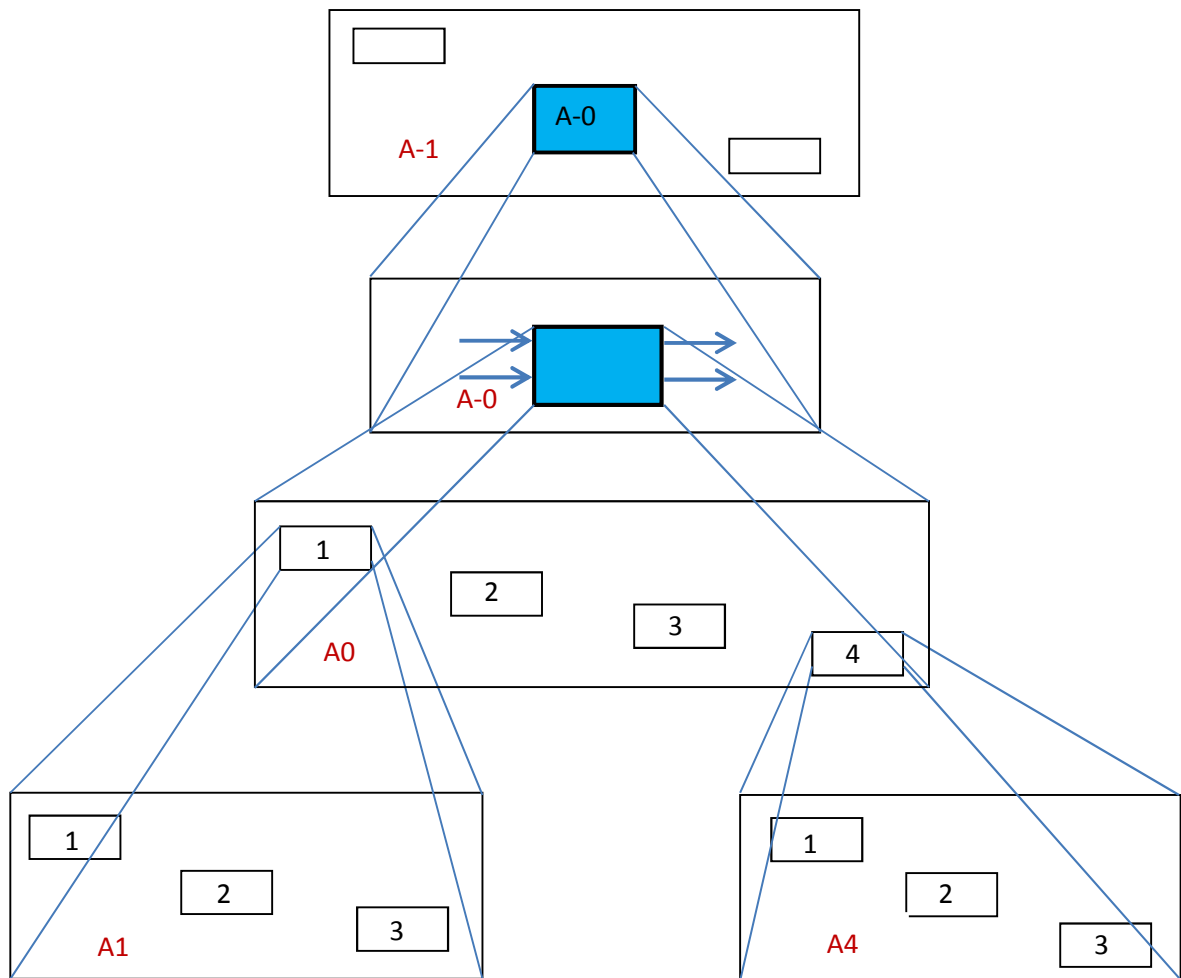


Figure 3: Schéma de principe

### .1.2 La méthode d'analyse FAST (*Functional Analysis System Technique*)

C'est un outil graphique répondant à une organisation logique des fonctions selon les réponses aux questions suivantes :

- Pourquoi ? : Pourquoi une fonction doit-elle être assurée ? On répond à cette question en ayant accès à une fonction technique d'ordre supérieur, et en lisant le diagramme de droite à gauche ;
- Comment ? : Comment cette fonction doit-elle être assurée ? On décompose la fonction et on peut lire la réponse en lisant le diagramme de gauche à droite ;
- Quand ? : Quand la fonction doit-elle être assurée? Il faut rechercher les simultanités représentées sur le graphe en lisant de haut en bas [15].

A partir de la liste de fonctions repérer, on identifie les fonctions qui s'appliquent à l'ensemble du produit et on les répertorie en marge du diagramme FAST.

L'utilisation des fonctions de service, qui représentent les fonctions principales du système, et les fonctions techniques permet d'établir le lien entre le besoin fondamental et l'architecture du produit.

En partant des fonctions qui sont la raison d'être du système, on descend, avec un niveau de détail croissant, vers les fonctions plus élémentaires qui résultent des choix technologiques faits par le concepteur. On réalise ainsi des « arbres fonctionnels » qui constituent un modèle de fonctionnement du système (chaque phase de fonctionnement du système peut donner lieu à une analyse fonctionnelle). Cette étape d'analyse fonctionnelle consiste en quelque sorte à reformuler les informations que l'on peut extraire des schémas mécaniques et des documents descriptifs du fonctionnement. Son premier intérêt est de permettre une recherche rationnelle et assez exhaustive des fonctions élémentaires au degré de finesse souhaité [13].

**Les conventions du graphique sont les suivantes :**

- les fonctions sont exprimées avec un verbe plus un complément
- les « boîtes » sont numérotées par niveau 0, 1, 2,...n, des fonctions d'ordre supérieur aux fonctions principales ;
- graphiquement, on distingue les liaisons « ou » de « et » :
  - o u : les deux fonctions « enfant » sont réalisées l'une ou l'autre, indépendamment l'une de l'autre,
  - et : les deux fonctions « enfant » sont réalisées l'une et l'autre, simultanément l'une grâce à l'autre ou inversement [15].

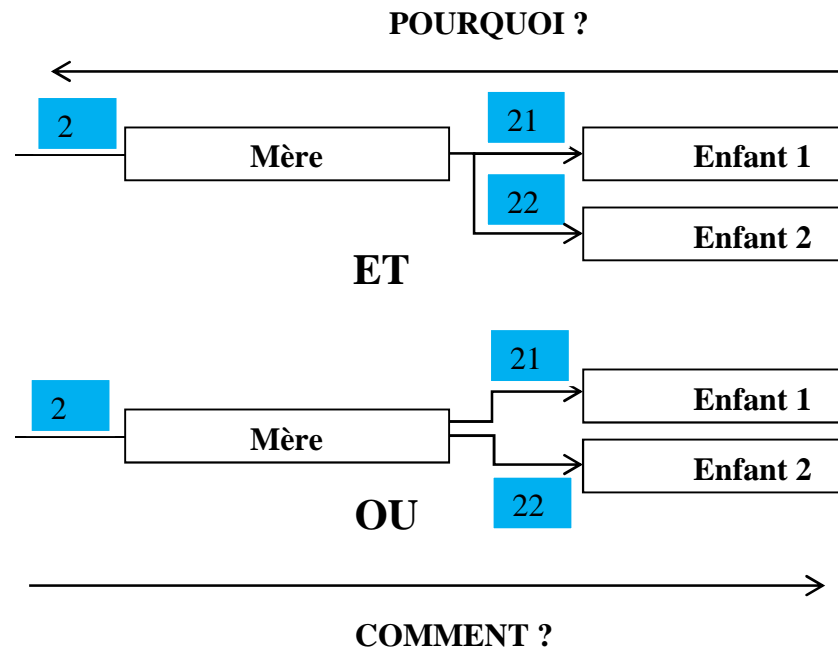


Figure .4: Liaison ET et OU

**Diagramme fonctionnel pour la méthode FAST**

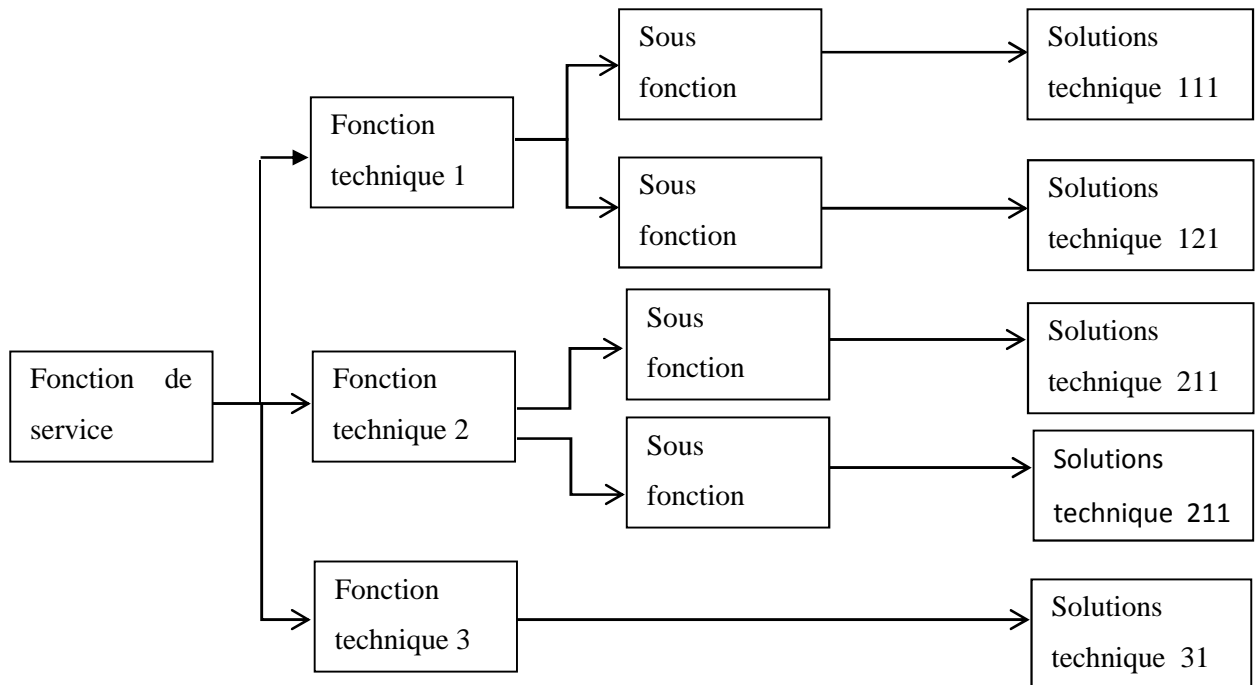


Figure .5 : Diagramme fonctionnel de la méthode FAST

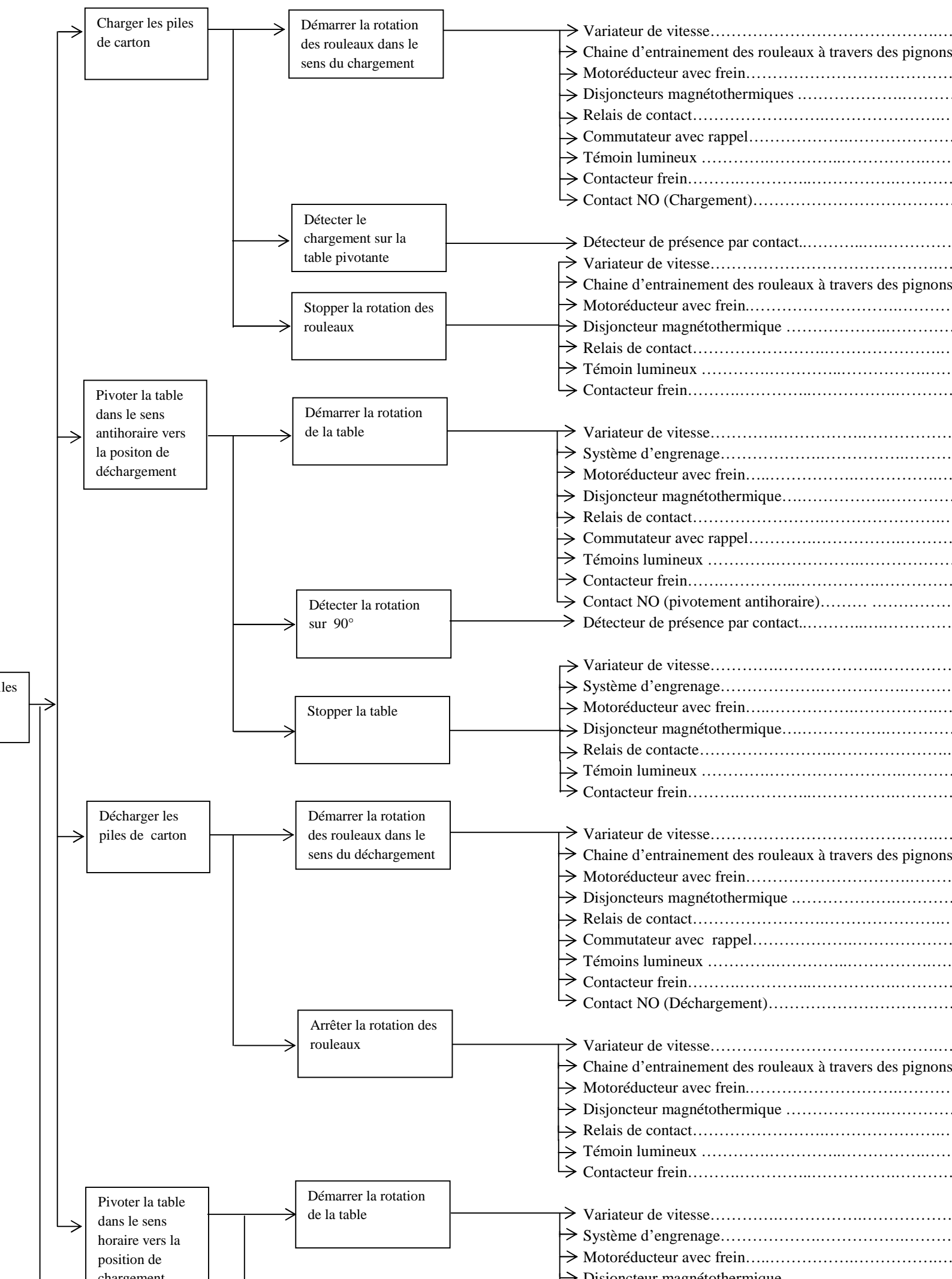
### **Avantages et intérêts de la méthode FAST**

La méthode FAST assure une bonne traçabilité à l'étude. Un deuxième intérêt non négligeable est qu'elle aide le groupe de travail à bien comprendre le fonctionnement du système étudié et qu'elle donne ainsi une culture commune à tous les participants [13].

La méthode FAST présente l'avantage d'ordonner les fonctions suivant un ordre logique ; elle contribue à la clarification de l'état fonctionnel du produit et à la rédaction finale du Cahier des charges fonctionnel (CdCF). Elle permet :

- d'ordonner les fonctions identifiées ;
- de vérifier la logique fonctionnelle ;
- d'avoir une bonne connaissance du produit ou du système étudié ;
- de prendre conscience de l'importance relative des éléments ou des structures vis-à-vis des fonctions qu'ils assurent ;
- de mettre en évidence des synchronisations entre les fonctions indépendantes [16].

### **Application de la méthode FAST à notre système (Figure .6)**



## **.2 Les solutions techniques en vue de la motorisation**

Pour répondre aux exigences du besoin exprimé par l'entreprise et le cahier des charges, des solutions techniques doivent être proposés.

Après élaboration du digramme FAST et après qu'on a opté pour des solutions techniques précises, nous allons décrire l'emploi de ces dernières dans la motorisation suivant chaque situation de vie du système, précédemment représenté par les fonctions et les sous-fonctions dans la figure 6.

### **.2.1 Démarrer la rotation des rouleaux dans le sens du chargement**

Au début cycle, un convoyeur de manutention, à rouleaux libres, effectue la livraison de piles de carton vers notre système (table tournante). Dès qu'une pile sera en contact avec la table, l'opérateur donne une impulsion à travers le commutateur de rappel (CR1), qui est associé à un relais de contact (RC1) qui a pour but de maintenir le déroulement de l'opération. S'en suit l'envoi d'un signal électrique de commande vers le variateur de vitesse (VV1) dont le rôle est de fixer la vitesse et le sens de rotation du motoréducteur (MR1). Un témoin lumineux (TL1) atteste de la mise en marche du système.

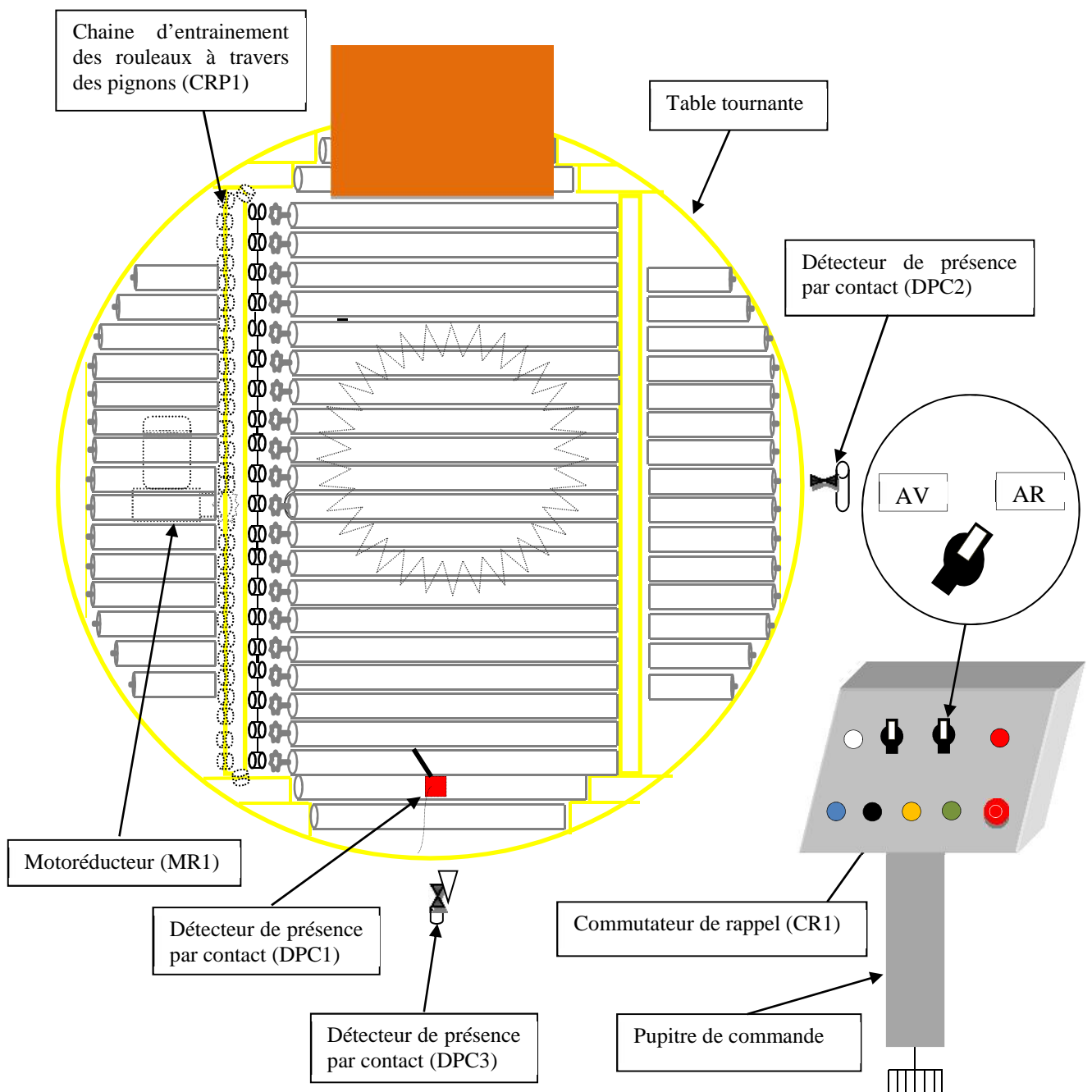
Le motoréducteur (MR1) entraîne par transmission de mouvement une chaîne (CRP1) reliée à des pignons montés sur des rouleaux en acier, ce qui provoque la rotation de ces derniers.

La fermeture du contacteur (KM3) relié au circuit de puissance du frein du motoréducteur laisse un courant passer vers la bobine du frein moteur ce qui excite la bobine et attire les deux armatures et de ce fait libère l'arbre du rotor et laisse le moteur tourner.

### **.2.2 Détection du chargement et arrêt de la rotation des rouleaux sur la table pivotante**

La détection de l'arrivée de la pile de carton sur sa position finale sur le système se fait par le détecteur de présence par contact (DPC1). Un témoin lumineux (TL2) signale à l'opérateur la détection. En même temps, le variateur de vitesse (VV1) dont un signal de commande lui a été envoyé par le détecteur de présence par contact (DPC1) met à l'arrêt le motoréducteur (MR1). La liaison entre le contacteur (KM1) et le détecteur de présence par contact permet le déclenchement simultané du frein moteur (FM1) pour stopper un mouvement rotatif libre des rouleaux.

Le schéma de la figure .7 (Vue de haut) de la page 38 illustre le principe du démarrage et arrêt de la rotation des rouleaux et de la détection du chargement



**Figure .7 :** Vue de haut du principe de démarrage et arrêt de la rotation des rouleaux et de la détection du chargement.

### .2.3 Démarrer la rotation de la table

La commande de la rotation se fait d'une manière manuelle. L'opérateur met le commutateur de rappel (CR2) sur la position correspondante au sens de rotation désiré, ce qui

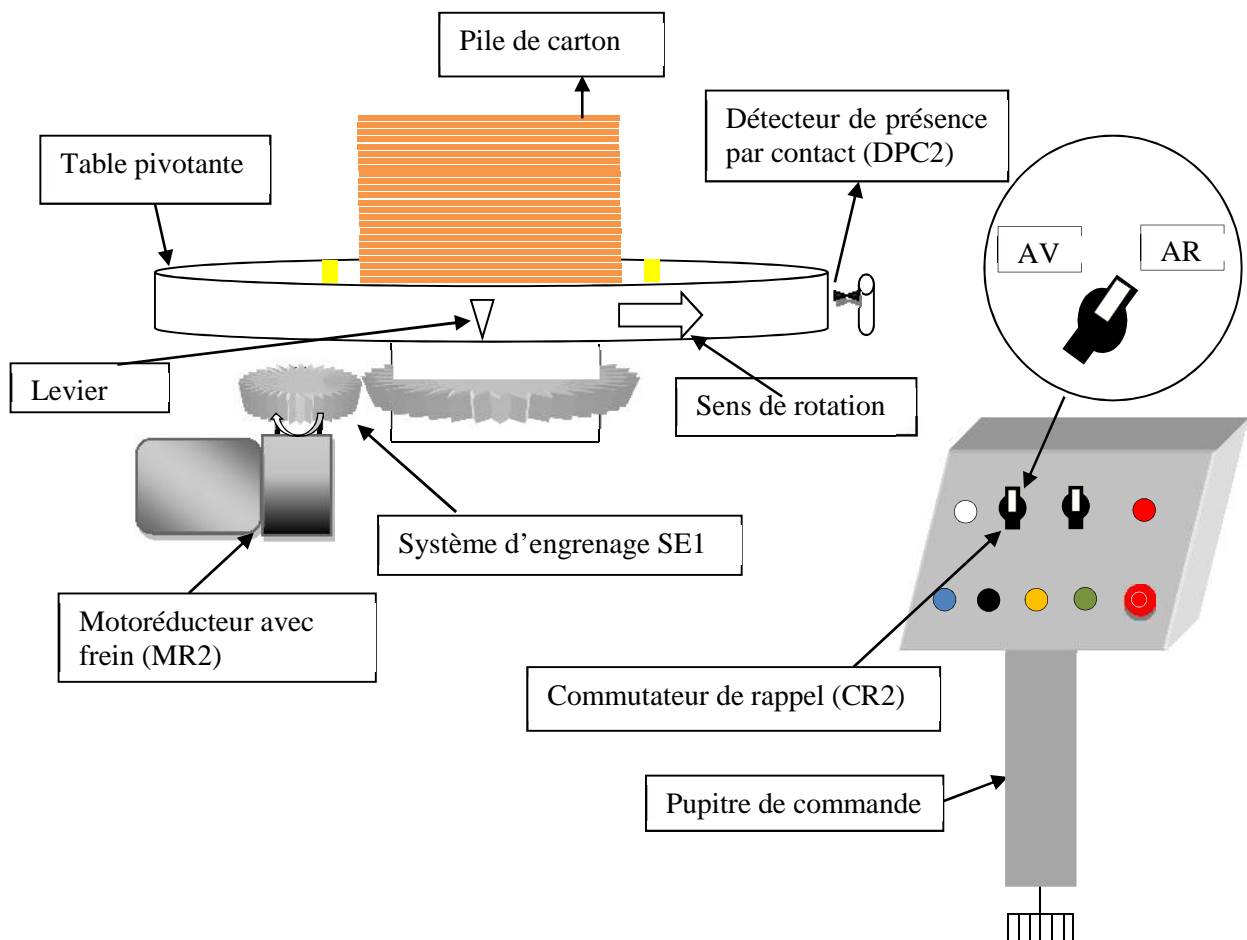


permet d'envoyer un signal électrique à un variateur de vitesse (VV2) qui à son tour commande la vitesse d'un motoréducteur (MR2), celui-ci étant relié par un système d'engrenage (SE1) à un pignon monté sur l'axe de rotation de la table ce qui entraîne, cette dernière, dans un mouvement rotatif.

#### .2.4 Détection de la position sur 90° et l'arrêt de la table

Un détecteur de présence par contact (DPC2) détecte la position de décharge de la table, et envoie un signal au variateur (VV2) et de ce fait au motoréducteur (MR2), ce qui implique l'arrêt de la rotation motorisée du système et la désexcitation de la bobine du frein moteur (FM2), ce qui freine la rotation libre de la table (arrêt immédiat).

Le schéma des figures .8 (Vue de face) de la page 39 illustre le principe du démarrage et arrêt de la rotation de la table et de la détection sur 90°.

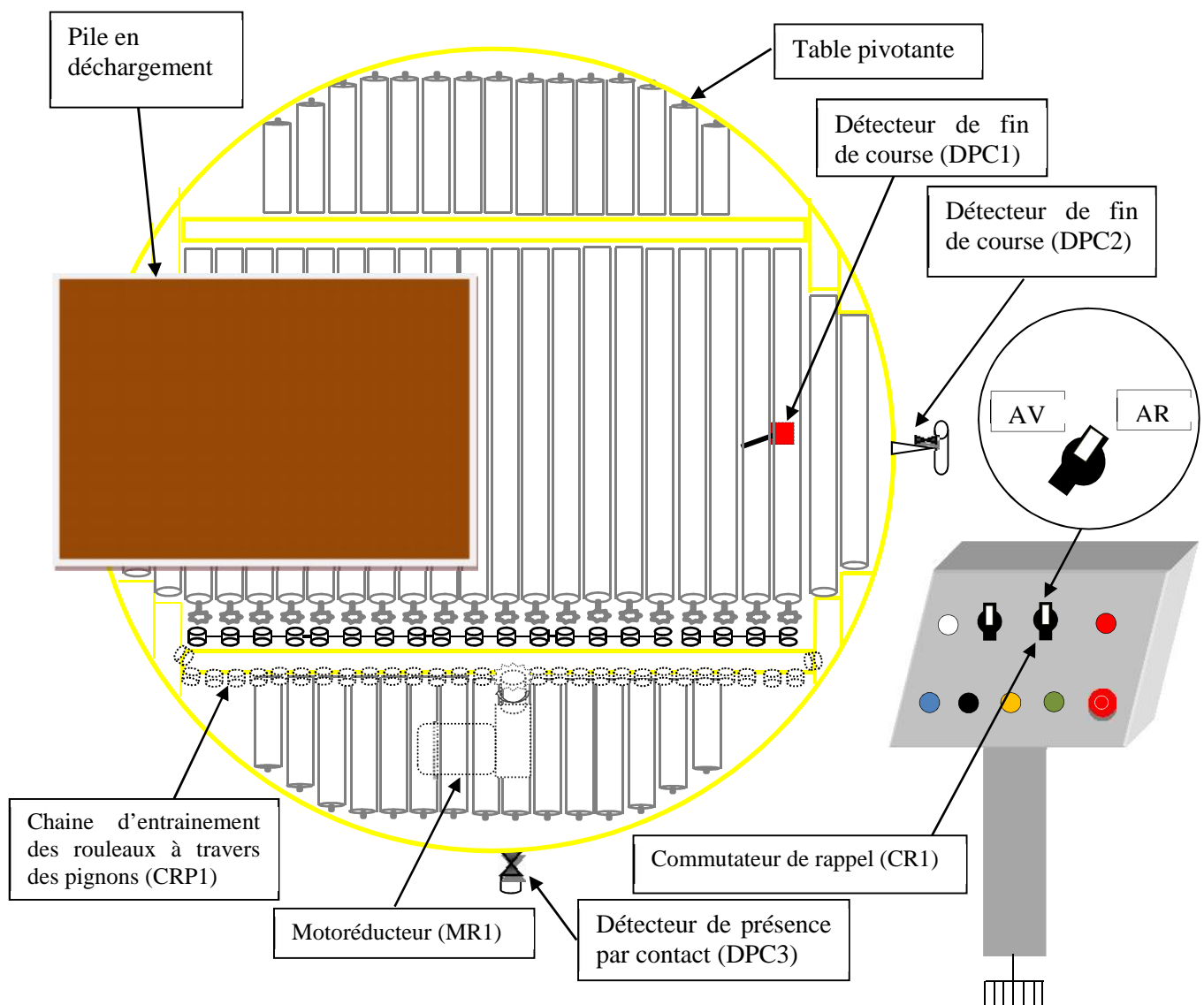


**Figure .8 :** vue de face du principe de la rotation et l'arrêt de la table et de la détection de la rotation sur 90°

### .2.5 Démarrage et arrêt de la rotation des rouleaux dans le sens du déchargement

Le déroulement de cette opération se fait de la même manière qu'au début du cycle et le mode de fonctionnement correspond à la figure .7, mais cette fois l'opérateur met le commutateur de rappel (CR1) dans une position qui permet la rotation dans le sens inverse de celui de la phase de chargement. L'arrêt est effectué par l'opérateur qui presse un bouton poussoir (BP1) qui coupe l'alimentation du motoréducteur (MR1) à travers le variateur vitesse (VV1) dont l'ordre de la mise à l'arrêt du motoréducteur (MR1) a été transmis après l'ouverture du relais de contact (RC1).

Le schéma de la figure .9 (Vue de haut) de la page 40 illustre le principe du démarrage et arrêt de la rotation des rouleaux dans la phase du déchargement.



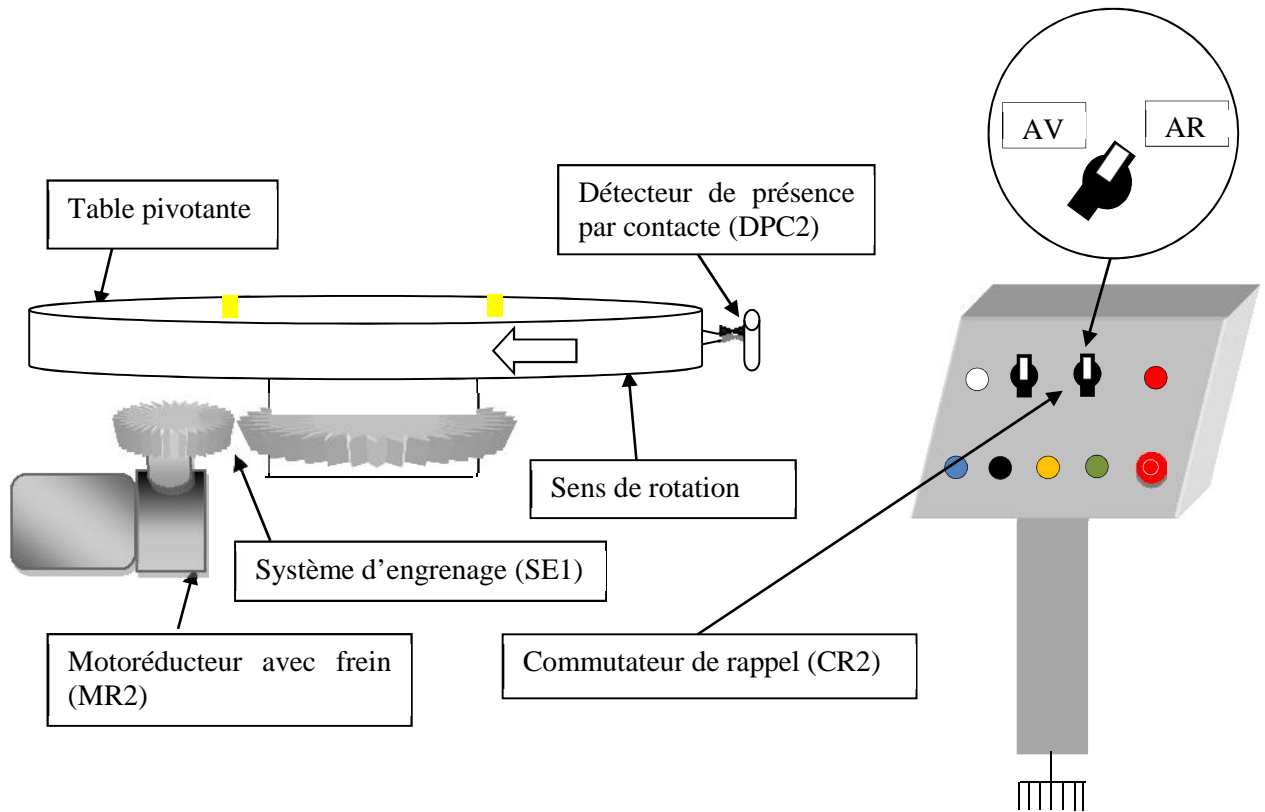
**Figure .9** : Vue de haut du principe d'évacuation des piles de carton

### **.2.6 Pivotement de la table pour l'initialisation du cycle**

Une fois la pile de carton évacuée vers la navette, l'opérateur doit réinitialiser le cycle pour accueillir de nouvelle pile de carton, il commute le commutateur de rappel (CR2) dans une position qui permet la rotation su 90° degré dans le sens de l'horloge, une fois le l'impulsion donné un mécanisme s'occupe du maintien de l'indication de la mise en marche du mouvement rotatif qui est le relais de contacte (RC2). Apres cela le variateur de vitesse (VV2) reçois un signale électrique par une de ses entrées de commande qui sert a la mise en marche du motoréducteur (MR2) en sens inverse. Un engrenage (SE1) qui lie le motoréducteur (MR2) a l'axe de rotation de la table, qui est munie d'un pignon, permet l'entraînement dans un mouvement rotatif de notre système.

Un Détecteur de présence par contact (DPC3) détecte la rotation sur 90° degré de la table qui correspond à la position initiale de la table et envois un signale a l'entré de commande du variateur de vitesse (VV2) qui commande la mise a l'arrêt du motoréducteur (MR2), simultanément le contacteur (KM6) qui est relié au frein moteur s'ouvre et de ce fait s'en suis une désexcitation de la bobine du frein moteur et sont relâchement se qui conduit au stoppage nette du motoréducteur.

Le schéma des figures .10 (Vue de face) de la page 42 illustre le principe du démarrage et arrêt du Pivotement de la table pour l'initialisation du cycle



**Figure .10 :** Vue de face du principe de la l'initialisation du cycle

### .2.7 Sécuriser les personnes et le matériel

Le sectionneur (Q1) qui est mis en amont du circuit de câblage du système permet de protéger l'intervenant sur le système, puisque les trois phases servant à l'alimentation du système sont d'abord relié à se dispositif, ce qui permet d'isolé complètement l'installation de tout mise sous tension lors de l'intervention. Ajouté à cela la mise a la terre des carcasses des actionneurs ou du pupitre de commande avec des fils électriques (le neutre dans ce cas) assurent une protection plus que satisfaisante pour toute personne manipulant le système.

Dans le but protégé le matériel composant le système, Les disjoncteurs (DB2P, DT1, DT2, DU1) magnétothermique mis dans le circuit de puissance du système permette la protection des dispositifs en aval de ces derniers.

### Conclusion

En passant par la méthode d'analyse fonctionnelle adéquate au genre de problème affronté dans le présent manuscrit, on a pu proposer des solutions techniques réalisables, économique et qui permettent de gagner a la fois du temps et de l'énergie, ce qui ouvre le passage au « chapitre 4 » intitulé « dimensionnement de la motorisation ».



CHAPITRE V :

# DIMENSIONNEMENT DE LA MOTORISATION

## Introduction

L'analyse fonctionnel (FAST) nous a permis, dans un premier temps, de déduire les différents matériels nécessaires au fonctionnement de notre système.

Dans un deuxième temps, d'assigné et déterminé le rôle fonctionnelle des différents sous-systèmes (les solutions techniques).

Ce chapitre consiste au dimensionnement des motoréducteurs qui est la plus importante des solutions techniques et à l'élaboration des schémas électriques convenable au fonctionnement du système selon ses contraintes, pour qu'ils garantissent un fonctionnement optimale.

### V-1 Dimensionnement des moteurs

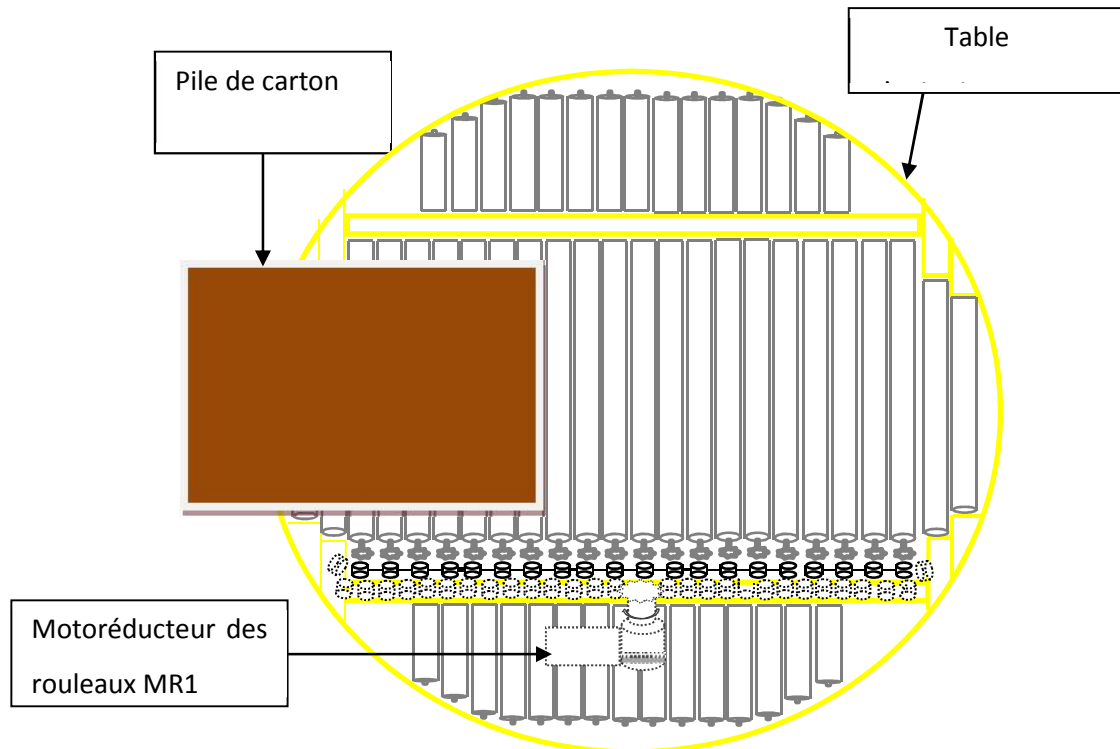
Pour la motorisation les différentes étapes pour la détermination d'un entrainement constitué d'un motoréducteur peuvent être représentées de la manière suivante :

- Cahier des charges :
  - Caractéristiques technique et conditions environnantes,
  - Précision de positionnement,
  - Vitesse.
- Grandeurs physique intermédiaires calculées :
  - Puissance exigée,
  - Le couple nécessaire,
- Choix e réducteur :
  - Définition de type, de la taille et du rapport de réduction,
  - Contrôle de la précision de positionnement,
- Choix de moteur :
  - Couple nominal,
  - Vitesse nominale,
  - Equipement moteur (frein, variateur de vitesse).
- Contrôler si toutes les exigences sont satisfaites:

- Vérification selon l'accélération (l'accélération de la charge est inférieure à l'accélération du moteur),

-Vérification selon la puissance (la puissance équivalente de service est inférieure à la puissance nominale du moteur choisi).

### V-1-1 Dimensionnement du motoréducteur (MR1) couplé aux rouleaux



**Figure V.1 :** Représentation du motoréducteur des rouleaux (MR1)

#### V-1-1 -1 Cahier des charges et choix du réducteur

Le rapport de réduction :  $i = 16$ ,

La vitesse maximale de convoyage :  $V_{max} = 0.1$  m/s,

Le diamètre du pignon à la sortie de l'arbre du réducteur :  $D = 0.075$  m,

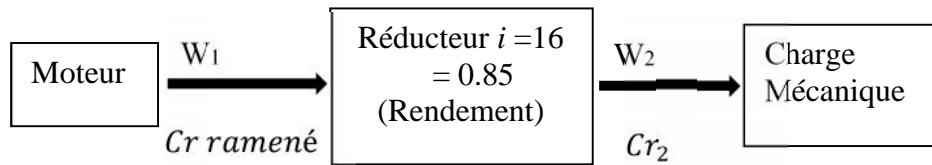
Le poids maximal des piles de carton :  $M = 800$  Kg,

Le poids d'un rouleau  $M_r = 8$  Kg sachant que la table comporte 17 rouleaux motorisés,

Nombre de moteur installé  $N_b = 1$  moteur triphasé asynchrone.



### V-1-1 -2 Grandeurs physique intermédiaires calculées



**Figure V.2 :** Schéma de calcul 03 masse

Pour calculer le couple résistant que doit vaincre chaque moteur et réducteur de vitesse, on doit d'abord commencer par le calcul de la vitesse de rotation du pignon à la sortie de l'arbre du réducteur.

$$V_{\max} = W_2 \times \frac{D}{2} \quad (01)$$

$$\implies W_2 = 2.67 \text{ rad/s} = 25.5 \text{ tr/min}$$

$$\text{On a: } W_1 = W_2 \cdot i \quad (02)$$

$$\implies W_1 = 408.15 \text{ tr/mn} = 42.71 \text{ rad/s}$$

Le coefficient de frottement entre la chaîne et les rouleaux :  $C_f = 0.3$ .

Le couple résistant à la sortie du réducteur

$$Cr_2 = F_{\max} \times \frac{D}{2} \quad (03)$$

$F_{\max}$  : Force maximale exercée sur l'arbre de sortie du réducteur par la charge

$$F_{\max} = M_t \times g \times C_f \quad (04)$$

$M_t$  : Masse totale de la charge ( $17 \times M_r + M$ )

$g$  : Force de la gravité

$$\implies F_{\max} = 2808 \text{ N}$$

$$Cr_2 = 105.3 \text{ N.m}$$

- Le rendement du réducteur et :

$$= 0.85$$

$$= \frac{P1}{P2}$$

$$\eta = \frac{Cr_2 \times W_2}{Cr \text{ ramené} \times W_1} \quad (05)$$

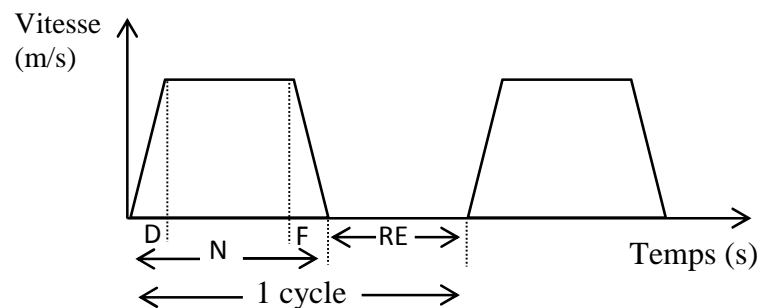
$$Cr \text{ ramené} = \frac{Cr_2}{\eta \times i} \quad (06)$$

$$Cr \text{ ramené} = 7.74 \text{ N.m}$$

### Diagramme vitesse/temps

Le cycle de fonctionnement du système (rouleaux motorisés) est constitué de 4 phases (figure 4.3) :

- Démarrage noté D ( $dt$ ),
- Temps de Fonctionnement noté par N ( $t_n = 20 \text{ s}$ ),
- Freinage mécanique noté par F ( $t_f = 0.14 \text{ s}$ ),
- Repos noté RE ( $t_r = 60 \text{ secondes} = 0.06 \text{ h}$ ).
- 



**Figure V. 3 :** Diagramme vitesse/ temps du moteur (MR1).

#### V-1-1 -3 Choix du type du moteur

Suivant la norme CEI 34-1, l'équation (02) et l'équation (06), le moteur qui répond aux exigences est de type : LS 100 L [17]

Caractéristique technique de moteur choisi (LS 100 L)

Puissance nominale	$P_n = 0.75 \text{ KW}$
Vitesse nominale	$N_n = 670 \text{ tr / mn}$
Couple nominal	$C_n = 10.7 \text{ N.m}$
Courant nominal	$I_n = 2.4 \text{ A}$
facteur de puissance	$\cos \varphi = 0.71$
Rendement	$= 0.635$
Courant de démarrage	$I_d = 3.5 \times I_n$
Couple de démarrage	$C_d = 1.8 \times C_n$
Couple de décrochage	$C_M = 2.2 \times C_n$
Puissance apparente nominale	$S = 1.7 \text{ KVA}$
Moment d'inertie	$0.0047 \text{ Kg.m}^2$
Masse	$M_m = 18 \text{ Kg}$
Nombre de pôles	$P = 8 \text{ pôles}$

**Tableaux V.1** : Principale caractéristique du moteur a utilisé

#### V-1-1-4 Vérification du moteur choisi [18] :

Pour vérifier le moteur on doit satisfaire les deux conditions suivantes :

- Il faut que le couple d'accélération du moteur  $Ca_{mot}$  soit supérieur au couple d'accélération de la charge  $Ca_{ch}$ .

$$Ca_{mot} > Ca_{ch}$$

- Il faut que la puissance nominale du moteur  $P_2$  soit supérieure à la puissance équivalente  $P$  exigée par le système.

$$P = \sqrt{\frac{n \times td \times \left[ \frac{I_d}{I_n} \times P_n \right]^2 + (3600 - n \times td) \times P_u^2 \times F_{drr}}{3600}} \quad (07)$$

td : temps de démarrage.

n : nombre de démarrages équivalent par heure

$$n = nD + 3 \times nF + 0.5 \times ni \tag{08}$$

nD : nombre de démarrages dans l'heure,

nF : nombre de freinages électriques dans l'heure,

ni : nombre d'impulsion (démarrage incomplet jusqu'à 1/3 de la vitesse finale) dans l'heure,

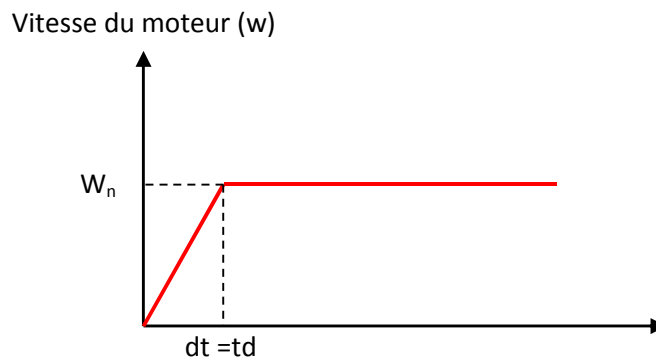
Fdm : facteur de marche (%) = durée de fonctionnement à Pu / durée totale du cycle,

Id/In : appel de courant avec un moteur de puissance Pn,

Pu : puissance utile du moteur pendant le cycle d'utilisation hors démarrage.

### Vérification du moteur suivant le couple d'accélération

#### Vérification au démarrage



**Figure V.4 :** Evolution de la vitesse angulaire W en fonction du temps

D'après le principe de la conservation de l'énergie mécanique :

Energie cinétique de translation = Energie cinétique de rotation

$$\frac{1}{2} \times m \times V_{max}^2 = \frac{1}{2} \times j_{ch} \times W_2^2 \tag{09}$$

Vmax : La vitesse linéaire.

j<sub>ch</sub> : Le moment d'inertie de l'arbre du réducteur

$$j_{ch} = M_t \times \frac{\left(\frac{D}{2} \times W_2\right)^2}{W_2^2} = M_t \times \frac{D^2}{4} \tag{10}$$

$$j_{ch} = 1.317 \text{ Kg.m}^2$$

Le moment d'inertie de la charge ramené à l'arbre du moteur est :

$$\frac{1}{2} \times j_{ch} \times W_2^2 = \frac{1}{2} \times j_{ch \text{ ramené}} \times W_1^2 \times \eta \quad (11)$$

$$j_{ch \text{ ramené}} = \frac{j_{ch}}{i^2 \times \eta} \quad (12)$$

$$j_{ch \text{ ramené}} = 6.05 \times 10^{-3} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

$$j_{tot} = j_{ch \text{ ramené}} + j_{mot} \quad (13)$$

$$j_{tot} = 10.75 \times 10^{-3} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

$$Ca_{ch} = j_{tot} \times \frac{dw}{dt} \quad (14)$$

$dw$  : Variation de la vitesse angulaire (rad/s)

$dt$  : Variation dans le temps (s)

La mise en vitesse de l'ensemble moteur + charge se fera en un temps que l'on peut calculer par la formule simplifiée suivante :

$$dt = \frac{\pi}{30} \times \frac{n_f \times J_T}{Ca_{mot}} \quad (15)$$

Ou :

$n_f$  : vitesse finale (tr/min)

$J_T$  : Inertie totale ramenée sur l'arbre moteur

$$Ca_{ch} = 10.75 \times 10^{-3} \times \frac{70.17}{0.14} = 5.37 \text{ N.m}$$

Le couple de charge du moteur et donnée par (06):

$$Ca_{mot} = \frac{C_n + 2 \times C_n + 2 \times C_M + C_d}{6} - Cr_{mot} \quad (16)$$

$C_n$  : Couple nominal,

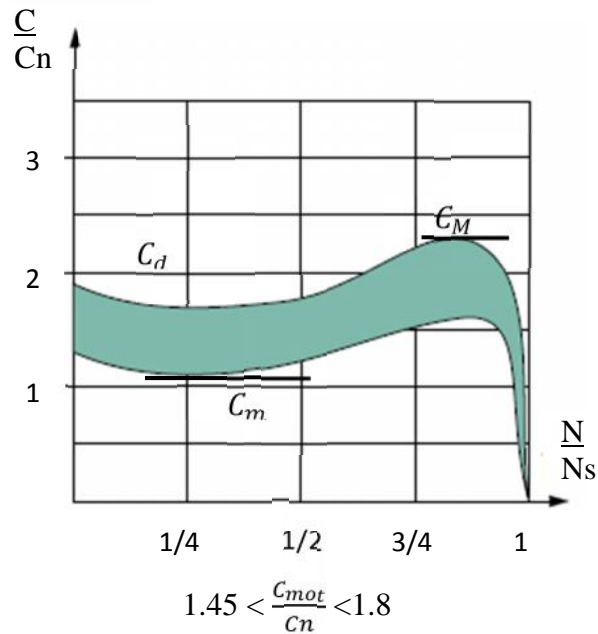
$C_m$  : Couple d'accrochage,

$C_M$  : Couple maximal,

$C_d$  : Couple démarrage,

$C_r \text{ mot}$  : couple résistant moteur qui est égale au  $C_r$  ramené.

$\Rightarrow C_a \text{ mot} = 5.46 \text{ N.m}$ ,  $dt = 0.14$



**Figure IV.5** : Courbe caractéristique des couples développés par le moteur [17]

$C_a \text{ mot} > C_a \text{ ch}$  : Le moteur est bon au démarrage.

#### Vérification du moteur au régime établie

$C_n > C_r \text{ mot}$

Avec :  $C_n = 10.7 \text{ N.m}$ ,  $C_r \text{ mot} = 7.74 \text{ N.m}$

#### Vérification selon la puissance [18].

La Communauté Electrotechnique International **CEI** a procédé à la classification des services de fonctionnements du moteur électrique. D'après le diagramme vitesse/temps, on peut définir le type de service de fonctionnement pour notre moteur qui est de type S3.

Service Intermittent périodique - Service type S3 : Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante nominale N et une période de repos R. Dans ce service, le cycle est tel que le courant de démarrage n'affecte pas l'échauffement de façon significative.

Ce service est caractérisé par un temps de cycle qui est à 10 minutes et par un facteur de marche normalisé  $F_{dm} = N / (N+R)$  et  $n = 0$ .

### Détermination de la puissance équivalente (apparente) en fonction des services S3

$$P = \sqrt{\frac{n \times td \times \left[ \frac{I_d}{I_n} \times P_n \right]^2 + (3600 - n \times td) P_u^2 \times F_{dm}}{3600}} \quad (18)$$

Avec :  $n=0$  (service S3)

$$P = \sqrt{P_u^2 \times F_{dm}} \quad (18)$$

A.N :

$$\begin{aligned} * P_u &= Cr \text{ ramené} \times W_1 & (19) \\ &= 330.57 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * F_{dm} &= N / (N + RE) & (20) \\ &= 0.25 \end{aligned}$$

$$P = 165.28 \text{ W}$$

En comparant les deux puissances :

$$P = 165.28 \text{ W} < P_n = 750 \text{ W}$$

Le moteur choisi vérifie la 2<sup>ème</sup> condition.

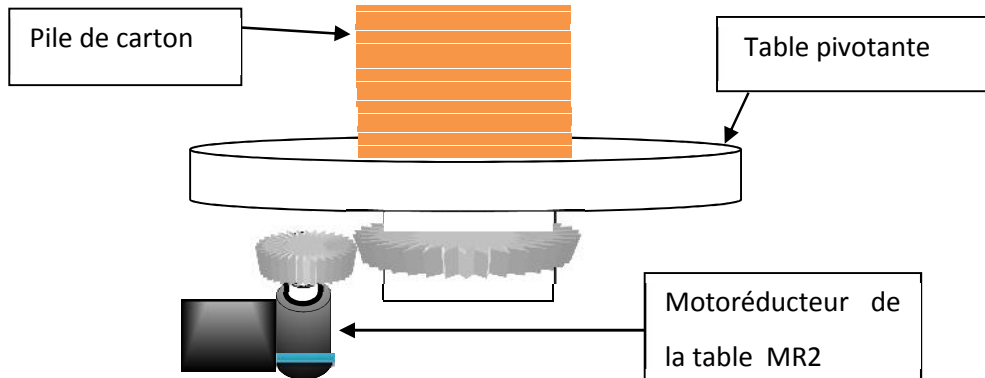
Donc le moteur vérifie les deux conditions. En conclusion le moteur choisi LS 100 L convient pour la motorisation des rouleaux.

Le motoréducteur choisi possède un indice de protection IP 55.

5 : protection contre les solides, protège contre les poussières.

5 : protection contre les jets d'eaux de toute direction a la lance.

### V-1-2 Dimensionnement du motoréducteur (MR2) de la table pivotante



**Figure V.6 :** Représentation de motoréducteur de la table pivotante(MR2).

#### V-1-2-1 Cahier des charges :

Le rapport de réduction :  $i = 36$

La vitesse maximale de convoyage :  $V_{max} = 0.3 \text{ m/s}$

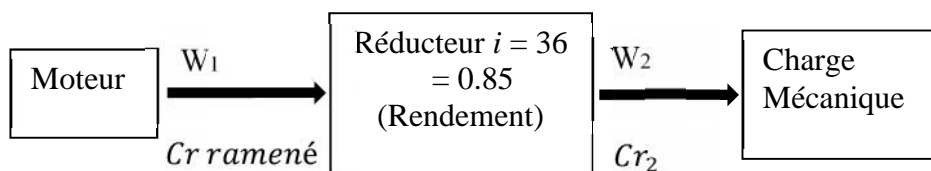
Le diamètre du pignon à la sortie de l'arbre du réducteur :  $D = 0.16 \text{ m}$

Le poids maximal des piles de carton :  $M = 800 \text{ Kg}$

Le poids de la table pivotante :  $M_{table} = 600 \text{ kg}$

Le poids de motoréducteur(MR1)  $M_{MR1} = 18+20 = 38 \text{ kg}$

#### V-1-2-2 Grandeurs physique intermédiaires calculées



**Figure V.7 :** Schéma de calcul 03 masse.



La vitesse de rotation de pignon à la sortie de l'arbre de réducteur

$$V_{\max} = W_2 \times \frac{D}{2} \quad (21)$$

$$W_2 = 3.75 \text{ rad/s} = 35.83 \text{ tr/min}$$

$$W_1 = W_2 \times i \quad (22)$$

$$W_1 = 1289.88 \text{ tr/mn} = 135 \text{ rad/s}$$

Le coefficient de frottement entre la chaîne et les rouleaux :  $C_f = 0.3$ .

Le couple résistant à la sortie du réducteur

$$Cr_2 = F_{\max} \times \frac{D}{2} \quad (23)$$

$F_{\max}$  : Force maximale exercée sur l'arbre de sortie du réducteur par la charge

$$F_{\max} = M_t \times g \times C_f \quad (24)$$

$M_t$  : Masse totale de la charge ( $M + M_{\text{table}} + M_{\text{MR1}}$ )

$g$  : Force de la gravité

$$F_{\max} = 4314 \text{ N}$$

$$Cr_2 = 345.12 \text{ N.m}$$

- Le rendement du réducteur :

$$\eta = 0.85$$

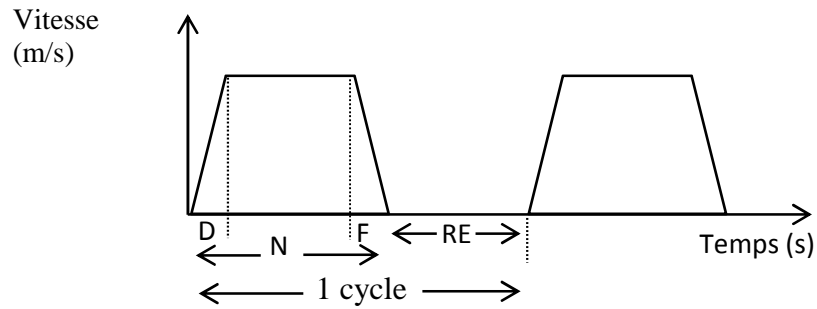
$$Cr \text{ ramené} = \frac{Cr_2}{\eta \times i} \quad (25)$$

$$Cr \text{ ramené} = 11.28 \text{ N.m}$$

### Diagramme vitesse/temps

Le cycle de fonctionnement du système (rouleaux motorisés) est constitué de 4 phases (figure V. 8) :

- Démarrage noté D ( $dt$ ),
- Temps de Fonctionnement noté par N ( $t_n = 6.3 \text{ s}$ ),
- Freinage mécanique noté par F ( $t_f$ ),
- Repos noté RE ( $t_r = 60 \text{ secondes} = 0.06 \text{ h}$ ).



**Figure V.8 :** diagramme vitesse/ temps du moteur (MR2).

### V-1-2-3 choix du type du moteur

Suivant la norme CEI 34-1, l'équation (22) et l'équation (25), le moteur qui répond aux exigences et de type : LS 90 L [17].

Caractéristique technique de moteur choisi (LS 90 L)

Puissance nominale	$P_n = 1.8 \text{ KW.}$
Vitesse nominale	$N_n = 1438 \text{ tr / mn.}$
Couple nominal	$C_n = 12 \text{ N.m.}$
Courant nominal	$I_n = 4 \text{ A.}$
facteur de puissance	$\cos \varphi = 0.82.$
Rendement	$= 80.1 \%$
Courant de démarrage	$I_d = 6 \times I_n.$
Couple de démarrage	$C_d = 2.1 \times C_n.$
Couple de décrochage	$C_M = 3.2 \times C_n.$
Puissance apparente nominale	$S = 2.7 \text{ KVA.}$
Moment d'inertie	$0.0037 \text{ Kgm}^2.$
Masse	$M_m = 15.2 \text{ Kg.}$
Nombre de pôles	$P = 4 \text{ pôles.}$

**Tableau V.2 :** Principales caractéristiques du moteur a utilisé

**V-1-2-1 Vérification du moteur choisi****Vérification du moteur au démarrage suivant le couple d'accélération**

On vérifie les deux conditions précédentes (page 47)

**Vérification au démarrage**

D'après le principe de la conservation de l'énergie mécanique on trouve :

$$j_{ch} = M_t \times \frac{D^2}{4} \quad (26)$$

$$j_{ch} = 9.2 \text{ Kg.m}^2$$

Le moment d'inertie de la charge ramené à l'arbre du moteur :

$$j_{ch \text{ ramené}} = \frac{j_{ch}}{i^2 \times \eta} \quad (27)$$

$$j_{ch \text{ ramené}} = 8.35 \times 10^{-3} \text{ Kg.m}^2$$

$$j_{tot} = j_{ch \text{ ramené}} + j_{mot} \quad (28)$$

$$j_{tot} = 0.012 \text{ Kg.m}^2$$

Le couple d'accélération du moteur et donnée par :

$$Ca \text{ mot} = \frac{C_n + 2 \times C_n + 2 \times C_M + C_d}{6} - Cr \text{ mot} \quad (29)$$

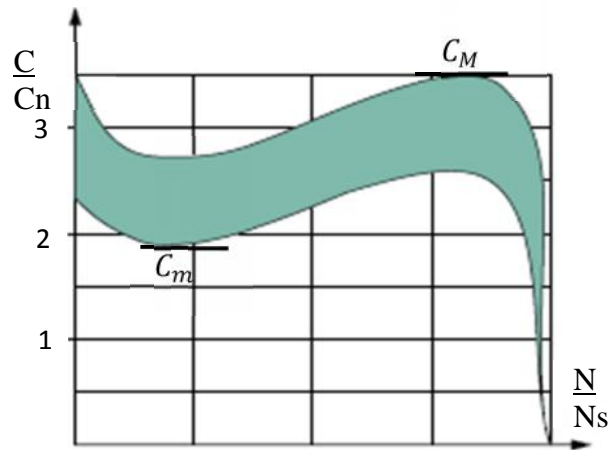
$C_n$  : Couple nominal,

$C_m$  : Couple d'accrochage,

$C_M$  : Couple maximal,

$C_d$  : Couple démarrage,

$Cr \text{ mot}$  : couple résistant moteur qui est égale au  $Cr \text{ ramené}$



**Figure IV.9 :** Courbe caractéristique des couples développés par le moteur [17]

$$Ca_{mot} = 8.33 \text{ N.m}$$

$$Ca_{ch} = j_{tot} \times \frac{dw}{dt} \quad (30)$$

$dw$  : Variation de la vitesse angulaire (rad/s)

$dt$  : Variation dans le temps (s)

La mise en vitesse de l'ensemble moteur + charge se fera en un temps que l'on peut calculer par la formule simplifiée suivante

$$dt = \frac{\pi}{30} \times \frac{n_f \times J_T}{Ca} \quad (40)$$

Ou :

$n_f$  : vitesse finale (tr/min)

$J_T$  : Inertie totale ramenée sur l'arbre moteur

$$dt = 0.22 \text{ s}$$

$$Ca_{ch} = 0.012 \times \frac{150.51}{0.22} = 8.21 \text{ N.m}$$

$Ca_{mot} > Ca_{ch}$  : Le moteur est bon au démarrage.

**Vérification du moteur au régime établie :**

$$Cn > Cr_{mot}$$

Avec :  $C_n = 12 \text{ N.m}$ ,  $C_r \text{ mot} = 11.28 \text{ N.m}$

### Vérification selon la puissance

Type de service S3  $\implies$   $F_{dm} = N / (N+R)$  et  $n=0$

### Détermination de la puissance équivalente en fonctionnement des services S3 :

$$P = \sqrt{P_u^2 \times F_{dm}} \quad (41)$$

A.N :

$$* P_u = C_r \text{ ramené} \times W_1 \quad (42)$$

$$= 1522.8 \text{ W}$$

$$* F_{dm} = 0.24$$

$$* P = 760.71 \text{ W}$$

En comparant les deux puissances :

$$P = 760.71 \text{ W} < P_n = 1800 \text{ W}$$

Le moteur choisi vérifie la 2<sup>ème</sup> condition.

Donc le moteur vérifie les deux conditions précédentes pour sa mise en service et satisfait toutes les exigences.

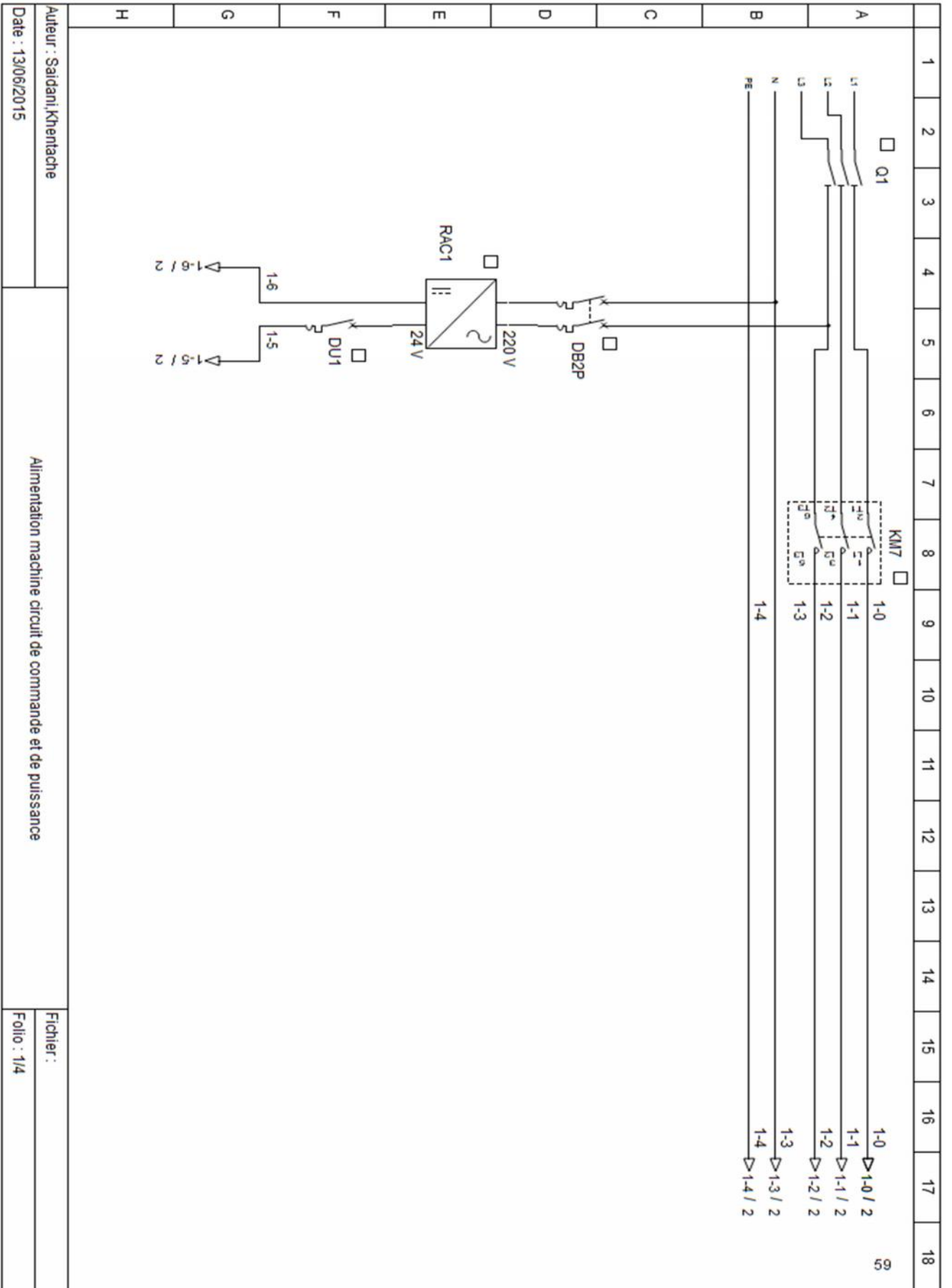
## V.2 Elaboration des schémas électriques

Nous avons utilisé un logiciel pour l'élaboration des différents schémas électriques (commande, puissance, alimentation) du système, le choix de ce logiciel du nom de QElectroTech est important du fait qu'il est gratuit, facile à manipuler avec un rendu professionnel, qui nous permettra d'avoir des données (schémas électriques) réutilisables pour la maintenance et l'amélioration du système.

Aussi, le choix de l'alimentation du circuit de commande de 24 V s'est imposé de lui-même suite à l'utilisation du redresseur alternatif-continu monophasé (RC1) 220V/24V étant donné que ce dernier est largement utilisé au sein de l'entreprise et présente donc l'avantage d'être disponible au magasin. Et naturellement une protection en amont du redresseur noté (DB2P : disjoncteur bipolaire).

Les circuits de commande actuel, commande les deux motoréducteurs en marche avant et marche arrière. Nous allons exploiter les entrées de commande des deux variateurs de vitesse qui sont assignés à ce fonctionnement.

Voici les schémas électriques de commande des deux motoréducteurs (MR1, MR2).



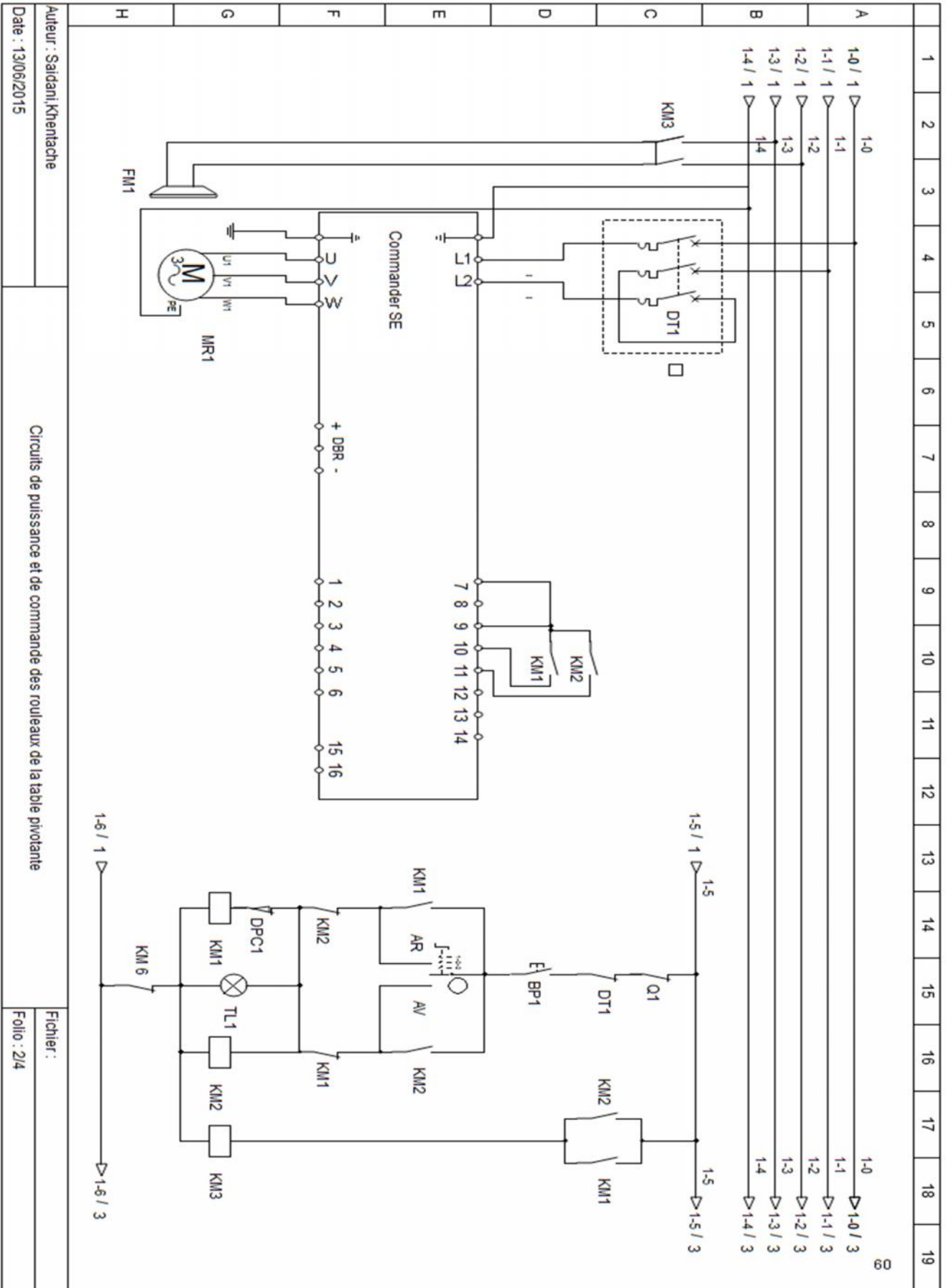
Auteur : Saïdani, Khentache

Date : 13/06/2015

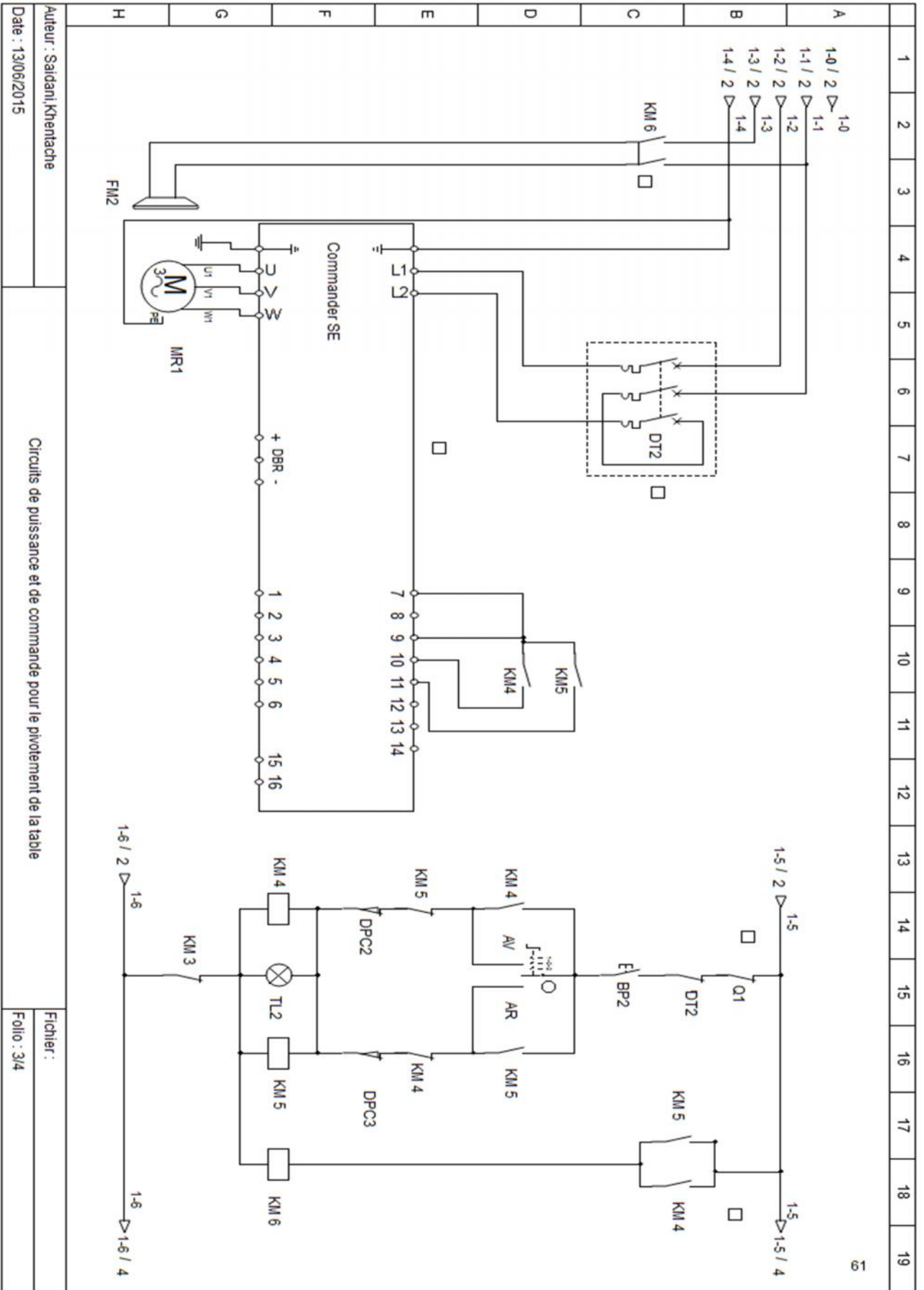
Alimentation machine circuit de commande et de puissance

Fichier :

Folio : 1/4



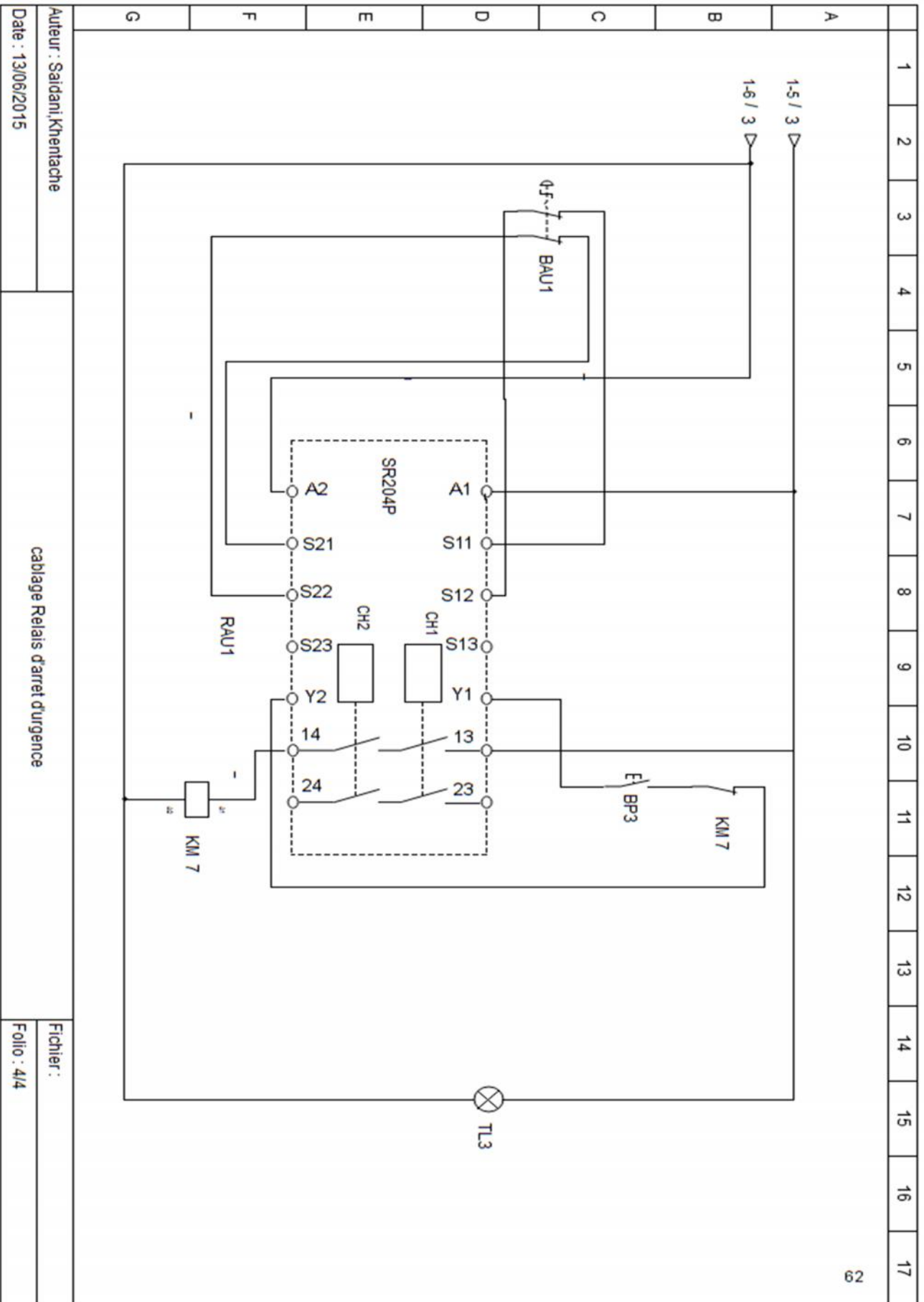




Auteur : Saïdani, Khentache  
 Date : 13/06/2015

Circuits de puissance et de commande pour le pivotement de la table

Fichier :  
 Folio : 3/4



Auteur : Saidani/Khentache  
Date : 13/06/2015

Fichier :  
Folio : 4/4

**Conclusion**

Dans ce chapitre, on a pu dimensionner les moteurs à utiliser en vue de la réalisation de la motorisation en donnant les principales caractéristiques de chacun d'entre eux, puis on a procédé à la vérification du choix du moteur suivant le couple d'accélération et de la puissance équivalente suivant le type de service adéquat, par la suite on a élaboré les schémas électriques adapter à la commande.

## CONCLUSION GENERALE

### **Conclusion générale**

La déviation et la réorientation du carton qui transitait par la table pivotante se faisait d'une manière manuelle : tâche fatigante pour l'opérateur, processus répétitif, risque d'accident de travail, productivité limitée, coût assez élevé.

Afin de remédier à tout ça et répondre au besoin. La motorisation et la conception d'une commande à travers un pupitre de commande ce sont imposés pour ce système.

Nous avons initié notre travail par l'élaboration des cahiers des charges, puis nous avons exploité la méthode d'analyse fonctionnelle adéquate (FAST) dont le but est précisément de révéler les caractéristiques fonctionnelles qui régissent notre système, mais aussi, ça nous a permis de proposer des solutions techniques, à la fois, économiques, non encombrantes et qui permettent de gagner du temps et de l'énergie.

Après avoir choisi à l'aide de l'analyse fonctionnelle les différents éléments technologiques dont notre installation a besoin, un dimensionnement des motoréducteurs est évident pour la motorisation de notre système afin qu'il puisse supporter la charge, en donnant les principales caractéristiques de chacun d'entre eux. Puis, nous avons procédé à une vérification du choix des moteurs selon les conditions en fonction du couple d'accélération et de la puissance équivalente suivant le type de service adéquat.

Les schémas électriques que nous avons pu élaborer permettent la mise en pratique de la commande de notre système.

Il est toutefois souhaitable de continuer ce travail par des perspectives où nous envisageons :

- L'évaluation technico-économique du système proposé ;
- La supervision de l'installation.
- La gestion de la maintenance (préventive) de notre système, en créant une base de données incluant les données créés pendant notre étude (les schémas fonctionnels, les schémas électriques etc.) en plus de l'historique de pannes et l'analyse des modes de défaillances d'après les critères adaptés que nous déterminerons en s'appuyant sur notre analyse fonctionnelle du système.

## CONCLUSION GENERALE

---

- La réalisation d'un automatisme sur le système pour éloigner totalement le facteur ; humain et optimiser encore plus la production, pour crée au final un plan de maintenance préventive adapté à notre système et son enivrement.

# Références bibliographiques

- [1] Documentation interne de l'entreprise d'accueil
- [2] ETIENNE GAUCHERON,  
"Cahier technique n 207 : Les moteurs électriques... pour mieux les piloter et les protéger",  
2004, Edition : Schneider Electric, page 03
- [3] MARC CASTEGNARO,  
"automatisation des portails et des volets ", article technique de l'ingénieur **p2645**.
- [3] GUY SEGUIER, FRANCIS NOTELET,  
"Electrotechnique industriel", page V, page 003.
- [4] MOUAD OUBIDAR ET SEDIK BENDAOU,  
" Machine synchrone/asynchrone" projet de fin d'étude en ingénierie dans le cadre du  
programme en génie électromécanique, page 031.
- [5] M.EZZAT,  
"Commande non linéaire sans capteur de la machine synchrone à aimant  
permanent», Thèse de doctorat de L'Ecole Centrale de Nantes, N 503-126, pp 2011.
- [6] ANOUAR HALILA,  
"Étude des machines a courant continue"  
Mémoire Présenté à la Faculté des études supérieures de l'université Laval pour L'obtention  
du grade de maître des sciences Page 001-107.
- [7] GERARD EUSEBIO,  
"Manutention continue", article technique de l'ingénieur **ag7500**.
- [8] GEORGES ASCH,  
"les capteur en instrumentation industrielle", Edition 4, Publié par dunod, 1993, page 816.
- [9] THIERRY SCHANEN,  
"Guide des automatismes-V7", France, 2008
- [10] YVES PELENC,  
"Appareillage électrique d'interruption à haute tension", technique de l'ingénieur, **D 4700-1**,  
1988.
- [11] PHILIPPE DESSIRIER, LOUIS FÉCHANT, CLAUDE SOURISSE  
"Appareillage électrique à basse tension, Ensembles d'appareillage", technique de  
l'ingénieur, **d4867**, 1986.
- [12] GLIOULA Mohamed, Science de l'ingénieur, « analyse fonctionnelle », 2013/2.

[13] DESPUJOLS Antoine «optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF) », techniques de l'ingénieur mt9310, le 12/09/2014.

[14] Fiche pratique,  
«L'analyse fonctionnelle : représenter l'arborescence des fonctions pour trouver des solutions techniques adaptées», techniques de l'ingénieur, 0617.

[15] Fiche pratique,  
«L'analyse fonctionnelle : méthodes de recherche des fonctions», techniques de l'ingénieur, 0759.

[16] ZWINGELSTEIN Gilles  
«Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels complexes –Analyse prévisionnelle et bases de données de fiabilité», techniques de l'ingénieur, s8251, le 10/06/2009

[17] « LEROY SOMER, HTA-HTF Moteur asynchrone triphasé fermé - Extraction de fumées – 0.4 à 400 KW » (Brochure technique Réf.3469F-233/a-02.2001)

[18] TAZRART Farid,  
COURS (∈ au chapitre III) Sur «METHODE DE SELECTION D'UNE MACHINE ASYNCHRONE», Objectif : choisir un moteur asynchrone a partir d'un cahier des charges.