

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur**  
**et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté de Génie Electrique et de l'Informatique**  
**Département Electronique**



# Mémoire

*De fin d'études*

*En vue de l'obtention du diplome de Master Professionnel*  
*Option : Electronique Industrielle*

## Thème

**Etude et amélioration d'une commande de  
synchronisation d'une presse mécanique à  
l'aide d'un variateur de vitesse VLT5000**

**Proposé par :**

Mr CHALLAL

**Dirigé par :**

M<sup>me</sup> N.HEMDANI

**Etudié par :**

Mlle ALIK Ouahiba

Mr MOUKHTARI Ahmed

**Promotion : 2011/ 2012**

# *Remerciements*

*Nous remercions tout d'abord le bon Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et le courage pour effectuer ce projet de fin d'études, dans les meilleures conditions.*

*Nos reconnaissances et notre gratitude à Mr GHERBI M ADJID notre copromoteur de nous avoir encadré, suivi et orienté tout au long de notre travail, pour son aide, sa tolérance et ses conseils durant le stage pratique et aussi à tout le personnel de l'E.N.I.E.M en particulier Mr CHALLAL.*

*M<sup>me</sup> HEMDANI notre promotrice de nous avoir encadré, suivi et orienté tout au long de notre travail.*

*Nos remerciements vont également aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils nous ont manifesté en acceptant de juger notre travail.*

*Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

# SOMMAIRE

# Sommaire

## Présentation de l'entreprise ENIEM

### Introduction Générale .....1

## Chapitre I : Présentation d'un variateur de vitesse VLT 5000

### I- Introduction .....2

### II-Variateur de vitesse .....2

#### II-1- Définition d'un variateur de vitesse .....2

##### II-2-Principaux types de variateurs .....2

##### II-2-1-Convertisseurs de fréquence pour moteur asynchrone .....2

##### II-2-2-Gradateur de tension pour le démarrage de moteur asynchrone.....3

##### II-2-3-Redresseur contrôlé pour moteur à courant continue.....3

#### II-3-Constitution.....3

##### II-3-1-Le module de contrôle .....4

##### II-3-2-Le module de puissance .....4

#### II-4-Principales fonctions des variateurs de vitesse électroniques.....5

##### II-4-1-Accélération contrôlée.....5

##### II-4-2-Variation de vitesse .....5

##### II-5-Régulation de vitesse .....5

##### II-6-Décélération contrôlée.....5

##### II-7-Inversion du sens de marche.....6

##### II-8-Principe de fonctionnement d'un variateur de vitesse.....6

### III-Variation de vitesse pour un moteur à courant continu.....6

#### III-1-Introduction .....6

#### III-2-Constitution .....7

##### III-2-1- Inducteur.....8

III-2-2-Induit.....	8
III-2-3-Le collecteur.....	8
III-2-4-Balais .....	8
III-3-Principe de fonctionnement de moteur à courant continu.....	8
III-4 - Les différents modes de réglage de la vitesse .....	8
III-4-1-Variation de la résistance d'induit.....	9
III-4-2-Réglage du flux d'excitation .....	9
III-4-3-Réglage de tension d'induit .....	9
III-5-Les avantages des moteurs à courant continu .....	10
III-6-Les inconvénients des moteurs à courant continu.....	10
IV- Principe général d'un variateur de vitesse pour un moteur à courant continu.....	10
V- Inversion du sens de marche et freinage par récupération.....	10
VI- Variateur de vitesse VLT 5000.....	11
VI-1- Choix de variateur VLT 5000 .....	11
VI-2- Définition d'un VLT5000 .....	12
VI-3-Fonctionnement de variateur VLT 5000.....	12
VI-4-Caractéristiques principales d'un VLT 5000.....	13
VI-5- Protection de variateur VLT5000.....	14
VI-6- Les propriétés de variateur VLT 5000 .....	14
VII-Mise en œuvre de variateur de vitesse .....	14
VII-1-Panneau de commande.....	14
VII-2-Panneau de commande-affichage.....	15
VII-3-Panneau de commande-voyant d'indication LED.....	15
VII-4-Panneau de commande – touches de commande.....	16
VII-5-Configuration des paramètres.....	16
VII-6-Structure du mode menu comparé au mode menu rapide.....	17
VIII-Installation du variateur VLT5000.....	17
VIII-1-Installation mécanique .....	17

VIII-2-Installation électrique : câble du moteur .....	17
VIII-3-Branchement du moteur .....	18
VIII-4- Sens de rotation du moteur .....	18
VIII-5-Synchronisation de deux moteurs à courant continu à l'aide de VLT 5000.....	18
VIII-6-Montage des moteurs en parallèle .....	19
IX-Installation électrique : câble de commande .....	20
IX-1-Commande de frein mécanique .....	20
XI-Programmation.....	21
XI-1-Démarrage du moteur .....	21
Conclusion.....	22

## **Chapitre II : Présentation et description de la presse mécanique**

I- Introduction.....	23
II-Description de la machine.....	23
II-1-Bloc 1 : Groupe dérouleur .....	24
II-1-1-Chargeur (chariot mobile).....	24
II-1-2-Mandrins (mâchoires) .....	24
II-1-3-Rouleau presseur.....	25
II-1-4-Groupe frein .....	25
II-1-5-Centrale hydraulique.....	25
II-2-Bloc 2 : Le groupe redresseur .....	26
II-2-1-L'introducteur .....	27
II-2-2-Le redresseur .....	27
II-3-Bloc 3 : La fosse .....	27
II-4- Bloc 4 : Groupe aménage.....	27
II-5- Bloc 5 : Groupe cisaille.....	28
II-6- La table d'aménage .....	28

II-7- Bloc 6 : La presse .....	28
II-7-1- La partie supérieure .....	28
II-7-1-1-Moteur principal .....	28
II-7-2-Volant d'inertie .....	29
II-7-3-Le groupe excentrique .....	29
II-7-4-Groupe frein embrayage .....	29
II-7-5-Le coulisseau .....	29
II-7-2-Le transfert .....	30
II-7-3-La partie inférieure .....	30
II-8-La table d'évacuation des pièces .....	30
II-9-Tapis d'évacuation de déchets .....	31
II-10-Les pièces réalisées par la presse transfert (630 2MR-TR3) .....	31
III-Les actionneurs, les pré-actionneurs et les capteurs .....	31
III-1-Les actionneurs.....	31
III-1-1-Les vérins .....	31
III-1-1-a- Les vérins simple effet (VSE) .....	32
III-1-1-b-Vérins double effet .....	33
III-1-1-c- Les vérins rotatifs .....	34
III-1-2- Les moteurs .....	34
III-1-2-1- Les moteurs électriques .....	34
III-1-2-1-1-Le moteur asynchrone triphasé.....	35
a)-Démarrage direct du moteur asynchrone à un sens de rotation .....	35
b) Démarrage direct des moteurs asynchrone à deux sens de rotation .....	36
III-1-2-1-2-Le moteur à courant continu .....	37
III-1-2-2- Le moteur hydraulique .....	38
III-2- Les pré-actionneurs .....	39
III-2-1- Les distributeurs .....	39
III-2-1-a-Constitution d'un distributeur hydraulique. ....	40

III-2-1-b- Les différents types de distributeurs .....	40
III-2-2-Le contacteur .....	41
III-3- Les capteurs .....	41
III-3-1- Caractéristiques d'un capteur .....	42
III-3-2- Le choix d'un capteur .....	42
III-3-3- Différents capteurs utilisés .....	42
III-3-3-1- Capteur de position .....	42
III-3-3-2- Capteur de proximité (photoélectrique).....	43
IV-Le circuit hydraulique, pneumatique de la machine .....	44
IV-1-Tuyauteries.....	44
IV-2- Le clapet anti-retour .....	45
IV-3- Le clapet anti-retour à déverrouillage .....	45
IV-4- Régulateurs de flux variable unidirectionnel .....	45
V- Cahier de charge fonctionnel de la machine .....	46
V-1-Travail demandé .....	46
V-2- Le fonctionnement de la presse.....	46
V-2-1- Changement de table .....	46
V-2-2- Le chargement de la tôle à la presse transfert.....	47
V-2- 3-Le cycle automatique de la machine .....	48
Conclusion .....	49

## **Chapitre III : Modélisation de la presse à l'aide du GRAFCET**

I. Introduction.....	50
II. Généralités sur le Grafcet .....	50
II.1. Définition d'un Grafcet .....	50
II.2. Notions de bases du Grafcet.....	50
II. 3. Niveau fonctionnel du Grafcet.....	52
II.3.1.Grafcet du niveau 1 .....	52
II.3.2. Grafcet du niveau 2 .....	52
II.4. Arrêt d'urgence (AU) .....	52
II.5. Mise en équation d'un Grafcet.....	52



II.6.Règles d'évolution du Grafcet.....	54
II.7. Structure d'un Grafcet.....	54
II.7.1. Séquence unique .....	54
II.7.2. Saut d'étape .....	55
II.7. 3. Reprise d'étape .....	55
Conclusion.....	55
1- Le Grafcet niveau 1 de la machine.....	55
2- Le Grafcet niveau 2 de la machine .....	69

## **Chapitre IV : Programmation de l'automate S7-300**

I-	
Introduction .....	82
II-Présentation générale de l'automate S7-300 .....	82
II-1-Définition d'un API .....	82
II-2-Types des API .....	82
a) Les API de type compact .....	82
b) Les API de type modulaire .....	83
II-3-Structure interne d'un API .....	83
II-4-Place de l'API dans le système automatisé de production (SAP) .....	84
II-4-1-Les systèmes automatisés de production .....	84
II-4-2-Structure d'un système automatisé .....	85
a) Partie Opérative (PO) .....	85
b) Partie Commande (PC) .....	85
c) Poste de contrôle .....	86
II-5- Domaine d'utilisation des APIS .....	86
II-6-L'API S7-300 .....	86
II-7-Structure de l'API S7-300 .....	86
III-Fonctionnement de l'automate programmable .....	88
III-1-Réception des informations selon les états du système .....	88
III-2-Système d'exploitation .....	88
III-3- Exécution du programme utilisateur .....	89

III-4- Commande de processus .....	89
IV- Programmation de l'API S7-300 .....	89
IV-1- Blocs du programme utilisateurs .....	89
IV-1-1- Type de blocs utilisateurs .....	89
IV.2. Création d'un projet dans S7-300 .....	90
Conclusion .....	93

## **Chapitre V : Simulation et validation du programme**

I- Introduction .....	94
II-présentation du S7 PLCSIM.....	94
II-Mise en route du logiciel S7-PLCSIM.....	94
IV- Simulation du programme de la presse mécanique.....	97
Conclusion .....	98
Conclusion générale .....	99



PRÉSENTATION DE  
L'ENTREPRISE ENIEM

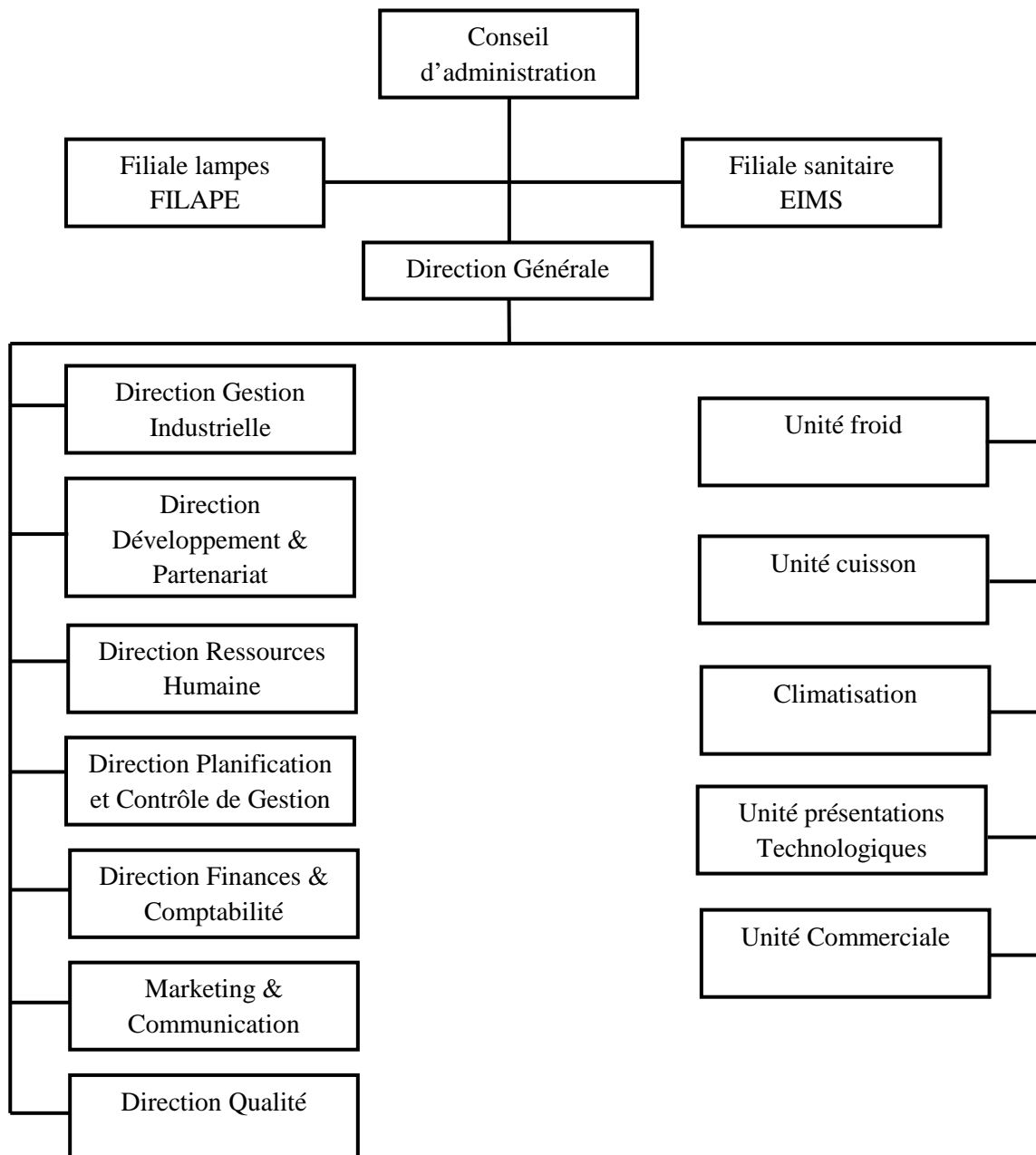
# Présentation de l'entreprise ENIEM

## I-Introduction :

ENIEM (Entreprise National des Industries de l'Electro Ménager) est une entreprise publique de droit Algérien construite le 02 janvier 1983, mais qui existe depuis 1974 sous tutelle de l'entreprise « SONELEC » (Société national de fabrication et de montage de matériel électronique et électrique). Son siège social est situé au chef lieu de la Wilaya de Tizi Ouzou. Les unités de production froide, cuisson et climatisation sont implantées dans la zone industrielle Aissat Idir de Oued Aissi, distante de 7 Km du chef-lieu de wilaya. Les filiales sanitaires et lampes sont installées respectivement à Miliana wilaya de Ain Defla et Mouhammadia, wilaya de Mascara, ce complexe s'étale sur une superficie totale de 55 hectares. L'ENIEM a été transformée juridiquement en société actionnaire le 08 octobre 1989.

## II-Présentation de l'entreprise ENIEM :

### II-1- Organisation générale et unités de production :



# Présentation de l'entreprise ENIEM

---

## **III- Produits fabriqués :**

### **III-1- Produit froid:**

- Réfrigérateurs (10 modèles)
- Conservateurs vitrés (2 modèles)
- Congélateurs bahut (2 modèles)

### **III-2- Produit cuisson:**

- Cuisinière 4 feux (5 modèles)
- Cuisinière 5 feux (2 modèles)

### **III-3- Produit de climatisation et autre :**

- Climatisation split système
- Machine à laver 7 kg
- Chauffe- eau 10l
- Radiateur à gaz butane

## **IV-Métiers de l'ENIEM :**

L'Entreprise utilise plusieurs métiers technologiques pour la fabrication de ses produits notamment :

### **❖ Transformation plastiques :**

- Refendage
- Découpage, pliage et emboutissage

### **❖ Transformation de tubes et fils :**

- Redressage et coupage
- Pliage et formage

### **❖ Soudage :**

- Par points
- Par induction
- Brassage

### **❖ Traitements et revêtement de surfaces :**

- Peinture électrostatique (liquide)
- Emaillage
- Découpage et phosphatation
- Zingage, chromage et nickelage

### **❖ Moussage :**

- Injection de polyuréthane

### **❖ Contrôle de qualité des produits :**

#### **1. Production et distribution :**

- Production et distribution d'eau chaude et surchauffé et d'air comprimé
- Distribution de gaz (Cyclopentane, Azote et Argon)

# Présentation de l'entreprise ENIEM

---

## **2. Contrôle et analyse :**

Chimie

Métallurgie

Essais produits

## **3. Fabrication mécanique :**

Tournage, fraisage et rectification

Usinage par électroérosion

## **4. Traitement thermique**

## **5. Fonctions de soutien technique :**

Etudes des produits

Méthodes de fabrication

Ordonnancement

# INTRODUCTION GÉNÉRALE



# Introduction Générale

---

Devant la compétitivité croissante qui subissent les entreprises industrielles, dans des domaines très importants comme la mécanique, l'informatique, l'automatisation,..., les industries doivent garder leur outil de production performant et fiable, car cela reflète parfaitement leurs aptitudes à affronter le marché mondial.

Aujourd'hui, il serait difficile de concevoir un système de production sans avoir recours aux différentes technologies et composants qui forment les Systèmes Automatisés de production (SAP), car ces derniers rendent la capacité de production très élevée dans tous les domaines industriels en fournissant un produit de qualité.

En ALGERIE, même si le secteur de l'industrie n'est pas suffisamment développé, rien n'empêche, il existe des entreprises qui suivent l'évolution technologique, parmi elles L'E.N.I.E.M (Entreprise Nationale des Industries de l'Electro -Ménager).

Actuellement, l'E.N.I.E.M axe sa politique de qualité sur l'amélioration de ses produits, afin de faire face à la concurrence rude des firmes internationales d'électro ménager.

L'entreprise nationale des industries de l'électro ménager, est constituée de cinq unités, qui sont les prestations techniques, commerciales, et trois unités de production : froid, climatisation et cuisson.

Notre projet de fin d'études est réalisé dans l'unité cuisson. Le thème qui nous a été proposé consiste à faire l'étude et amélioration d'une commande de synchronisation d'une presse mécanique à l'aide d'un variateur de vitesse VLT5000.

Ainsi notre travail est structuré comme suit :

- Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les variateurs de vitesse en général et le variateur VLT5000 et leurs fonctionnement.
- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation et la description de la presse mécanique.
- Le troisième chapitre est consacré à la modélisation de la machine en faisant appel à l'outil de modélisation qui est le GRAFCET (Graphe fonctionnel de Commande Etape-Transition).
- Le quatrième chapitre comprend une vue globale sur les systèmes automatisés traitant de programmation de l'automate S7-300.
- Le cinquième chapitre consiste à la simulation du programme, élaboré dans le chapitre quatre, par le logiciel de simulation S7-PLCSIM.
- Enfin nous terminons notre travail par une conclusion générale ainsi que des annexes et bibliographie.

# CHAPITRE I :

## PRÉSENTATION D'UN VARIATEUR DE VITESSE VLT 5000

**I-Introduction :**

Dans le domaine de l'industrie pour commander et contrôler la vitesse des moteurs électriques, les démarreurs rhéostatiques, les variateurs mécaniques ont été les premières solutions ; puis les démarreurs et les variateurs électroniques se sont imposés dans l'industrie comme la solution moderne, économique, fiable et font naturellement partie intégrante de tout type d'installation automatisée.

Le variateur de vitesse pour un moteur à courant continu a été la première solution offerte. Les progrès de l'électronique de puissance et de la microélectronique ont permis la réalisation de convertisseurs de fréquence fiables et économiques. Les convertisseurs de fréquence modernes permettent une l'alimentation de moteur asynchrone standard avec des performances analogues aux meilleurs variateurs de vitesse à courant continu. . Ce chapitre est consacré à l'étude du variateur VLT 5000, sa programmation et de réaliser une synchronisation entre deux moteurs à courant contenu (entre la presse mécanique et l'alimentation) à l'aide d'un variateur de tension ainsi que son branchement.

**II- Variateur de vitesse :****II-1- Définition d'un variateur de vitesse :**

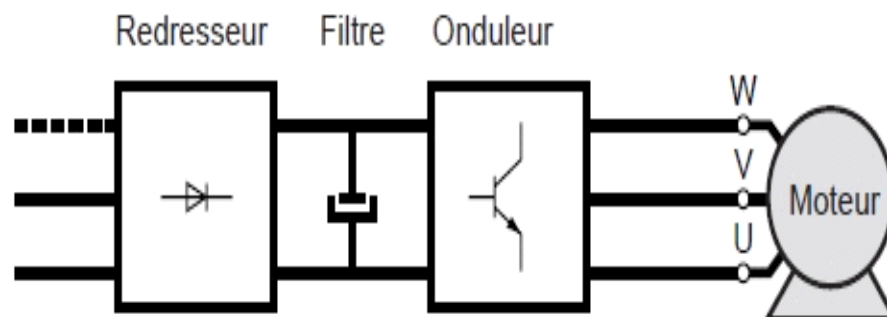
Un variateur ou un démarreur est un dispositif électronique destiné pour commander la vitesse d'un moteur électrique dont le rôle consiste à moduler l'énergie électrique fournie au moteur.

**II-2-Principaux types de variateurs :**

Il existe plusieurs types de variateurs de vitesse, les plus couramment utilisés sont les suivants :

**II-2-1-Convertisseurs de fréquence pour moteur asynchrone:**

Il fournit, à partir d'un réseau électrique alternatif monophasé ou triphasé, une tension alternative de valeur efficace et de fréquence variable selon une loi  $U/f = \text{constante}$ .

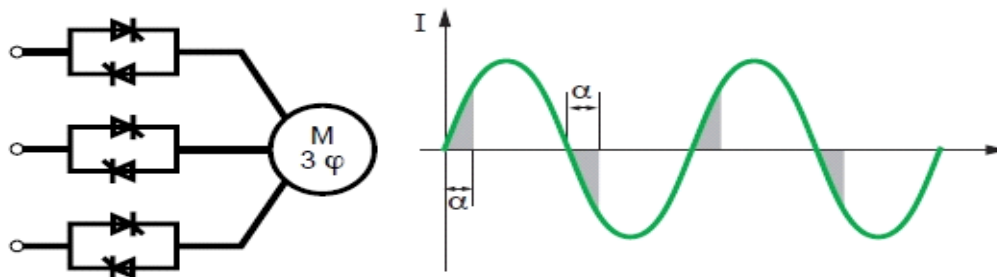


**Figure I.1 :** schéma de principe d'un convertisseur de fréquence.

### II-2-2-Gradateur de tension pour le démarrage de moteur asynchrone:

Il fournit, à partir d'un réseau alternatif monophasé ou triphasé, un courant alternatif de fréquence fixe égale à celle du réseau avec un contrôle de la valeur efficace de la tension. La variation de cette tension est obtenue en modifiant l'angle de retard à l'amorçage des semi-conducteurs de puissance. Deux thyristors montés tête-bêche dans chaque phase du moteur.

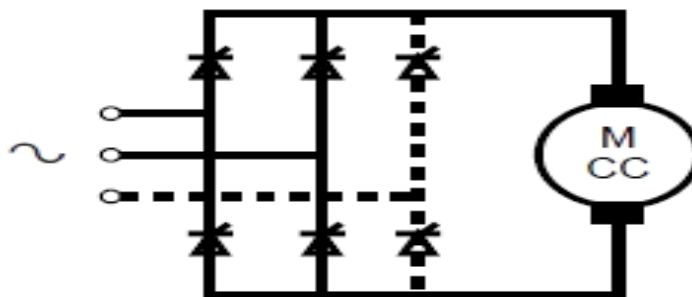
Il est couramment utilisé comme démarreur progressif pour les moteurs asynchrone à cage standard dont la mesure d'un couple de démarrage élevé n'est pas nécessaire, et peut également être employé comme un variateur de vitesse pour les moteurs asynchrone à cage résistante ou à bagues.



**Figure I.2:** démarreur de moteurs asynchrones et forme du courant d'alimentation.

### II-2-3-Redresseur contrôlé pour moteur à courant continu:

Il fournit, à partir d'un réseau alternatif monophasé ou triphasé, un courant avec un contrôle de la valeur moyenne de la tension. La variation de cette tension est obtenue en modifiant l'angle de retard à l'amorçage des semi-conducteurs de puissance utilisés, plus souvent à excitation séparée.



**Figure I.3:** schéma d'un redresseur contrôlé pour moteur à courant continu

### II-3-Constitution :

Les variateurs de vitesse électroniques sont composés de deux modules généralement regroupés dans une même enveloppe :

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

### II-3-1-Le module de contrôle :

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

Les ordres (marche, arrêt, freinage...) peuvent être donnés par les interfaces de dialogue homme/machine, des automates programmables ou par PC.

Des relais souvent affectables donnent des informations de :

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

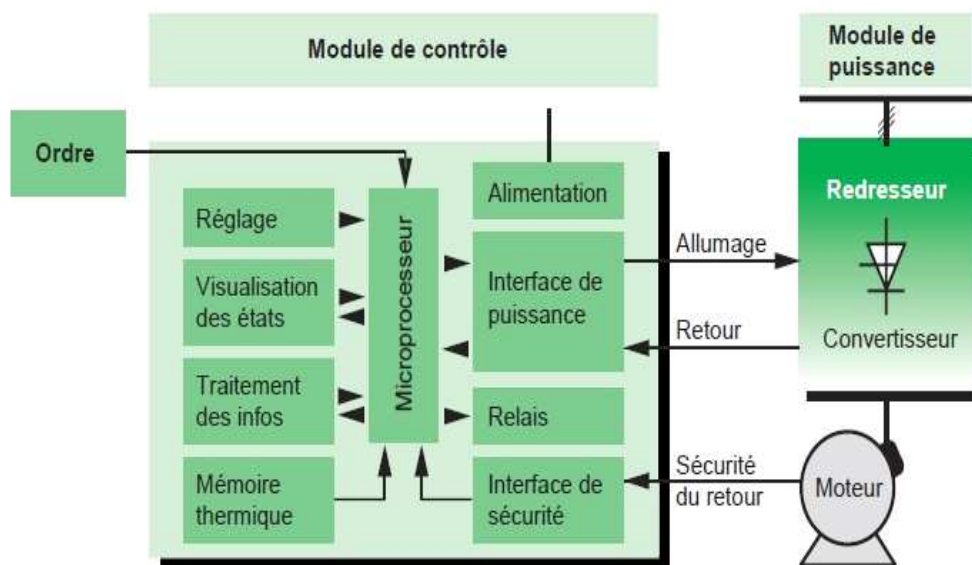
### II-3-2-Le module de puissance :

Le module de puissance est principalement constitué de :

- Composants de puissance.
- Interfaces de tension et/ou courant.
- Sur les gros calibres, un ensemble de ventilation.

Les composants de puissances sont des semi-conducteurs (diode, transistor, thyristor...) fonctionnant en tout ou rien, dont comparables à des interrupteurs statiques pouvant prendre les deux états passant ou bloqué.

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



**Figure I.4 :** structure générale d'un variateur de vitesse électronique

**II-4-Principales fonctions des variateurs de vitesse électroniques :****II-4-1-Accélération contrôlée :**

La mise en vitesse du moteur est contrôlée au moyen d'une rampe d'accélération linéaire. Cette rampe est généralement réglable et permet par conséquent de faire varier le temps de mise en vitesse.

**II-4-2-Variation de vitesse :**

Un variateur de vitesse peut ne pas être en même temps régulateur. Dans ce cas, c'est un système qui possède une commande avec amplification de puissance, mais de boucle de retour. Il est dit "en boucle ouverte".

La vitesse du moteur est définie par une grandeur d'entrée (tension ou courant) appelée consigne ou référence. Pour une valeur donnée de la consigne, cette vitesse peut varier en fonction des perturbations (variation de la tension d'alimentation, de la charge, de la température).

**II-5-Régulation de vitesse :**

Un régulateur de vitesse est un variateur asservi, il possède un système de commande avec amplification de puissance et une boucle de retour. Il est dit "en boucle fermée".

La vitesse du moteur est définie par une consigne. La valeur de la consigne est en permanence comparée à un signal de retour, image de la vitesse du moteur. Ce signal est généralement délivré par une génératrice bathymétrique ou un générateur d'impulsions monté en bout d'arbre du moteur. Si un écart est détecté suite à une variation de la vitesse, la valeur de la consigne est automatiquement corrigée de façon à ramener la vitesse à sa valeur initiale.

Grâce à la régulation, la vitesse est pratiquement insensible aux perturbations. La précision d'un régulateur est généralement exprimée en % de la valeur nominale de la grandeur à réguler.

**II-6-Décélération contrôlée :**

Quand un moteur est mis hors tension, sa décélération est due uniquement au couple résistant de la machine (décélération naturelle). Les variateurs électroniques permettent de contrôler la décélération au moyen d'une rampe linéaire, généralement indépendante de la rampe d'accélération. La rampe peut être réglée de manière à obtenir un temps de passage de vitesse en régime établi à une vitesse intermédiaire ou nulle :

- Inférieur au temps de décélération naturelle :  
Le moteur doit développer un couple résistant qui vient s'ajouter au couple résistant de la machine.
- Supérieur au temps de décélération naturelle :  
Le moteur doit développer un couple moteur inférieur au couple résistant de la machine.

## II-7-Inversion du sens de marche :

Elle peut être commandée à une vitesse nulle après décélération sans freinage électrique, ou avec freinage électrique pour obtenir une décélération et une inversion rapides.

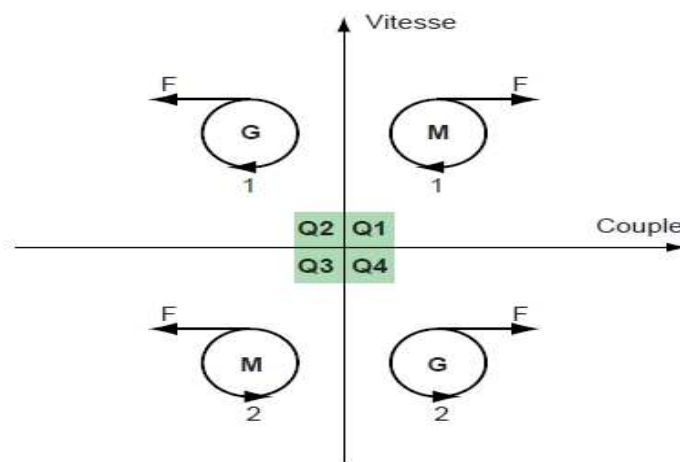
## II-8-Principe de fonctionnement d'un variateur de vitesse:

Les variateurs de vitesse peuvent faire fonctionner un moteur dans un seul sens de rotation, ils sont alors dits « unidirectionnels », soit commander les deux sens de rotation, ils sont alors dits « bidirectionnels ».

Les variateurs peuvent être « réversibles » lorsqu'ils peuvent récupérer l'énergie du moteur Fonctionnant en générateur (mode freinage).

La réversibilité est obtenue soit par un renvoi d'énergie sur le réseau (pont d'entrée réversible), soit en dissipant l'énergie récupérée dans une résistance avec un hacheur de freinage.

Lorsque la machine fonctionne en générateur elle doit bénéficier d'une force d'entraînement. Cet état est notamment exploité pour le freinage. L'énergie cinétique alors présente sur l'arbre de la machine est soit transférée au réseau d'alimentation, soit dissipée dans des résistances ou, pour les petites puissances, dans les pertes de la machine.



**Figure I.5 :** les quatre situations possibles d'une machine dans un diagramme couple-vitesse

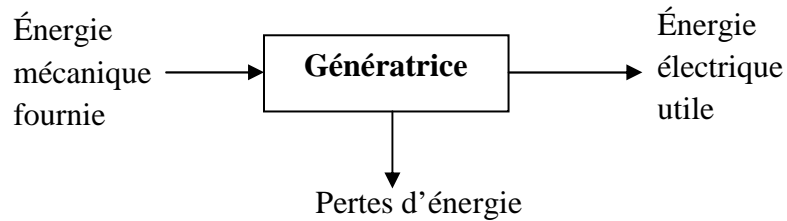
## III-Variation de vitesse pour un moteur à courant continu :

### III-1-Introduction :

Les machines à courant continu (MCC) furent les premières machines électriques utilisées par les ingénieurs au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle pour produire de la puissance motrice en usine ou en transport. Elles sont dites réversibles c'est-à-dire qu'elles peuvent fonctionner en moteur ou en génératrice.

- **Fonctionnement en mode génératrice :**

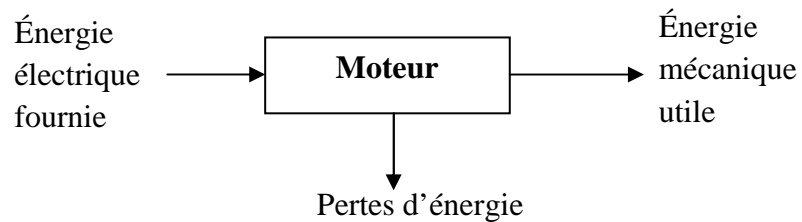
La machine à courant continu en mode génératrice dont le rôle de convertir une énergie mécanique d'entrée en énergie électrique de sortie.



**Figure I.6 :** Schéma d'une machine à courant continu en mode génératrice

- **Fonctionnement en mode moteur:**

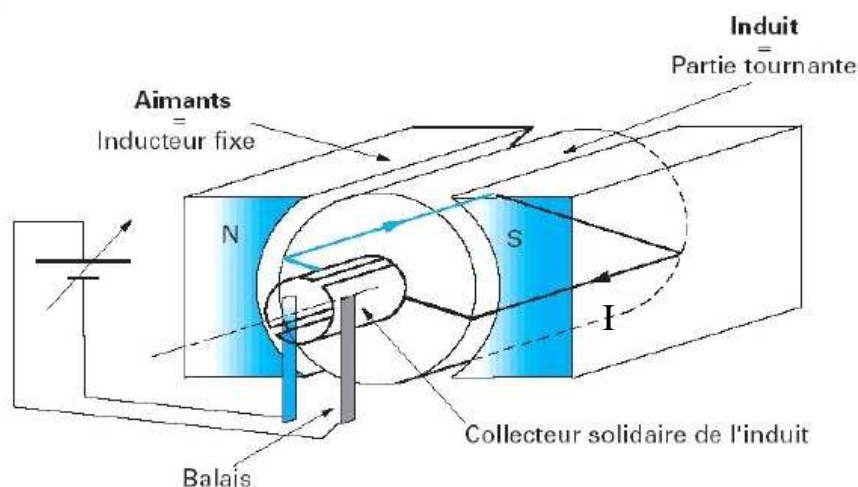
Un moteur à courant continu est un dispositif électromécanique qui convertit une énergie électrique d'entrée en énergie mécanique, il fonctionne en tension ou en courant.



**Figure I.7 :** Schéma d'une machine à courant continu en mode moteur

### III-2-Constitution :

Le moteur à courant continu est constitué d'un inducteur, d'un induit, d'un collecteur et d'un balais.



**Figure I.8 :** Constitution d'un moteur à courant continu



**III-2-1- Inducteur:**

Le stator est constitué de la carcasse du moteur et du circuit magnétique proprement dit. Un circuit magnétique est constitué d'une structure ferromagnétique qui canalise le flux magnétique, créé par une source de champ magnétique : aimant permanent ou électroaimant. Le circuit magnétique du stator crée le champ magnétique appelé « champ inducteur ». L'inducteur magnétise le moteur en créant un flux magnétique ( $\phi$ ) dans l'entrefer.

**III-2-2-Induit :**

Solidaire du rotor (partie mobile ou tournante de la machine), il est le siège des forces nécessaires à son entraînement, il est composé de spires placées dans des encoches situées à la périphérie d'un empilement de tôles cylindriques, les extrémités des spires sont reliées sur les lames de collecteur.

**III-2-3-Le collecteur :**

Ensemble cylindrique de lames de cuivre isolées les unes des autres, chaque lame est soudée à un des deux fils sortant d'une des bobines de l'induit, il tourne avec le rotor. Il est essentiellement constitué par une juxtaposition cylindrique de lames de cuivre séparées par des lames isolantes. Chaque lame est reliée électriquement au bobinage induit. Le collecteur est monté sur l'arbre du moteur.

**III-2-4-Balais :**

Il est fait en carbone en raison de sa bonne conductivité électrique et de son faible coefficient de frottement. Il assure la liaison électrique (contact glissant) entre la partie fixe et la partie tournante. En s'appuyant sur le collecteur, assure un contact électrique entre l'induit et le circuit extérieur. Dans une machine à enroulements imbriqués, il y a autant de balais que de pôles magnétiques inducteurs, pour des machines de forte puissance, la mise en parallèle des balais est alors nécessaire.

**III-3-Principe de fonctionnement de moteur à courant continu:**

Le hacheur alimente le bobinage disposé sur l'induit mobile (rotor). Ce bobinage est placé dans un champ magnétique, permanent ou non, produit par l'inducteur (stator). On supposera pour simplifier que cette excitation est séparée et constante, comme c'est le cas, notamment lorsque l'inducteur est constitué d'aimants. Le courant circulant dans les spires de l'induit du moteur, des forces électriques lui sont appliquées et, grâce à un dispositif adapté (balais et collecteur), les forces s'additionnent pour participer à la rotation.

Pour inverser le sens de rotation d'un moteur à courant continu il suffit d'inverser les polarités de la tension d'alimentation de l'induit ou de l'inducteur.

**III-4 - Les différents modes de réglage de la vitesse :**

La variation de la vitesse d'un moteur à courant continu en fonction de variation de la tension se fait sous les conditions suivantes:

**III-4-1-Variation de la résistance d'induit :**

Pour ce mode de réglage de vitesse, le procédé consiste à mettre en série avec le circuit d'induit un rhéostat qui engendre une augmentation de la résistance globale de l'induit du moteur. La tension d'induit et le flux d'excitation sont fixes à leurs valeurs nominales, puis on agit sur le rhéostat en diminuant la valeur de la résistance globale de l'induit. Ce qui permet l'augmentation de la vitesse du moteur à courant continu. Ce procédé de réglage de la vitesse est peu avantageux, vu les pertes Joules supplémentaires qu'il engendre au niveau de la résistance du rhéostat.

**III-4-2-Réglage du flux d'excitation :**

Lorsque la machine est alimentée sous sa tension nominale, il est encore possible d'augmenter sa vitesse en réduisant le courant d'excitation. Le variateur de vitesse doit dans ce cas comporter un pont redresseur contrôlé alimentant le circuit d'excitation.

La variation du flux d'excitation s'effectue entre une valeur nominale et une valeur maximale qui est celle de régime nominale. Ce procédé de réglage est commode pour des fonctionnements à puissance constante sur toute la gamme de vitesse, mais la vitesse maximale est limitée par deux paramètres :

- La limite mécanique liée à l'induit et en particulier la force centrifuge maximale pouvant être supportée par le collecteur.
- Les possibilités de commutation de la machine, en général plus restrictives.

La tension d'induit reste alors fixe et égale à la tension nominale et le courant d'excitation est ajusté pour obtenir la vitesse souhaitée. La puissance a pour expression :

$$P = E \cdot I \quad (I-1)$$

Avec :

**P** : la puissance (W).

**E** : tension d'alimentation (V).

**I** : le courant d'induit (A).

**III-4-3-Réglage de tension d'induit :**

C'est le meilleur procédé utilisé pratiquement. Le principe de fonctionnement consiste à fixer la valeur du flux à celle du régime nominale. La seconde opération consiste à faire varier la tension aux bornes de l'induit du moteur tout en maintenant la valeur de la résistance.

Lorsque le moteur est alimenté sous une tension constante, on peut augmenter la vitesse en diminuant le flux, plus le flux est faible, plus le couple de la machine peut développer un courant faible.

Au contraire, en maintenant le flux constant, on peut développer le même couple à toutes les vitesses et aussi toujours utiliser au mieux la possibilité en courant d'induit et de l'inducteur. Mais faire varier la tension est évidemment plus onéreux que faire varier le courant de l'inducteur.

---

**III-5-Les avantages des moteurs à courant continu sont :**

- Un couple de démarrage élevé sans surintensité.
- Une vitesse de rotation et couple faciles à réguler.
- Un sur-couple transitoire important admissible pendant des temps très courts.
- Un excellent comportement dynamique.
- Une facilité de récupération d'énergie.

**III-6-Les inconvénients des moteurs à courant continu sont :**

- Une alimentation statorique et rotorique par courant continu (pont redresseur).
- Un mauvais facteur de puissance à basse vitesse.
- Nécessite beaucoup de maintenance, notamment pour le remplacement des balais et du collecteur.
- Ne peut pas être utilisé dans des environnements explosifs (le frottement des balais sur le collecteur engendre des étincelles).

**IV- Principe général d'un variateur de vitesse pour un moteur à courant continu:**

L'ancêtre des variateurs de vitesse pour moteur à courant continu est le groupe Ward Leonard. Ce groupe, constitué d'un moteur d'entraînement, généralement asynchrone, et d'une génératrice à courant continu à excitation variable, alimente un ou plusieurs moteurs à courant continu. L'excitation est réglée par un dispositif électromécanique ou par un système statique (amplificateur magnétique ou régulateur électronique).

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

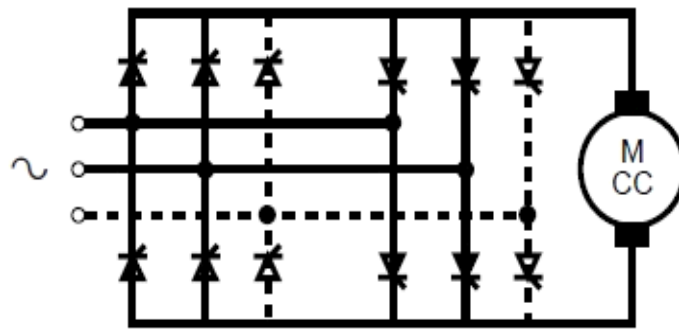
Pour des variateurs de faible puissance, ou des variateurs alimentés par une batterie d'accumulateurs, le circuit de puissance, parfois constitué de transistors de puissance (hacheur), fait varier la tension continue de sortie en ajustant le temps de conduction.

**V- Inversion du sens de marche et freinage par récupération :**

Pour inverser le sens de marche, il faut inverser la tension d'induit. Ce peut être réalisé à l'aide de contacteurs ou en statique par inversion de la polarité de sortie du variateur de vitesse ou de la polarité du courant d'excitation.

Lorsqu'un freinage contrôlé est désiré ou que la nature de la charge l'impose (couple entraînant), il faut renvoyer l'énergie au réseau. Pendant le freinage, le variateur fonctionne en onduleur, en d'autres termes la puissance qui transite est négative.

Les variateurs capables d'effectuer ces deux fonctionnements (inversion et freinage par récupération d'énergie) sont dotés de deux ponts connectés en antiparallèle. Chacun de ces ponts permet d'inverser la tension et le courant ainsi que le signe de l'énergie qui circule entre le réseau et la charge.



**Figure I.9 :** schéma d'un variateur avec inversion de marche et freinage par récupération d'énergie pour un moteur à courant continu

#### VI- Variateur de vitesse VLT 5000:

Les variateurs de vitesse VLT 5000 occupent une place particulière dans le domaine de l'entraînement grâce à des caractéristiques intégrées exclusives basées sur la fiabilité, la flexibilité et la simplicité d'utilisation.



**Figure I.10 :** Variateur de vitesse type VLT5000

##### VI-1- Choix de variateur VLT 5000 :

Le VLT 5000 doit être choisi en fonction du courant du moteur dans des conditions de charge maximale. Le courant de sortie nominal doit être supérieur ou égal au courant demandé par le moteur. Le variateur peut être alimenté par quatre plages de tension de secteur 200-240V, 380-500V, 525-600 V, 525-690 V.

**VI-2- Définition d'un VLT5000 :**

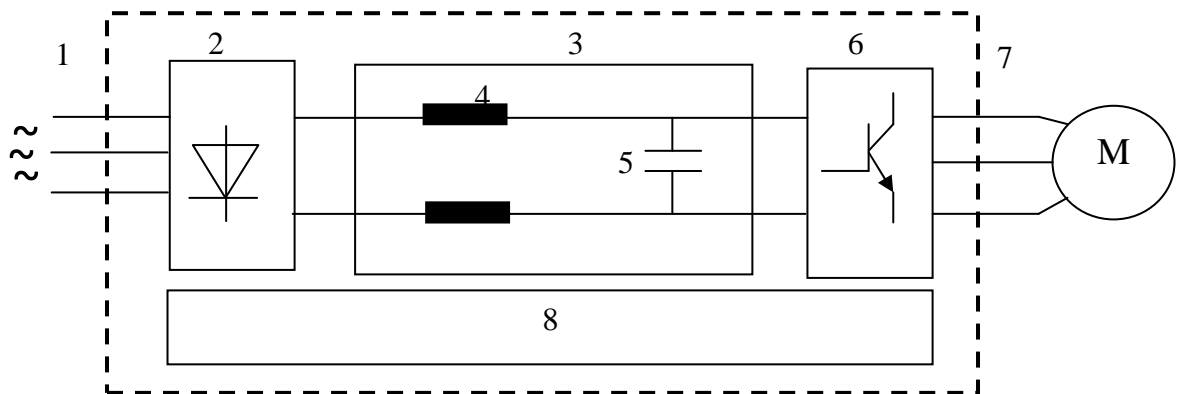
La gamme des VLT 5000 s'adapte à la plupart des applications industrielles en milieu complexe grâce à des performances particulièrement élevées de vitesse et de couple en boucle ouverte ou fermée et à la flexibilité de ses modes de programmation.

Le VLT 5000 est la meilleure alternative en termes de précision et de stabilité grâce au système de contrôle vectoriel.

**VI-3-Fonctionnement de variateur VLT 5000 :**

Le variateur VLT 5000 redresse la tension alternative en tension continue puis convertit cette dernière en une tension alternative d'amplitude et de fréquence variables.

La tension et la fréquence variable qui alimentent le moteur offrent des disponibilités infinies de vitesse.



**Figure I.11 : Schéma de fonctionnement de variateur VLT 5000**

**1. Tension de secteur :**

Il est alimenté par une tension alternative triphasée et une fréquence nominale de :

$3 \times 200-240\text{V}, 50/60\text{Hz}.$

$3 \times 380-500\text{V}, 50/60\text{Hz}.$

$3 \times 525-600\text{ V}, 50/60\text{Hz}.$

$3 \times 525-690\text{ V}, 50/60\text{Hz}.$

**2. Redresseur :**

Un pont redresseur (pont de diodes) redresse la tension alternative triphasée du réseau en tension continue.

**3. Circuit intermédiaire :**

Il limite les perturbations envoyées par l'entrée.

Tension CC =  $1,35 \times$  tension d'alimentation [ V ] .

**4. Bobine du circuit intermédiaire :**

Utilisé pour le lissage de la tension du circuit intermédiaire et la limitation des perturbations envoyées sur le secteur et d'autres composants (fusibles, contacteurs et câbles).

**5. Condensateur du circuit intermédiaire :**

Utilisé pour le lissage de la tension du circuit intermédiaire.

**5. Onduleur :**

Pont d'onduleur (pont de transistors) convertit la tension continue en tension alternative de fréquence variable.

**7. Tension de moteur (sortie) :**

Tension alternative variable dépend de 0 à 100% de la tension d'alimentation.

**8. Circuit de commande :**

Le circuit de commande se compose de microprocesseur qui permet une augmentation importante de la vitesse de fonctionnement. Ce dispositif de commande par microprocesseur du variateur de vitesse avec génération du profil d'impulsion par lequel la tension continue est convertie en tension alternative et de fréquence variable. Ce circuit intègre quatre fonctions essentielles :

- Commande des semi-conducteurs du redresseur, du circuit intermédiaire et de l'onduleur.
- Protection pour le variateur de vitesse et le moteur.
- Collecte et compte-rendu des messages de défaut.
- Echange de données entre le variateur de vitesse et le périphérique.

**VI-4-Caractéristiques principales d'un VLT 5000:**

- Gestion du frein de maintien.
- Gestion des perturbations et coupures secteur.
- Couple constant et quadratique.
- Fréquence maximale 1000 Hz.

**VI-5- Protection de variateur VLT5000 :**

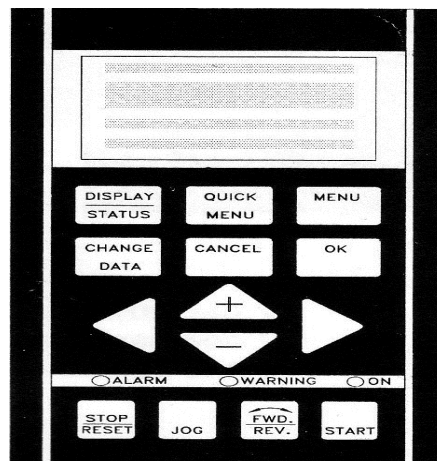
- Protection thermique électrique du moteur contre les surcharges.
- Le variateur est protégé contre courts-circuits sur les bornes du moteur.
- La surveillance de la tension du circuit intermédiaire assure l'arrêt du variateur en cas de tension trop faible ou trop élevée du circuit intermédiaire.
- En cas d'absence d'une phase du moteur, le variateur s'arrête.
- En cas d'absence d'une phase secteur, le variateur s'arrête lorsque le moteur est en charge.

**VI-6- Les propriétés de variateur VLT 5000 :**

- Compensation rapide des variateurs de vitesse en fonction de celles des charges.
- Stabilité maximale pendant les variations de charge et à vitesse élevée.
- Compensation de glissement précise.
- Temps de réponse en couple 20 ms.
- Aucun déclassement moteur.

**VII-Mise en œuvre de variateur de vitesse :****VII-1-Panneau de commande :**

Le panneau de commande est situé dans la face avant du VLT 5000. Il peut être installé à une distance maximale de 3 mètres du variateur.



**Figure I.12 : Panneau de commande**

Les fonctions de panneau de commande sont réparties en trois groupes :

- L'afficheur.
- Les touches de programmation.
- Les touches de commande en mode local.

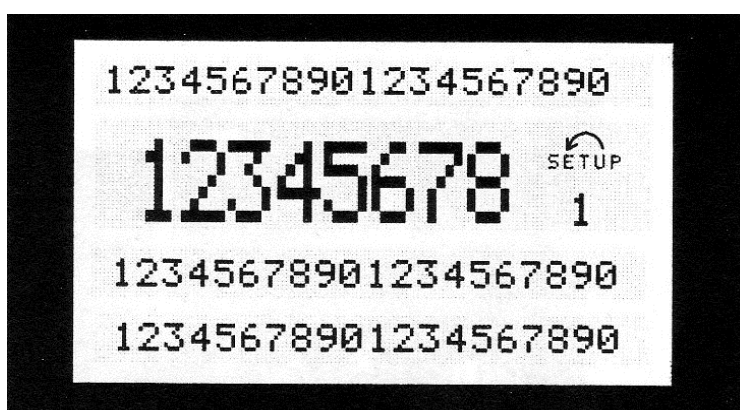
L'afficheur comporte quatre lignes. En cours de fonctionnement, il peut indiquer quatre variables d'exploitation et trois états de fonctionnement.

Pendant la programmation, toutes les informations nécessaires à la configuration rapide et efficace des paramètres du variateur sont affichées. Tous les paramètres peuvent être modifiés avec le panneau de commande

Trois témoins indiquant respectivement le variateur sous tension, l'avertissement et l'alarme sur l'écran d'affichage.

### VII-2-Panneau de commande-affichage :

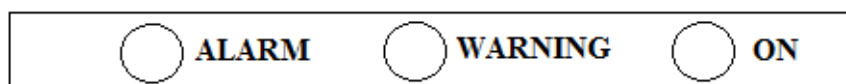
L'écran d'affichage est un écran retro-éclairé comportant au total quatre lignes alphanumériques et une indication du sens de rotation (flèche),.



**Figure I.13 :** Écran d'affichage

- 1<sup>ère</sup> ligne : affiche en continue jusqu'à trois variables d'exploitation en fonctionnement normal ou un texte qui explique la deuxième ligne.
- 2<sup>ème</sup> ligne : affiche en continue la valeur et le nom d'une variable d'exploitation (sauf en cas d'avertissement ou d'alarme).
- 3<sup>ème</sup> ligne : est vide, est utilisé en mode menu pour afficher le numéro et le nom soit du groupe ou du paramètre sélectionné.
- 4<sup>ème</sup> ligne : utilisé en fonctionnement normal pour afficher un texte d'état ou mode de changement de données pour afficher l'état ou la valeur du paramètre choisi.

### VII-3-Panneau de commande-voyant d'indication LED :



**Figure I.14 :** Voyants d'indications

En bas du panneau de commande se trouvent un voyant rouge (alarme), un voyant jaune (avertissement), et un voyant vert (tension).

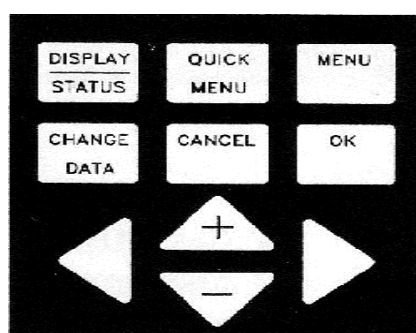


En cas de dépassement de certaines valeurs limites, le voyant d'alarme et ou d'avertissement s'allument et un texte d'état et d'alarme s'affiche sur le panneau de commande.

Le voyant d'indication (LED) de tension est activé lorsque le variateur de fréquence est sous tension ou relié à une alimentation 24V extrême avec le rétro-éclairage de l'écran d'affichage allume.

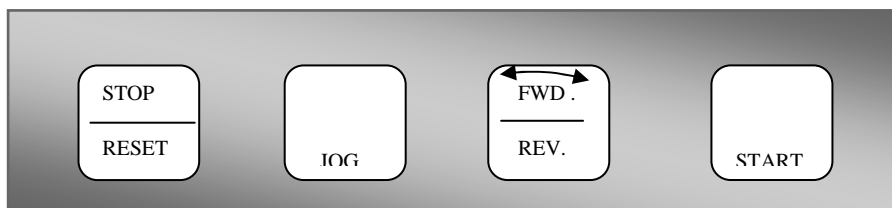
#### VII-4-Panneau de commande – touches de commande :

Les touches de commandes sont réparties selon leurs fonctions. Ainsi, les touches comprises entre l'écran d'affichage et témoins sont utilisées pour le paramétrage et le choix de l'indication de l'afficheur en fonctionnement normal.



**Figure I.16 :** Les touches de commande

Les touches de commandes en mode local sont placées sous les voyants.



**Figure I.17 :** Les touches de commandes en mode local

#### VII-5-Configuration des paramètres :

Le domaine de travail très diversifié d'un variateur de vitesse est obtenu par un grand nombre de paramètres qui permettent d'adapter la fonctionnalité pour une utilisation spécifique. Afin d'offrir une meilleure vue d'ensemble de nombreux paramètres, il est possible de choisir entre deux modes de programmation : un mode menu ou un mode menu rapide.

Le premier mode donne l'accès à l'ensemble des paramètres. Avec le second, l'utilisateur parcourt l'ensemble des paramètres essentiels et nécessaires à la mise en œuvre du variateur de vitesse pour s'adapter à la plupart des cas. Quelque soit le mode de

programmation choisi, la modification d'un paramètre dans un mode est automatiquement visible aussi bien en mode menu qu'en mode menu rapide.

#### **VII-6-Structure du mode menu comparé au mode menu rapide :**

Chaque paramètre a un nom et un numéro qui restent les mêmes dans les deux modes de programmation.

En mode menu, les paramètres sont répartis en groupe, le premier chiffre du numéro des paramètres (en partant de la gauche) indique le numéro du groupe de paramètre concerné.

- Le mode menu permet de choisir et de modifier l'ensemble des paramètres.
- La touche [QUICK MENU] permet d'accéder aux paramètres les plus importants du variateur. Après la programmation, le variateur est dans la plupart des cas, prêts on fonctionnement. Il est possible de parcourir le menu rapide à l'aide des touches [+/-] et de modifier les valeurs des données en appuyant sur [CHANGE DATA] + [OK].

#### **VIII-Installation du variateur VLT5000:**

##### **VIII-1-Installation mécanique :**

Le variateur de vitesse est refroidi par la circulation de l'air. Pour permettre à l'appareil d'évacuer l'air de refroidissement

Afin d'éviter la surchauffe de l'appareil, il faut s'assurer que la température de l'air ambiante ne dépasse pas 55°C de la température moyenne sur 24 heures.

La durée de vie du variateur de vitesse sera réduite si l'on ne tient pas compte de la température ambiante.

##### **VIII-2-Installation électrique : câble du moteur :**

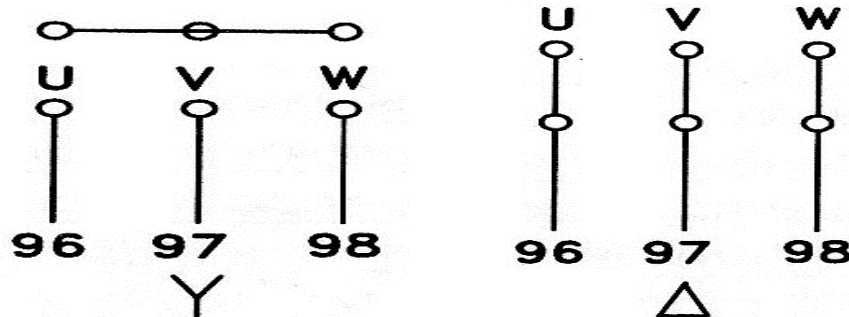
Afin de respecter les spécifications de Compatibilité Électromagnétique (CEM) en matière d'émission, le câble du moteur doit être blindé. Il est capital d'utiliser un câble moteur aussi court que possible pour réduire au strict minimum le niveau d'interférence et le courant de fuite.

Le blindage du câble du moteur doit être raccordé au boîtier métallique du variateur de vitesse et à celui du moteur. Le raccordement des blindages doit être effectué sur une surface aussi grande que possible. Les différents dispositifs de montage des variateurs de vitesse le permettent. Il convient d'éviter des extrémités de blindage tressé car elles détériorent l'effet de blindage aux fréquences élevées.

En augmentant la section du câble et la capacité, donc le courant de fuite augmente d'où la nécessité de réduire la longueur du câble.

**VIII-3-Branchement du moteur :**

Le VLT 5000 permettent d'utiliser tous les types de moteurs triphasés. Les moteurs de petites tailles sont généralement montés en étoile (200 /400 V) et les moteurs de grande taille sont montés en triangle (400/600 V).



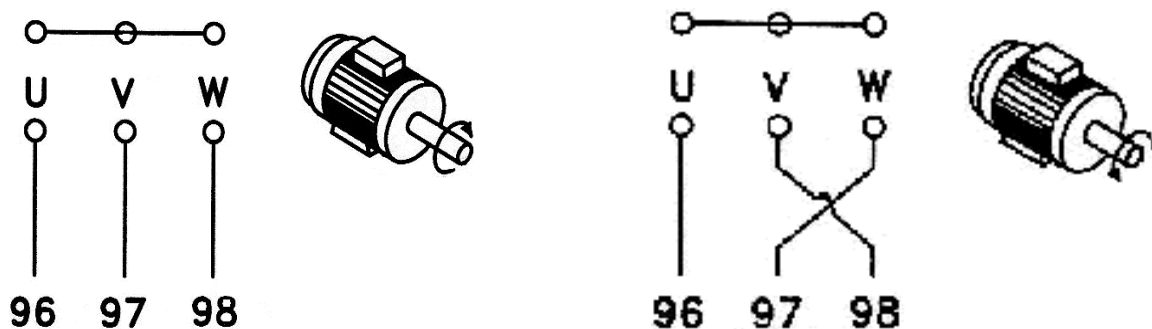
**Figure I.18:** Schéma de couplage du moteur

**VIII-4- Sens de rotation du moteur :**

Le réglage effectué en usine correspond à une rotation dans le sens horaire quand la sortie du variateur est raccordée comme suit :

- Borne 96 relié à la phase U ;
- Borne 97 relié à la phase V ;
- Borne 98 relié à la phase W ;

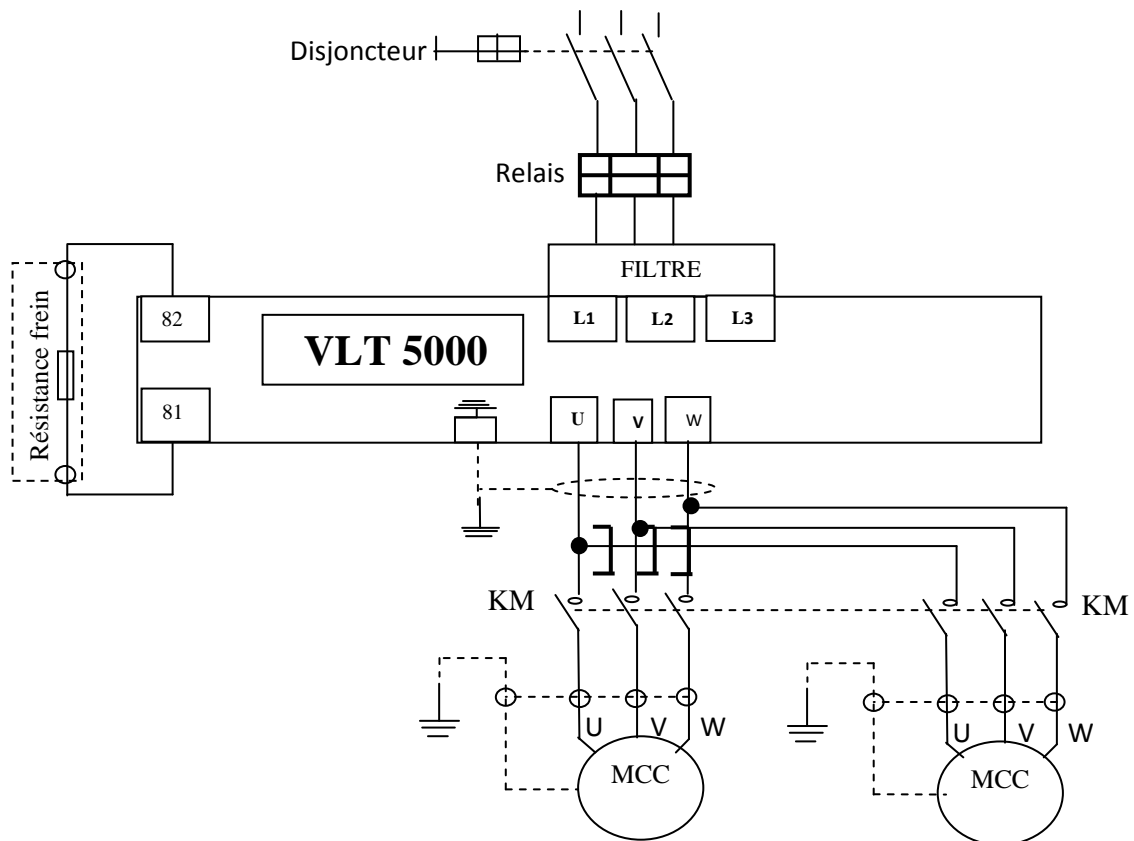
Le sens de rotation du moteur peut être modifié par inversion de deux phases du côté moteur



**Figure I.19:** Schéma du sens de rotation du moteur

**VIII-5-Synchronisation de deux moteurs à courant continu à l'aide de VLT 5000:**

Le schéma de branchement du moteur au variateur est représenté sur la figure suivante :



**Figure I.20 :** Schéma de branchement de deux moteurs au variateur

#### VIII-6-Montage des moteurs en parallèle :

Le variateur de vitesse peut commander plusieurs moteurs montés en parallèle. Si les vitesses des rotations des moteurs doivent être différentes, il est nécessaire d'installer des moteurs à vitesse nominale différents.

Les vitesses des moteurs peuvent être variées simultanément et le rapport entre la vitesse nominale est maintenu sur toute la plage.

La valeur du courant total consommé par les moteurs ne doit pas dépasser la valeur maximale du courant de sortie nominale en continu ( $I_{VLT, N}$ ) du variateur de vitesse.

Si les tailles des moteurs sont très différentes, le fonctionnement peut être perturbé au démarrage et à faible vitesse.

Dans les systèmes comportant des moteurs montés en parallèle, la protection thermique interne n'est pas utilisable. Il est donc nécessaire d'équiper les moteurs d'un dispositif de protection supplémentaire, tel que des relais thermiques convenant à l'utilisation du variateur de vitesse.

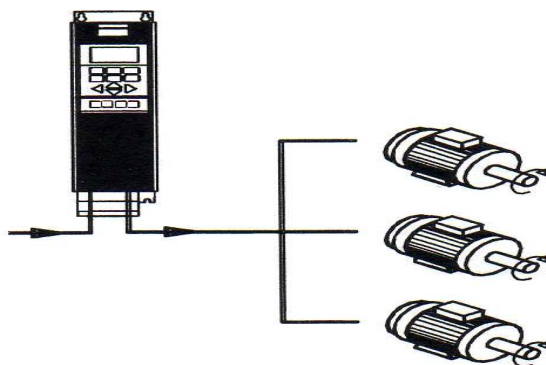


Figure I.21: Schéma de montage des moteurs en parallèle

### IX-Installation électrique : câble de commande :

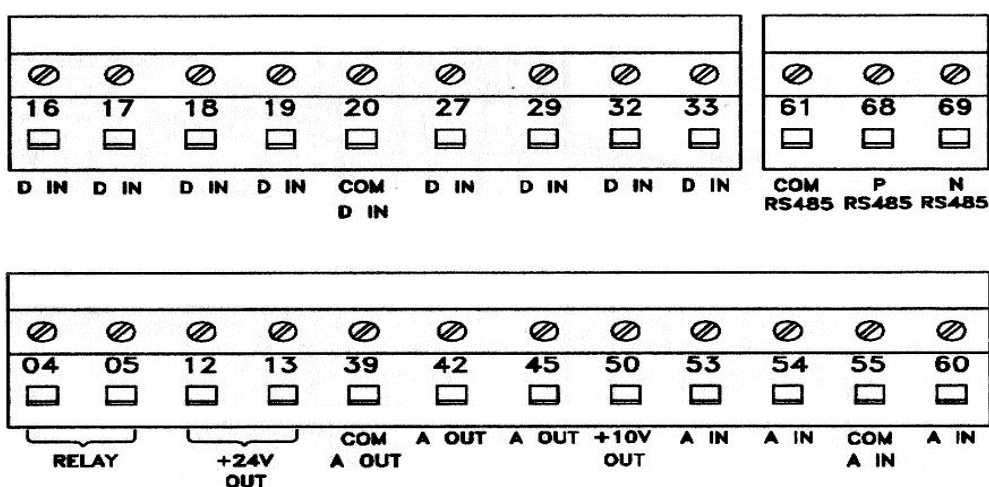


Figure I.22: Schéma du câble de commande

Les câbles de commande doivent être blindés, le blindage doit être relié au châssis du variateur de vitesse à l'aide d'étriers. Normalement, le blindage doit être également relié au châssis de l'appareil de commande, en fonction de l'installation, des boucles de mise à la terre de 50Hz peuvent se produire en raison de communication de bruit des câbles d'alimentations. Il peut alors être nécessaire de rompre le blindage et éventuellement d'insérer un condensateur de 100nF entre le blindage et le châssis.

#### IX-1-Commande de frein mécanique :

Dans les applications de levage / abaissement, il est nécessaire de pouvoir commander un frein électromécanique.

Pour commander le frein, il faut utiliser une sortie de relais (borne 01 à 04) ; la sortie doit rester fermée (hors circuit) pendant tout le temps où le variateur de vitesse n'est pas capable de maintenir le moteur (par exemple à cause d'une charge trop importante). Le paramètre 323 ou 326 (sortie de relais 01, 04) sélectionner la commande de frein mécanique [32] ou la commande de frein étendue [34] pour les applications avec frein électromécanique.

Dans une situation où le variateur de vitesse est en temps d'alarme ou en cas de surtension ou de dépassement de limite de courant, le frein mécanique est immédiatement mis en circuit.

### **IX-2-Programmation :**

Le variateur de vitesse est programmé via le panneau de commande en suivant les étapes ci-dessous :

- Appuyant sur la touche [QUICK MENU]. Le menu rapide apparaît sur l'affichage. Les paramètres sont choisis au moyen de curseur haut et du bas.
- Appuyant sur la touche [CHANGE DATA] pour modifier la valeur de paramètre, les valeurs de données sont modifiées en utilisant le curseur haut et le curseur bas.
- Appuyant sur [OK] pour mémoriser le réglage de paramètres.
- Définir la langue désiré dans le paramètre 001, on a six possibilités : Anglais, Allemand, Français, Danois, Espagnol et Italien.
- Définir les paramètres du moteur selon la plaque du moteur :
  - Puissance du moteur : paramètre 102.
  - Tension du moteur : paramètre 103.
  - Fréquence du moteur : paramètre 104.
  - Courant du moteur : paramètre 105.
  - Vitesse du moteur : paramètre 106.
- Définir la plage de fréquence et le temps de rampe :
  - Référence min : paramètre 204.
  - Référence max : paramètre 206.
  - Temps de montée de la rampe : paramètre 207.
  - Temps de descente de la rampe : paramètre 208.

### **IX-3-Démarrage du moteur :**

Pour démarrer le moteur à l'aide de variateur VLT 5000 on procède aux étapes suivantes :

- Appuyer sur la touche [START] pour démarrer le moteur. Définir la vitesse du moteur au paramètre 106.Vérifier si le sens de rotation est celui indiqué dans l'affichage, il peut être modifié par échange de deux phases du câble.
- Appuyer sur la touche [STOP] pour arrêter le moteur.
- Choisir l'adaptation automatique du moteur (AMA) ou réduire au paramètre 107.
- Appuyer sur la touche [START] pour démarrer l'adaptation automatique du moteur (AMA).
- Appuyer sur la touche [DISPLAY/STATUS] pour quitter le menu.

**Conclusion:**

En électronique, on s'intéresse toujours en premier lieu à la machine à courant continu, car il est possible d'obtenir de manière relativement simple sa modélisation dans le cas où le flux agissant sur l'induit est constant.

Ce chapitre peut nous ouvrir la perspective sur la possibilité technologique permettant d'obtenir un contrôle de vitesse.

En effet, les variateurs de vitesses présentés précédemment ne constituent que le maillon 'module de contrôle' et peuvent donc être utilisés dans une très large gamme d'applications.

# CHAPITRE II :

## PRÉSENTATION ET DESCRIPTION

## DE LA PRESSE MÉCANIQUE

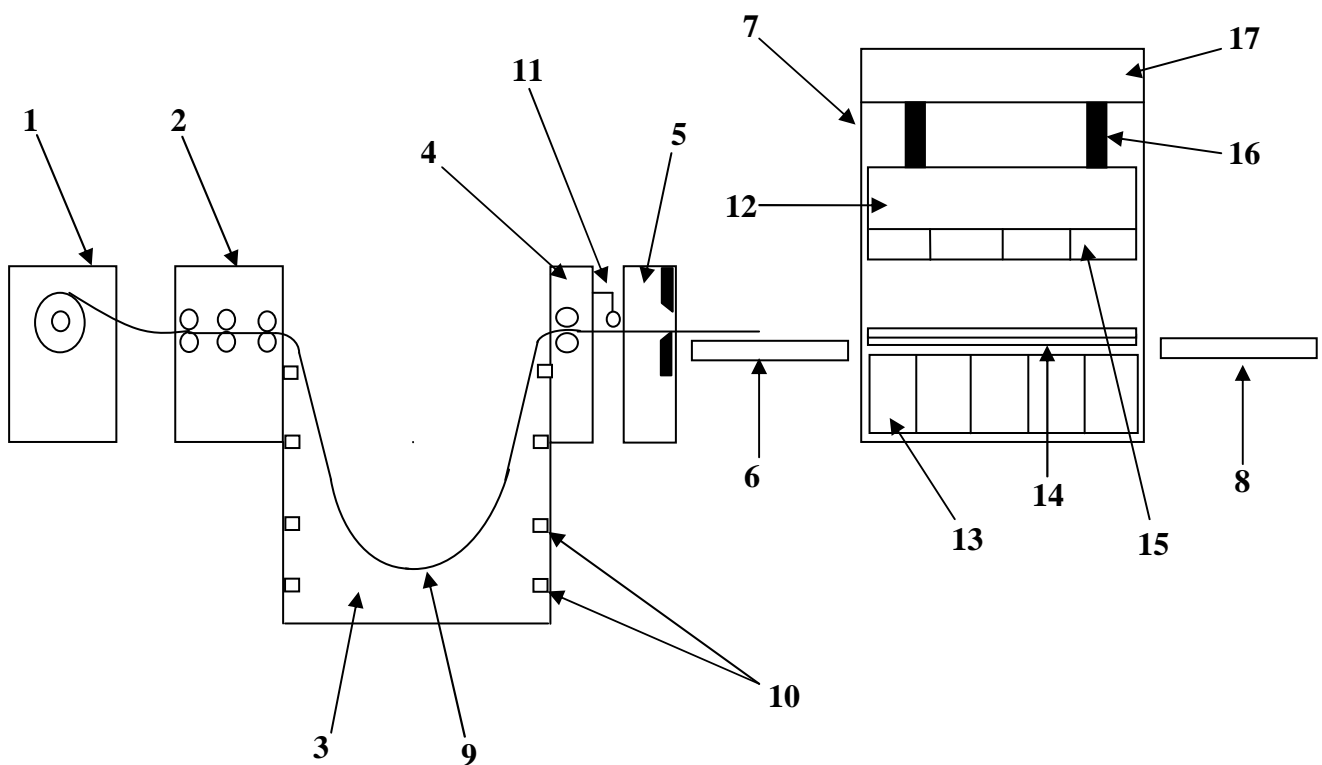


### I- Introduction :

La machine étudiée, est une presse mécanique de type (630 2MR-TR3) sert à l'emboutissage de tôle des cuisinières. Elle est complètement automatique et fonctionne à l'aide d'un séquenceur S5 de SIEMENS. Elle est fabriquée sur commande de l'ENIEM à l'entreprise MANZONI en Italie dans le but de moderniser les équipements de production. Elle occupe une place très importante dans l'unité cuisson, car avec la mise en service de cette grande machine en 1991, l'emboutissage de la tôle des cuisinières a bénéficié de plusieurs améliorations, en qualité et en quantité de produit finale. Elle utilise comme matière première des bandes de tôle très faible taux de carbone de largeur d'un mètre et de 2mm d'épaisseur maximale, enroulée sous forme de bobines appelées aussi (COIL). A la sortie de la presse les pièces usinées sont finies et prêtes à être monter.

### II-Description de la machine :

Les parties essentielles de la presse mécanique sont représentées sur le schéma bloc de la figure. II.1



**Figure. II.1 :** Schéma synoptique de la machine

- 1- Le dérouleur.
- 2- Le redresseur.
- 3- La fosse.
- 4- Le système d'aménage.
- 5- La cisaille.
- 6- La table d'aménage.
- 7- La presse.
- 8- Le tapis d'évacuation.
- 9- La bobine.
- 10- Les capteurs photocellules de la fosse.
- 11- L'encodeur.
- 12- Le coulisseau.
- 13- La partie inférieure des outils.
- 14- Les deux barres portes pinces.
- 15- La partie supérieure des outils.
- 16- Le système bielle excentrique.
- 17- L'ensemble moteur principal, volant d'inertie et réducteur.

**II-1-Bloc 1 : Groupe dérouleur :**

Ce dispositif sert à dérouler la tôle pendant le cycle de travail, il est constitué essentiellement d'un bâti sur lequel est montée la partie tournante qui porte les deux mandrins mâchoires.

La rotation de la partie tournante est assurée par un moteur hydraulique. Après une rotation de 180°, cette dernière sera bloquée par un vérin double effet (VDE).

**II-1-1-Chargeur (chariot mobile) :**

D'autre structure en acier, il comporte une benne (la Ve), sur laquelle l'opérateur dépose le rouleau de tôle. Elle est soutenue par un vérin hydraulique qui lui permet de se déplacer verticalement. Le chariot peut se déplacer longitudinalement sur des rails à l'aide d'un moteur hydraulique.

Un capteur de fin de course mécanique est installé au début des rails, il indique si le chariot est prêt à être chargé par la griffe.

**II-1-2-Mandrins (mâchoires) :**

Ils sont formés de trois dents qui s'étirent à l'aide d'un vérin hydraulique pour entretenir rigidement la bobine.

Le dérouleur contient deux mandrins mâchoires. Sur le deuxième est chargée une bobine en stand-by.

### II-1-3-Rouleau presseur:

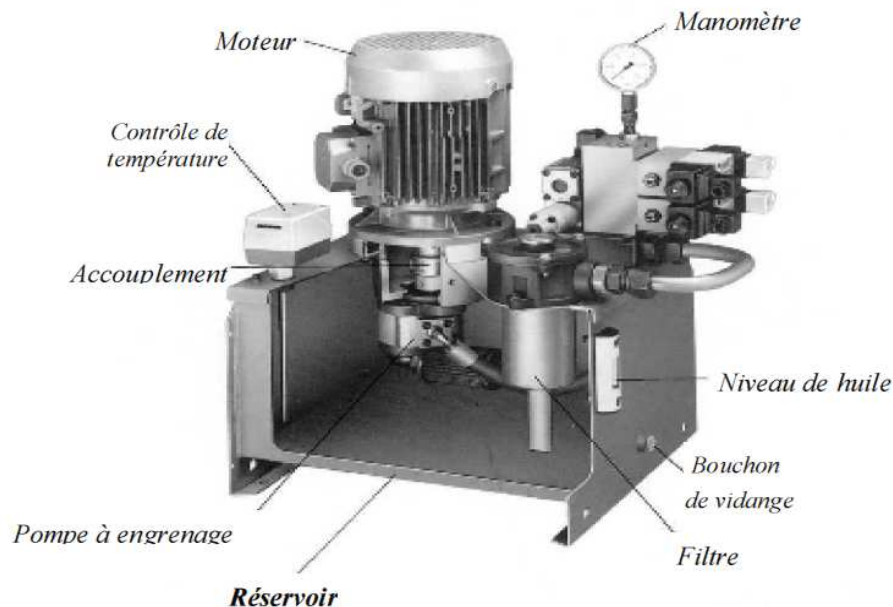
Il est muni d'une roue entraînée par un moteur triphasé assurant la rotation de la bobine, il donne ainsi la possibilité de faire entrer la tôle dans le redresseur à la phase de préparation du cycle. Ensuite le rouleau presseur regagne sa position initiale à l'aide d'un vérin double effet (VDE) installé sur son bras.

### II-1-4-Groupe frein :

Il est de type pneumatique mono disque, refroidi à bas moment d'inertie. Il sert à réduire la vitesse de roulement de la bobine pendant la phase de chargement.

### II-1-5-Centrale hydraulique :

Elle est composée d'un moteur électrique qui entraîne une pompe, d'un réservoir d'huile, d'un régulateur de pression d'un manomètre qui mesure sa valeur, d'un filtre et d'un contrôleur de température. (Voir figure. II.2).



**Figure. II.2:** La centrale hydraulique

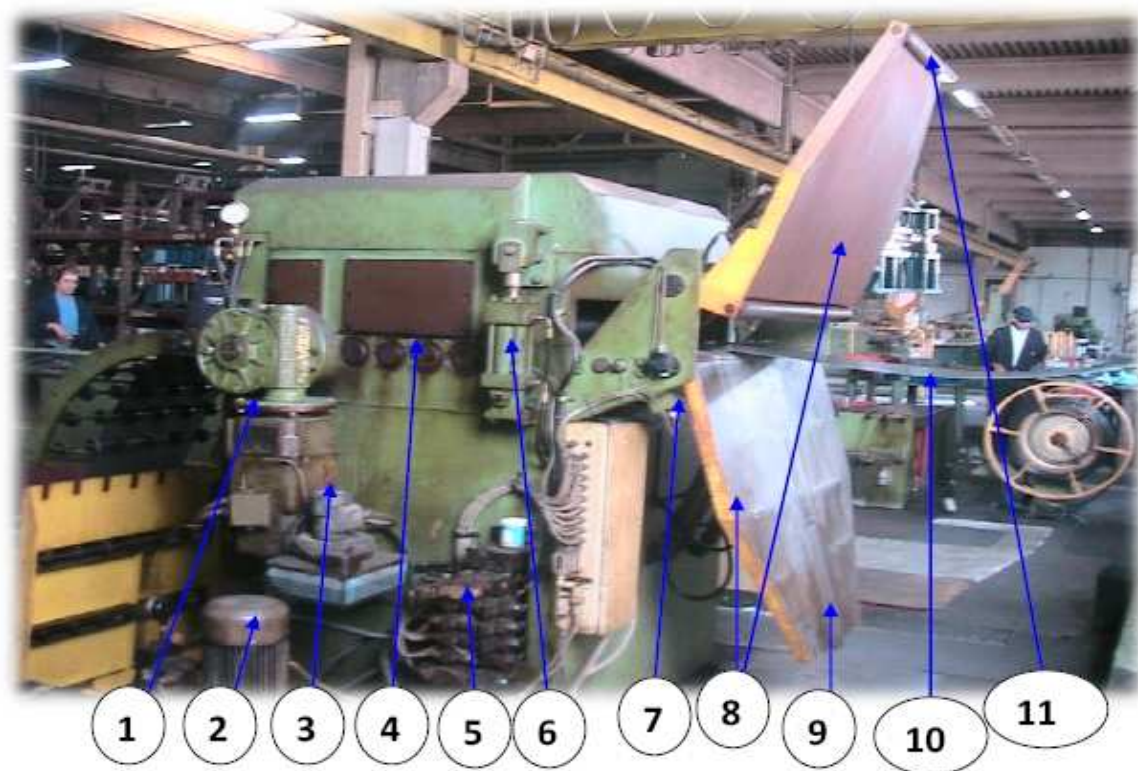
Le dérouleur est composé de sept distributeurs qui alimentent les vérins et les moteurs hydrauliques suivants :

- Le moteur hydraulique qui assure la translation de la Ve.
- Les deux vérins assurant le mouvement vertical de la Ve.
- Le moteur hydraulique qui assure la rotation des machines.
- Le VDE du blocage de la rotation des machines.
- Les vérins de chaque expansion (mâchoire).
- Le vérin du rouleau presseur.

Quatre capteurs de fin de course mécanique sont installés, deux pour détection de la position des expansions et les deux autres pour détecter la position du vérin de blocage.

### II-2-Bloc 2 : Le groupe redresseur :

Il sert à redresser les petites déformations de la tôle ; constitue essentiellement d'un introducteur et d'un redresseur (voir figure. II.3).



**Figure II.3 : Le groupe redresseur**

1. Moteur à courant continu.
2. Moteur électrique.
3. Moteur de refroidissement.
4. Rouleau postérieur.
5. Groupe distributeur.
6. Vérin double effet du rouleau postérieur.
7. Fin de course mécanique de la plaque inférieure.
8. Plaque inférieure et supérieure.
9. Lame.
10. Tôle.
11. Roue.

### II-2-1-L'introducteur :

Il est constitué d'une glissière.

**La glissière :** Elle possède deux plaques.

- La plaque inférieure :

Elle est entraînée par un VDE, elle se positionne pour faciliter la réception de la tôle. Elle se termine par une lame qui translate, par effet d'un VDE, pour dessaisir la tôle.

- La plaque supérieure :

Elle contient deux roues, elle se positionne sur la plaque inférieure pour faciliter l'introduction de la tôle dans le redresseur.

La glissière est munie aussi de deux capteurs de fin de course mécanique détectant la position des plaques.

### II-2-2-Le redresseur :

Il est composé de deux rouleaux entraînés par un moteur triphasé, et des rouleaux de redressage contre-roulé à leur tour. La commande des rouleaux tendeurs et redresseurs est obtenue par un groupe moteur à courant continu et un variateur de vitesse.

Nous avons la possibilité d'inspecter la partie supérieure du redresseur pour l'entretien des rouleaux. Un capteur photocellule est installé pour indiquer la présence de la tôle à l'entrée du redresseur.

### II-3-Bloc 3 : La fosse :

La machine est conçue pour un fonctionnement automatique fiable et pratique à grande vitesse de production, pour cela une fosse se trouve entre le redresseur et le groupe aménage, elle contient de la tôle sous forme d'un arc (fig. II.1).

Aux extrémités de cette dernière, il y'a deux plans basculants, qui seront positionnés horizontalement à chaque début d'armement de la chaîne à l'aide de deux DVE.

Quand la tôle arrive à la table d'aménage les deux plans basculants reprennent leur position initiale, la tôle va se tendre vers le bas formant un arc. Cette technique permet d'éviter la déformation et le cisaillement de la tôle pendant le fonctionnement normal de la machine, en plus elle va assurer une disponibilité continue de la tôle pour alimenter la cisaille.

**N.B :** Pour obtenir la forme désirée de cette courbe des capteurs (photocellule), ont été installés, comme indiqué dans le schéma de la figure II.1.

### II-4- Bloc 4 : Groupe aménage :

Il est situé en amont de la cisaille, il comporte deux rouleaux superposés entraînés par un moteur à courant continu, ainsi qu'un dispositif de calcul de pas. Ce dispositif est constitué

d'un encodeur, d'une roue d'appuis, et d'un capteur de fin de course mécanique pour indiquer la position de la roue. L'arrêt des rouleaux s'effectue par un système de freinage pneumatique.

### II-5- Bloc 5 : Groupe cisaille :

Il contient deux vérins hydrauliques, qui sont alimentés par un même distributeur, trois (03) amortisseurs pour éviter un retour brusque de la lame, et de deux capteurs de fins de course mécaniques, pour indiquer la position haute et la position basse de la lame.

Le circuit hydraulique du groupe contient une pompe entraînée par un moteur électrique triphasé qui comprime l'huile dans le réservoir. Pour assurer la pression consigne, un ballon d'azote est installé pour compenser le manque de pression dans le réservoir.

Les caractéristiques du groupe cisaille sont :

- Largeur de tôle maximale 1000 mm.
- Épaisseur de tôle maximale 2 mm.
- Pression d'exercice maximale 120 bar.
- Coup par minute : 20/min.

### II-6- La table d'aménage :

Elle est constituée de six courroies placées longitudinalement, entraînées par un moteur triphasé à un seul sens de rotation, elle est située à la sortie de la cisaille pour transporter les pièces brutes coupées. A son extrémité, un capteur de fin de course mécanique et deux capteurs photoélectriques sont installés pour détecter la présence de la pièce.

### II-7- Bloc 6 : La presse :

C'est la partie la plus essentielle de la machine, elle contient une partie supérieure et une partie inférieure.

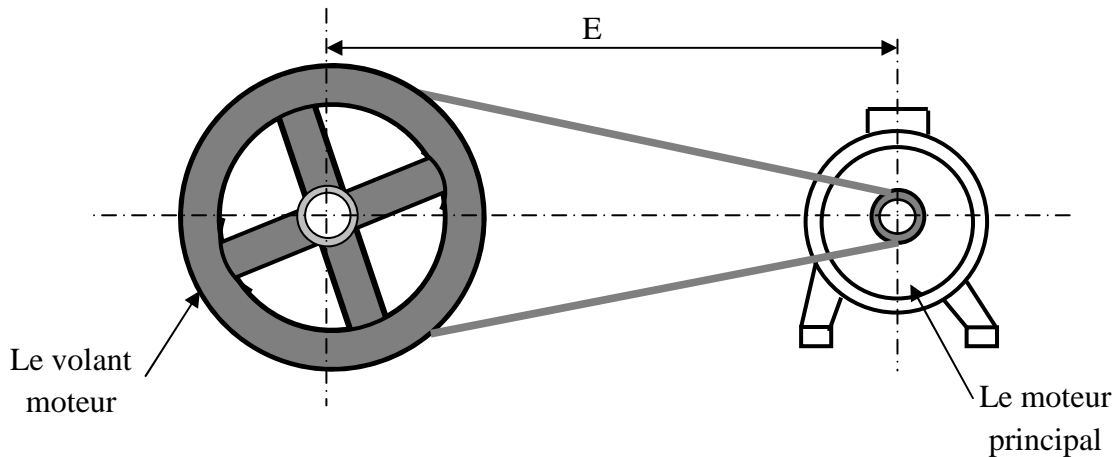
#### II-7-1- La partie supérieure :

##### II-7-1-Moteur principal :

C'est un moteur à courant continu à puissance variable et à couple constant alimenté par une petite génératrice, entraîne à l'aide d'une courroie et un volant d'inertie (fig. II.4). Il possède un système de contrôle qui permet de sélectionner la vitesse lente pour la mise en point des outils (2 coups par minute) ou bien la vitesse de production, les réglages s'obtiennent de façon continue par potentiomètre. Son démarrage est toujours à la vitesse minimale en suite il atteint automatiquement la vitesse établie sur le potentiomètre.

**II-7-1-2-Volant d'inertie :**

Il est conçu de manière à pouvoir développer la puissance nominale de la presse (15 coup par minute) avec un degré de ralentissement de 0.15. Par l'intermédiaire d'un arbre et d'un réducteur, il entraîne deux bielles excentriques qui sont liées au coulisseau.



**Figure II.4 :** Moteur principal et volant d'inertie

**II-7-3-Le groupe excentrique :**

Il est composé d'un excentrique emboîté directement avec l'engrenage lent, et supporté par un pivot central fixe, la bielle montée avec coussinet en bronze, qui tourne sur l'excentrique.

**II-7-4-Groupe frein embrayage :**

C'est un disque refroidi, à bas moment d'inertie. Le dimensionnement est effectué selon les tours et l'énergie de la presse.

**II-7-5-Le coulisseau :**

Il est composé de quatre structures assemblées avec des anneaux de centrage pour garantir un alignement parfait. Le réglage du coulisseau s'obtient par un système à vis sans fin qui contient une roue hélicoïdale actionnée par un moteur triphasé auto-freinant. La valeur de réglage est visualisée sur un cadran. Une grosse vis est fixée à l'aide d'un goujon qui est guidé pendant toute la course par une boussole.

Le coulisseau comporte quatre emplacements d'outils et chaque emplacement est doté d'un moteur asynchrone triphasé à deux sens de rotation qui permet de régler individuellement les outils.

La fixation des outils est effectuée par des vérins hydrauliques rotatifs avec partie terminale à T.



L'équilibrage du coulisseau est effectué par des cylindres hydrauliques qui ont comme fonction importante l'équilibrage du poids du coulisseau et du demi-outil supérieur pour obtenir un mouvement doux et régulier.

La pression d'équilibrage est réglable en fonction de la vitesse par des régulateurs à décharge automatique connecté à un grand réservoir de compensation qui maintient la pression pratiquement constante le long de la course.

### **II-7-2-Le transfert :**

Le transfert est complètement mécanique avec mouvement sur les trois axes, le mouvement est prélevé directement de l'arbre principal de la presse. Chaque axe est commandé séparément par une came mariée avec des rouleaux toujours en prise. En particulier le mouvement d'ouverture et de fermeture de la boîte est prélevé séparément sur le côté droit et gauche de la presse pour éviter des arbres de connexion très longs.

Le réglage de la position bas est effectué manuellement avec visualisation décimale mécanique. La barre de transport de la pièce est composée de trois tronçons, avec bridage automatique par des vérins hydrauliques.

Des contrôles appropriés permettent le mouvement de la table seulement quand les deux axes tronçons fixés aux boîtes extérieures sont au-delà du passage entre les montants. Le déplacement des pièces de la table d'aménage vers les différentes tables sortantes de la presse est assurée par les barres portes pincettes.

Les pincettes sont munies d'un capteur électromagnétique indiquant la tenue de la pièce, fournissant ainsi un signal pour enclencher la sortie d'un petit vérin pneumatique servant à empoigner la pièce pendant son déplacement.

### **II-7-3-La partie inférieure :**

Elle comporte une table sortante en acier. Dans sa partie supérieure, il y'a des rainures pour fixer des outils et les trous pour les goupilles d'éjections. À l'intérieur de la table se trouve des logements pour les plaques d'arrêt aux goupilles d'éjection dans la phase de chargement des outils, ces plaques sont fixés au bâti de la presse par six (6) vérins hydrauliques rotatifs.

Une inclinaison de 45° est prévue aux glissières d'évacuation de déchets pour faciliter l'introduction des déchets dans le dispositif d'évacuation.

### **II-8-La table d'évacuation des pièces :**

Elle est munie d'un moteur entraînant la rotation d'un tapis roulant, pour évacuer les pièces usinées. Sa commande est basée sur un compteur calculant le nombre de cycle complet des barres. Ce nombre est programmable sur le pupitre de commande, une fois atteint, l'enclenchement du tapis est conditionné à un signal fourni par un capteur photoélectrique installé à la fin du tapis, qui indique l'évacuation des pièces pour l'opérateur.



**II-9-Tapis d'évacuation de déchets :**

Il est composé de deux tapis, un frontal et l'autre à l'arrière de la presse. Ils sont positionnés au dessous de niveau du sol et raccorder avec des glissières en tôle mises sur outil par soins de l'outilleur. Les tapis sont de longueur de la presse avec partie terminale qui remonte jusqu'au niveau d'un mètre du niveau de sol pour les récolter dans des caissons.

**II-10-Les pièces réalisées par la presse transfert (630 2MR-TR3) :**

N°	Désignation de pièces	Dimension brute des pièces en mm (épaisseur*longueur*largeur)
01	Façade Carcasse	0.7 * 747 * 621
02	Coté Carcasse	0.7 * 595 * 550
03	Fond Carcasse	0.7 * 610 * 570
04	Postérieur Carcasse	0.7 * 778 * 650
05	Ciel Carcasse	0.7 * 555 * 530
06	Fond Four Gaz	0.7 * 555 * 500
07	Paroi Latéral	0.7 * 770 * 550
08	Protection Postérieur 64	0.5 * 680 * 600
09	Protection Postérieur 82	0.5 * 690 * 600
10	Contre Porte 64	0.8 * 650 * 540
11	Contre Porte 82	0.8 * 575 * 540
12	Socle du four	0.9 * 490 * 620
13	Lèche Frite	0.6 * 490 * 460
14	Porte Loge Bouteille	0.7 * 540 * 460

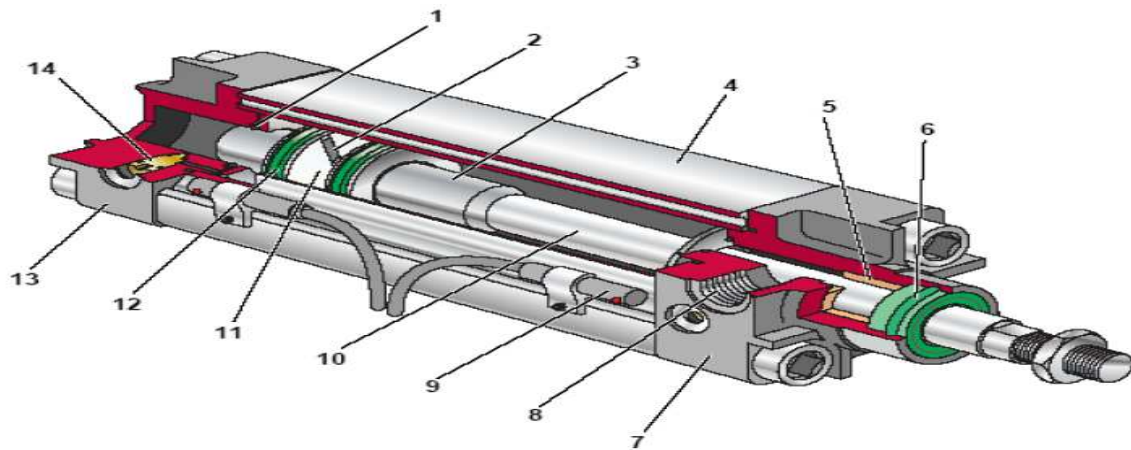
**III-Les actionneurs, les pré-actionneurs et les capteurs :****III-1-Les actionneurs :**

Dans un circuit, les actionneurs constituent l'outil indispensable pour convertir l'énergie hydraulique ou pneumatique en énergie mécanique. Cette conversion se fait par des mouvements rotatifs (moteurs) ou par des mouvements de translation linéaire (vérins à simple ou à double effet).

**III-1-1-Les vérins :**

Un vérin est un actionneur linéaire qui transforme une énergie pneumatique ou hydraulique en un travail mécanique. Cet actionneur de conception robuste et de simplicité de mise en œuvre est utilisé dans toutes les industries manufacturières. Il permet de reproduire les actions manuelles d'un opérateur telles que : soulever, pousser, tirer, plier, serrer,...etc.

Le vérin est constitué d'un piston muni d'une tige qui se déplace librement à l'intérieur de corps de vérin. Pour faire sortir la tige, on applique une pression sur la face avant du piston, et sur la face arrière pour faire entrer la tige (voir figure II.5).



**Figure II.5 :** Vue en coupe d'un vérin pneumatique

1. Joint de l'amortisseur.
2. Aimant permanent.
3. Manchon de l'amortisseur.
4. Cylindre, corps du vérin.
5. Bague auto lubrifiante.
6. Joint de tige et racleur.
7. Nez du vérin.
8. Orifice avant.
9. Interrupteur magnétique.
10. Tige du vérin.
11. Bague porteuse.
12. Joints de piston.
13. Fond de vérin.
14. Vis de réglage de l'amortissement.

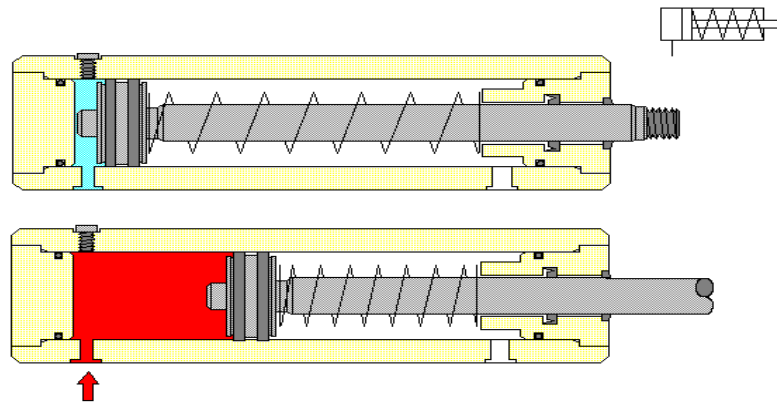
Certains vérins disposent d'amortisseurs afin d'obtenir un ralentissement en fin de mouvement, de façon à éviter un choc du piston sur le nez ou le fond du vérin.

Selon la manière d'admission de l'air comprimé (ou l'huile), on distingue deux types de vérins : le vérin simple effet et le vérin à double effet.

Dans la presse transfert les vérins utilisés sont : les vérins pneumatiques simples effet, les vérins pneumatiques doubles, les vérins hydrauliques doubles effet et les vérins hydrauliques rotatifs.

### **III-1-1-a- Les vérins simple effet (VSE) :**

L'ensemble tige-piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression. Le retour est effectué par un autre moyen que l'air comprimé : ressort, charge, ... Pendant le retour, l'orifice d'admission de l'air comprimé est mis à l'échappement. (Figure .II.6).



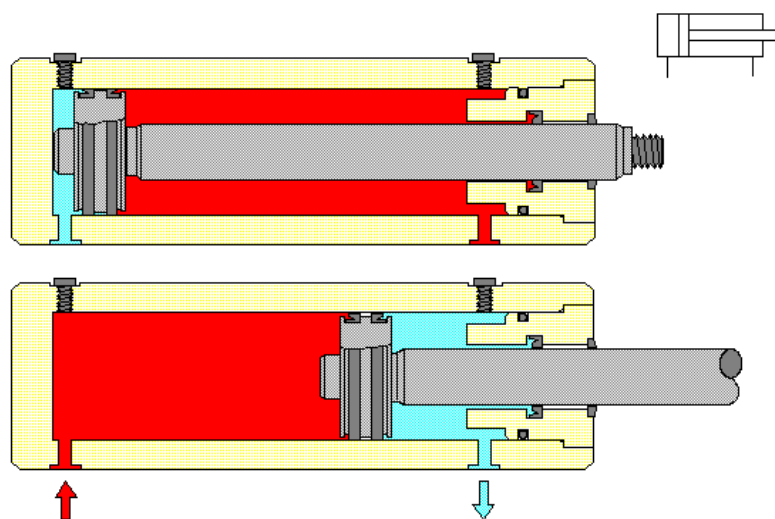
**Figure. II.6 :** Vérin simple effet classique, rappel par ressort

- **Avantages :**  
Les vérins simple effet sont économiques, et leur consommation de fluide est réduite.
- **Inconvénients :**  
À course égale, ils sont plus longs que les vérins double effet ; la vitesse de la tige est difficile à régler en pneumatique et les courses proposées sont limitées (jusqu'à 100 mm).
- **Utilisation :**  
Travaux simples (serrage, éjection, levage, emmanchements, ...).

### III-1-1-b-Vérins double effet (VDE) :

L'ensemble tige-piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide sous pression (air comprimé).

L'effort en poussant (sortie de la tige) est légèrement plus grand que l'effort en tirant (entrée de la tige) car la pression n'agit pas sur la partie de surface occupée par la tige.



**Figure. II.7 :** Vérin double effet classique.

- **Avantages :**

Plus grande souplesse d'utilisation ; réglage plus facile de la vitesse, par contrôle du débit à l'échappement ; amortissements de fin de course, réglables ou non, possibles dans un ou dans les deux sens. Ils offrent de nombreuses réalisations et options.

- **Inconvénients :**

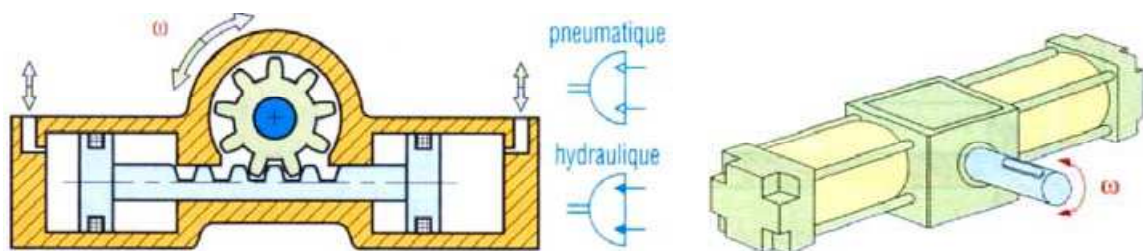
Ils sont plus coûteux.

- **Utilisation :**

Ce sont les vérins les plus utilisés industriellement, ils présentent un grand nombre d'applications.

### III-1-1-c- Les vérins rotatifs :

L'énergie du fluide est transformée en mouvement de rotation ; par exemple, vérin double effet entraînant un système pignon-crémaillère. L'angle de rotation peut varier entre 90 et 360°. Les amortissements sont possibles.



**Figure. II.8 :** Vérins rotatifs classiques

La machine étudiée possède 16 vérins rotatifs, qui sont utilisés pour la fixation de la partie supérieure des outils et 4 autres pour la fixation de la table sortante.

### III-1-2- Les moteurs :

#### III-1-2-1- Les moteurs électriques :

Un moteur électrique est une machine servant à transformer l'énergie électrique en énergie mécanique rotationnelle. Il est basé sur le principe de l'action d'un champ tournant sur un enroulement en court-circuit.

Les moteurs sont des actionneurs électriques forts utilisés en milieu industriel, ils varient selon la tâche à accomplir.

Plusieurs critères entrent en jeu pour le choix de type de moteur à utiliser une première sélection est faite sur la base de vitesse.

La machine étudiée est équipée de (23) moteurs à un seul sens de rotation, de (09) moteurs asynchrones à deux sens de rotation et de (02) moteurs à courant continu dont un est muni d'un variateur de vitesse.

### III-1-2-1-1-Le moteur asynchrone triphasé :

Les moteurs asynchrones triphasés sont des moteurs très robustes qui nécessitent peu d'entretien. Ils sont très utilisés dans l'industrie.

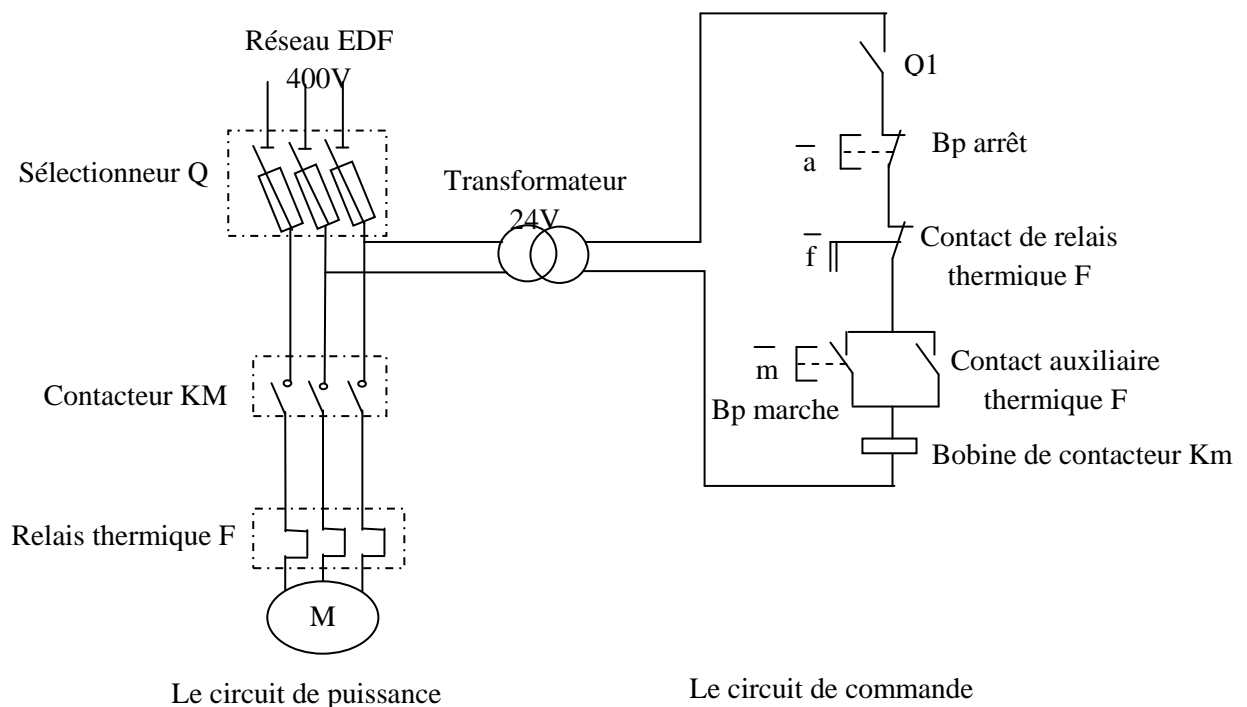
Ces moteurs possèdent trois enroulements (phases) qui constituent le stator. Ces 3 phases peuvent être couplées soit en triangle, soit en étoile.

#### a)-Démarrage direct du moteur asynchrone à un sens de rotation :

Dans ce cas les enroulements du stator sont couplés directement sur le réseau, le moteur démarre et atteint sa vitesse nominale.

- **Fonctionnement :**

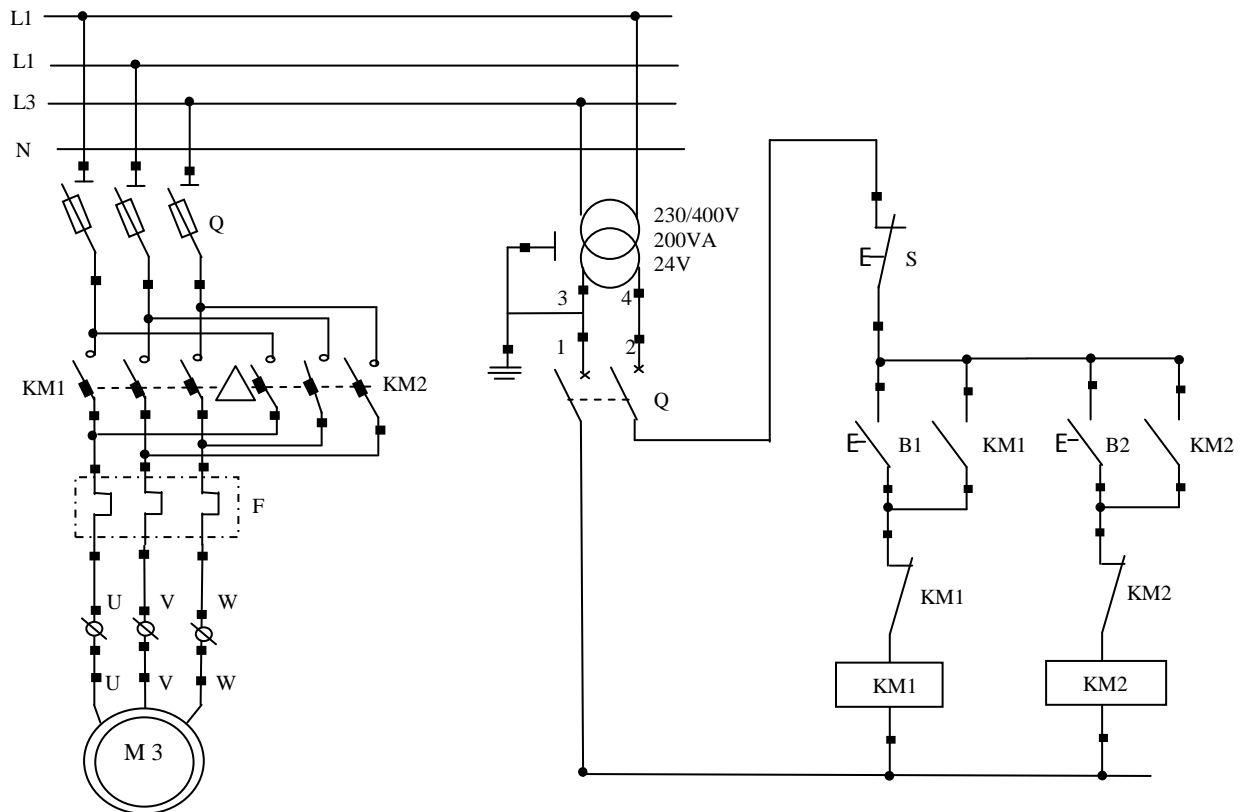
Après avoir fermé le sélectionneur Q, l'action sur bouton poussoir BP marche excite la bobine du contacteur Km qui s'autoalimente par le contact auxiliaire de KM (Figure. II.9).



**Figure .II.9 :** Démarrage direct du moteur asynchrone à un sens de rotation

### b) Démarrage direct des moteurs asynchrone à deux sens de rotation :

L'action sur B1 excite la bobine du contacteur KM1 qui s'autoalimente, après l'arrêt du premier sens l'action sur B2 excite la bobine de KM2 donc le deuxième sens de rotation, un verrouillage entre les deux sens de rotation assure la sécurité (voir figure .II.10).



**Figure .II.10 :** Démarrage direct des moteurs asynchrone à deux sens de rotation

#### Le sélecteur (Q) :

Il permet de déconnecter le moteur du réseau pour des opérations de maintenance, protège également le dispositif en aval des risques de court circuit grâce aux fusibles.

#### Le relais thermique (F) :

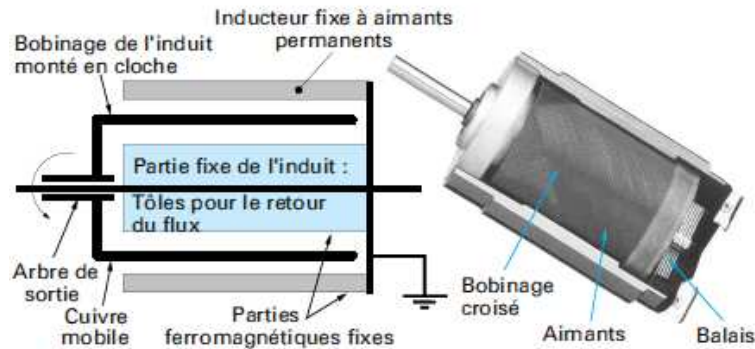
Protège le circuit contre les surcharges de courant, l'intensité maximale est réglable. Son action différentielle permet de détecter une différence du courant entre les phases en cas de coupure d'une liaison par exemple.

#### Le contacteur (KM) :

Permet d'alimenter le moteur avec une commande manuelle ou automatique avec un automate programmable.

### II-1-2-1-2-Le moteur à courant continu :

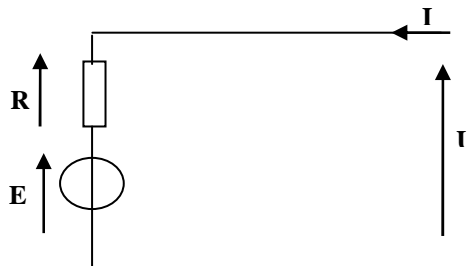
Il comprend une partie tournante (le rotor) qui est constitué d'un moyen métallique avec un bobinage en cuivre, et une partie fixe (le stator) qui comporte des aimants permanents qui engendrent un champ magnétique dont le flux traverse le rotor. L'espace étroit entre le rotor et le stator est nommé entrefer.



**Figure II.11 :** Schémas interne du moteur à courant continu

Le moteur se comporte comme une résistance en série avec un générateur de tension (FEM : force électromotrice).

En réalité, il existe aussi une inductance  $L$  dans le circuit que l'on peut négliger ici si le courant est en régime continu.



**Figure. II.12 :** schéma équivalent du moteur à courant continu

Tel que :

$I$  : courant consommé par le moteur.

$R$  : Résistance de l'induit (en ohm).

$E$  : Force électromotrice (en Volt).

$U$  : Tension appliquée aux bornes de l'induit.

#### c) les équations caractéristiques du moteur :

Cette équation découle directement du schéma équivalent du MCC :

$$U = E + RI \quad (II.1)$$

Force électromotrice :

$$E = k \cdot n \cdot \Phi \quad (\text{II.2})$$

**E** : en volt,

**n** : vitesse de rotation en tour/s (hz),

**k** : c<sup>te</sup> du moteur,

**Φ**: flux magnétique

D'où Vitesse de rotation :

$$n = (U - RI) / (k \cdot \Phi) \quad (\text{II.3})$$

### III-1-2-2- Le moteur hydraulique :

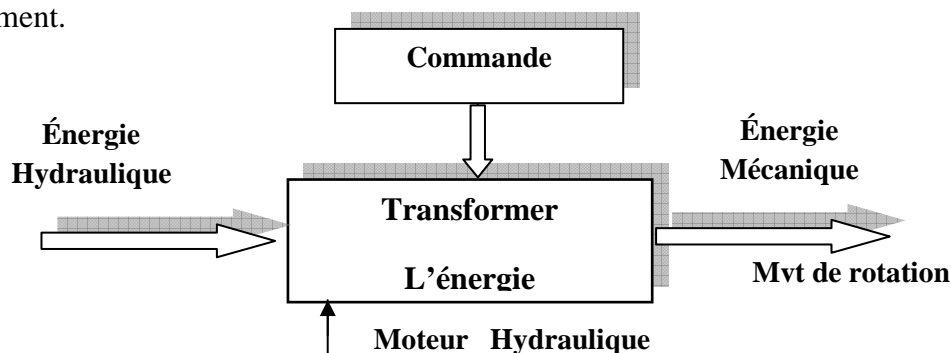
Dans ce type d'actionneur, l'énergie hydraulique fournie par un fluide sous pression est transformée en une énergie mécanique. Il en résulte un mouvement de rotation sur l'arbre de sortie. Le moteur hydraulique présente quatre caractéristiques :

-Le couple.

-La vitesse de rotation.

-La cylindrée.

-Le rendement.



**Figure II.13 :** Schéma d'un moteur hydraulique

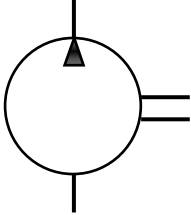
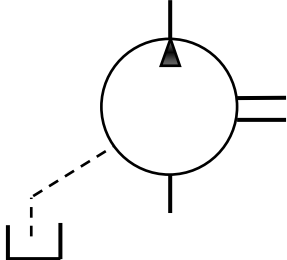
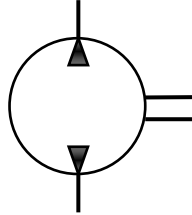
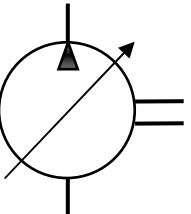
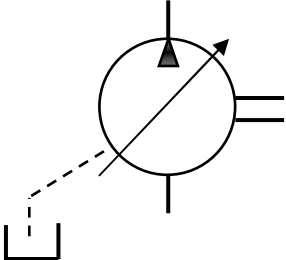
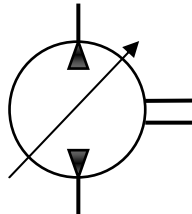
#### Remarque :

Ces moteurs entraînent les systèmes mécaniques. Si le couple résistant devient trop important, la pression monte. Quand elle atteint la valeur du réglage du limiteur de pression, le débit retourne au réservoir.

Pour inverser le sens de rotation il suffit d'inverser l'alimentation avec le retour au réservoir. Il existe des moteurs à palette, des moteurs à engrenages, et des moteurs à piston radiaux et cela dépend de la vitesse de rotation requise et la pression utilisée.



- Symboles des moteurs hydrauliques:

Moteur à débit constant		
à un sens de flux	à un sens de flux avec drain	à deux sens de flux
		
Moteur à débit variable		
à un sens de flux	à un sens de flux avec drain	à deux sens de flux
		

### III-2- Les pré-actionneurs :

Un pré-actionneur est un organe qui assure la distribution de l'énergie disponible aux actionneurs par ordre de la partie commande. La plupart des pré-actionneurs sont dits « tout ou rien », c'est-à-dire ils sont soit « ouvert » soit « fermé ».

Exemples de pré-actionneurs TOR (tout ou rien) :

- Les contacteurs électromagnétiques (les relais).
- Les distributeurs pneumatiques.

#### III-2-1- Les distributeurs :

Les distributeurs sont les éléments les plus importants dans la commande des systèmes pneumatiques ou hydrauliques. Ils peuvent être commandés soit manuellement, pneumatiquement, électriquement ou une combinaison des trois modes de commande.



Figure II.14 : Les distributeurs

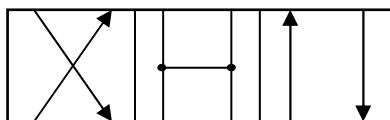
Un distributeur est caractérisé par :

- Le nombre des orifices : 2, 3, 4 ou 5 ;
- Le nombre des modes de distribution ou de positions : 2 ou 3 ;
- Le type de commande du pilotage assurant le changement de position : simple pilotage avec rappel par ressort ou double pilotage, avec éventuellement rappel au centre par ressort dans le cas des distributeurs à 3 positions ;
- La technologie de pilotage : pneumatique, électropneumatique ou mécanique ;
- La technologie de commutation : clapets, tiroirs cylindriques, tiroirs plans.

### III-2-1-a-Constitution d'un distributeur hydraulique :

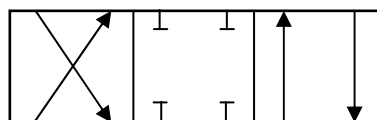
Le distributeur comporte un coulisseau, ou tiroir qui se déplace dans le corps du distributeur. Il permet de fermer ou d'ouvrir les orifices a travers les quels circule le fluide sous pression. La presse mécanique est munie de trois (03) type de distributeurs : 4/3, 4/2, 5/2.

### III-2-1-b- Les différents types de distributeurs :



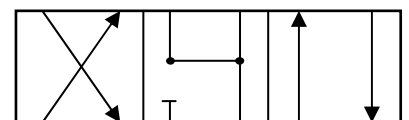
Distributeur 4/3 à centre

Partiellement ouvert



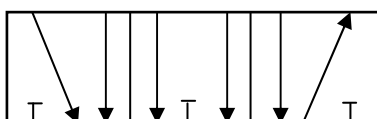
Distributeur 4/3 à centre

fermé



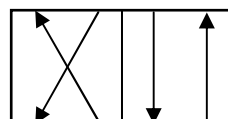
Distributeur 4/3 à centre

Ouvert en H



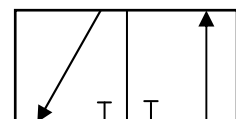
Distributeur 5/3 à centre

ouvert



Distributeur 4/2 à centre

N.O



Distributeur 3/2 à centre

N.O

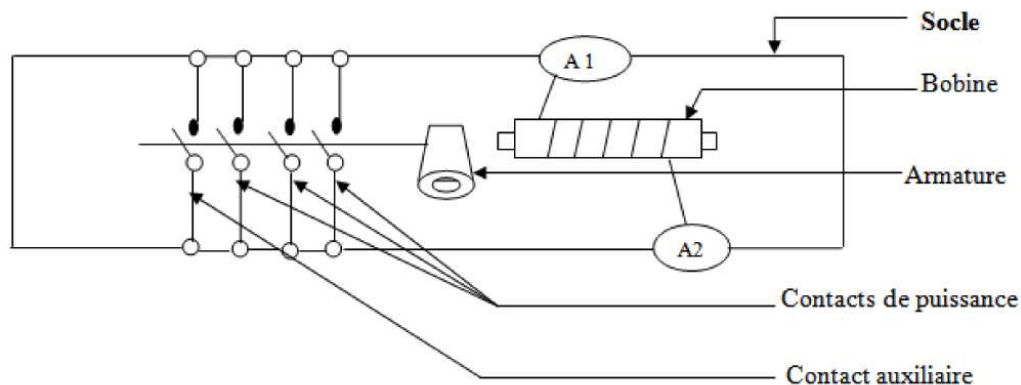
Figure II.15 : Les différents types de distributeurs

### III-2-2-Le contacteur :

Le contacteur est un appareil mécanique de connexion à commande électrique, actionné à distance et automatique.

Il est capable d'établir, de supporter ou d'interrompre les courants dans les conditions normales, et dans le cas des surcharges.

Il permet de commander l'ouverture et la fermeture de la partie puissance d'un circuit. Ainsi il sépare la partie puissance (230/400V) de la partie commande (généralement 24V).



**Figure II. 16:** schéma d'un contacteur

### III-3- Les capteurs :

Les capteurs sont les premiers éléments rencontrés dans une chaîne de mesure.

Ils transforment les grandeurs physiques ou chimiques d'un processus ou d'une installation en signaux électriques, au départ presque toujours analogiques. Cette transformation doit être le reflet aussi parfait que possible de ces grandeurs. Cet objectif n'est atteint que si l'on maîtrise en permanence la réponse des capteurs qui peut être affectée par des défauts produits par les parasites qui se superposent aux signaux, par les conditions d'utilisation, par le processus lui-même et par le milieu qui l'entoure.



**Figure II.17:** schéma de fonctionnement d'un capteur

On peut caractériser les capteurs selon deux critères :

- En fonction de la grandeur mesurée ; on parle alors de capteur de position, de température, de vitesse, de force et de pression...
- En fonction de caractère de la formation délivrée ; on parle alors de capteur logique appelé aussi capteur tout ou rien (TOR) et de capteur analogique ou numérique.

### III-3-1- Caractéristiques d'un capteur :

- Étendue de mesure : Valeurs extrêmes pouvant être mesurée par le capteur.
- Résolution : Plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.
- Sensibilité : Variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée.
- Précision : Aptitude du capteur à donner une mesure proche de la valeur vraie.
- Rapidité : Temps de réaction du capteur. La rapidité est liée à la bande passante.

### III-3-2- Le choix d'un capteur :

Pour choisir correctement un capteur, il faudra définir tout d'abord :

- Le type événement à détecter.
- La nature d'événement.
- La grandeur de l'événement.
- L'environnement de l'événement.

En fonction de ces paramètres on pourra effectuer un ou plusieurs choix pour un type de détection. D'autres éléments peuvent permettre de cibler précisément le capteur à utiliser :

- Ses performances.
- Son encombrement.
- Sa fiabilité.
- La nature du signal délivré par le capteur (électrique, pneumatique).
- Son prix...

### III-3-3-Différents capteurs utilisés :

#### III-3-3-1- Capteur de position :

Ce sont des capteurs à contact, ils sont équipés d'un galet, d'une tige souple ou d'une bille. L'information donnée par ce type de capteur est de type TOR, elle peut être électrique ou pneumatique. La détection est un contact entre la tige et l'objet à détecter.

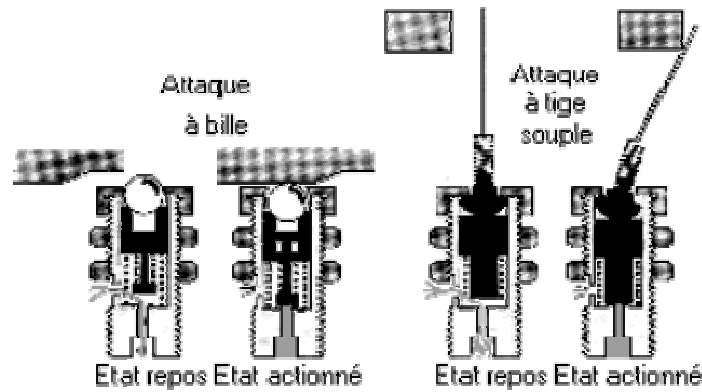


Figure II.18 : Schéma d'un capteur de position

### III-3-3-2- Capteur de proximité (photoélectrique):

Un capteur photoélectrique est un capteur de proximité. Il se compose d'un émetteur de lumière associé à un récepteur. La détection d'un objet se fait par coupure ou variation d'un faisceau lumineux. Le signal est amplifié pour être exploité par la partie commande. On distingue trois types de base qui sont :

- **Système reflex :**

Un détecteur photoélectrique de type réflex est composé d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible. Dans le cas du système réflex, les deux composants sont placés dans le même boîtier et c'est un réflecteur qui renvoie le faisceau lumineux vers le récepteur.

La présence d'un objet dans le champ du capteur interrompt le faisceau lumineux et le récepteur délivre alors un signal.

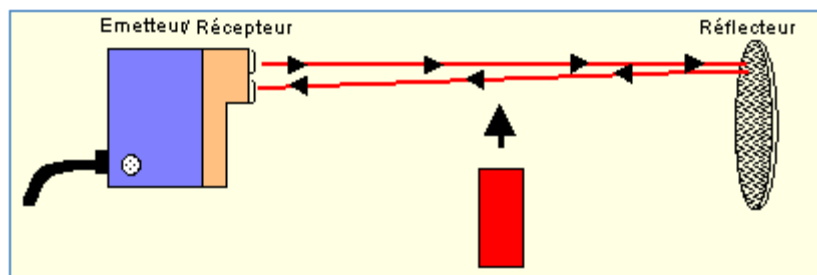


Figure II.19: Système reflex

- **Système barrage :**

Un détecteur de type barrage est composé d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible. Dans ce cas, les deux composants sont indépendants et placés l'un en face de l'autre. La présence d'un objet dans le champ du capteur interrompt le faisceau lumineux et le récepteur délivre alors un signal.

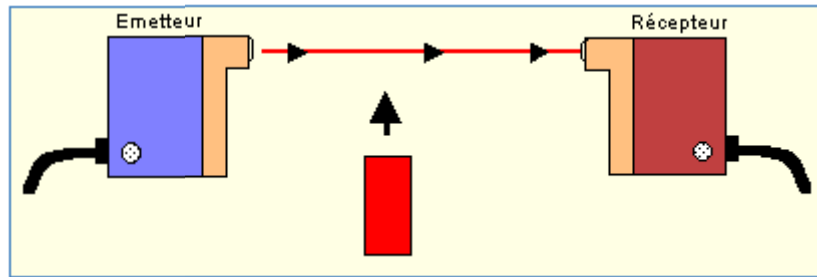


Figure II.10 : Système barrage

- **Système proximité :**

Un détecteur photoélectrique de type proximité est composé d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible. Dans ce cas les deux composants sont placés dans le même boîtier et c'est l'objet à détecter qui renvoie le faisceau lumineux vers le récepteur. La présence d'un objet suffisamment réfléchissant dans le champ du capteur réfléchit le faisceau lumineux et le récepteur délivre alors un signal.

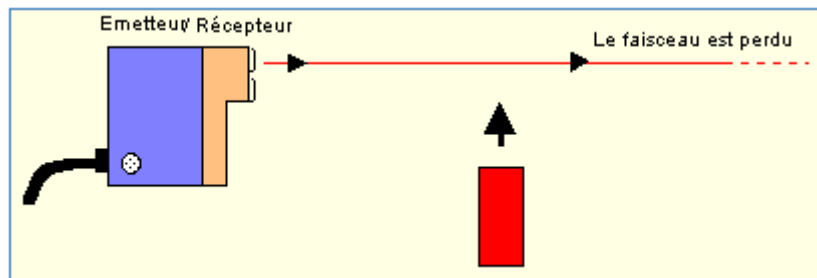


Figure II.21 : Système proximité

#### IV-Le circuit hydraulique, pneumatique de la machine :

##### IV-1-Tuyauteries :

Elles permettent la jonction et la condition d'huile ou de pression de différent appareils de circuit. Elles doivent résister à la pression et aux agressions intérieures et extérieures. Elles ne doivent pas engendrer de grandes pertes de charge. Leur dimensionnement est normalisé. Il existe deux types de canalisations :

- **Canalisation rigide :**

Il s'agit le plus souvent de tube sans soudure (étirage à froid) évitant ainsi, lors du cintrage, de faire apparaître des particules.

Matériau : - Tu 37 b (type standard) , E235 électro-zingué à l'extérieur  
- 35 Cr Ni Ti 72 – 40 (si risque d'oxydation important)

- **Canalisation souple :**

Il s'agit d'élastomère renforcé de fibres métalliques soit en nappes soit en tresses, en plusieurs couches. La température d'utilisation doit être comprise entre  $-40^{\circ}\text{C}$  et  $+120^{\circ}\text{C}$ .

### IV-2- Le clapet anti-retour :

Le clapet anti-retour comme son nom l'indique, il permet le passage du fluide dans un sens et l'interdit dans l'autre.

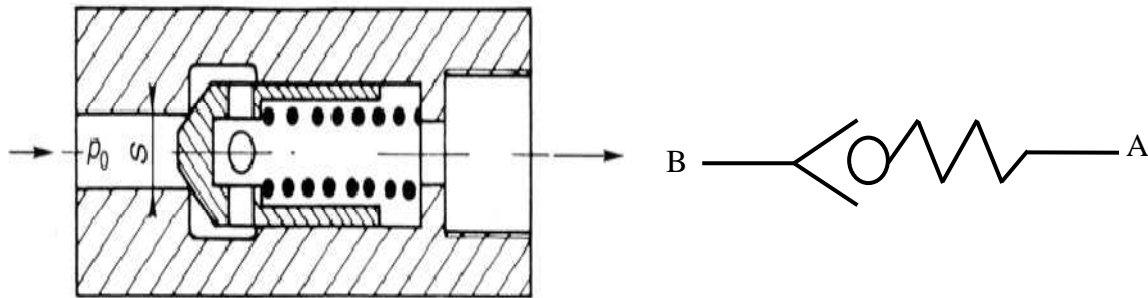


Figure II.22 : Clapet anti-retour

### IV-3- Le clapet anti-retour à déverrouillage :

Lorsque la pression d'entrée en A est supérieure à la pression de sortie en B, le clapet anti-retour libère le passage, dans le cas contraire il l'obture. Le clapet anti-retour peut en outre être déverrouillé par la conduite de commande C, si bien le passage est possible dans les deux sens.

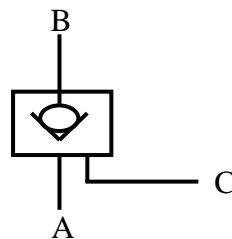


Figure II.23 : Le clapet anti-retour à déverrouillage

### IV-3- Régulateurs de flux variable unidirectionnel :

Ils permettent de modifier la vitesse du mouvement des récepteurs (vérins...) en réglant la section de passage du fluide de commande. Le régulateur de flux combine un clapet d'étranglement et un clapet anti-retour. Ce dernier bloque le passage de l'huile dans une direction, l'huile s'écoule alors à travers le clapet d'étranglement. Une vis de réglage permet de régler la section d'étranglement, dans le sens inverse le fluide peut passer librement à travers le clapet anti-retour.

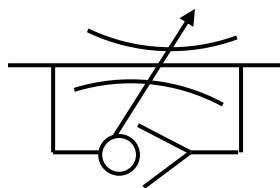


Figure II.24 : Régulateurs de flux variable unidirectionnel

### V- Cahier de charge fonctionnel de la machine :

Le cahier des charges d'un automate est une description fonctionnelle faite par l'utilisateur, elle analyse le comportement de la partie commande (**Pc**) vis-à-vis de la partie opérative (**Po**) permettant au concepteur de comprendre ce que l'automatisme doit faire face aux différentes situations pouvant se présenter.

#### V-1-Travail demandé :

Le travail qui nous a été demandé au niveau de l'unité cuisson de l'entreprise ENIEM est de faire la synchronisation entre deux moteurs à courant continu (moteur de la presse et le moteur de l'alimentation) avec un variateur de vitesse VLT5000, et d'étudier la presse mécanique, qui est équipée d'un séquenceur, en vue de l'automatisation par l'automate programmable S7 de la firme SIEMENS.

Les causes qui ont motivées ce travail sont :

- Pannes assez fréquente.
- Amélioration des sécurités et de la cadence de production.
- Flexibilité du programme de fonctionnement.
- Politique suivie par l'entreprise qui est la modernisation de ses équipements de production.

#### V-2- Le fonctionnement de la presse :

Avant la mise en marche en mode automatique, on doit procéder à la phase de préparation, qui consiste à mettre sous alimentation les différents organes électriques, pneumatiques et hydrauliques de la machine. Une fois la préparation accomplie, il faut vérifier toutes les positions initiales de chaque bloc de la machine.

Si les outils de la table ne correspondent pas aux pièces qu'on veut fabriquer dans ce cas on va procéder au changement de table;

Sinon on va procéder directement au chargement de la tôle à la machine.

##### V-2-1- Changement de table :

a) Pour changer la table on doit suivre les étapes suivantes :

- **Sortir la première table :**
  - En appuyant sur le sélectionneur d'état (Entrée/Sortie) pour faire sortir la table.
  - En appuyant sur le bouton de réglage de coulisseau pour le monter en haut, Il sera affiché sur l'écran : [le coulisseau en point haut 999mm].
  - En appuyant sur les deux boutons poussoirs Bp pour descendre le coulisseau en point mort bas (manuellement), il sera affiché sur l'écran : [Déblocage de la barre latérale].
  - En appuyant sur le sélectionneur de la barre (blocage/déblocage).
  - Déblocage de la barre latérale.
  - En appuyant sur le Bp de verrouillages/déverrouillage pour déverrouiller les outils de la table.
  - En appuyant sur le bouton de réglage de coulisseau pour le monter au point mort haut jusqu'à 270°.
  - Sélectionner les Bp de verrouillage/déverrouillage pour déverrouiller les six (06) vérins de la table.
  - En brancher le collecteur de l'alimentation de la table.



- En appuyant sur le Bp pour faire monter la table jusqu'à fin de course.
- On fait sortir la table jusqu'à la bête après on la descendre.
- En débranche le collecteur.
- **Monter la deuxième table :**
  - En alimente la nouvelle table après avoir changé les outils qu'on veut utiliser.
  - En va glisser la table jusqu'à la presse avec les mêmes procédures.
  - En appuyant sur les Bp de verrouillages/déverrouillage pour verrouiller les vérins de la table.
  - En appuyant sur le Bp pour faire descendre la table jusqu'à fin de course, il sera affiché sur l'écran : [verrouillages de six vérins de la table].
  - En appuyant sur le bouton de réglage de coulisseau pour le monter en haut, il sera affiché sur l'écran : [tout est bon].
  - En appuyant sur les deux boutons poussoirs Bp pour descendre le coulisseau en point mort bas (manuellement), il sera affiché sur l'écran : [Verrouillage des outils].
  - En appuyant sur le sectionneur de la barre (blocage/déblocage) : les barres latérales seront bloquées.
  - En appuyant sur le sectionneur de la barre (blocage/déblocage) : les barres latérales seront débloquées.
  - En appuyant sur le bouton de réglage de coulisseau pour le monter en point mort haut avec le porte outil.
  - En règle le pas de coulisseau et les pinces selon la forme de la tôle qu'on veut obtenir.
- a) Le rôle des outils :

La table porte outil est composée de quatre outils :

  - 1<sup>er</sup> outil : il fait l'emboutissage (il donne la forme à la tôle).
  - 2<sup>ème</sup> outil : il met la pièce en attente pour l'étape suivante.
  - 3<sup>ème</sup> outil : il fait l'étourage (couper les cotés de la pièce) et le poissonnage (perçage).
  - 4<sup>ème</sup> outil : il fait le pliage et le poissonnage sur les cotés de la pièce.

### V-2-2- Le chargement de la tôle dans la machine

Pour charger la presse à chaque épuisement de tôle, les étapes suivantes devront être réalisées :

- Poser la bobine centrée au dessus du berceau (Ve) de charge, et porter le chargeur près du dérouleur.
- Lever le plan du berceau pour mettre la bobine sur le mandrin du dérouleur.
- Élargir les mandrins jusqu'à ce que le centrage soit obtenu.
- Faire descendre le berceau, puis l'éloigner du dérouleur.
- Tourner le dérouleur après avoir enlever le goujon d'arrêt, puis le bloquer après avoir effectué une rotation de 180°.
- Faire descendre le rouleau presseur pour câler la bobine.
- Positionner la plaque inférieure de la glissière (tangente à la bobine), et faire sortir la lame.
- Enlever la tête du redresseur et tourner le rouleau presseur, qui permettra à la tôle d'avancer, puis faire descendre la plaque supérieure.
- Serrer la tête du redresseur sur la bande, en abaissant le rouleau trainant.
- Ouvrir les deux plans d'introduction jusqu'à la position "tout ouvert".
- Faire monter le rouleau presseur.

- Régler les guides tôle à l'entrée et à la sortie de la machine à redresser.
- Élever les plans basculants entre le redresseur et l'aménage.
- Faire avancer la bande sur les plans en actionnant les rouleaux entrainants du redresseur jusqu'aux rouleaux de l'aménage.
- Ouvrir les rouleaux de l'aménage.
- Élever la roue du l'encodeur.
- Continuer à faire avancer la bande au-delà de l'aménage, et après la cisaille.
- De même qu'au redresseur, régler les guides-tôle de l'aménage.
- Serrer le rouleau de l'aménage.
- Faire descendre la roue du codeur.
- Faire descendre les plans basculants de la fosse.
- Couper le début de la bande, et enlever la partie coupée.

Après toutes Ces étapes de changement de table et après avoir effectué toutes ces opérations de chargement, l'opérateur procède au réglage des pincettes. Il usine quelques pièces au mode manuelle, ensuite il lance le mode automatique.

### **V-2- 2- c- Le cycle automatique de la machine :**

Après avoir assuré le chargement de la tôle à la machine, ainsi que la tenue des conditions initiales, on tourne le sélecteur de modes pour choisir le fonctionnement de la machine en mode automatique qui est synchronisé comme suit :

- La vitesse du moteur, qui fait tourner les rouleaux du redresseur, est conditionnée par les quatre capteurs photoélectriques de la fosse :
  - le premier capteur (au seuil), indique que le moteur du redresseur doit tourner à une grande vitesse.
  - Le deuxième capteur correspond à une vitesse moyenne.
  - Le troisième capteur, à une vitesse faible.
  - Le quatrième marque l'arrêt total du moteur.
- Le moteur du bloc aménage est actionné une fois que la cisaille a regagné sa position haute, et s'arrête une fois la longueur de la tôle correspond au pas réglé au niveau de l'encodeur.
- La cisaille coupe la tôle dès que la longueur de la tôle est égale au pas réglé à l'encodeur, au même temps, le capteur photocellule de la table d'aménage indique que la pièce précédente coupée par la cisaille est dégagée.
- Le déplacement de la pièce de la table d'aménage vers les différentes tables porte outils de la presse s'effectue à l'aide des barres porte pincettes et leurs mouvements selon les trois axes est synchronisé avec le mouvement de coulisseau :
  - L'ouverture et la fermeture des barres se fait à l'aide de cames soutenu par des vérins double effet, leurs fin de course positive et négative sont munies de deux capteurs magnétiques.
  - Le mouvement de translation des barres se fait à l'aide d'un dispositif transportant le

mouvement de coulisseau composé de cames et d'un système frein/embrayage pneumatique.

### VI- Conclusion :

Dans ce deuxième chapitre, nous avons décrit la presse mécanique et ses composants essentiels qui la constituent. Ainsi que son principe de fonctionnement afin de faciliter la modélisation qui sera présentée dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III :

MODÉLISATION DE

LA PRESSE À L'AIDE DU

GRAFNET

**I. Introduction:**

Il existe depuis des décennies des outils de représentations graphiques pour la partie opérative, tel le dessin industriel, dont la représentation normalisée est soumise à des règles précises évitant toute interprétation erronée. Mais il manquait un outil équivalent pour définir les parties commande qui est le rôle qui est imparti au GRAFCET.

**II. Généralités sur le Grafcet :****II.1. Définition d'un Grafcet :**

Le GRAFCET (graphe de commande étape - transition) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il est à la fois simple à utiliser et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.

Lorsque le mot GRAFCET (en lettre capitales) est utilisé, il fait référence à l'outil de modélisation. Lorsque le mot grafcet est écrit en minuscule, il fait alors référence à un modèle obtenu à l'aide des règles de GRAFCET.

Le GRAFCET décrit les interactions entre la partie commande et la partie opérative à partir de la frontière d'isolement. Il établit une relation entre les entrées et les sorties :

- **les entrées :**  
Correspondent aux transferts d'informations de la partie opérative vers la partie commande.
- **les sorties :**  
Correspondent aux ordres transmis de la partie commande vers la partie opérative.

**II.2. Notions de bases du Grafcet:**

Le Grafcet correspond à une succession alternée d'étapes auxquelles sont associées les actions à effectuer, et de transitions auxquelles sont associées de réceptivités qui sont l'ensemble de conditions logiques qui doivent être remplies pour que la transition puisse être franchie, permettant ainsi l'évolution d'une étape à la suivante en tenant compte de l'alternance étape- transition et transition- étape comme le montre la figure III.1.

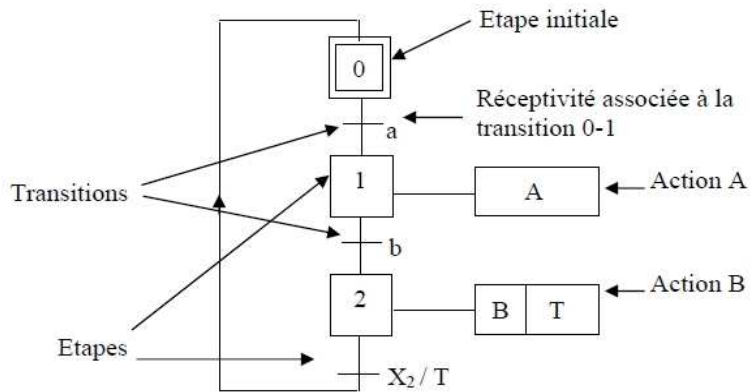


Figure III.1 : Symbolisation d'un Grafcet

- **Etape initiale:**

Représente une étape qui est activée au moment de la mise en énergie de la partie commande. Elle est représentée par un double carré.

- **Etape :**

Elle symbolise un état ou une partie de l'état du système, elle caractérise un comportement invariant du système considéré.

- **Action :**

Une ou plusieurs actions peuvent être associées à une étape. Les actions traduisent ce qui doit être fait chaque fois que l'étape à laquelle elles sont associées est moyen ou non de certaines conditions supplémentaires.

- **Transition :**

La transition permet de décrire l'évolution de l'état actif d'une étape à une autre. C'est elle qui va permettre, lors de son franchissement l'évolution du système.

- **Réceptivité :**

Une réceptivité est associée à chaque transition, c'est une condition qui détermine la possibilité ou non de l'évolution du système par cette transition. Une réceptivité s'exprime comme étant une expression booléenne ou numérique.

- **Temporisation :**

La temporisation est une réceptivité qui permet une prise en compte du temps, il implique l'utilisation d'un temporisateur. Ce genre de réceptivité noté comme suit :  $T/X_i/q$ .

**i:** est le numéro de l'étape comportant l'action de la temporisation.

**q:** est la durée écoulée depuis l'activation de l'étape  $X_i$ .

- **Liaisons orientées :**

Les liaisons orientées relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles indiquent les voies d'évolution du GRAFCET. Elles sont représentées par des lignes verticales et horizontales.

- **Macro-représentations :**

Dans un Grafcet, une macro-étape est la représentation unique d'un ensemble fonctionnel d'étapes et de transitions nommée expansion de la macro-étape.

## **II. 3. Niveau fonctionnel du Grafcet:**

### **II.3.1.Grafcet du niveau 1 :**

Il s'appelle aussi le niveau de la partie commande, il décrit le comportement de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative et du monde extérieur. Dans les réceptivités, on ne définit pas les actionneurs ni les capteurs, mais uniquement les actions à effectuer et leur enchaînement.

### **II.3.2. Grafcet du niveau 2 :**

Appelé aussi le niveau de la partie opérative, il tient plus de détails de la technologie des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs.

La représentation des actions et des réceptivités, est d'écrire en abrégiation, une lettre majuscule associée à la réceptivité.

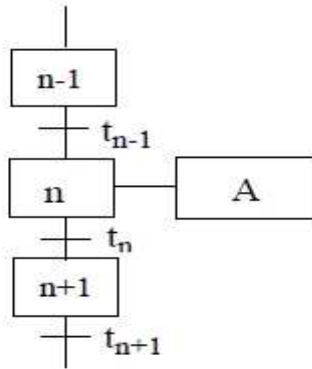
## **II.4. Arrêt d'urgence (AU) :**

Pour tenter de palier aux dangers dont l'homme et le système sont exposés, on doit prévoir un arrêt d'urgence (AU) dans toute installation. Les traitements de l'AU constituent le problème le plus épineux que rencontrent les concepteurs. Quand on reçoit et on réalise un système automatisé, il est pratiquement impossible de prévoir :

- Toutes les façons dans le système peuvent faillir, défaillance d'un composant partie opérative(PO) ou partie commande(PC), erreur humaine, modifications subites dans l'environnement.
- Le moment où se produira la défaillance, actions en cours, actions à interrompre, actions à poursuivre, actions à inverser.
- Tous les états que peut prendre le système, configurations non analysées, modifications dues aux interventions humaines pour corriger un problème.

## **II.5. Mise en équation d'un Grafcet :**

Soit le Grafcet de la figure III. 2 :



**Figure.III.2 :** Mise en équation d'un Grafcet

L'état d'une étape  $X_n$  peut être noté comme suit :

$X_n = 1$             si l'étape  $n$  est active.  
 $X_n = 0$             si l'étape  $n$  est inactive.

De plus la réceptivité qui est une variable binaire  $a$  pour valeur :

$t_n = 1$             si la réceptivité est vraie.  
 $t_n = 0$             si la réceptivité est fausse.

Pour une étape initiale, on définit aussi la variable **Init** comme suit :

$Init = 1$             initialisation de Grafcet (mode arrêt).  
 $Init = 0$             déroulement de cycle (mode marche).

- Pour une étape initiale  $n$  :

$$X_n = (CAX_n + X_n \cdot \overline{CDX_n} + Init) \cdot \overline{AUD}$$

$$CAX_n = (X_{n-1} \cdot t_{n-1} + Init) \cdot \overline{AUD}$$

$$CDX_n = X_{n+1} \cdot \overline{Init} + AUD$$

**Avec :**

**CAX<sub>n</sub>** : est la condition d'activation de l'étape  $n$

**CDX<sub>n</sub>** : la condition de désactivation de l'étape  $n$ .

- Pour une étape non initiale  $n$  :

$$X_n = (CAX_n + X_n \cdot \overline{CDX_n}) \cdot \overline{Init} \cdot \overline{AUD}$$

$$CAX_n = X_{n-1} \cdot t_{n-1} \cdot \overline{Init} \cdot \overline{AUD}$$

$$CDX_n = X_{n+1} + Init + AUD$$



- Pour une action :  
 $A = X_n$ . AUd.

## II.6. Règles d'évolution du Grafcet :

La modification de l'état de l'automatisme est appelé évolution, et régie par cinq règles qui sont:

- **Situation initiale (règle 1) :**

La situation initiale d'un grafcet caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative, de l'opérateur et/ou des éléments extérieurs. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement. Elle traduit généralement un comportement au repos.

- **Franchissement d'une transition (règle 2) :**

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes précédentes reliées à cette transition sont actives. Le franchissement d'une transition se produit : lorsque la transition est validée et que la réceptivité associée à cette transition est vraie.

- **Evolution des étapes actives (règle 3) :**

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

- **Evolutions simultanées (règle 4) :**

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

- **Activation et désactivation simultanées d'une étape (règle 5) :**

Si, au cours du fonctionnement, la même étape est simultanément activée et désactivée, elle reste active. Pour indiquer les étapes qui sont actives à un instant donné, un point peut être placé dans la partie inférieure des symboles des étapes actives.

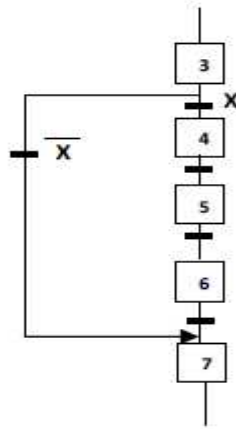
## II.7. Structure d'un Grafcet :

### II.7.1. Séquence unique :

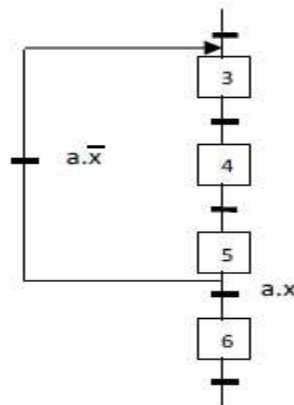
Les étapes se succèdent dans la suite les unes des autres. En fin de cycle on revient à la première étape, on dit qu'il y a une seule séquence.

**II.7.2. Saut d'étape :**

Le saut permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées à ces étapes deviennent inutiles.

**Figure III.3 : Saut d'étape****II.7. 3. Reprise d'étape :**

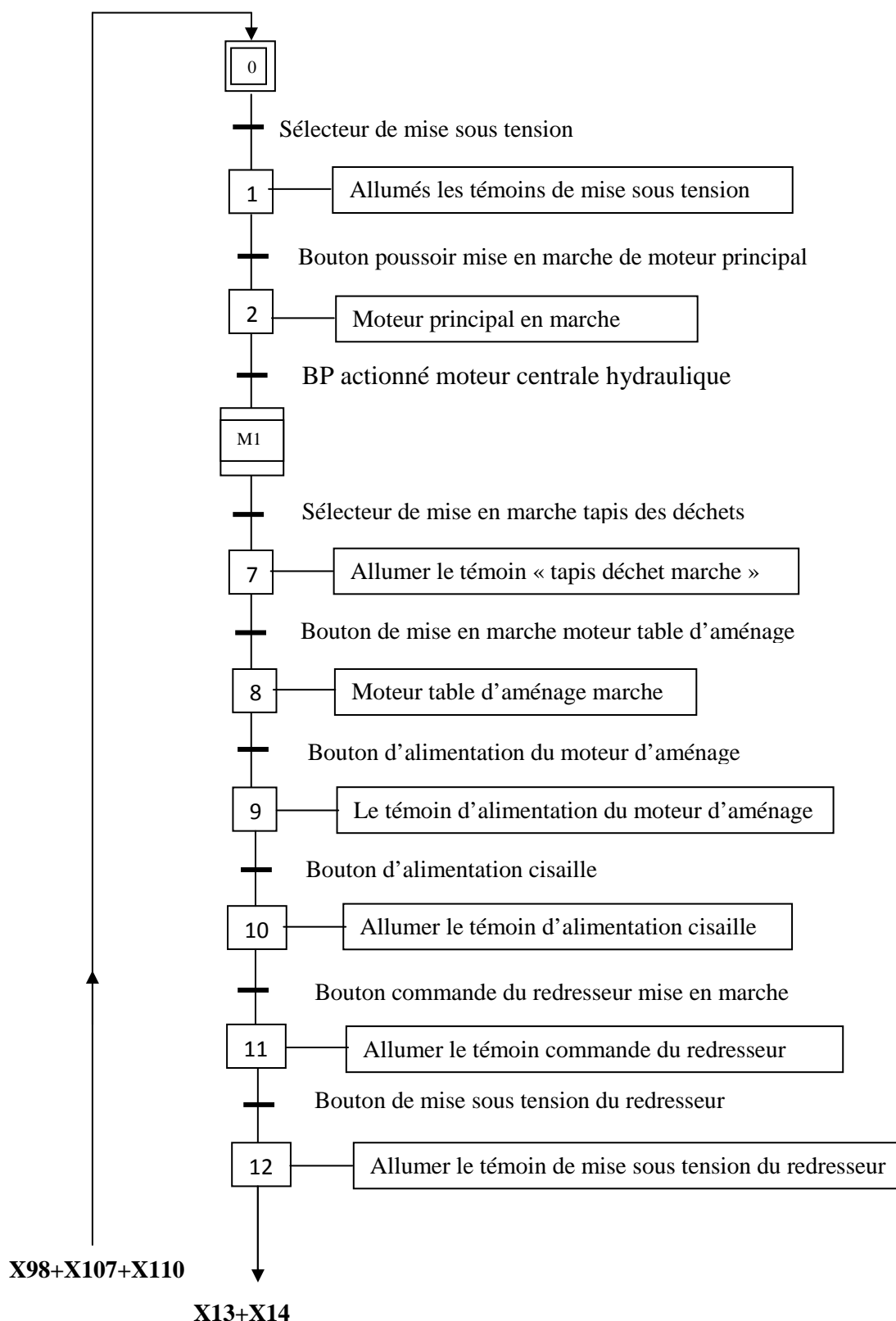
Permet de recommencer plusieurs fois la même séquence tant que la condition fixée n'est pas atteinte.

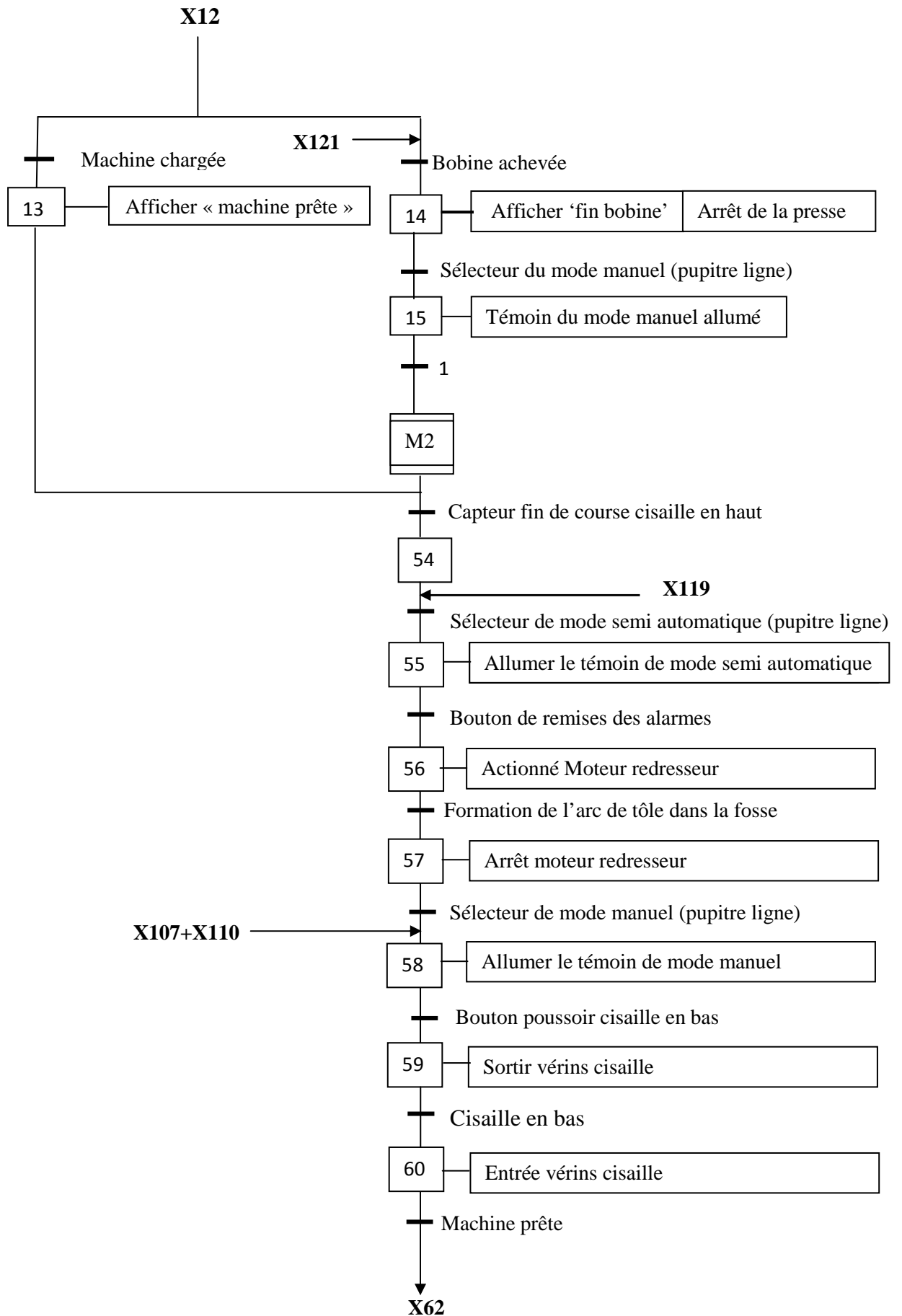
**Figure III.4: Reprise d'étape****Conclusion:**

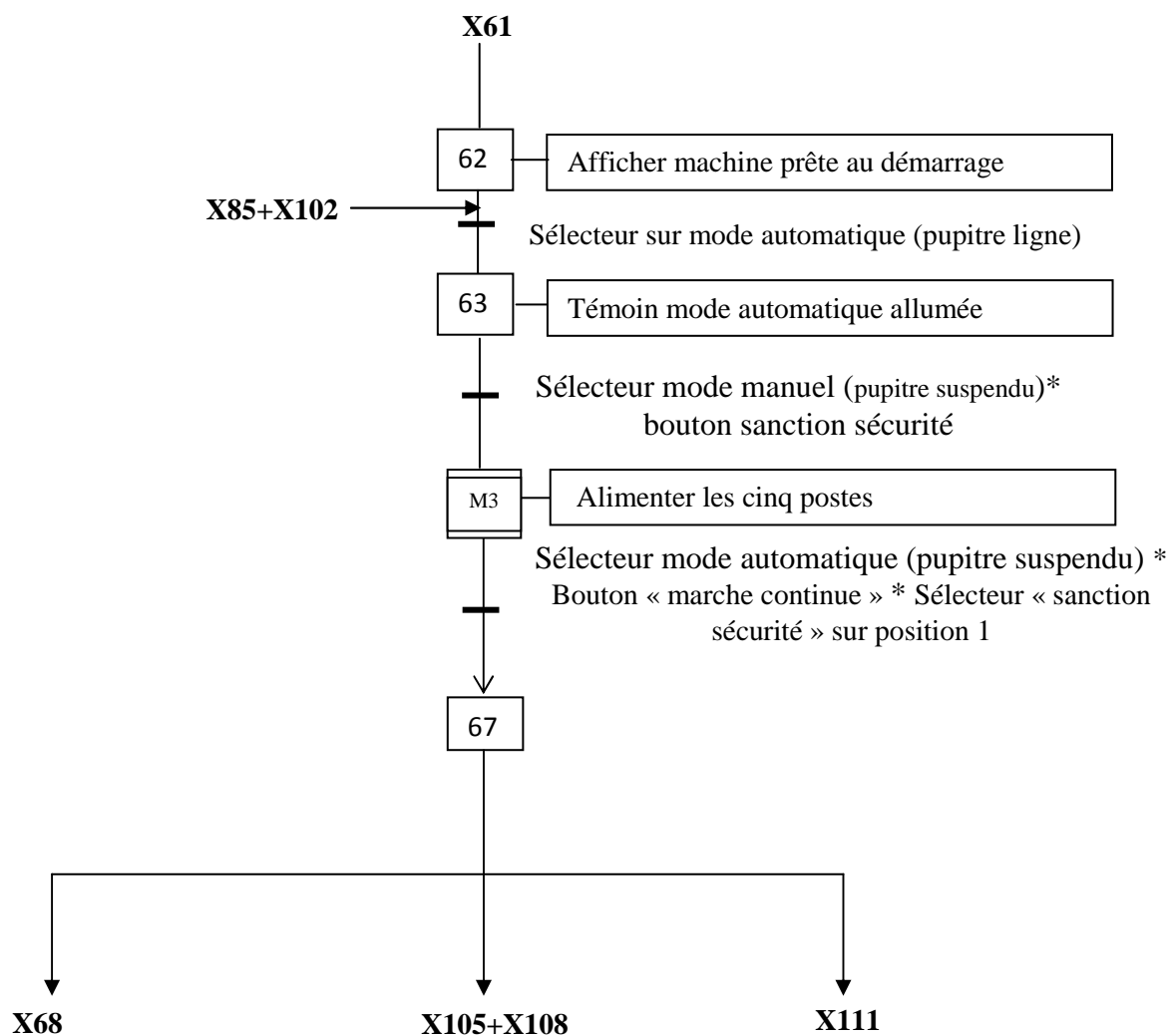
Dans ce chapitre nous avons modélisé notre procédé de commande à l'aide du GRAFCET. Au terme de ce chapitre, nous concluons que le GRAFCET est un puissant outil de modélisation et de transmission d'information, qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnel à un langage d'implantation optionnel.

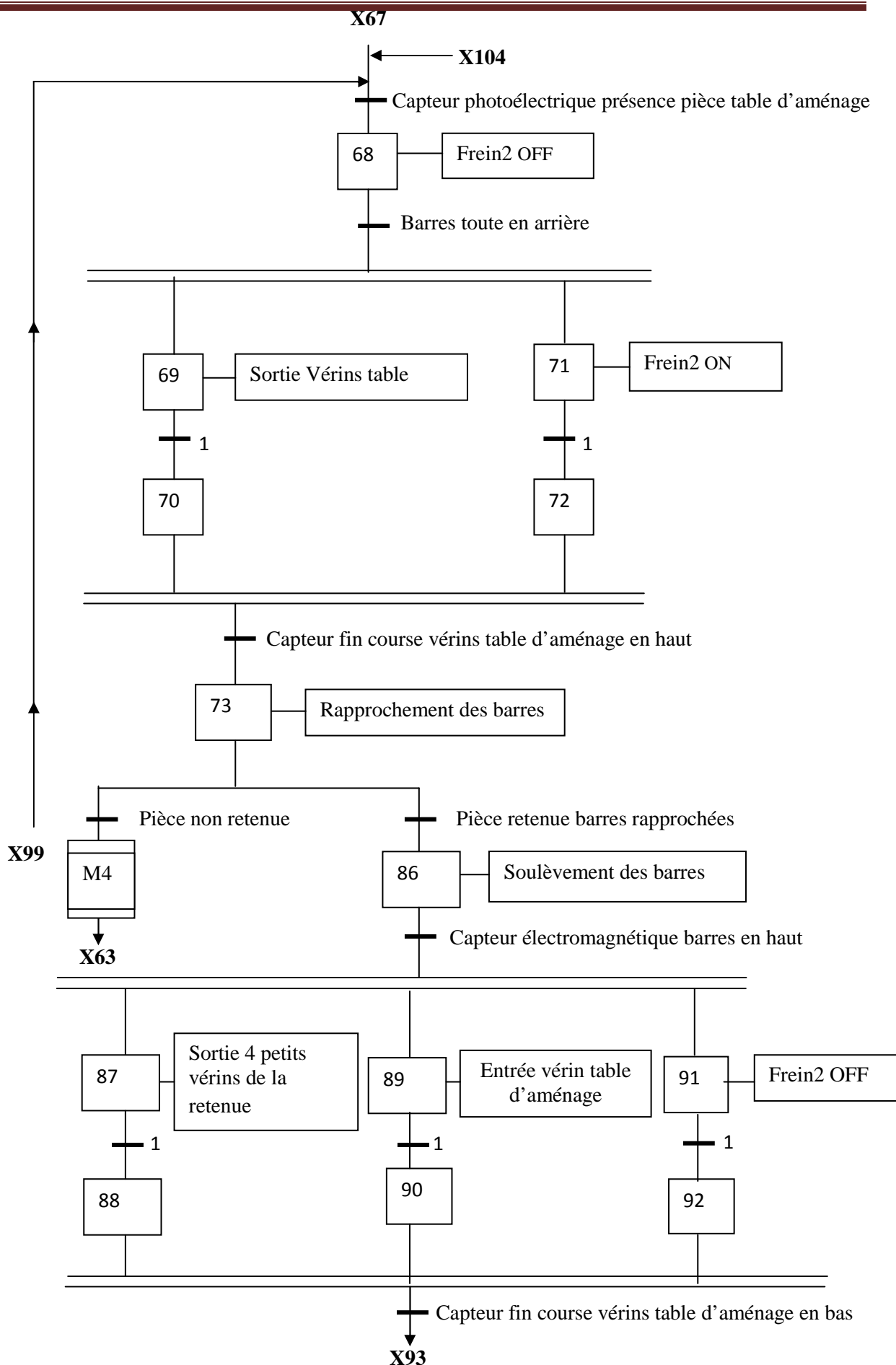
Le grafcet permet la description du comportement attendu de la partie commande d'un système automatisé, comme il permet de créer un lien entre la partie commande et la partie opérative.

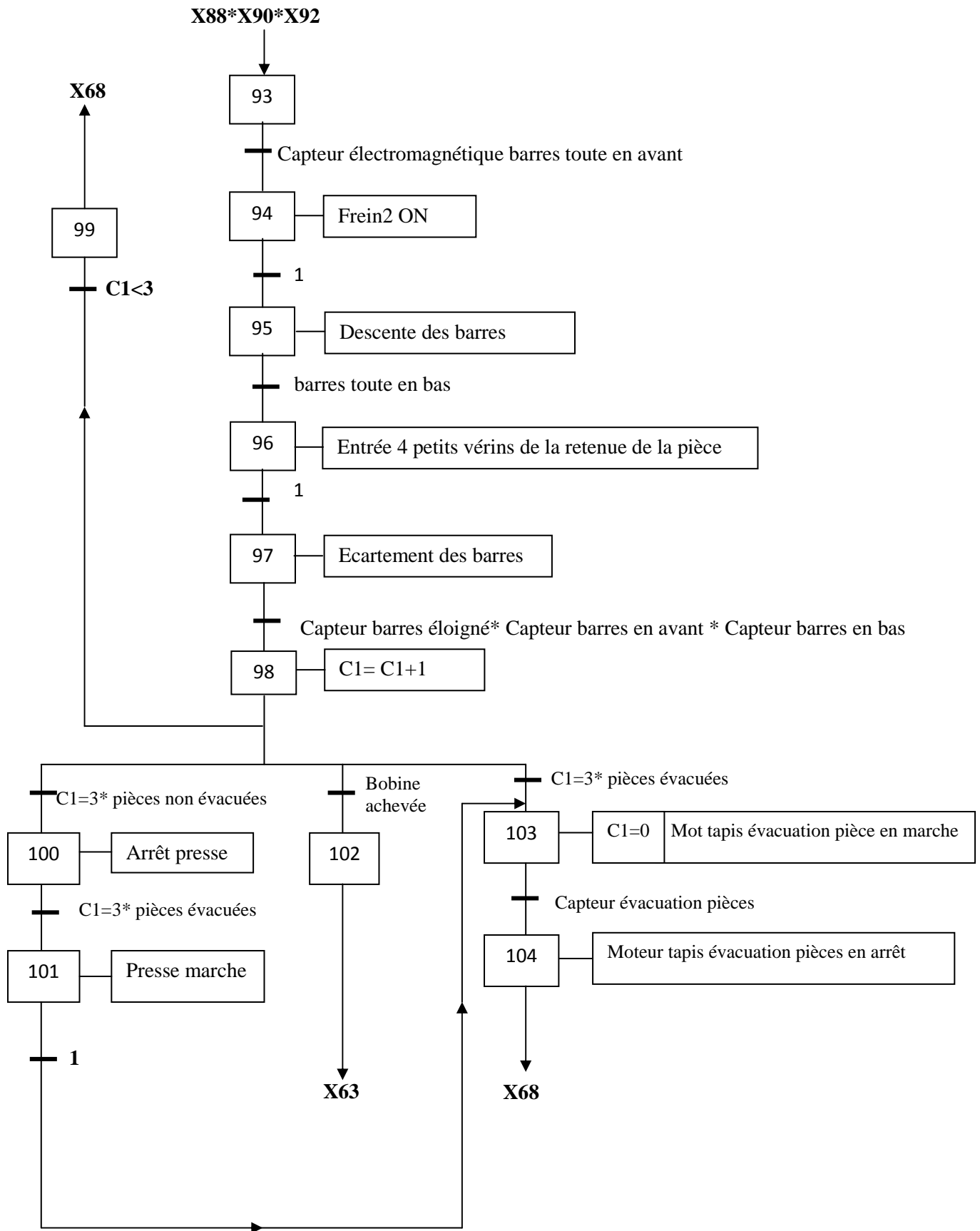
Ainsi, le grafcet a facilité considérablement le passage de la description à la modélisation et nous permettra au prochaine chapitre de passage à la programmation de la partie opérative qui pilotera le procédé et ce à l'aide de STEP7.

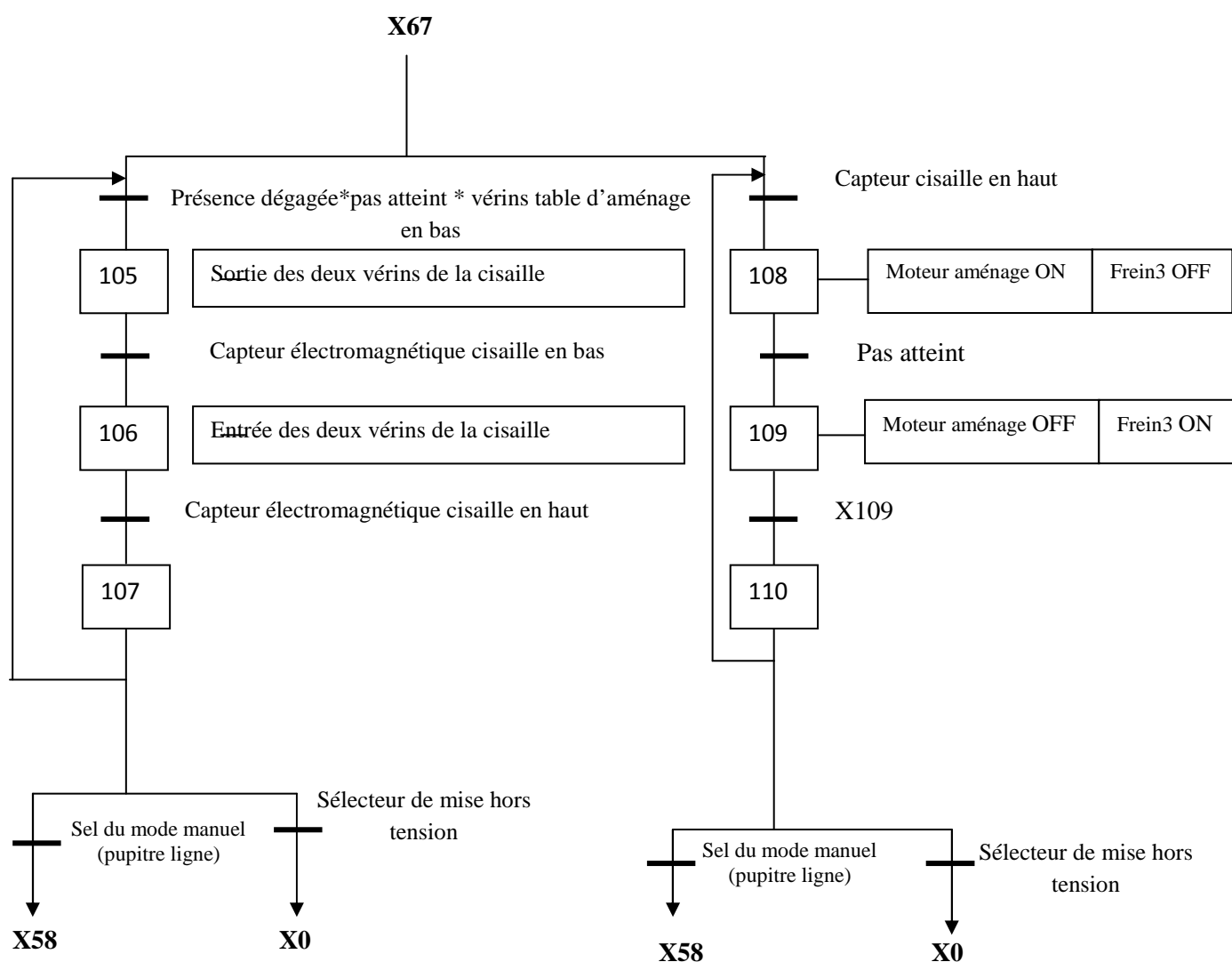
**1- Le Grafcet niveau 1 de la machine:**



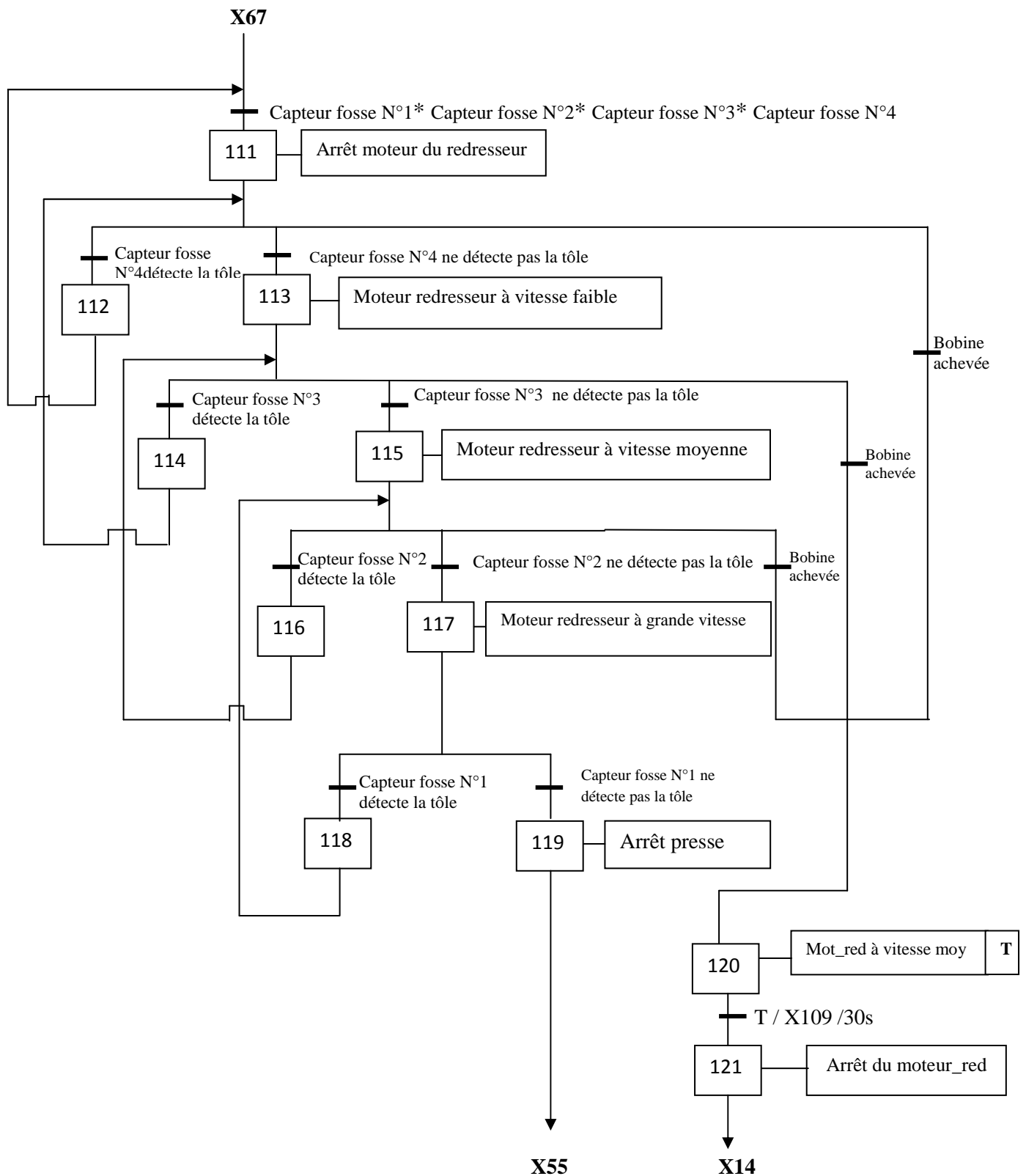




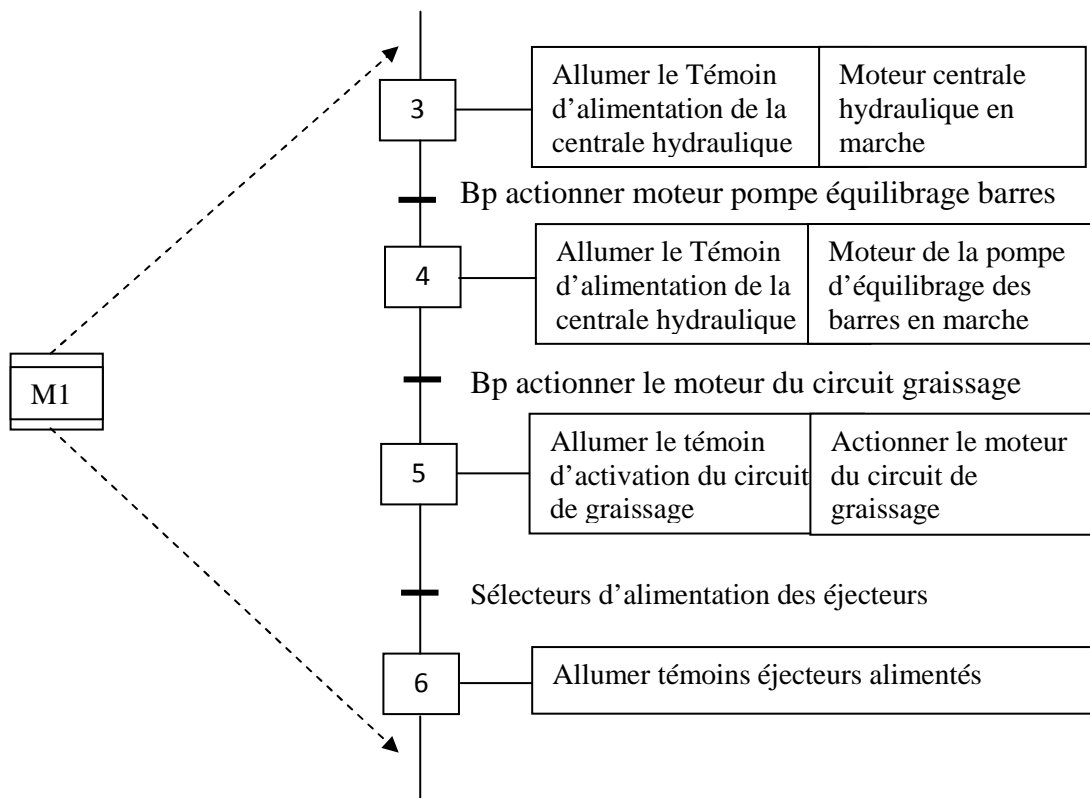




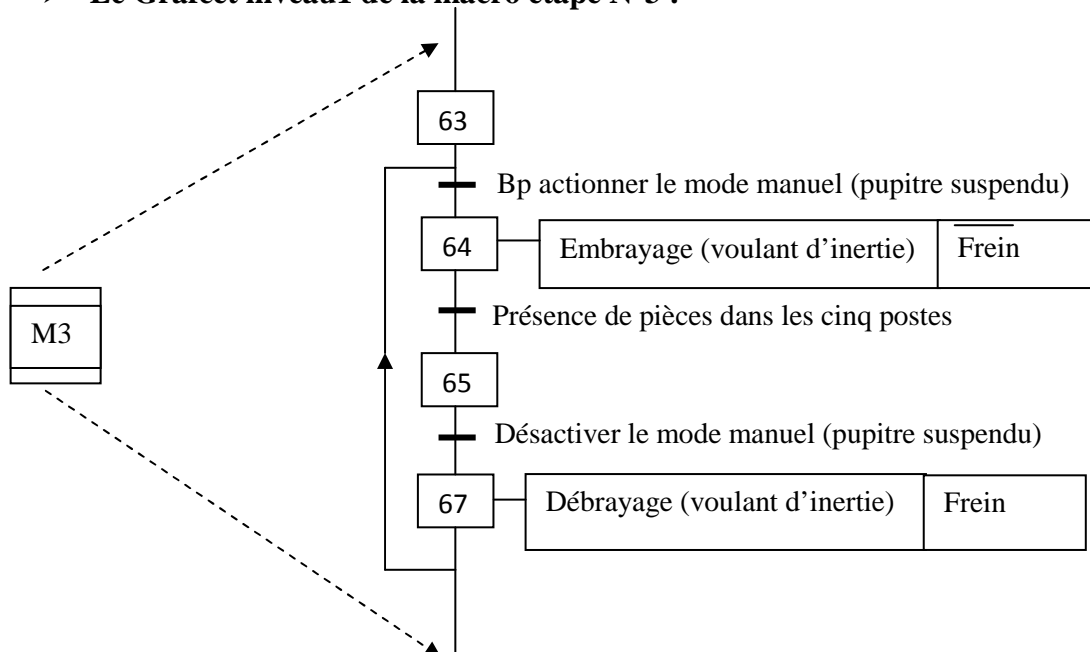




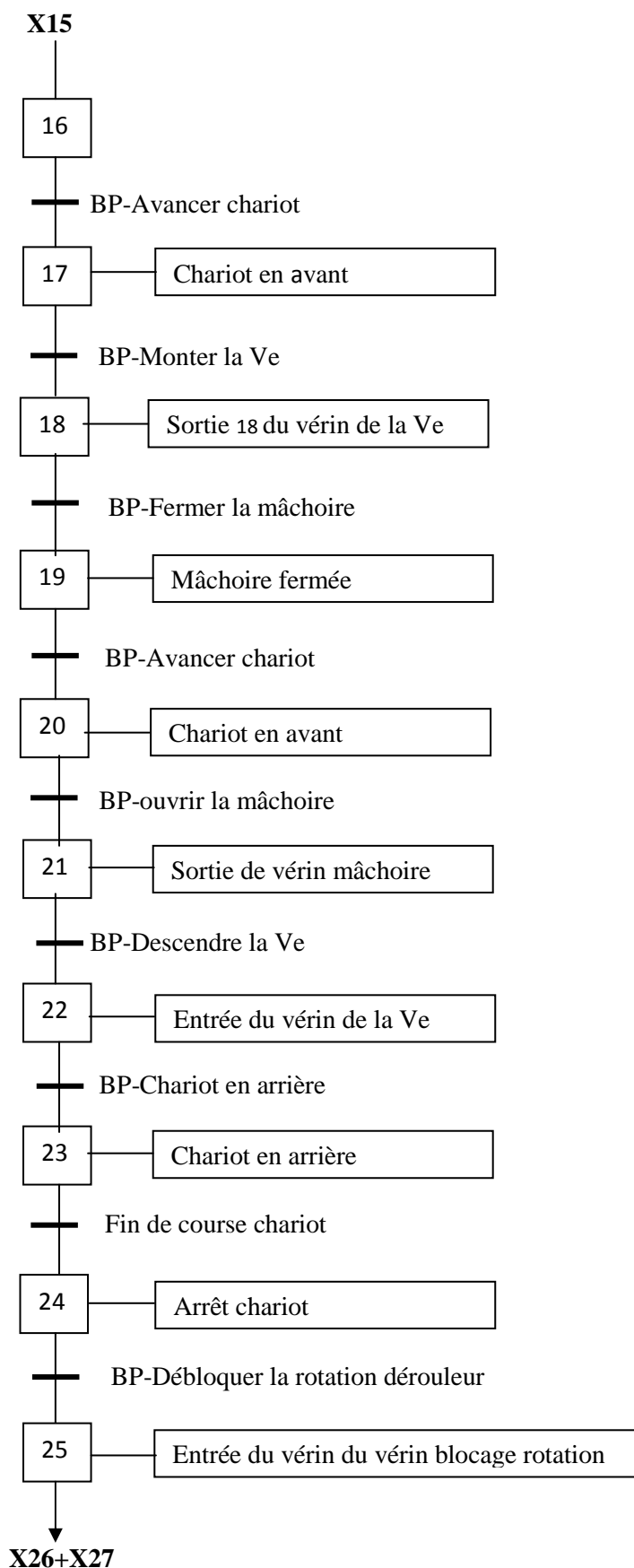
## ➤ Le Grafcet niveau1 de la macro étape N°1 :

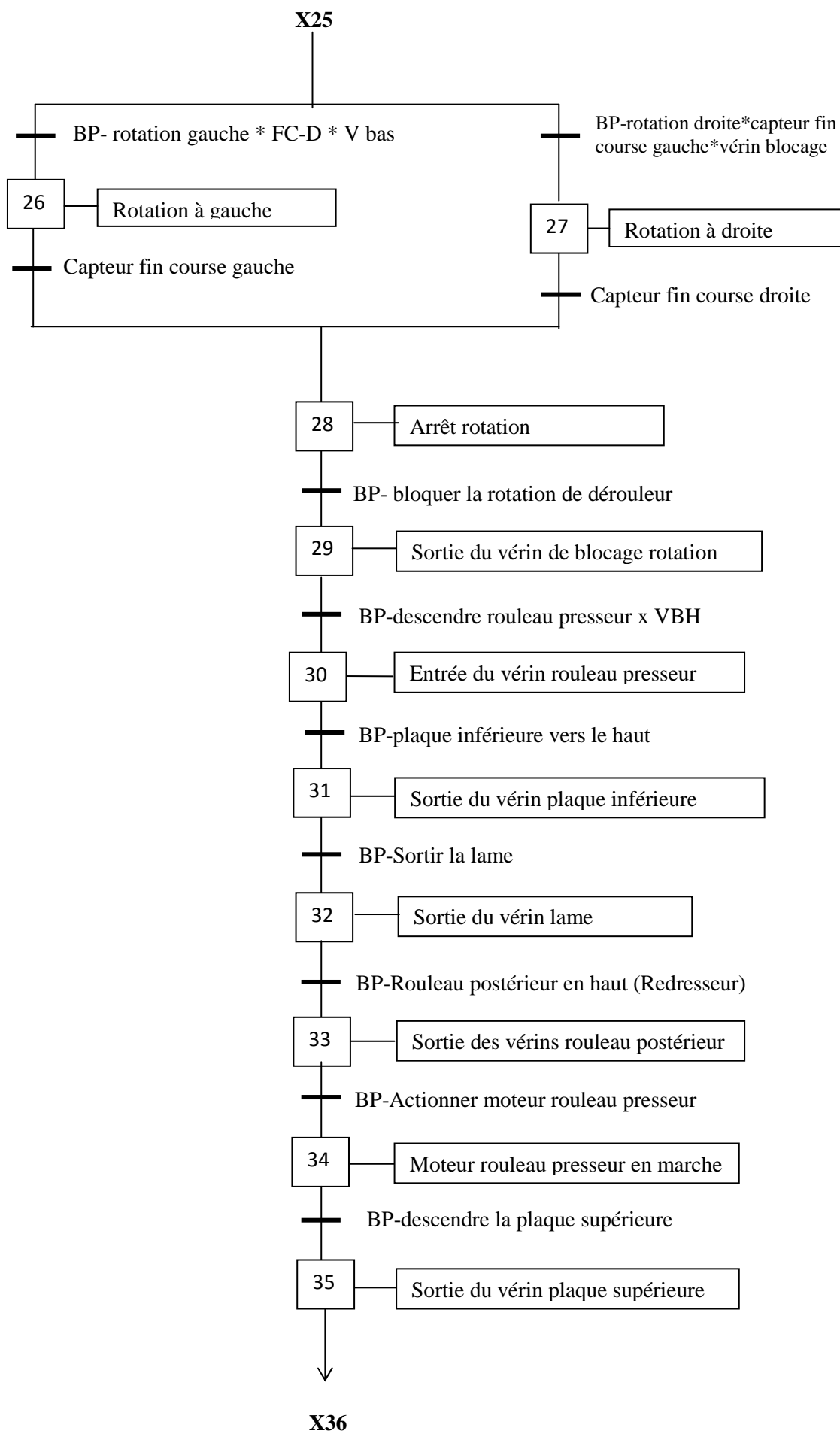


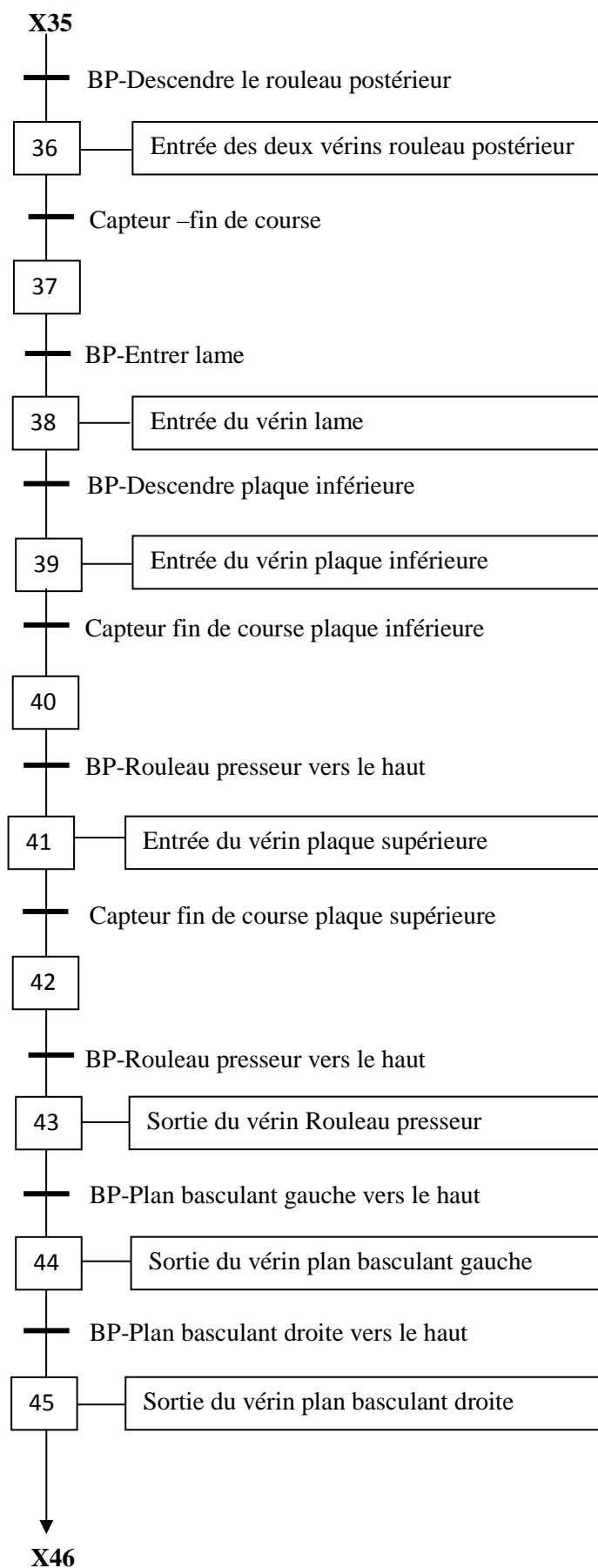
## ➤ Le Grafcet niveau1 de la macro étape N°3 :

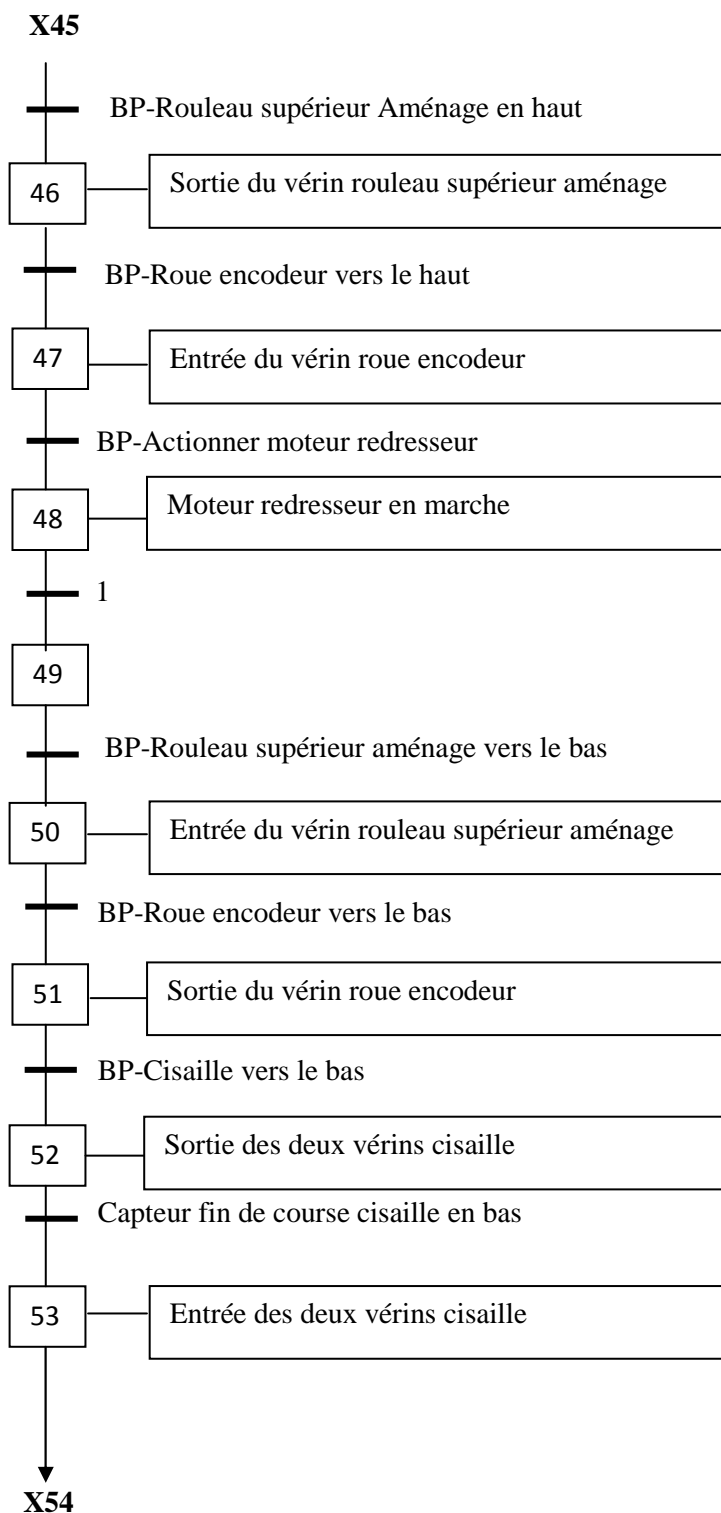


- Le Grafcet du chargement de la bobine à la presse mécanique (la macro étape M2) :



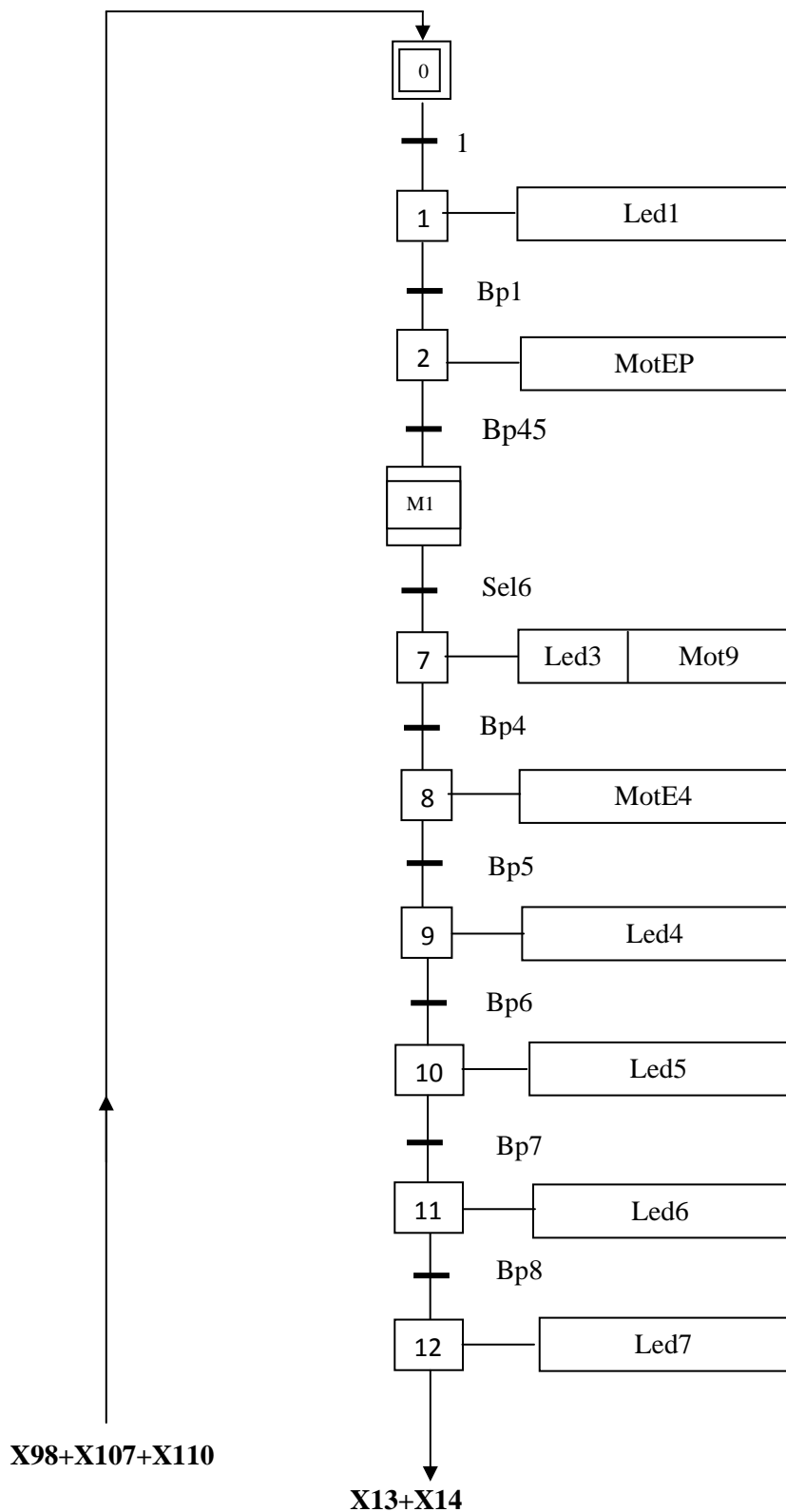




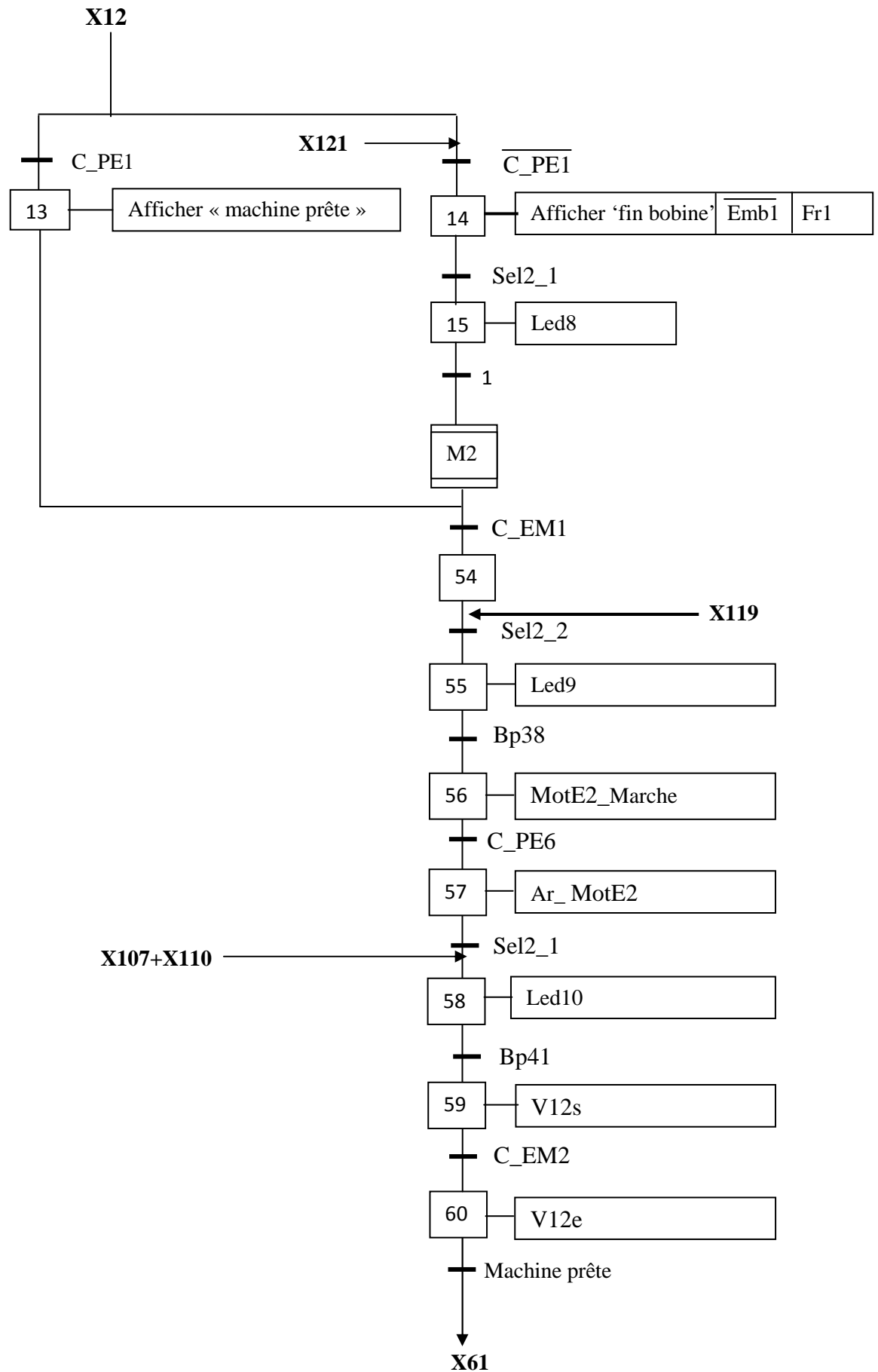


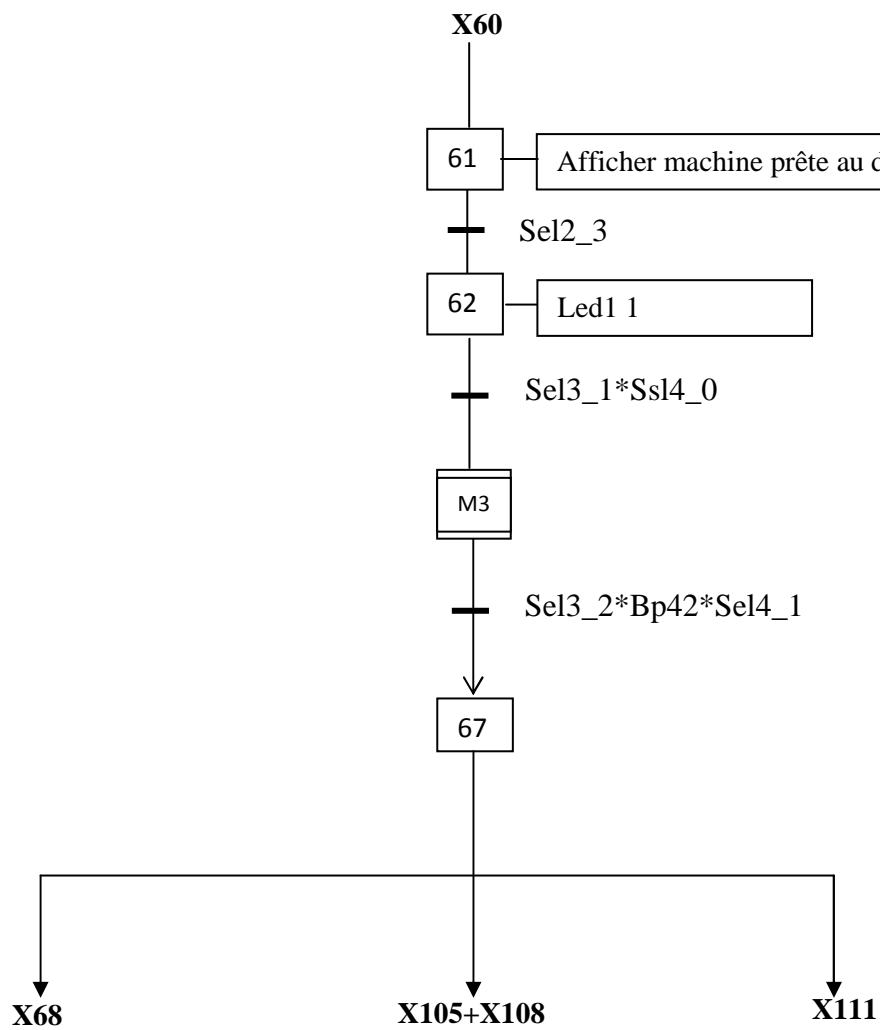


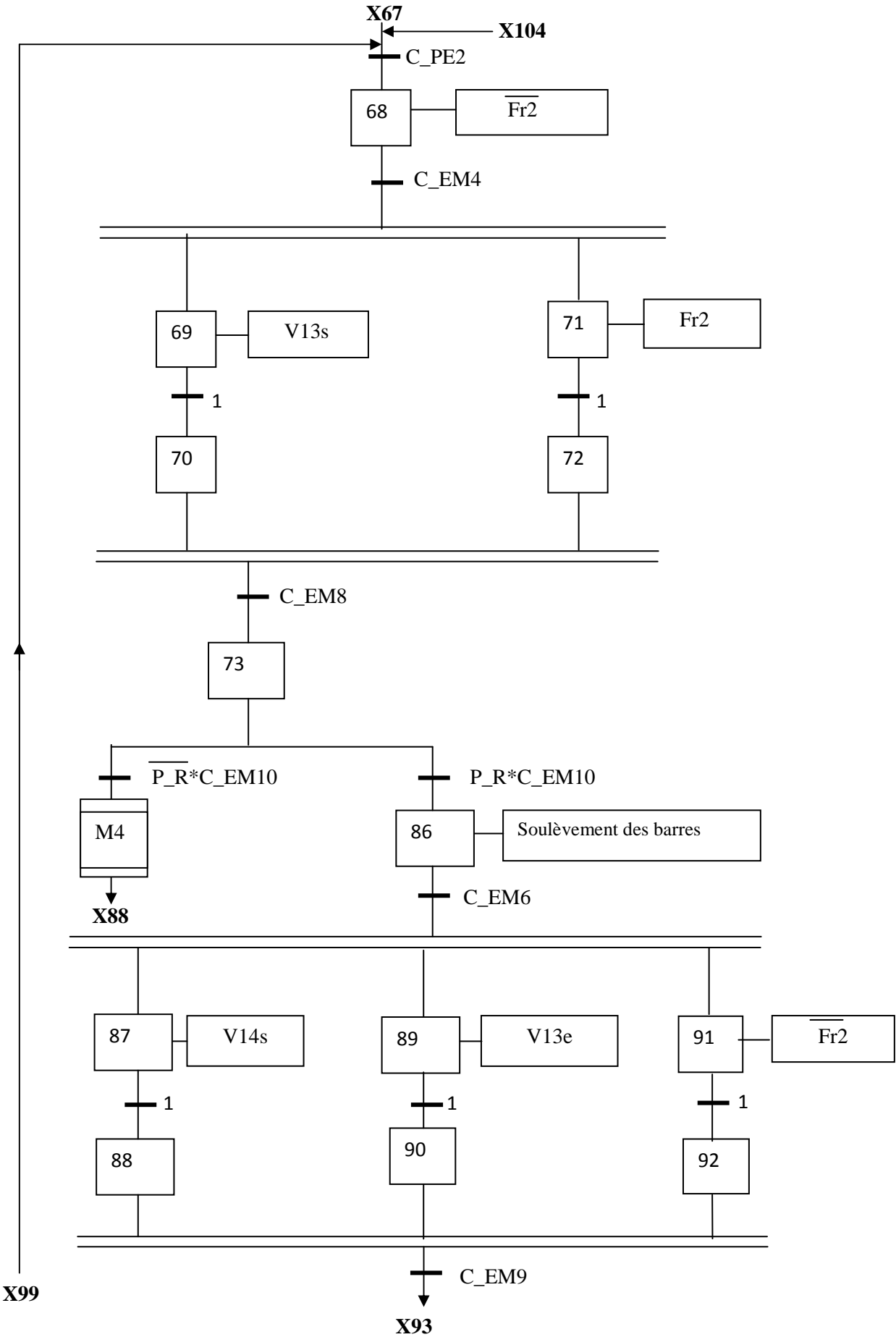
## 2- Le Grafcet niveau 2 de la machine :

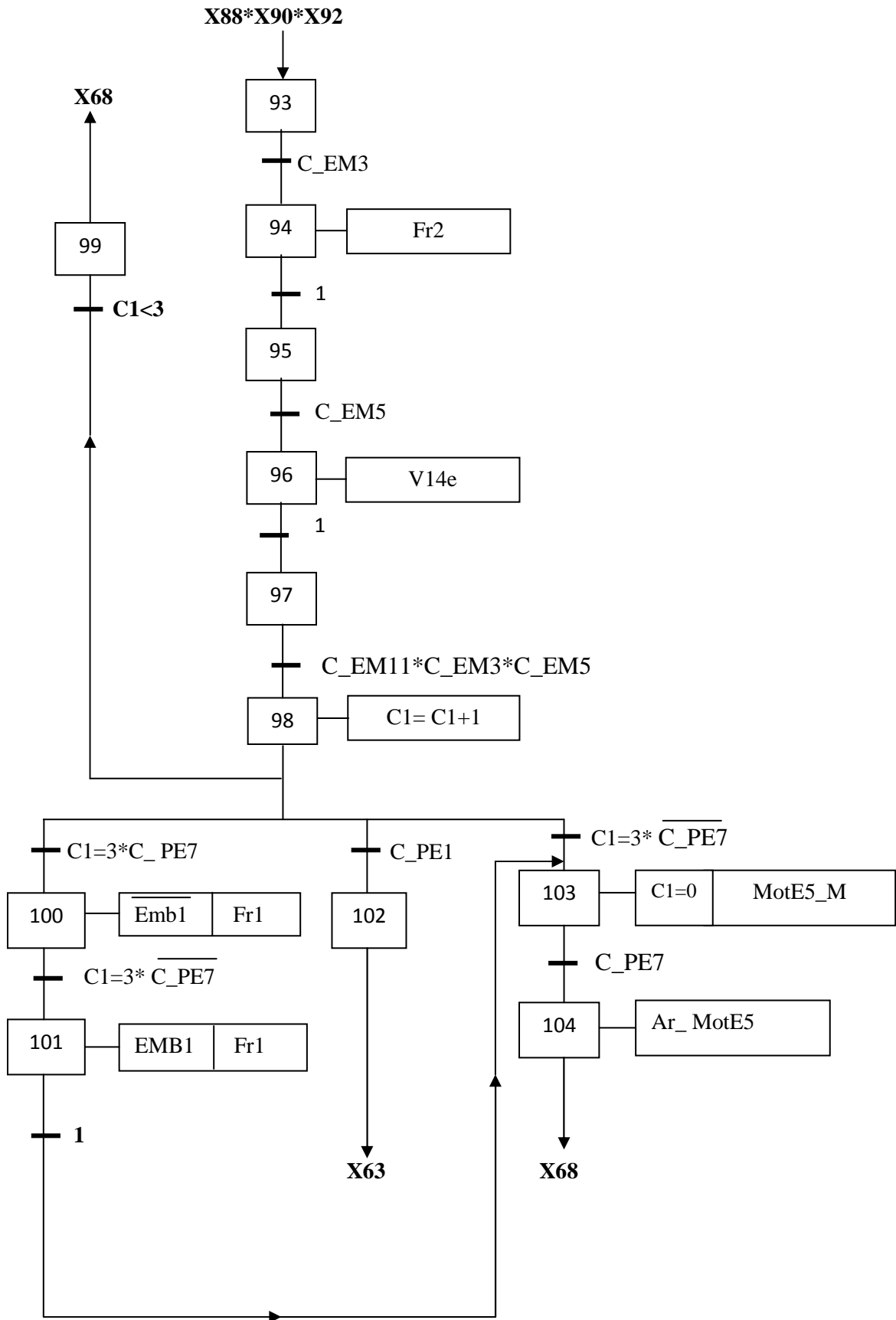


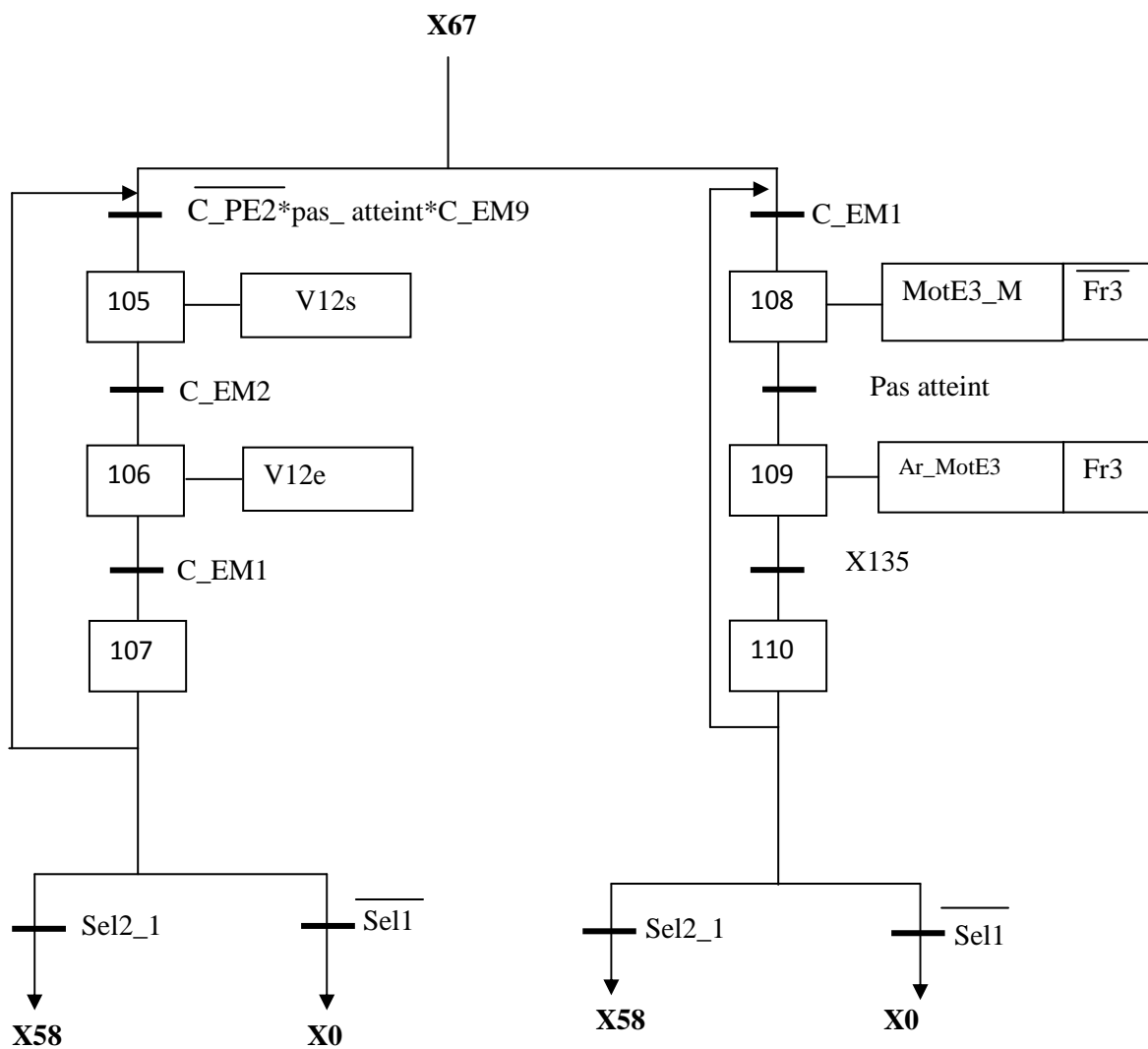


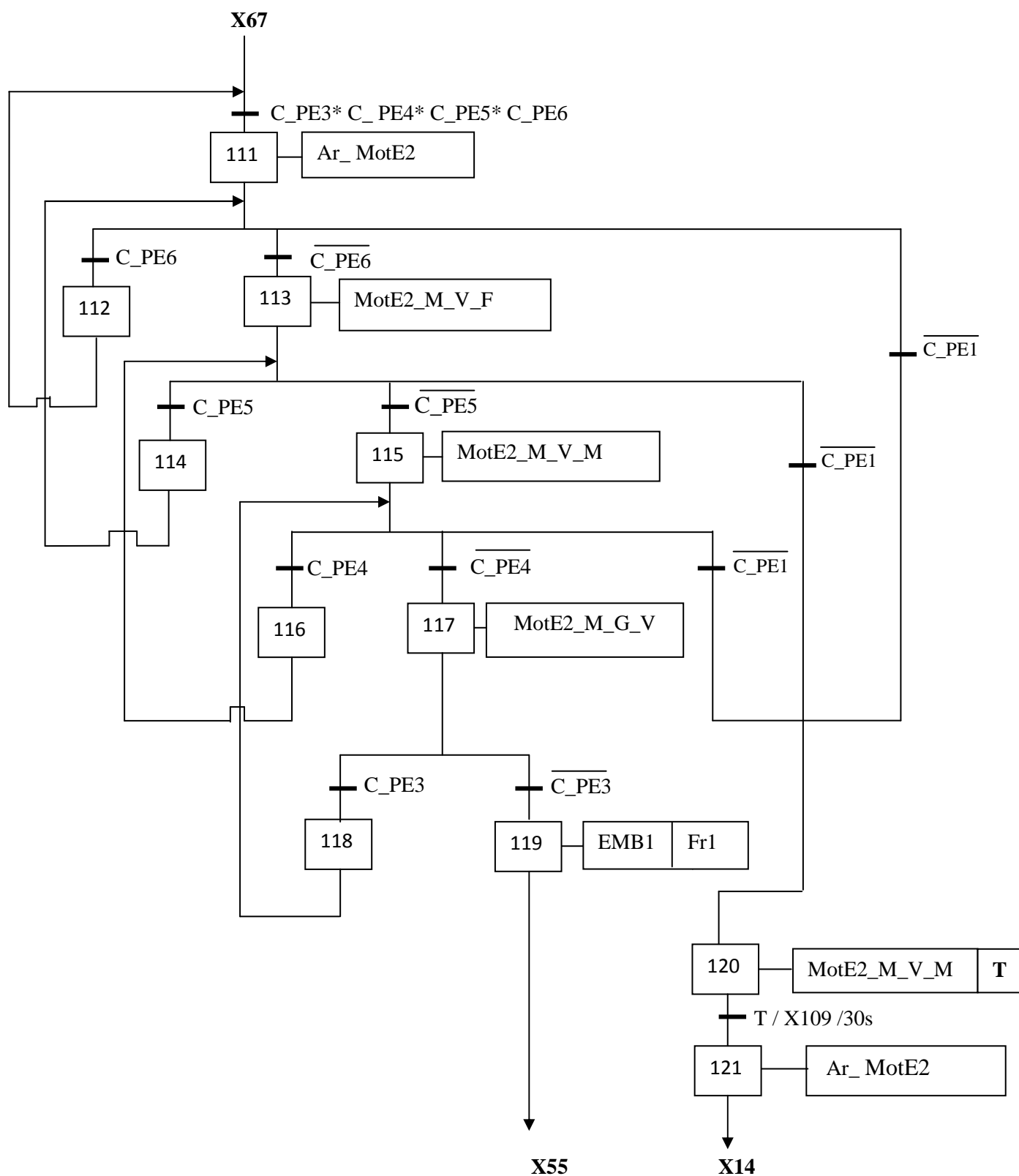




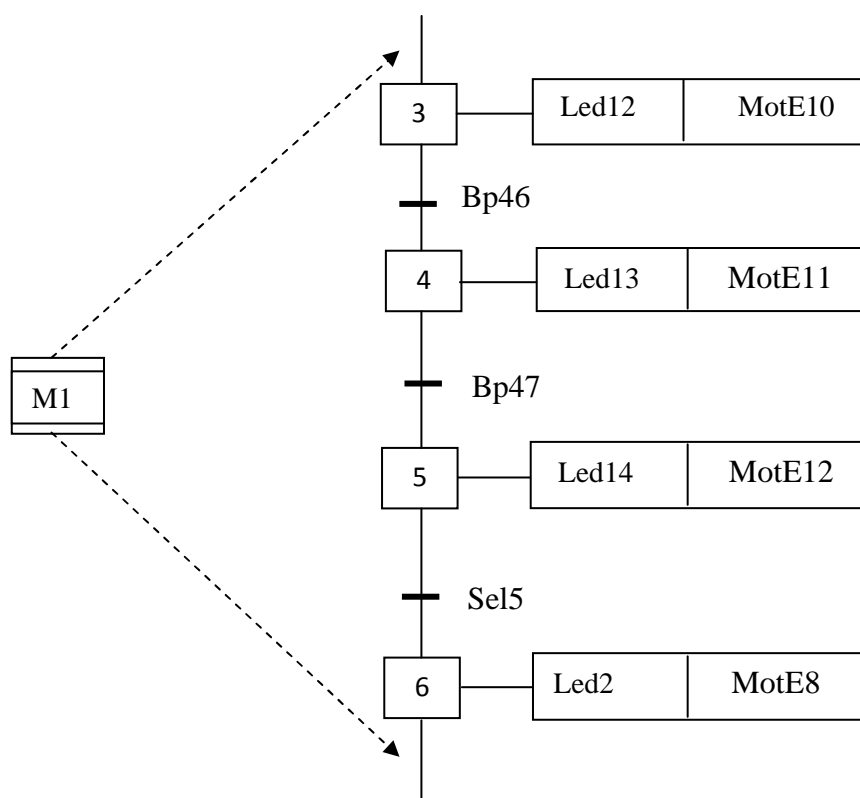




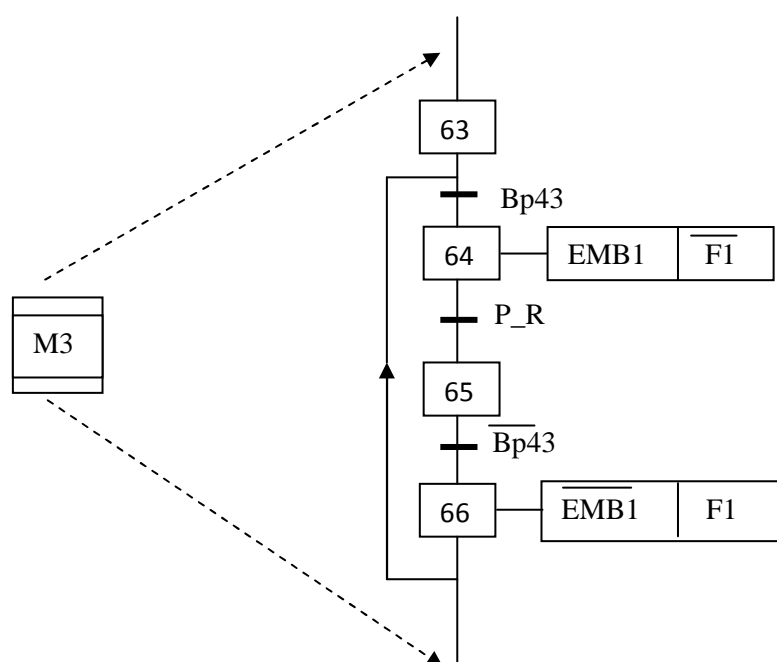




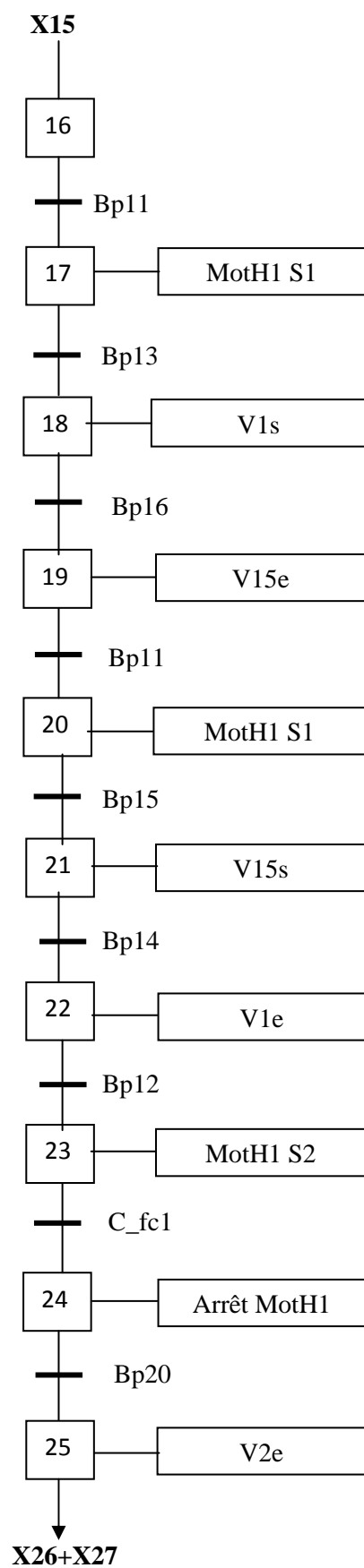
➤ Le Grafcet niveau2 de la macro étape N°1 :



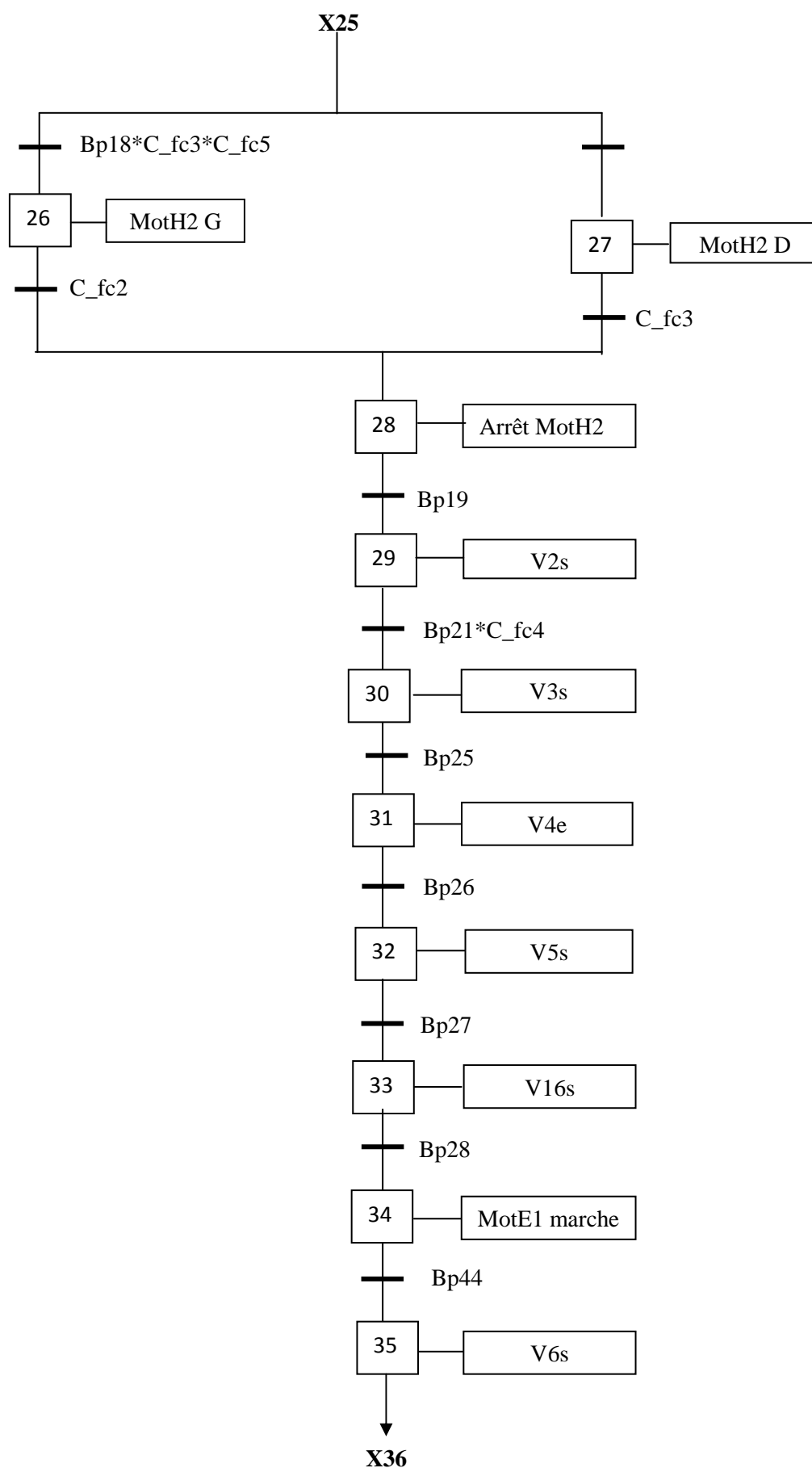
➤ Le Grafcet niveau2 de la macro étape N°3 :

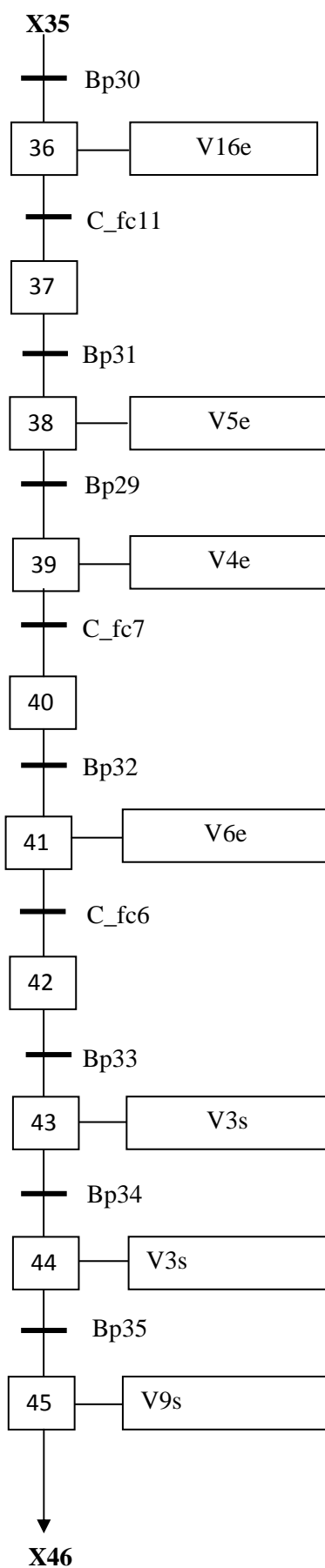


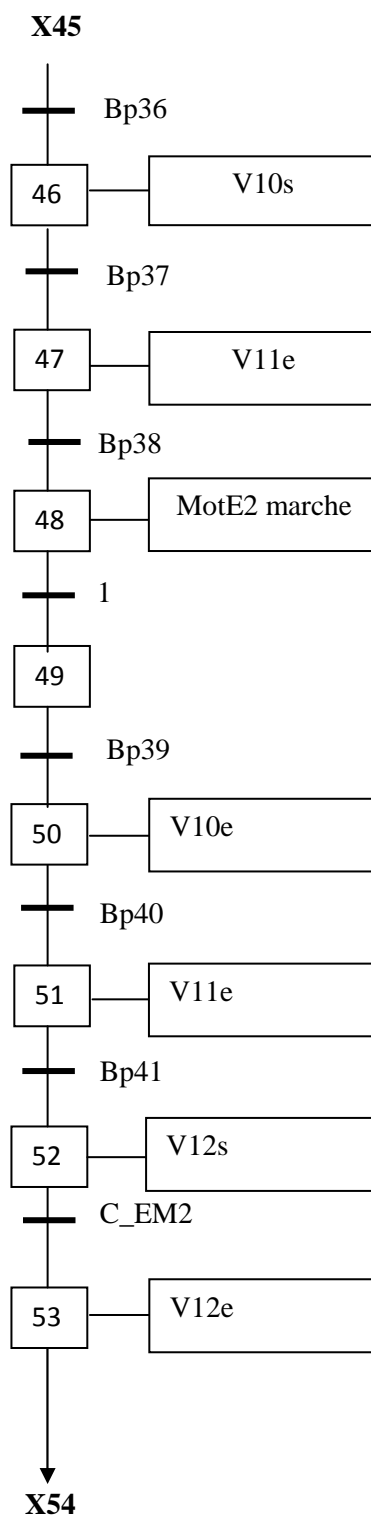
- Le Grafcet du chargement de la bobine à la presse mécanique (la macro étape M2) :



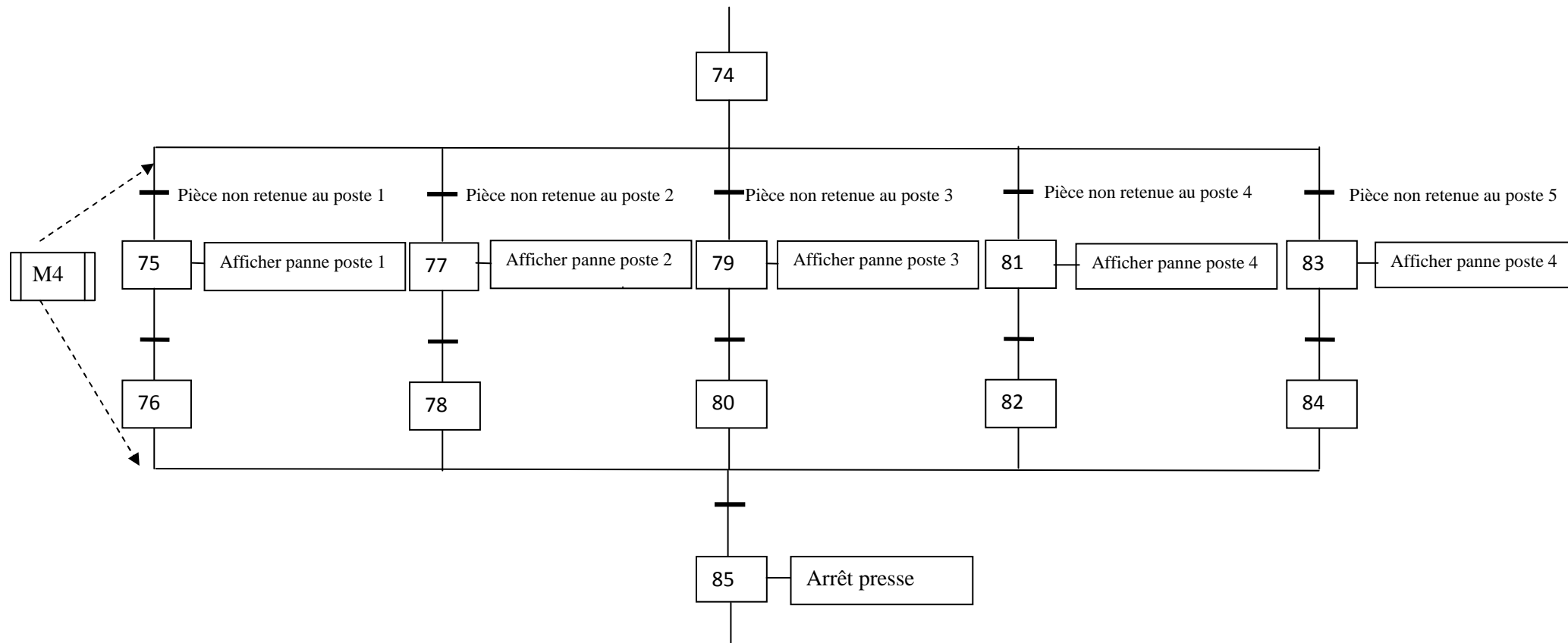






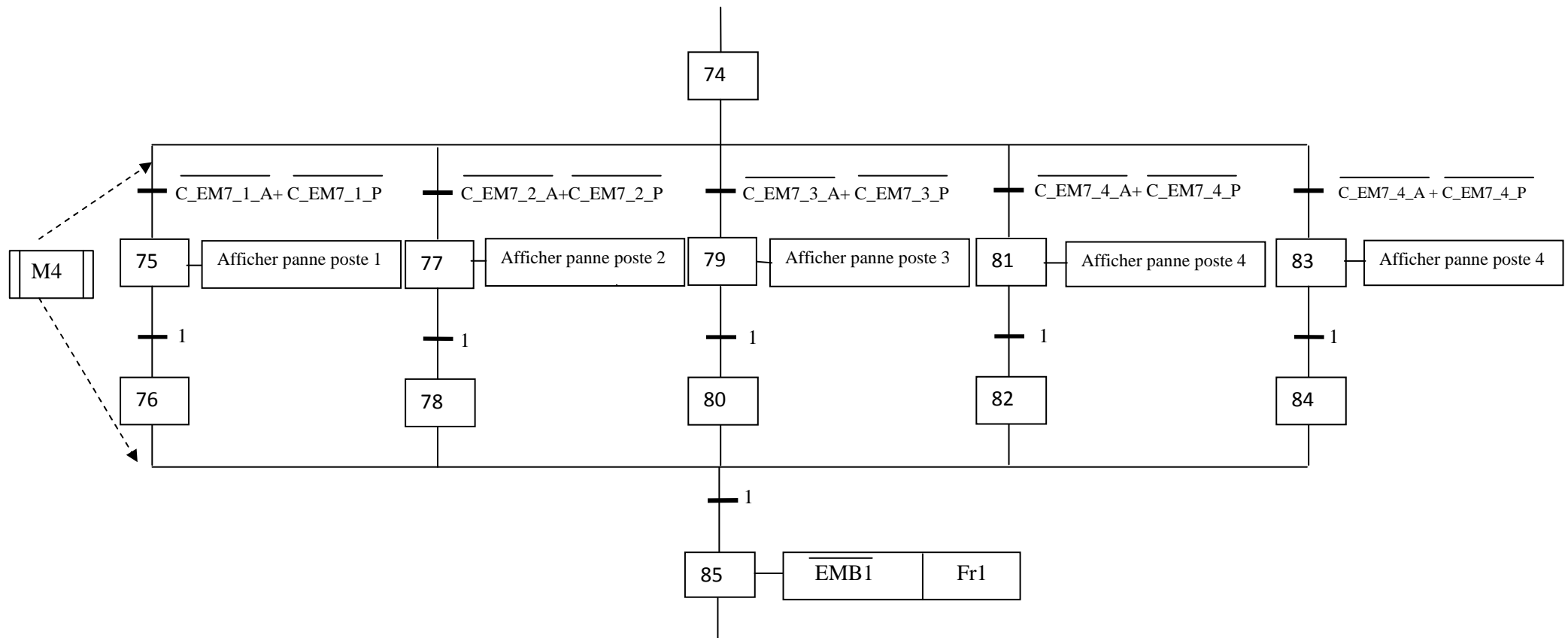


## ➤ Le Grafcet niveau1 de la macro étape N°4 :





➤ Le Graftet niveau 2 de la macro étape 4 :



# CHAPITRE IV :

## PROGRAMMATION DE L'AUTOMATE S7-300

**I-Introduction :**

L'automatisation par un automate programmable consiste à simplifier la logique câblée, réaliser des fonctions plus complexes, utiliser moins d'appareils de commande, modifier et améliorer le système juste en modifiant le programme, moins de câblage et moins de risques, puis la fiabilité est meilleure et possibilité de diagnostiquer les pannes pour éviter les temps d'arrêt.

**II-Présentation générale de l'automate S7-300 :****II-1-Définition d'un API :**

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique. Nous distinguons les fonctions que l'automate doit remplir :

- Un rôle de commande où il est un composant d'automatisme, élaborant des actions, suivant un algorithme approprié à partir des informations que lui fournissent des détecteurs (tout ou rien) ou des capteurs (analogiques ou numériques).
- Un rôle de communication dans le cadre de la production :
  - Avec des opérateurs humains : c'est le dialogue d'exploitation.
  - Avec d'autre processeurs, hiérarchiquement supérieur (calculateurs de gestion de production), égaux (autres automates intervenant dans la même chaîne) ou inférieurs (instrumentation intelligente).

**II-2-Types des APIs:**

Les APIs peuvent être de type compact ou modulaire :

**a) Les APIs de type compact :**

Ils intègrent le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, ils pourront réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité. Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.



**Figure IV.1 :** Automate programmable de type compact



**b) Les APIs de type modulaire :**

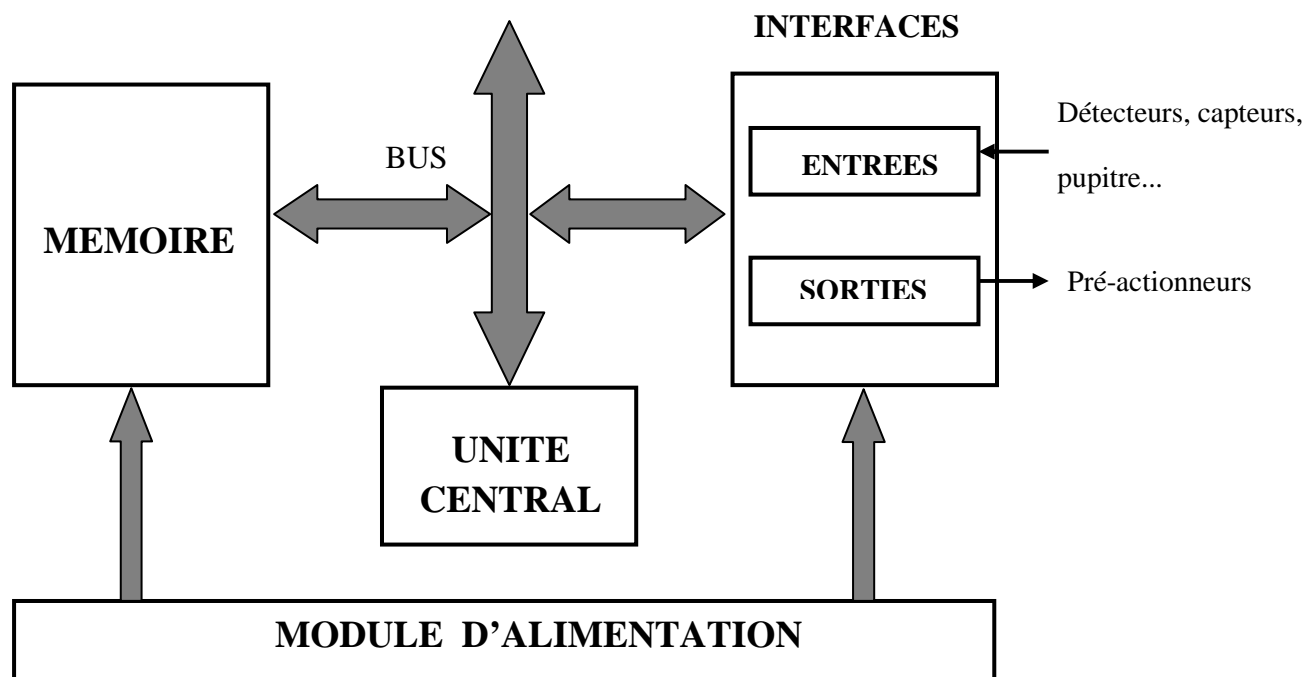
Le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs **racks** contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.



**Figure IV.2 :** Automate programmable de type modulaire

**II-3-Structure interne d'un API :**

La structure interne d'un API peut être présentée sur la figure suivante :



**Figure IV.3 :** Structure interne d'un API

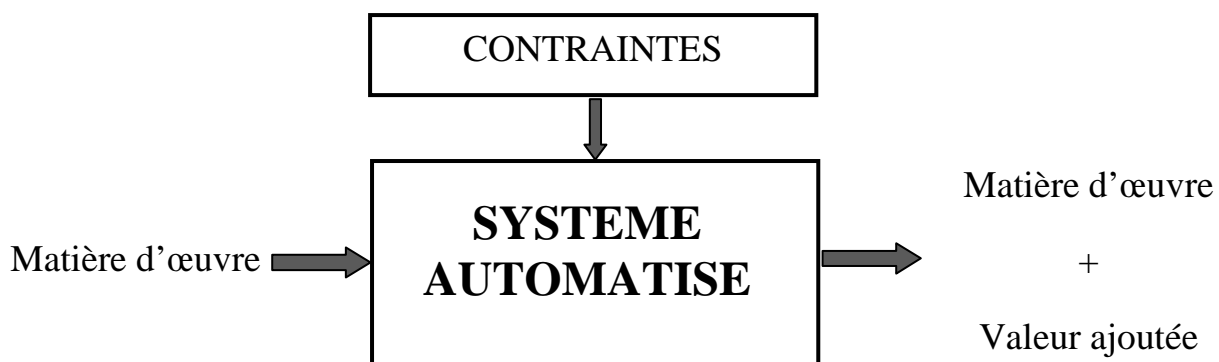
- a) **Module d'alimentation** : il assure la distribution de l'énergie aux différents modules.
- b) **Unité centrale** : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).
- c) **Le bus interne** : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.
- d) **Mémoires** : Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM).
- e) **Interfaces d'entrées / sorties** :
  - **Interface d'entrée** : elle permet de recevoir les informations du système automatisé de production (SAP) ou du pupitre et de mettre en forme (filtrage, ...) ce signal tout en l'isolant électriquement.
  - **Interface de sortie** : elle permet de commander les divers pré-actionneurs et les éléments de signalisation du système automatisé de production tout en assurant l'isolement électrique.

## II-4-Place de l'API dans le système automatisé de production (SAP) :

### II-4-1-Les systèmes automatisés de production :

L'objectif de l'automatisation des systèmes est de produire, en ayant recours le moins possible à l'homme, des produits de qualité et ce pour un coût le plus faible possible.

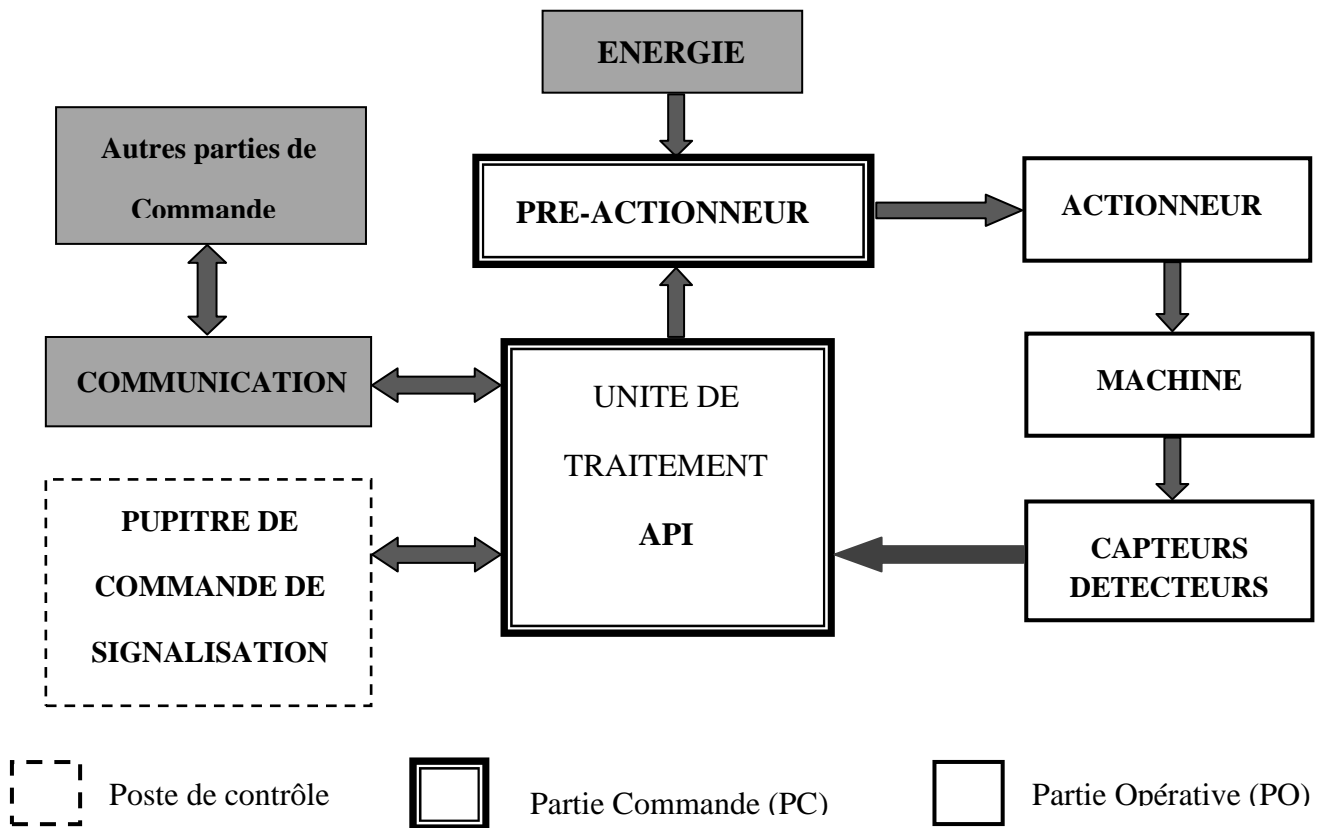
Un système automatisé est un ensemble d'éléments en interaction, et organisé dans un but précis : agir sur une matière d'œuvre afin de lui donner une valeur ajoutée. Le système automatisé est soumis à des contraintes : énergétiques, de configuration, de réglage et d'exploitation qui interviennent dans tous les modes de marche et d'arrêt du système.



**Figure IV.4** : Influence de système automatisé sur la matière d'œuvre.

### II-4-2-Structure d'un système automatisé :

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma ci-dessous :



**Figure IV.5 :** Environnement de l'automate programmable.

#### a) Partie Opérative (PO) :

Elle agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée. Les **actionneurs** (moteurs, vérins) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre. Les capteurs / détecteurs permettent d'acquérir les divers états du système.

#### b) Partie Commande (PC) :

Elle donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative.

Les pré-actionneurs permettent de commander les actionneurs, ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique ...) et les actionneurs comme les contacteurs, distributeurs ...

Ces pré-actionneurs sont commandés à leurs tours par le bloc traitement des informations. Celui ci reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateur) et les informations de la partie opérative transmises par les capteurs / détecteurs.

En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches (implantés dans un automate programmable ou réalisés par des relais), elle va commander les pré-actionneurs et renvoyer des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres

systèmes de commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication.

**c) Poste de contrôle :**

Composé des pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle, ...).

Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, de terminal de dialogue ou d'interface homme-machine.

## II-5- Domaine d'utilisation des APIs :

On utilise les APIs dans tous les secteurs industriels pour la commande des machines (convoyage, emballage ...) ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire ...) ou il peut également assurer des fonctions de régulation de processus (métallurgie, chimie ...).

Il est de plus en plus utilisé dans le domaine du bâtiment (tertiaire et industriel) pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité ou des alarmes.

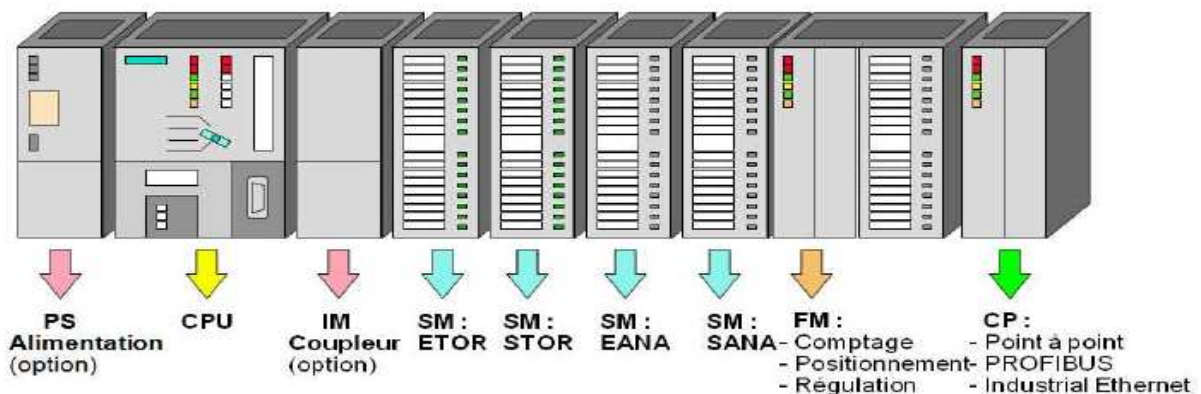
## II-6-L'API S7-300 :

L'API S7-300 est un automate de conception modulaire destiné à des tâches d'automatisation de moyenne et de haute gamme qui est caractérisée par :

- Une gamme diversifiée de la CPU.
- Une gamme complète de module.
- Une possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- Une possibilité de mise en réseau avec :
  - Profibus.
  - L'interface multipoints (MPI).
  - Industriel Ethernet.
- Un raccordement central de la console de programmation (PG) avec accès à tous les modules.
- La liberté de montage aux différents emplacements.

## II-7-Structure de l'API S7-300 :

La figure suivante montre les différents modules constituant l'API S7-300 :



**Figure IV.6 :** Les modules de l'API S7-300

**a) Module d'alimentation PS :**

Ce module permet de fournir l'énergie nécessaire pour le fonctionnement de l'automate, à partir d'une alimentation de 220V alternative. Il délivre des tensions continues dont l'automate a besoin (5V, 12V, 24V). Un voyant est positionné sur la façade qui indique la mise sous tension de l'automate. Il assure la distribution d'énergie aux différents modules.

**b) Unité centrale (CPU) :**

A base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation...). Comme pour les ordinateurs, la CPU tient une place primordiale dans l'automate, c'est l'organe maître. L'API S7-300 dispose de plusieurs modèles de CPU, offrant ainsi un choix diversifié à l'utilisateur.

Pour notre travail, nous avons choisi la CPU312 qui offre les caractéristiques suivantes :

- Mémoire de travail : RAM 24Ko ;
- Mémoire de chargement intégrée : RAM 40Ko ;
- Langage de programmation : STEP 7 ;
- Organisation de programme : linéaire, structurée ;
- Temps d'exécution pour :
  - Opération sur bit : 0.3 à 0.6µs ;
  - Opération sur mot : 1µs ;
  - Opération de comptage / temporisation : 12µs.
- Temps de cycle : 150ms (par défaut) ;
- Interface MPI ;
- Vitesse de transmission : 187.5 Bits/s.

**c) Modules de coupleur (IM) :**

Les coupleurs permettent à l'automate de communiquer avec le milieu extérieur (console, imprimantes...) ou de le relier avec d'autres automates.

Les coupleurs IM 306/IM 361 ou IM365 permettent de réaliser des configurations à plusieurs châssis.

**d) Modules d'entrées E\_TOR :**

Ils permettent à l'automate de recevoir des informations prévenantes soit de la part des capteurs (entrées logiques ou numériques) ou bien du pupitre de commande. Ces modules permettent l'adaptation, l'isolement, le filtrage et la mise en forme des signaux électriques. Le nombre de sorties sur un module est de : 4, 8, 16 ou 32.

**e) Module de sorties S\_TOR :**

Ils permettent de raccorder l'automate avec les différents pré-actionneurs et actionneurs. Les sorties peuvent être logiques ou numériques. Ces modules possèdent soit des relais, soit des triacs. L'état de chaque sortie est visualisé par une diode électroluminescente. Le nombre de sorties sur un module est de : 4, 8, 16 ou 32.

**f) Module de fonction (FM) :**

Les modules de fonctions offrent les fonctions suivantes : Comptage, régulation, positionnement.

**g) Module de simulation (SM) :**

Le module de simulation nous permet de :

- simuler les grandeurs d'entrée avec des interrupteurs.
- Afficher les grandeurs de sortie TOR.

**h) Modules de communication (CP) :**

Ils permettent d'établir des liaisons hommes/machines à l'aide d'interfaces de communication :

- Point à point.
- Profibus.
- Industriel Ethernet.

**i) Châssis d'extension (UR) :**

Il est constitué d'un profilé support en aluminium et d'un bus de fond de panier avec connecteur. Il permet le montage et raccordement électrique de divers modules tels que : les modules d'entrées /sorties et d'alimentation.

Il est possible d'utiliser plusieurs racks en fonction du nombre d'entrées/ sorties.

**III-Fonctionnement de l'automate programmable :**

L'automate, lors de son fonctionnement exécute le programme cyclique, qui commence par l'acquisition des entrées issues de capteurs selon l'état du processus et termine par l'envoi des sorties aux actionneurs.

**III-1-Réception des informations selon les états du système :**

Le S7-300 reçoit des informations sur l'état du processus via les capteurs de signaux reliés aux entrées, et il va mettre à jour la mémoire image des entrées au début de chaque cycle de programme, en transférant le nouvel état des signaux d'entrées des modules vers la mémoire image des entrées, ce qui permet à la CPU de connaître l'état du processus.

**III-2-Système d'exploitation :**

Le système d'exploitation contenu dans la CPU organise toutes les fonctions et procédures dans la CPU qui ne sont pas liées à une tâche d'automatisation spécifique, le système gère :

- le déroulement du démarrage et du redémarrage.
- L'actualisation de la mémoire image des entrées et l'émission de la mémoire image des sorties.
- L'appel de programme utilisateur.
- L'enregistrement des alarmes et l'appel à des blocs d'organisation(OB) d'alarmes.
- La détection et le traitement d'erreurs.
- La gestion des zones mémoire.
- La communication avec des consoles de programmation et d'autres partenaires de

communication.

### **III-3- Exécution du programme utilisateur :**

Après avoir acquis les informations d'entrée, exécuter le système d'exploitation, la CPU passe à l'exécution de programme utilisateur, qui contient la liste d'instructions à exécuter pour faire fonctionner le processus. Il est composé essentiellement de blocs de données de code et de blocs d'organisation.

### **III-4- Commande de processus :**

Pour commander le processus, on doit agir sur les actionneurs. Ces derniers reçoivent l'ordre via le module de sortie sur S7-300. L'état de sortie est donc connu après l'exécution du programme utilisateur par la CPU, puis mettre à jour la mémoire image des sorties pour communiquer au processus le nouvel état.

## **IV- Programmation de l'API S7-300 :**

La programmation des automates de la famille S7 se fait par la console de programmation ou par PC sous un environnement WINDOWS, via le logiciel de programmation STEP7.

STEP7 présente trois langages de programmation CONT, LIST et LOG pour S7-300 font partie intégrante du logiciel de base :

- Le langage à contact (CONT) appelé aussi langage LADDER DIAGRAM (LD) est un langage de programmation graphique.
- Le langage (LIST) est un langage de programmation textuel proche de la machine. Dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme.
- Le langage logique (LOG) est un langage de programmation graphique qui utilise les boîtes de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques.

### **IV-1- Blocs du programme utilisateurs :**

Le STEP7 offre la possibilité de structurer le programme utilisateur, c'est-à-dire le subdiviser en différentes parties autonomes qui donnent les avantages suivants :

- Écrire des programmes importants et clairs.
- Standardiser certaines parties du programme.
- Simplification de l'organisation du programme.
- Modification facile du programme.
- Simplifier le test du programme, car on peut l'exécuter section par section.
- Faciliter la mise en service.

#### **IV-1-1- Type de blocs utilisateurs :**

##### **a) Blocs d'organisation (OB) :**

Les blocs d'organisation constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ces blocs déterminent la structure du programme et ne

peuvent être appelés par le système que selon leurs priorités. Cela veut dire que l'exécution d'un OB peut être interrompue par l'appel d'un autre OB plus prioritaire.

**b) Bloc fonctionnel (FB) :**

Un bloc fonctionnel contient un programme qui est exécuté dès son appel par un autre bloc de code. Il facilite la programmation de fonction complexe, comme la commande de moteur (accélérateur,...etc.).

**c) Fonctions (FC) :**

Blocs sans mémoire, les FC contiennent des routines de programme pour les fonctions fréquemment utilisées. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde des données.

**d) Bloc de données (DB) :**

Les DB sont utilisés pour la mise à disposition de l'espace mémoire pour des variables de type données.

Tous les FB, FC, OB peuvent lire les données contenues dans un DB global ou écrire des données dans un DB global. Ces données sont conservées dans le bloc de données même lorsqu'on quitte le DB.

## IV.2. Création d'un projet dans S7-300 :

Pour créer un projet STEP7, on dispose d'une certaine liberté d'action, en effet on a deux solutions possibles soit :

- 1- Commencer par la configuration matérielle.
- 2- Commencer par écrire le programme.

Dans notre cas les procédures suivies pour la création du projet sous le logiciel STEP7, sont comme suit :

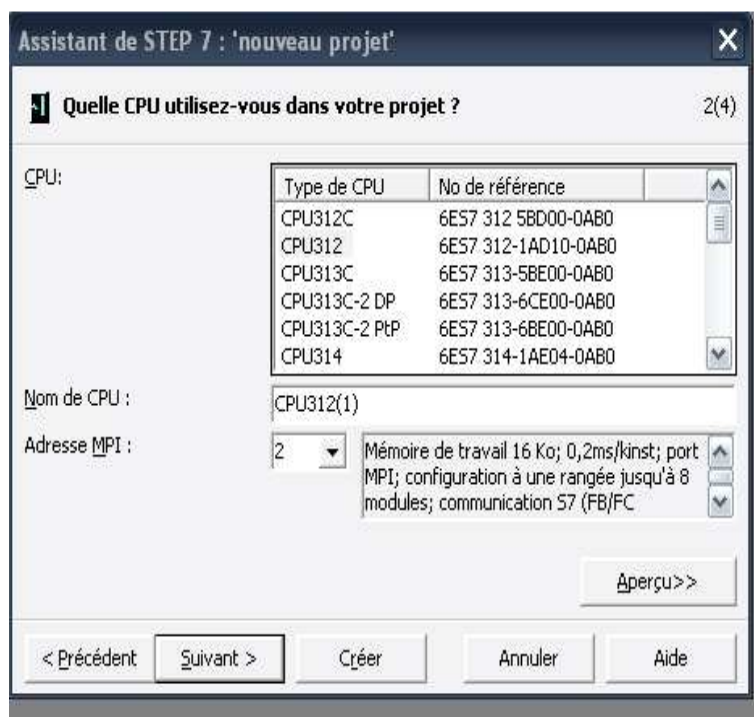
- 1- Lancer SIMATIC manager par un double clique sur son icône
- 2- La fenêtre suivante permet la création d'un projet :



**Figure. IV. 7 :** Fenêtre de création d'un projet.

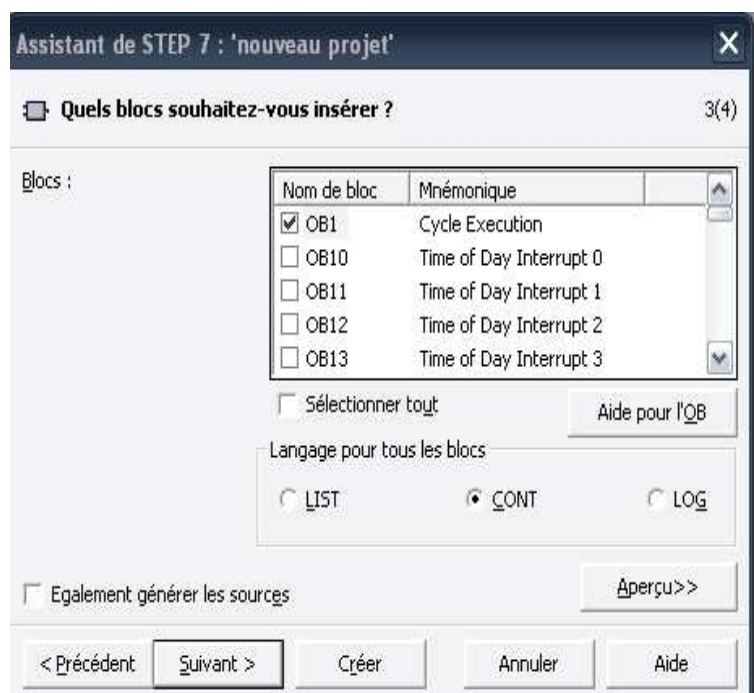


- 3- On clique sur suivant, la fenêtre suivante nous permet de choisir la CPU :

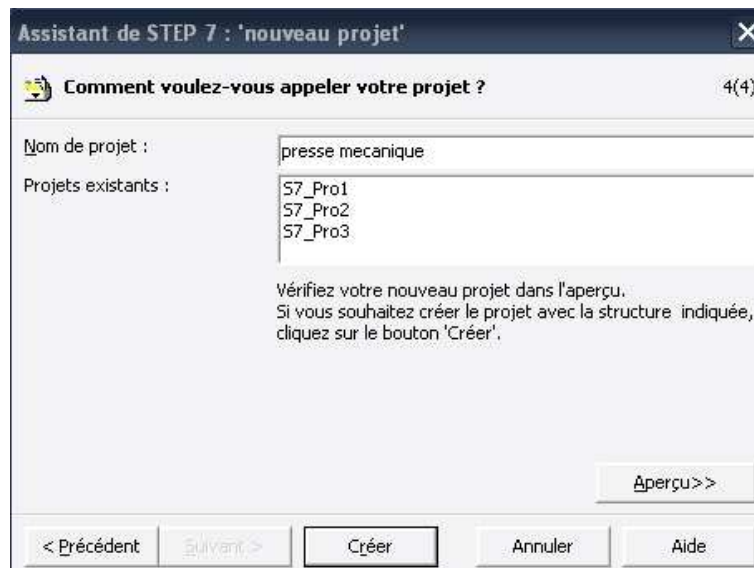


**Figure. IV. 8 :** CPU 312 sélectionnée

- 4- Après validation de la CPU, une fenêtre qui apparaît permet de choisir les blocs et le langage de programmation à insérer :

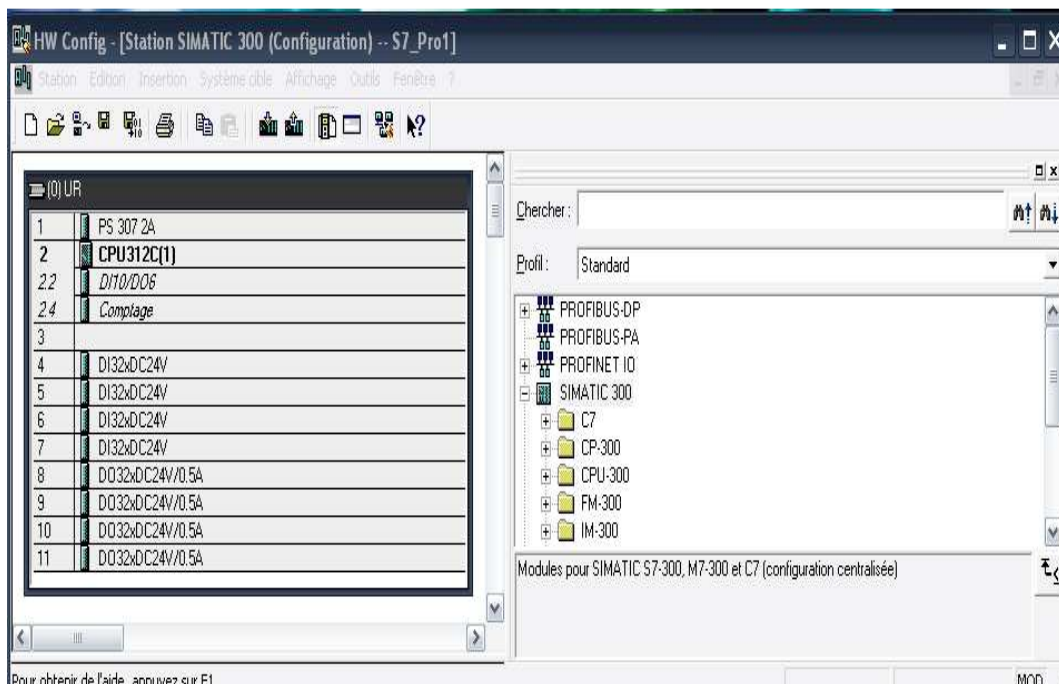


**Figure. IV. 9 :** Sélection des blocs et le langage de programmation (CONT)



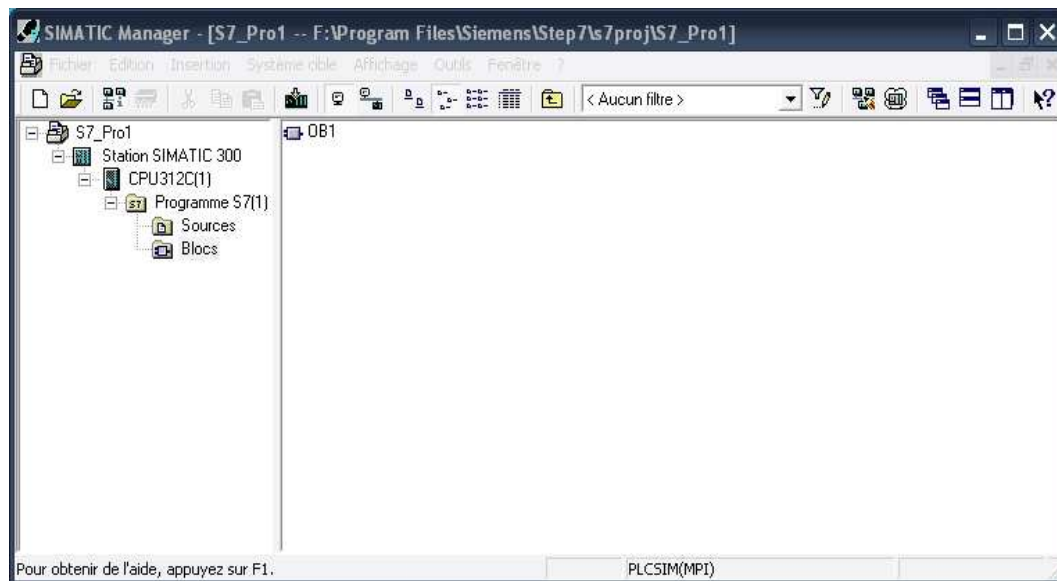
**Figure. IV. 10 :** Nomination du programme.

- 5- Une fois le projet créé, il est nécessaire de configurer le matériel à utiliser comme le montre la figure suivante :



**Figure. IV.11 :** Configuration matériels.

- 6- Ensuite on passe au programme utilisateur que nous avons écrit pour commander la machine, ce dernier est composé d'objets définis dans l'environnement de STEP7.



**Figure. IV.12 :** Vue des composants d'un projet S7.

## VI- Conclusion :

Nous avons présenté l'automate programmable industriel et l'automate S7-300 qui a été choisi comme solution adéquat et extensible, facile à adapter aux diverses conditions non seulement industrielles mais aussi dans des différents secteurs.

Vu le degré de difficulté du fonctionnement de notre processus, l'utilisation de la programmation structurée est indispensable.

L'utilisation des bascules RS nous permettrons d'activer chaque action et de figer l'automate en cas de défaillance puis continuer l'exécution du programme après maintenance.

Une fois toutes les fonctions programmées dans le bloc d'organisation OB1 pour la phase de simulation, ce qui sera l'objectif du prochain chapitre.



# CHAPITRE V :

## SIMULATION ET VALIDATION DU PROGRAMME

**I- Introduction :**

Après l'élaboration du programme de commande de notre système à automatiser, nous arrivons à l'étape décisive du travail effectué. Cette étape est la validation du programme par simulation et vérification de son bon fonctionnement.

Pour cela nous avons utilisé le logiciel S7 PLCSIM qui est un logiciel optionnel de STEP 7.

L'application de simulation de modules S7 PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester notre programme dans un automate programmable. La simulation étant complètement réalisée sous le logiciel STEP 7, ce n'est pas nécessaire qu'une liaison soit établie avec un matériel S7 quelconque (CPU ou modules de signaux). L'objectif de ce logiciel est le test des programmes STEP 7 pour les automates S7-300 et S7-400 qu'on ne peut pas tester immédiatement sur le matériel ou l'application est critiquée et ceci pour différentes raisons, car elle peut occasionner des dommages matériels ou blessures corporelles en cas d'erreurs de programmation, mais la simulation permet de corriger ces erreurs pendant le test de simulation.

**II-présentation du S7 PLCSIM :**


L'utilisation du simulateur de modules physiques S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester le programme dans un automate de simulation que nous simulons dans un ordinateur ou dans une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée sous le logiciel STEP7.

Le S7-PLCSIM dispose d'une interface simple, nous permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme activer ou désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans L'API de simulation, nous avons également la possibilité de mettre en œuvre diverses applications du logiciel STEP7 comme, par exemple, le test de bloc afin de visualiser les variables d'entrées et de sorties.

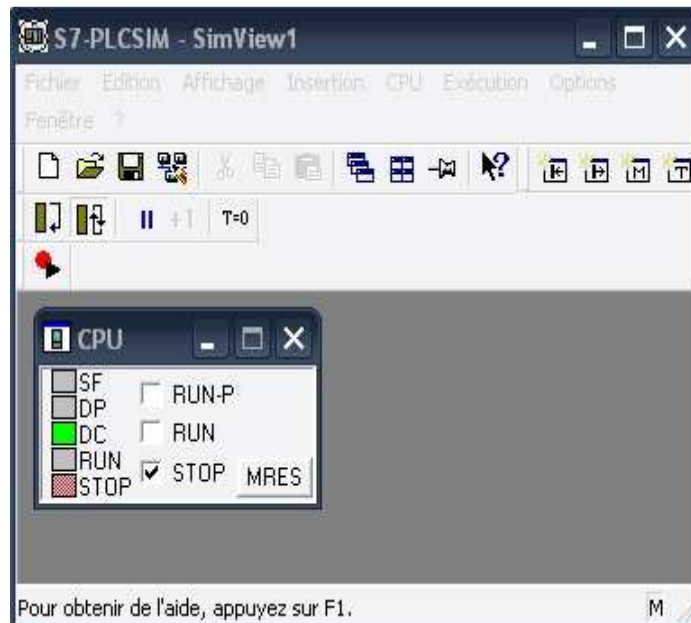
**II-Mise en route du logiciel S7-PLCSIM :**

Le mode de simulation est disponible à partir du gestionnaire de projet SIMATIC à condition qu'aucune liaison à des API réels ne soit établie.


La procédure à suivre est pour la mise en route du logiciel S7-PLCSIM est :

- Ouvrir le gestionnaire de projet SIMATIC.
- Cliquons sur  ou sélectionnons la commande outils > simulation de modules.



Cela lance l'application S7-PLCSIM et ouvre une fenêtre CPU :



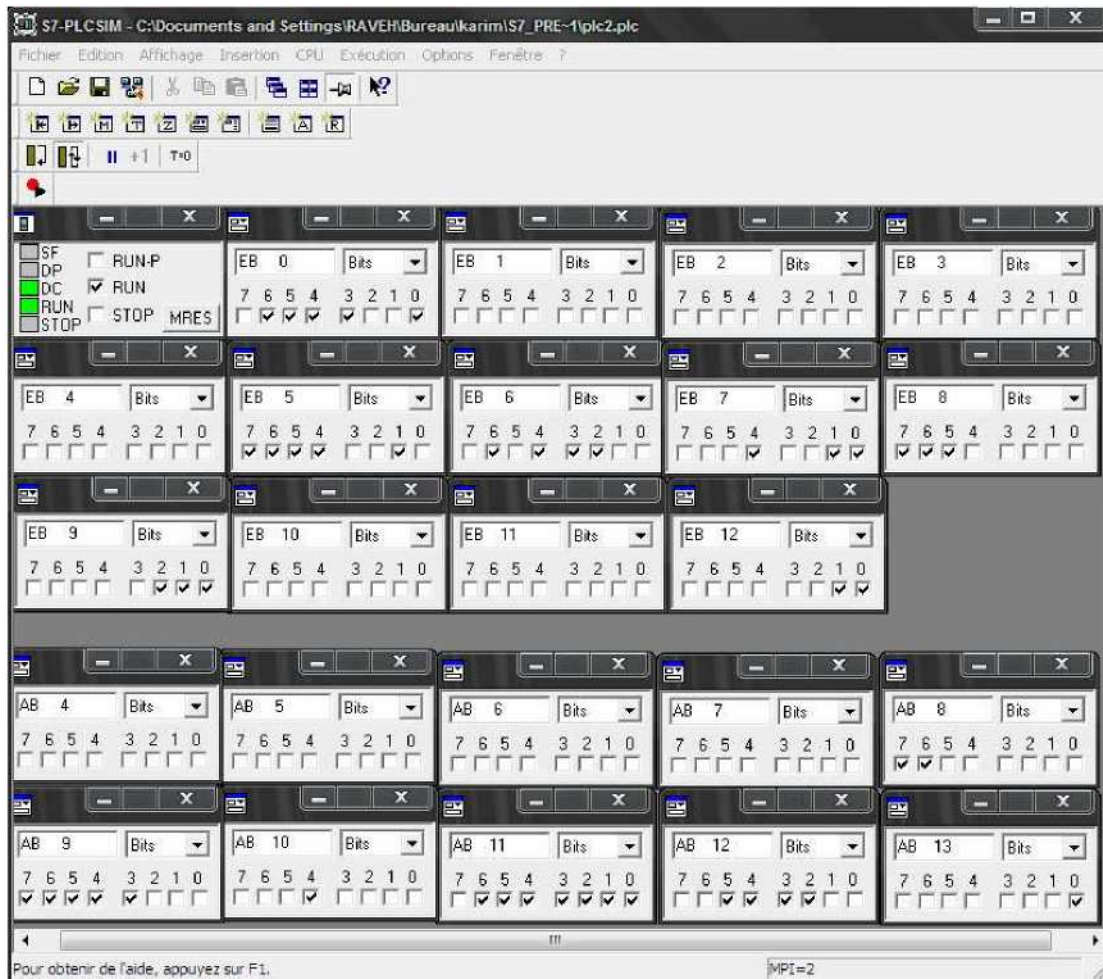
**Figure V. 1 :** Fenêtre du S7-PLCSIM.

- Dans le gestionnaire de projet SIMATIC, chercher le projet-exemple “projet presse mécanique”.
- Dans le projet exemple «projet presse mécanique», chercher le dossier blocs.
- Dans le gestionnaire de projet SIMATIC, cliquons sur  ou choisissons la commande “Système cible > charger” pour charger le dossier blocs dans l’API de simulation.


Dans l’application S7-PLCSIM, créer de nouvelles fenêtres pour visualiser les informations provenant de l’API de simulation :

- Cliquez sur  ou choisissons la commande “Insertion > Entrée” pour créer une fenêtre dans laquelle nous pouvons visualiser et forcer des variables dans la zone de mémoire des entrées (zone E). Cette fenêtre s’ouvre avec l’adresse de mémoire par défaut EB0. Mais on peut modifier l’adresse (EB, EB2...EB12). (voir figure V.2).
- Cliquons sur  ou choisissons la commande “Insertion > Sortie” pour créer une fenêtre dans laquelle nous pouvons visualiser et forcer des variables dans la zone de mémoire des sorties (zone A). cette fenêtre s’ouvre avec l’adresse de mémoire par défaut AB0.

- Cependant on peut modifier l'adresse (AB4, AB2... AB13). (voir figure V.2).

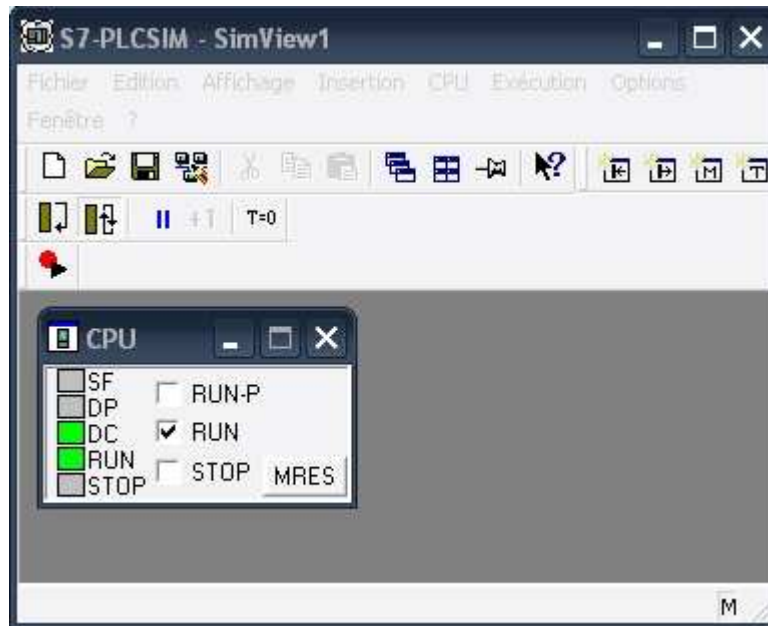


**Figure V.2 :** Les fenêtres de visualisation et de forçage dans la zone mémoire d'adresses des entrées et des sorties


- Cliquons sur  choisissons la commande "Insertion > temporisation" pour créer une fenêtre dans laquelle nous pouvons visualiser et forcer les temporisations utilisées par le programme. Cette fenêtre s'ouvre avec l'adresse de mémoire par défaut T 0.



- Mettre la CPU de simulation en marche en cliquant sur l'une des cases à cocher RUN.



**Figure V. 3:** Mise en marche de la CPU.

Pour sauvegarder la version actuelle de la simulation du programme, cliquons sur  ou choisissons la commande Fichier > Enregistrer CPU.

Une fois toutes les fenêtres d'entrées et de sorties sont prêtes, nous activons les entrées voulues pour lire l'état des sorties.

#### **IV- Simulation du programme de la presse mécanique :**

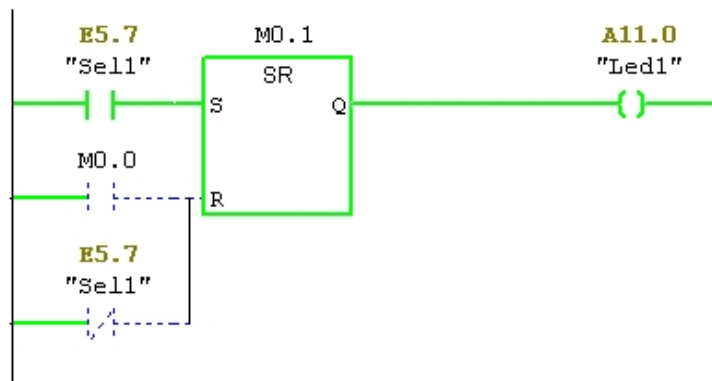
La simulation du programme de la presse transfert dans les blocs fonctions FC s'effectue comme suit :

- > Charger les blocs fonctions dans la PG.
- > Activer la fonction de visualisation.
- > Forcer les entrées nécessaires pour chaque réseau.

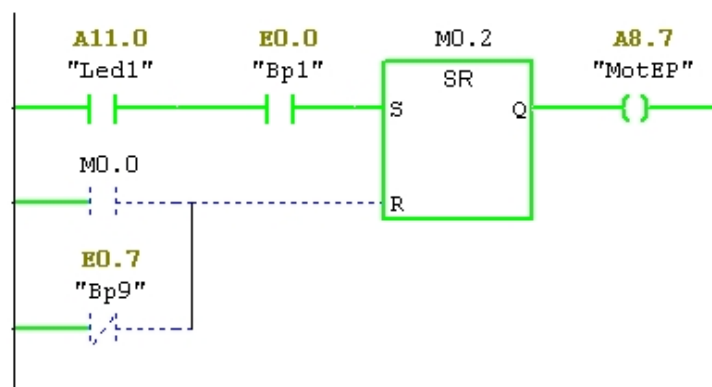
Les résultats de la simulation sont donnés comme l'exemple du réseau à la figure V.4.

**Réseau 2 : la mise sous tension de la machine**

Commentaire :

**Réseau 3 : Actionner le moteur principal**

Commentaire :



**Figure V.4:** Un résultat de simulation du programme de la presse

**Conclusion :**

Le programme utilisateur que nous avons développé pour la machine a été validé grâce à l'utilisation de S7-PLCSIM. Ce logiciel dispose d'une interface permettant de surveiller et de modifier le programme développé afin de le rendre opérationnel pour une éventuelle implantation réelle sur un automate programmable industriel.



# CONCLUSION GÉNÉRALE

## Conclusion Générale

---

### Conclusion générale :

Notre projet de fin d'étude est effectué en grande partie au sein de l'entreprise d'électroménager (ENIEM), dans le but concevoir une solution programmable pour la presse mécanique qui servira à remplacer le séquenceur S5 par un API S7.

Après l'étude de la machine presse mécanique, il nous a permis de toucher à plusieurs sujets à titre d'exemple : les variateurs de vitesse qui suscite chaque année de nombreux travaux de recherche qui font naturellement partie intégrante de tout type d'installation automatisée.

Nous avons proposé aussi une solution de commande automatisée à base d'API S7-300 et ce grâce à l'outil puissant de modélisation qui est le GRAFCET et qui nous a facilité la tâche de programmation.

Ce stage nous a apporté en termes d'information et de connaissances pratiques reçues sur le terrain. Il constitue un complément indispensable pour la formation d'un master ou bien d'un ingénieur, lui permettant ainsi une transition facile de la formation au domaine professionnel.

Nous avons constaté aussi durant notre projet, que les facteurs sécurité et fiabilité doivent être pris en compte par un master ou par un ingénieur, c'est-à-dire qu'il faut s'assurer de la fiabilité des composants, pour garantir un bon fonctionnement du procédé. Comme il doit penser à la sécurité du personnel et du matériel par intégration des capteurs et des conditions d'arrêt d'urgence qui stoppent les actions dangereuses en cas de défaillance humaine ou matérielle.

Nous espérons que notre travail verra naître sa concrétisation sur le plan pratique et qu'il servira comme guide pour tout projet d'automatisation utilisant les API S7-300 et langage de programmation STEP7.

# ANNEXE : A

**Installation électrique : câble de commande**

NO	Fonction
12 ,13	Alimentation de tension vers les entrées numériques pour le 24 VCC afin qu'il puisse être utilisé pour les entrées numériques, le commutateur 4 sur la carte de commande doit être fermé, position 'ON'.
16-33	Entrées numériques /sortie codeur
20	Masse pour les entrées numériques.
39	Masse pour les sorties analogique /numériques.
42,54	Sorties analogiques/numériques pour l'indication de la fréquence, de la référence, du courant et de la force tension.
50	Tension du réseau vers le potentiomètre et la thermistance CC 10 V.
53,54	Entrée de référence analogique, tension 0- $\pm$ 10V.
55	Masse pour les entrées de référence analogiques.
60	Entrée de référence analogique, courant 0 /4-20mA.
61	Via la liaison série. En générale, cette borne n'est pas utilisée.
68,69	Interface RS485, liaison série. Dans le cas où le variateur de fréquence est connecté à un bus, les commutateurs 2 et 3 (commutateurs 1-4) doivent être fermés sur le premier et le dernier variateur de fréquence. Sur le dernier variateur de fréquence, les commutateurs 2 et 3 doivent être ouverts. Le réglage d'usine est fermé (position « ON »).
81 ,82	Bornes de la résistance de freinage.

# ANNEXE : B



### Propriétés de la table des mnémoniques

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	Ar_Ud	E 1.1	BOOL	Arrêt d'urgence doux
	Ar_Ut	E 1.0	BOOL	Arrêt d'urgence total
	Bp1	E 0.0	BOOL	Moteur principal mise en marche
	Bp11	E 1.2	BOOL	Ve en avant
	Bp12	E 1.3	BOOL	Ve en arrière
	Bp13	E 1.4	BOOL	Montée de la Ve
	Bp14	E 1.5	BOOL	Descente de la Ve
	Bp15	E 1.6	BOOL	Ouvrir mâchoire
	Bp16	E 1.7	BOOL	Fermer mâchoire
	Bp17	E 2.0	BOOL	Rotation bobine droite
	Bp18	E 2.1	BOOL	Rotation bobine gauche
	Bp19	E 2.2	BOOL	Blocage rotation
	Bp2	E 0.1	BOOL	Alimenter les éjecteurs
	Bp20	E 2.3	BOOL	Déblochage rotation
	Bp21	E 2.4	BOOL	Descendre le rouleau presseur
	Bp22	E 2.5	BOOL	Montée du rouleau presseur
	Bp23	E 2.6	BOOL	Bande en avant
	Bp24	E 2.7	BOOL	Bonde en arrière
	Bp25	E 3.0	BOOL	Plaque inférieure vers le haut
	Bp26	E 3.1	BOOL	Sortir la lame
	Bp27	E 3.2	BOOL	Rouleau postérieur vers le haut
	Bp28	E 3.3	BOOL	Actionner le rouleau presseur
	Bp29	E 3.4	BOOL	Descendre la plaque inférieure
	Bp30	E 3.5	BOOL	Rouleau postérieur vers le bas
	Bp31	E 3.6	BOOL	Entrée lame
	Bp32	E 3.7	BOOL	Plaque supérieur vers le haut
	Bp33	E 4.0	BOOL	Rouleau presseur vers le haut
	Bp34	E 4.1	BOOL	Plan basculant gauche vers le haut
	Bp35	E 4.2	BOOL	Plan basculant droite vers le haut
	Bp36	E 4.3	BOOL	Rouleau supérieur d'aménage vers le haut
	Bp37	E 4.4	BOOL	Roue encodeur vers le haut
	Bp38	E 4.5	BOOL	Actionner moteur redresseur (remises des alarmes)
	Bp39	E 4.6	BOOL	Rouleau supérieur aménage vers le bas
	Bp4	E 0.3	BOOL	Mise en marche table d'aménage
	Bp40	E 4.7	BOOL	Roue encodeur vers le bas
	Bp41	E 5.0	BOOL	Cisaille ver le bas
	Bp42	E 5.1	BOOL	Bouton " marche_continue " sur le pupitre suspendu
	Bp43	E 5.2	BOOL	Presse manuel
	Bp44	E 5.3	BOOL	Plaque supérieur vers le bas
	Bp45	E 5.4	BOOL	Alimentation centrale hydraulique principale
	Bp46	E 5.5	BOOL	Alimentation de la centrale hydraulique d'équilibrage Des barres
	Bp47	E 5.6	BOOL	Bouton d'alimentation circuit de graissage machine

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	Bp5	E 12.1	BOOL	Moteur aménage mise en marche
	Bp7	E 0.5	BOOL	Commande redresseur mise marche
	Bp8	E 0.6	BOOL	Redresseur mise en marche
	Bp9	E 0.7	BOOL	Arrêt Moteur principal
	C_EM10	E 11.6	BOOL	Capteur électromagnétique barres rapprochées
	C_EM11	E 11.7	BOOL	Capteur électromagnétique barres éloignées
	C_EM3	E 9.6	BOOL	Capteur électromagnétique barres toute en avant
	C_EM4	E 9.7	BOOL	Capteur électromagnétique barres toute en arrière
	C_EM5	E 10.0	BOOL	Capteur électromagnétique barres en bas
	C_EM6	E 10.1	BOOL	Capteur électromagnétique barres en haut
	C_EM7_1_A	E 10.2	BOOL	Capteur détectant la retenue de la pièce dans le poste 1barre postérieure
	C_EM7_1_P	E 10.3	BOOL	Capteur détectant la retenue de la pièce dans le poste 1barre postérieure
	C_EM7_2_A	E 10.4	BOOL	Capteur détectant la retenue de la pièce dans le poste 2barres antérieures
	C_EM7_2_P	E 10.5	BOOL	Capteur détectant la retenue de la pièce dans le poste 2barre postérieure
	C_EM7_3_A	E 10.6	BOOL	Capteur détectant la retenue de la pièce dans le poste 3barre antérieure
	C_EM7_3_P	E 10.7	BOOL	Capteur détectant la retenue de la pièce dans le poste 3barre postérieure
	C_EM7_4_A	E 11.0	BOOL	Capteur détectant la retenue de la pièce dans le poste 4barre antérieure
	C_EM7_4_P	E 11.1	BOOL	Capteur détectant la retenue de la pièce dans le poste 4barre postérieure
	C_EM7_5_A	E 11.2	BOOL	Capteur détectant la retenue de la pièce dans le poste 5barre antérieure
	C_EM7_5_P	E 11.3	BOOL	Capteur détectant la retenue de la pièce dans le poste 5barre postérieure
	C_EM8	E 11.4	BOOL	Capteur électromagnétique vérins de soulèvement pièce enhaut
	C_EM9	E 11.5	BOOL	Capteur électromagnétique vérins de soulèvement pièce enbas
	C_PE2	E 8.6	BOOL	Capteur photoélectrique présence pièce (table d'aménage)
	C_PE3	E 8.7	BOOL	Capteur photoélectrique fosse N°1
	C_PE4	E 9.0	BOOL	Capteur photoélectrique fosse N°2
	C_PE5	E 9.1	BOOL	Capteur photoélectrique fosse N°3
	C_PE6	E 9.2	BOOL	Capteur photoélectrique fosse N°4
	C_PE7	E 9.3	BOOL	Capteur photoélectrique évacuation pièces par l'opérateur
	Emb1	A 10.4	BOOL	Embrayage voulant d'inertie
	Fr1	A 10.3	BOOL	Frein du voulant d'inertie
	Fr2	A 10.5	BOOL	frein translation des barres
	Fr3	A 10.6	BOOL	Frein du Moteur aménage
	Led1	A 11.0	BOOL	Témoin de mise sous tension

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	Led10	A 12.1	BOOL	Témoin de mode manuel (pupitre ligne)
	Led11	A 12.2	BOOL	Témoin mode automatique (pupitre ligne)
	Led12	A 12.3	BOOL	Témoin d'alimentation de la centrale hydraulique principale
	Led13	A 12.4	BOOL	Témoin d'alimentation de la centrale hydraulique d'équilibrage barres
	Led14	A 12.5	BOOL	Témoin d'alimentation du circuit de graissage machine
	Led2	A 11.1	BOOL	Témoins éjecteurs
	Led3	A 11.2	BOOL	Témoin " tapis déchet marche "
	Led4	A 11.3	BOOL	Témoin d'alimentation du moteur d'aménage
	Led5	A 11.4	BOOL	Témoin d'alimentation cisaille
	Led6	A 11.5	BOOL	Témoin " commande redresseur "
	Led7	A 11.6	BOOL	Témoin de mise sous tension du redresseur
	Led8	A 11.7	BOOL	Témoin du mode manuel (pupitre ligne)
	Led9	A 12.0	BOOL	Témoin de mode semi automatique (pupitre ligne)
	machine prete	A 13.0	BOOL	affichage machine prete
	MotE1	A 8.3	BOOL	Rotation rouleur presseur
	MotE10	A 9.5	BOOL	Centrale hydraulique principale
	MotE11	A 9.6	BOOL	Moteur équilibrage des barres
	MotE12	A 9.7	BOOL	Centrale hydraulique graissage barres
	MotE2	A 8.4	BOOL	Moteur du redresseur
	MotE2_M_G_V	A 10.2	BOOL	Moteur redresseur marche à une grande vitesse
	MotE2_M_V_F	A 10.0	BOOL	Moteur redresseur marche à une vitesse faible
	MotE2_M_V_M	A 10.1	BOOL	Moteur redresseur marche à une vitesse moyenne
	MotE3	A 8.5	BOOL	Moteur du groupe aménage
	MotE4	A 8.6	BOOL	Moteur table d'aménage
	MotE5_M	A 9.0	BOOL	Le tapis d'évacuation pièces
	MotE7	A 9.2	BOOL	Stations hydrauliques.
	MotE8	A 9.3	BOOL	Moteur d'éjecteur
	MotE9	A 9.4	BOOL	Moteur tapis des déchets
	MotEP	A 8.7	BOOL	Le moteur principal
	MW5	A 12.6	BOOL	Compteur
	P_N_R	E 12.0	BOOL	la retenue des pièces dans tout les postes
	pas_atteint	E 8.4	BOOL	Encodeur mesurant la longueur de la tôle sortie de la cisaille
	Sel1	E 5.7	BOOL	Sélecteur de mise sous tension
	Sel2_1	E 6.0	BOOL	Sélecteur des modes sur la position 1 : manuel (pupitre ligne)
	Sel2_2	E 6.1	BOOL	Sélecteur des modes sur la position 2 : semi-automatique(pupitre ligne)
	Sel2_3	E 6.2	BOOL	Sélecteur des modes sur la position 3 : automatique (pupitre ligne)
	Sel3_1	E 6.5	BOOL	Sélecteur des modes sur la position 1 : manuel (pupitre suspendu)

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	Sel4_1	E 7.0	BOOL	Sélecteur " sanction sécurité " sur position 1 -activer lessécurités
	Sel4_0	E 6.7	BOOL	Sélecteur " sanction sécurité " sur position 0 -désactiver lessécurités
	Sel5	E 6.3	BOOL	Sélecteurs d'alimentation des éjecteurs
	Sel6	E 6.4	BOOL	Sélecteurs de mise en marche les tapis de déchets
	V10e	A 6.3	BOOL	Les deux vérins d'aménage
	V11s	A 6.4	BOOL	
	V12e	A 6.7	BOOL	Les deux vérins de la cisaille
	V12s	A 6.6	BOOL	
	V13e	A 7.1	BOOL	Vérins table d'aménage
	V13s	A 7.0	BOOL	
	V14e	A 7.3	BOOL	4 petits vérins de la retenue de la pièce
	V14s	A 7.2	BOOL	

Annexe:

Le programme de la presse mécanique

SIMATIC

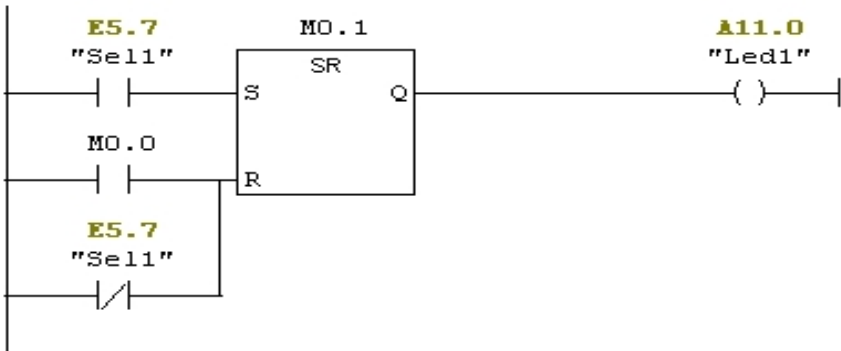
ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

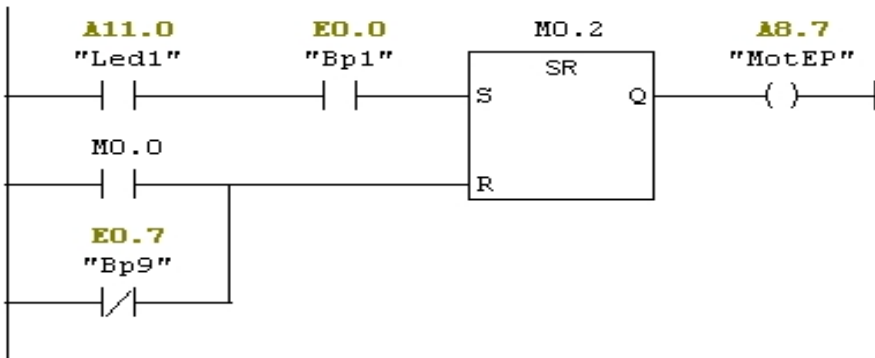
Réseau : 1
Les conductions de sécurité de la machine



Réseau : 2
La mise sous tension de la machine



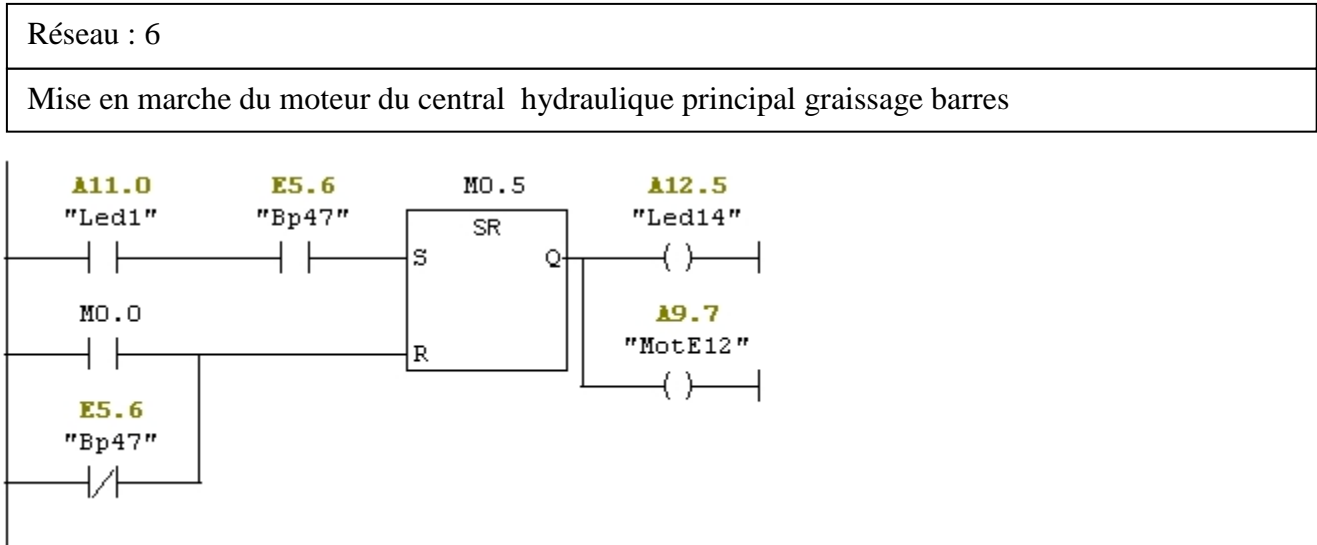
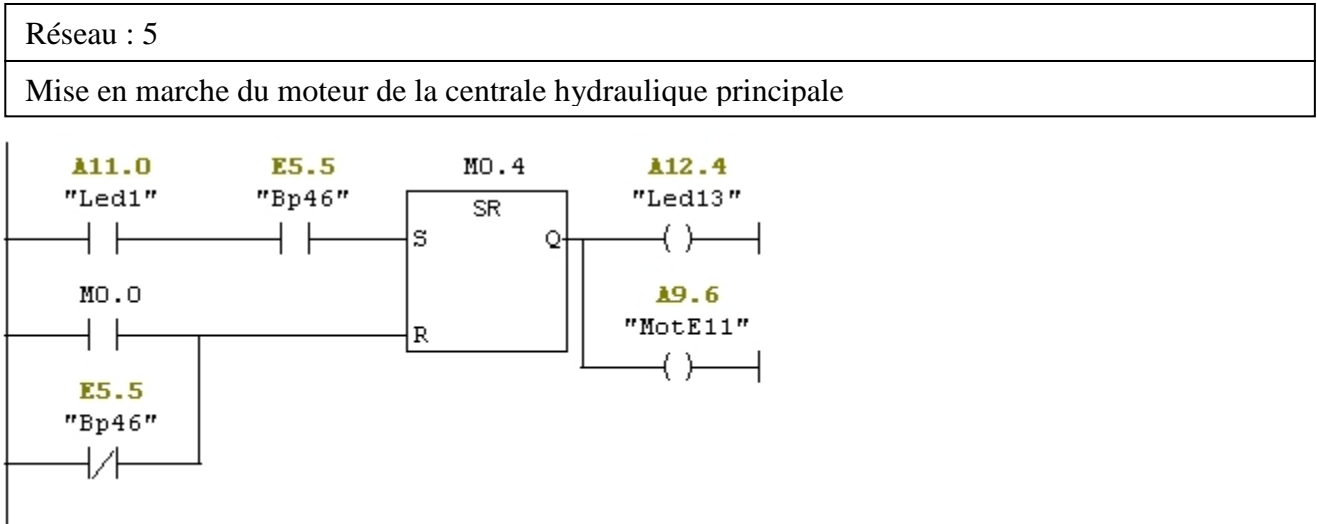
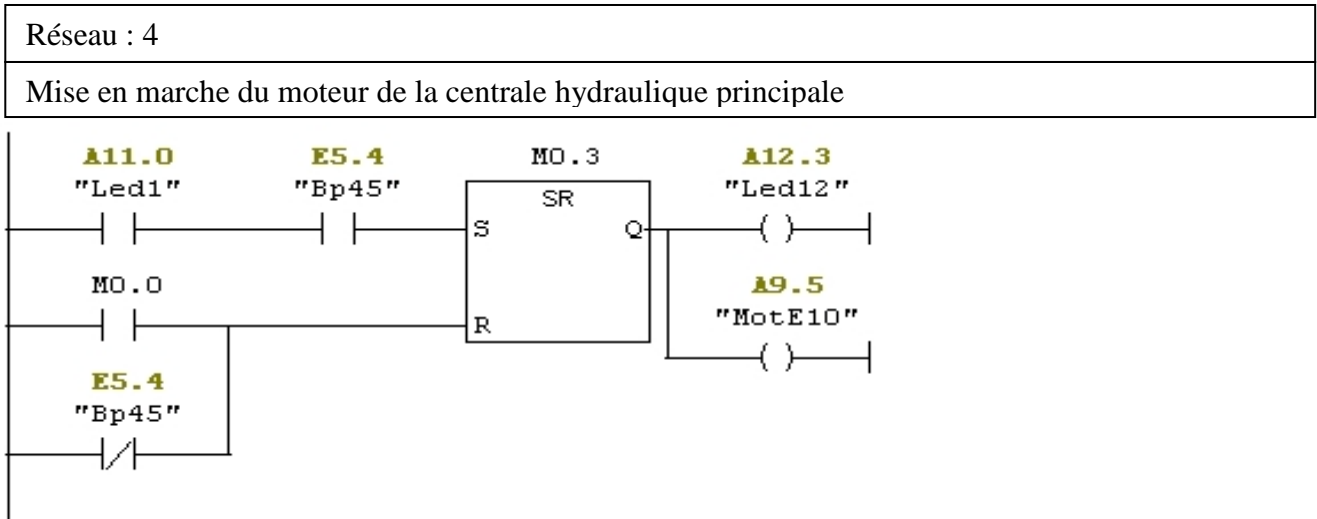
Réseau : 3
Actionner le moteur principal



SIMATIC

ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

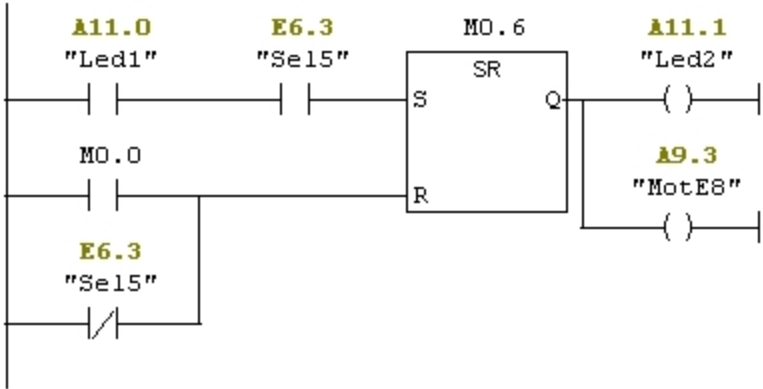


SIMATIC

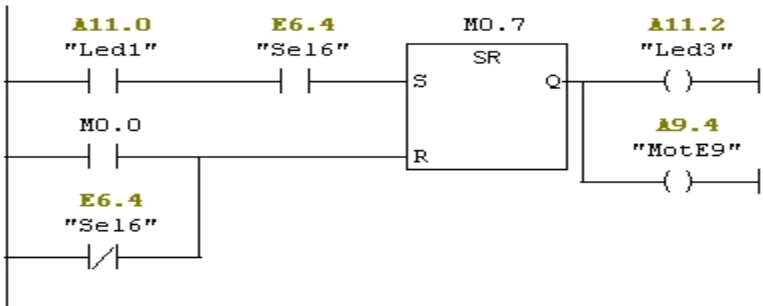
ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

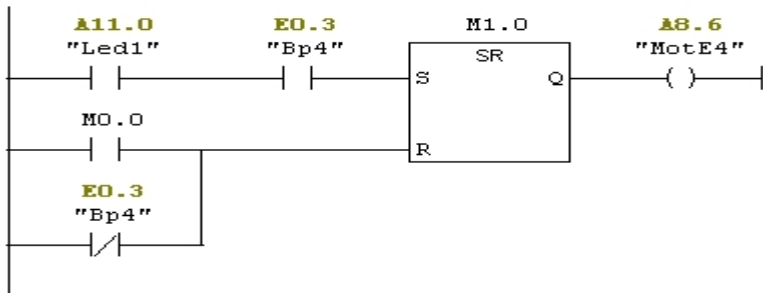
Réseau : 7
Alimentation d'éjecteur



Réseau : 8
Actionner le moteur du tapis déchets



Réseau : 9
Actionner le moteur table d'aménage

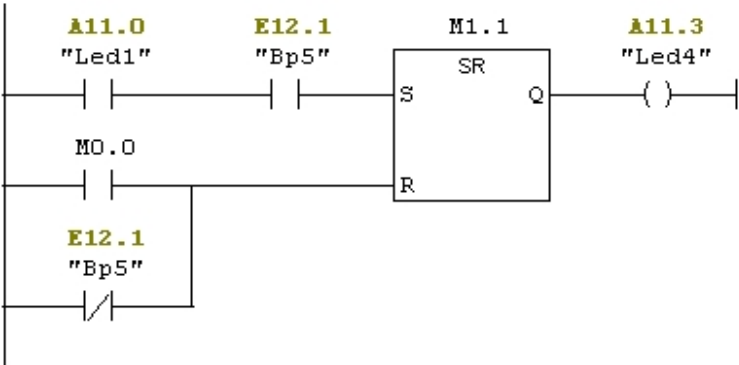


SIMATIC

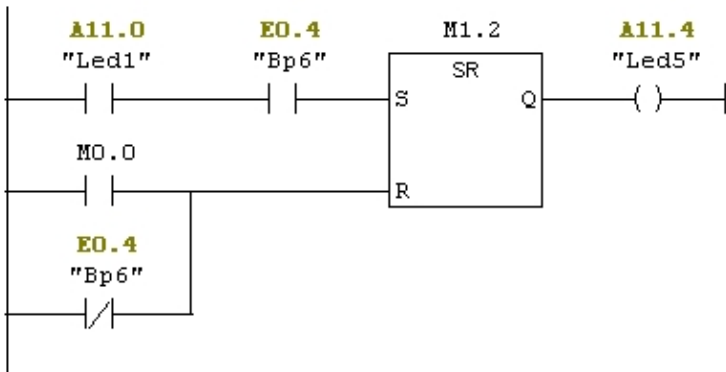
ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

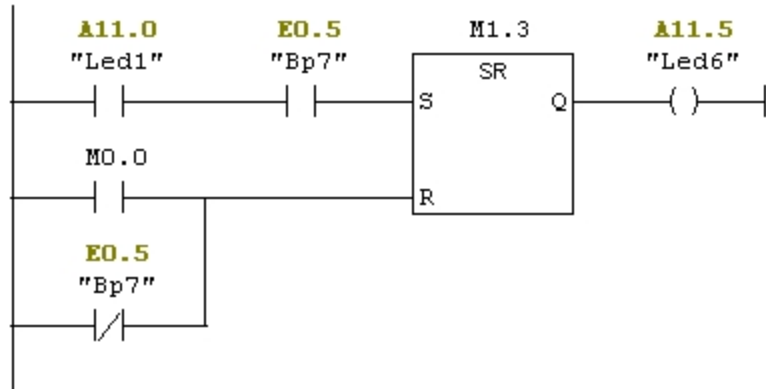
Réseau : 10
Alimentation du redresseur



Réseau : 11
Alimentation de la cisaille



Réseau : 12
La mise en marche de la commande du redresseur





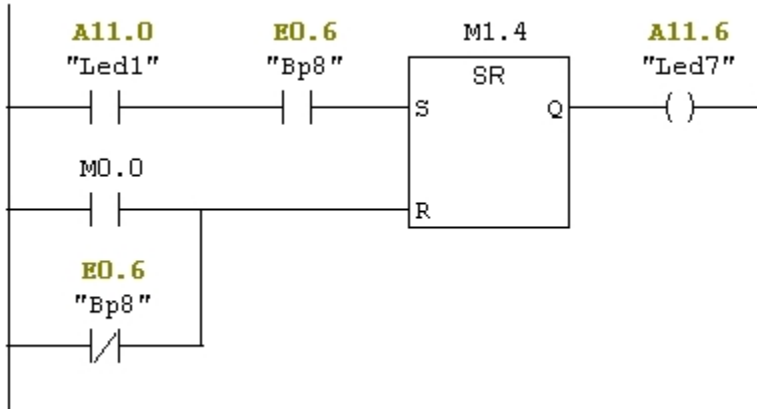
SIMATIC

ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

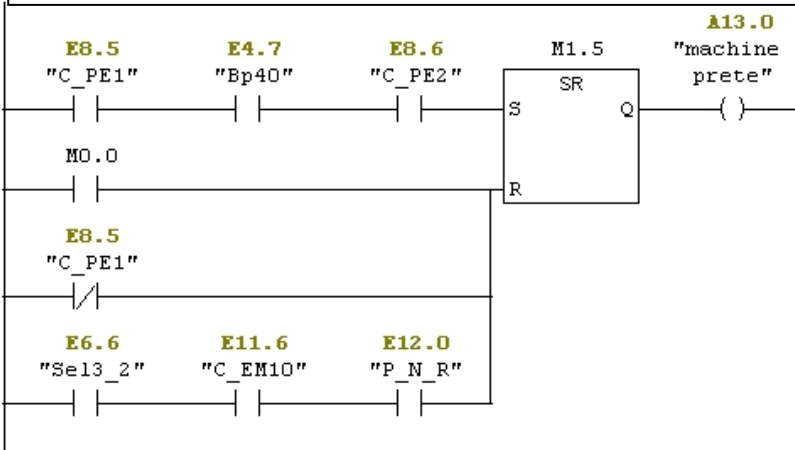
Réseau : 13

Alimentation du redresseur



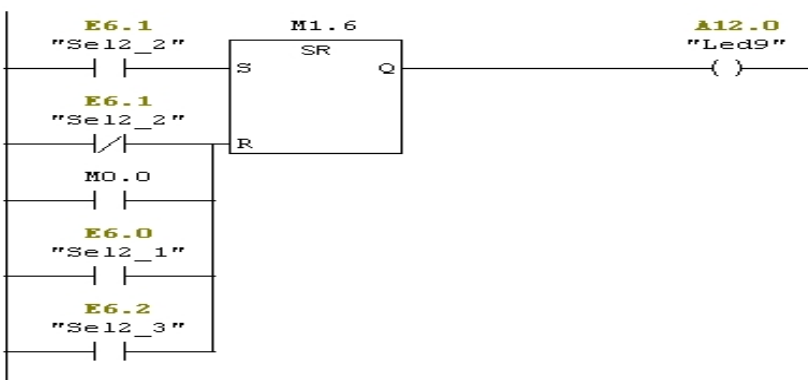
Réseau : 14

Afficher 'machine prête'



Réseau : 15

La section de mode semi automatique sur le pupitre lingé



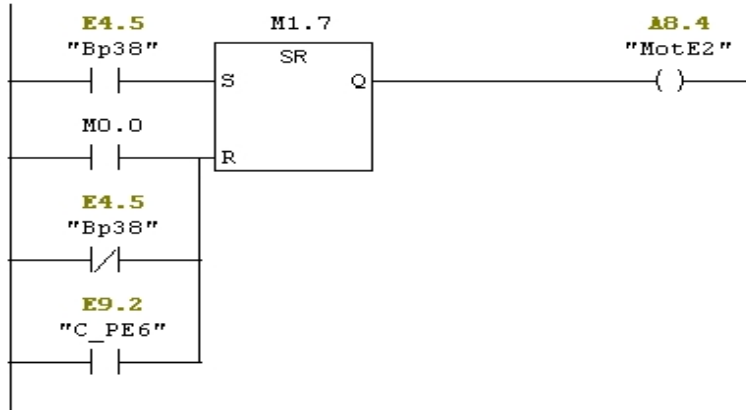
SIMATIC

ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

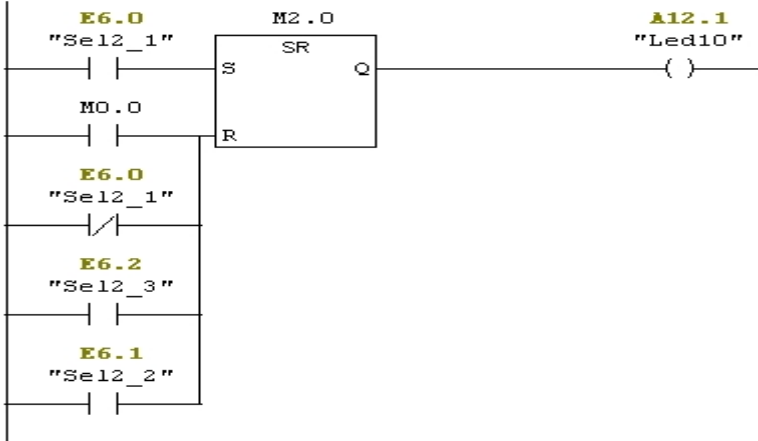
Réseau : 16

Actionner le moteur redresseur



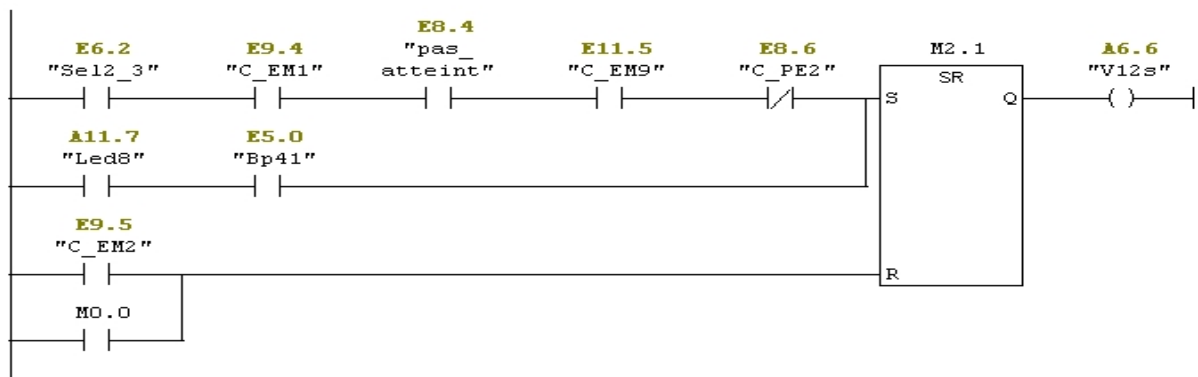
Réseau : 17

Allumer le témoin de mode manuel



Réseau : 18

Sortie des vérins cisaille



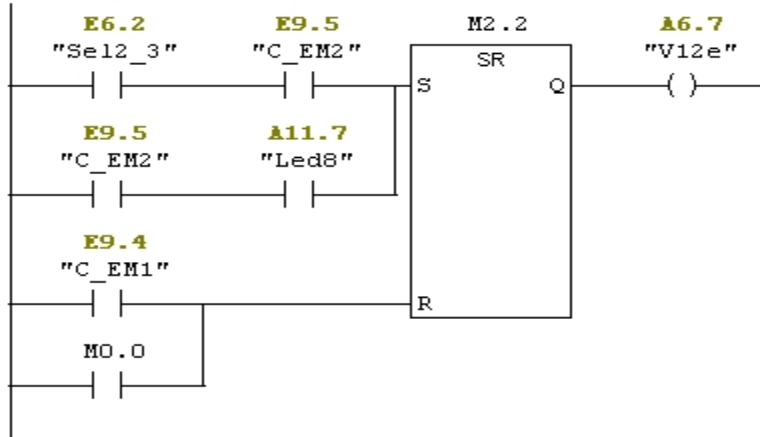
SIMATIC

ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

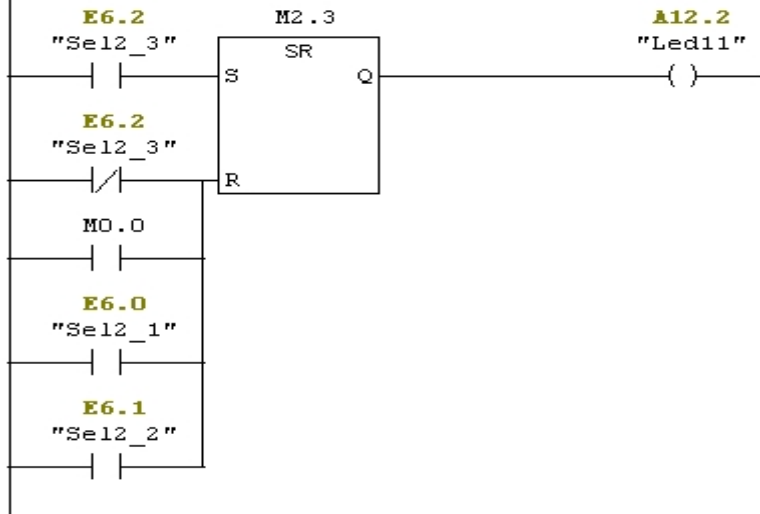
Réseau : 19

Entrée des vérins cisaille



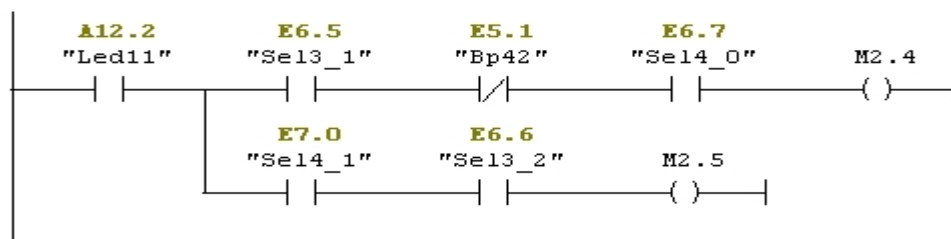
Réseau : 20

Sélection de mode automatique



Réseau : 21

Sélection de mode manuel ou du mode automatique (pupitre suspendu)



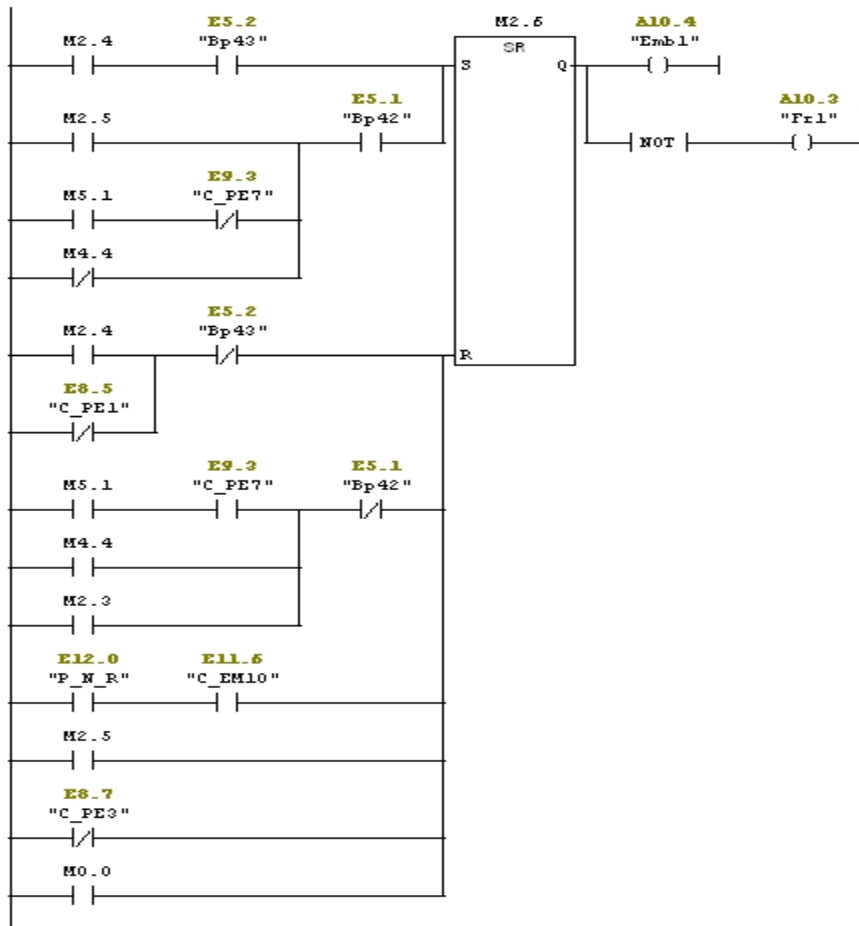
SIMATIC

ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

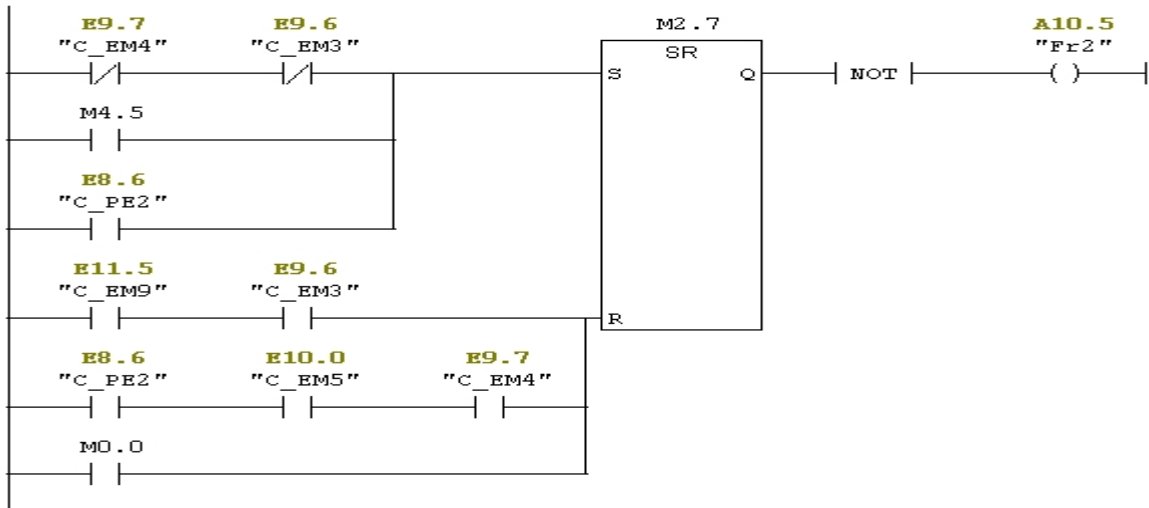
Réseau : 22

Arrêt de la presse



Réseau : 23

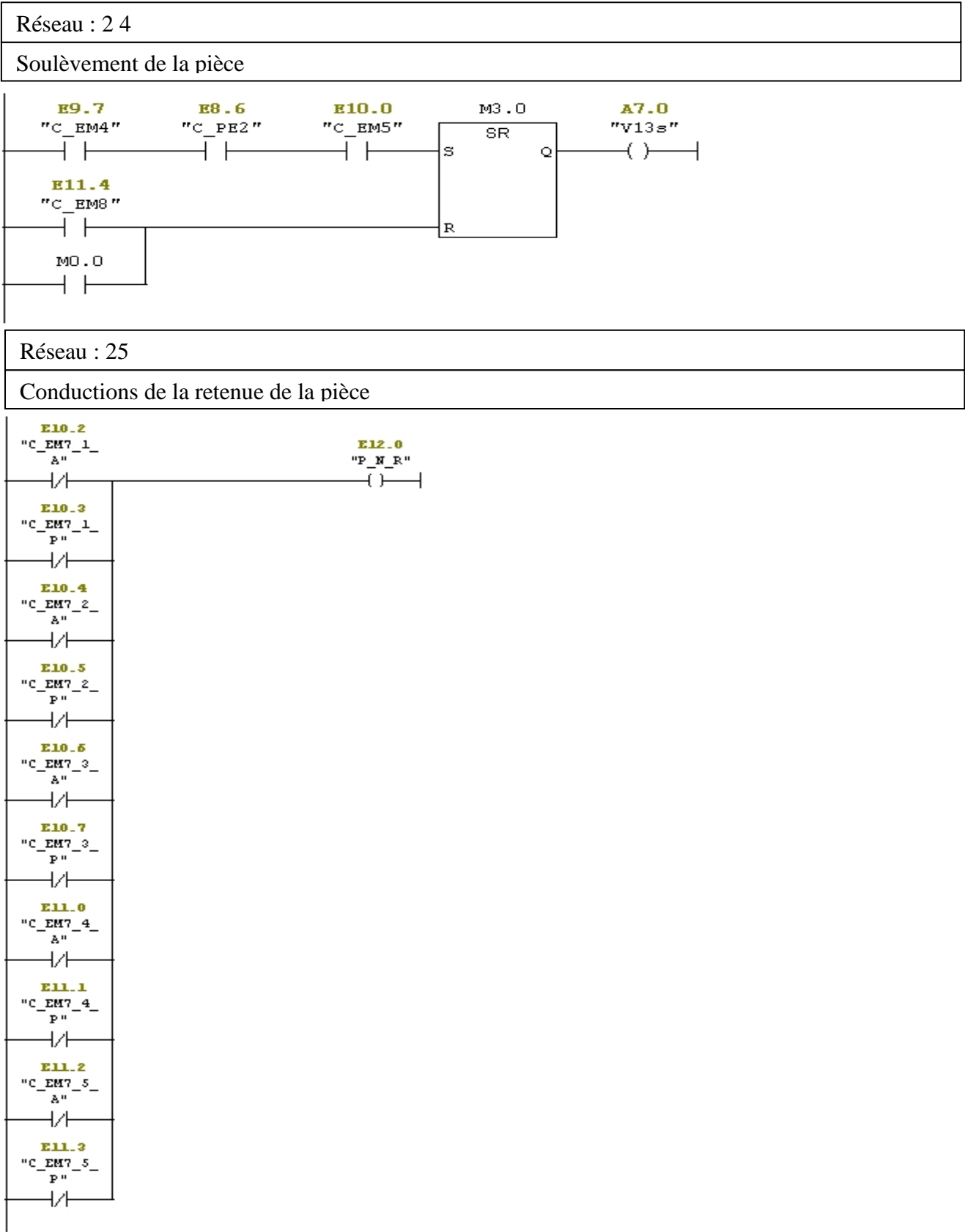
Le frein des barres



SIMATIC

ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

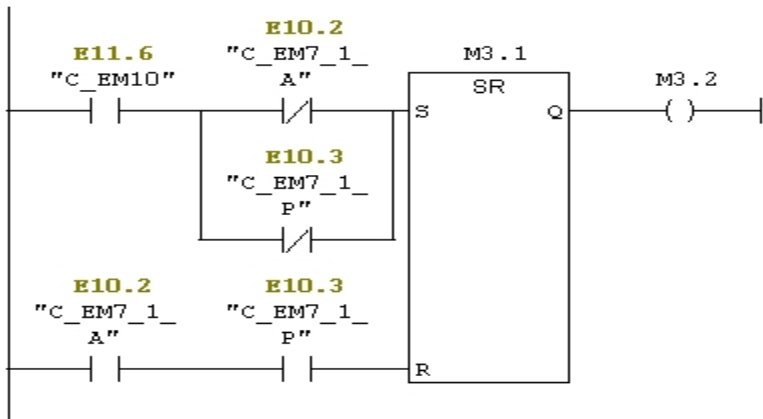


SIMATIC

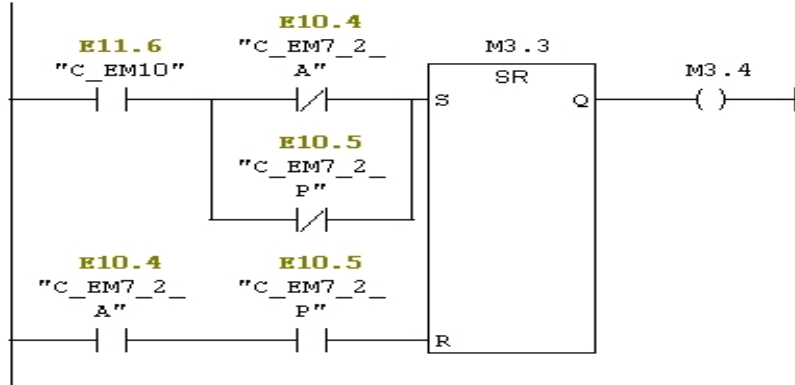
ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

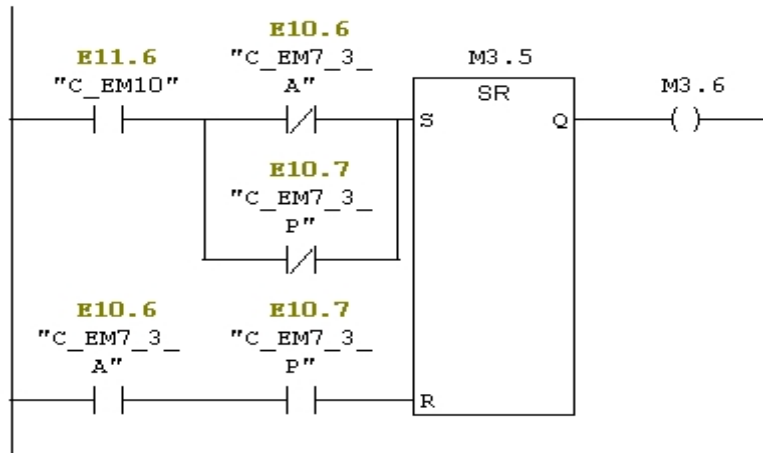
Réseau : 26
Affichage panne poste 1



Réseau : 27
Affichage panne poste 2



Réseau : 28
Affichage panne poste 3

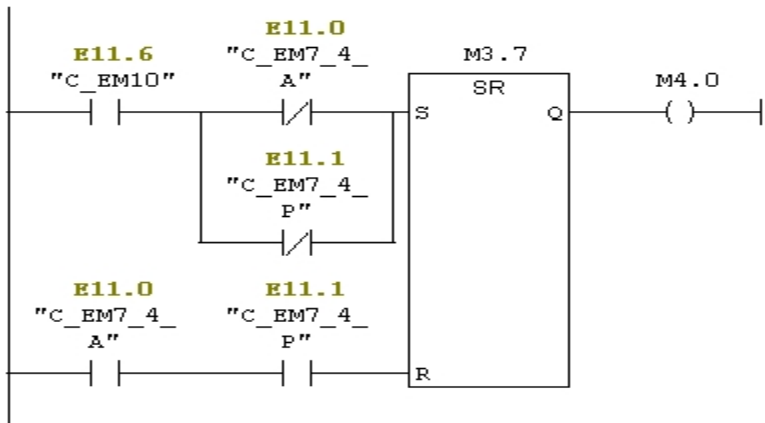


SIMATIC

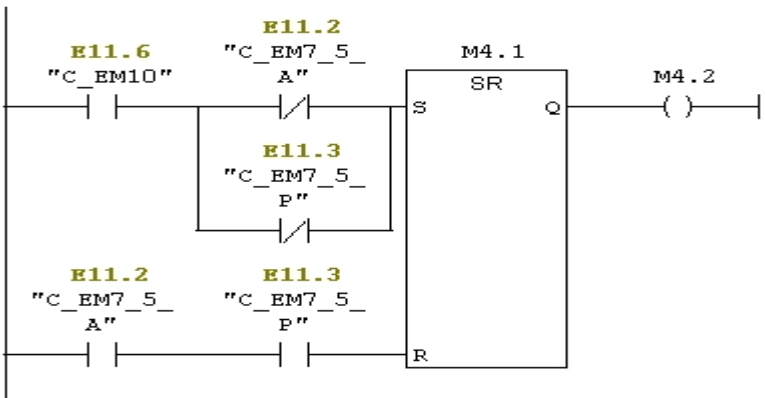
ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

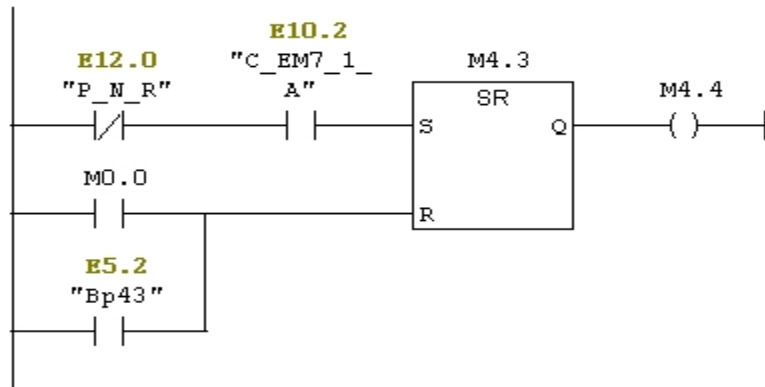
Réseau : 29
Affichage panne poste 4



Réseau : 30
Affichage panne poste 5



Réseau : 31
La pièce n'est pas retenue-arrêt presse



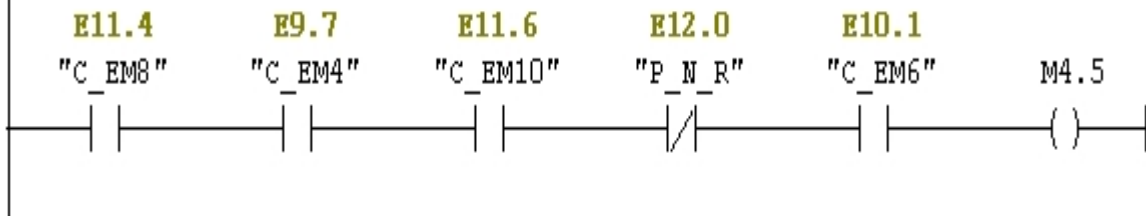
SIMATIC

ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

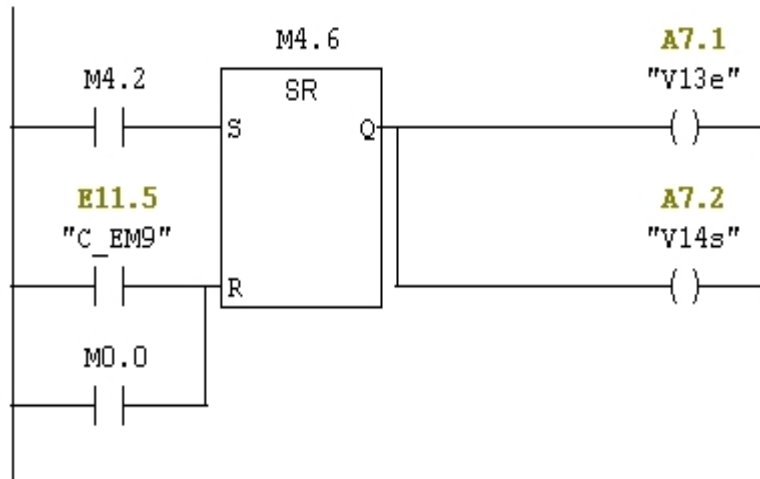
Réseau : 32

Fermeture et soulèvement de la pièce



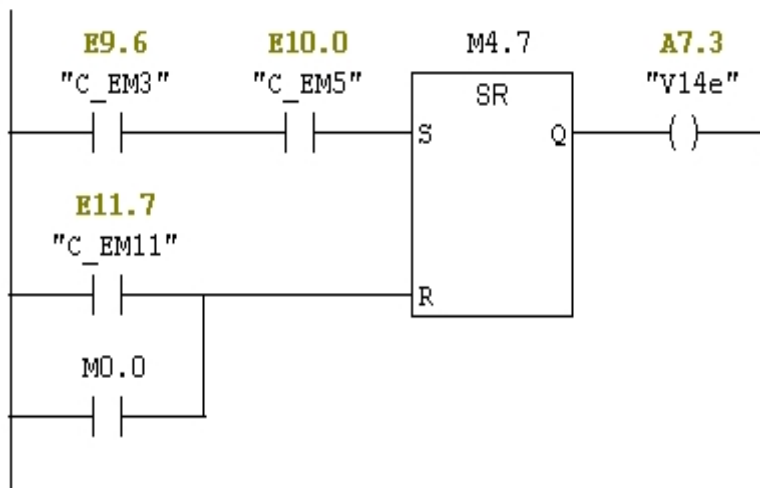
Réseau : 33

Descente des vérins soulèvement pièce et sortie des vérins pneumatique



Réseau : 34

Entrée les vérins pneumatique





Annexe:

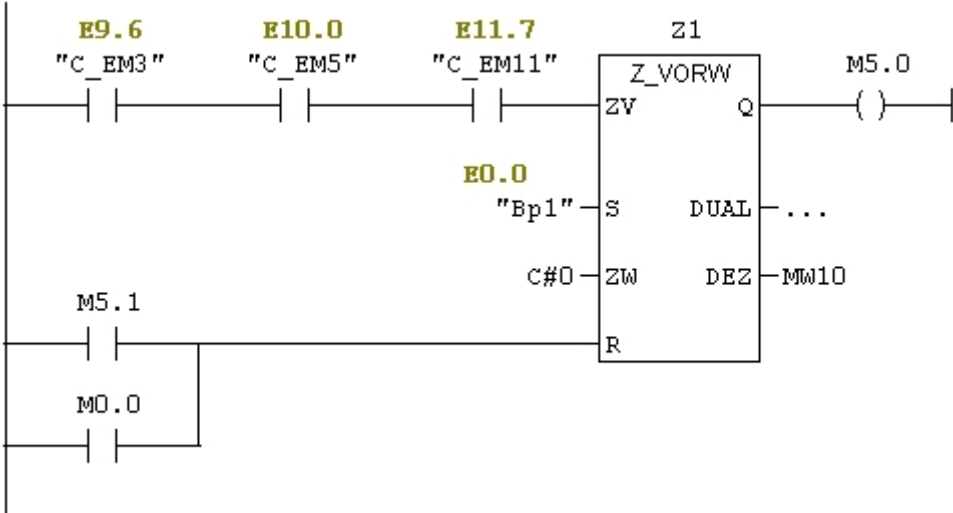
Le programme de la presse mécanique

SIMATIC

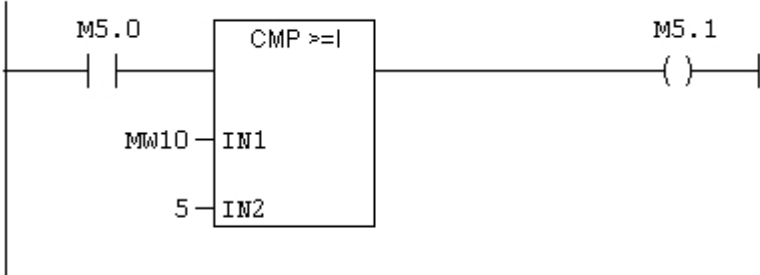
ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

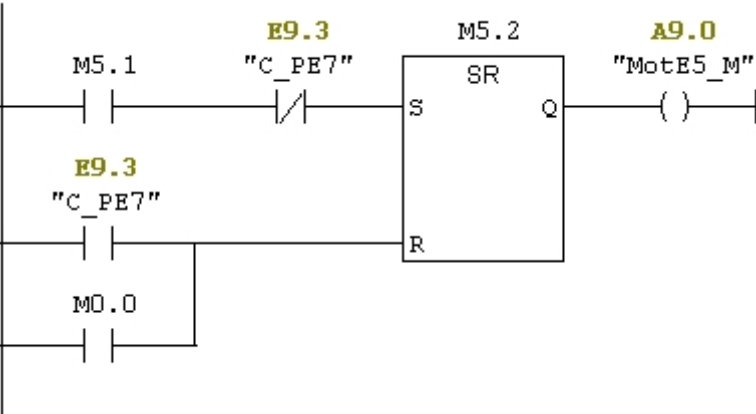
Réseau : 35
Nombres des pièces (compteur)



Réseau : 36
Comparateur



Réseau : 37
Actionner le moteur du tapis d'évacuation des pièces



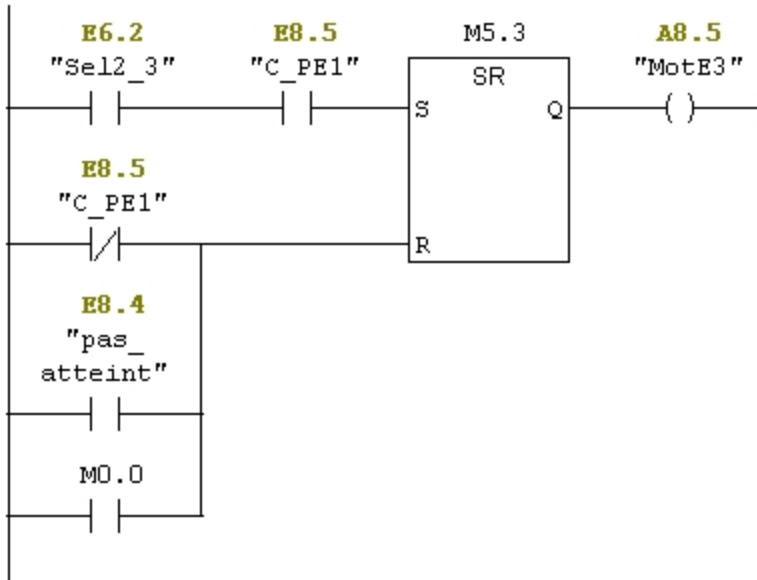
SIMATIC

ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

Réseau : 38

Mise en marche du moteur d'aménage



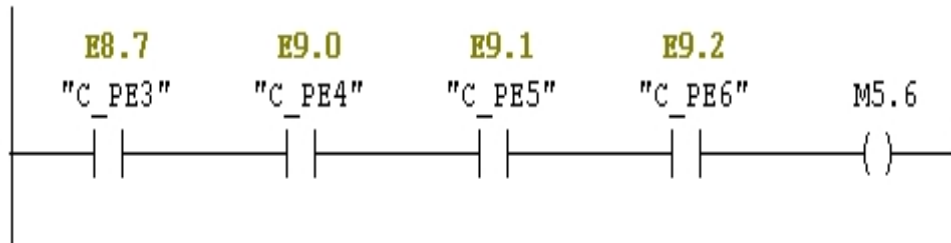
Réseau : 39

Conductions de mise en marche du redresseur



Réseau : 40

Conductions d'arrêt du redresseur

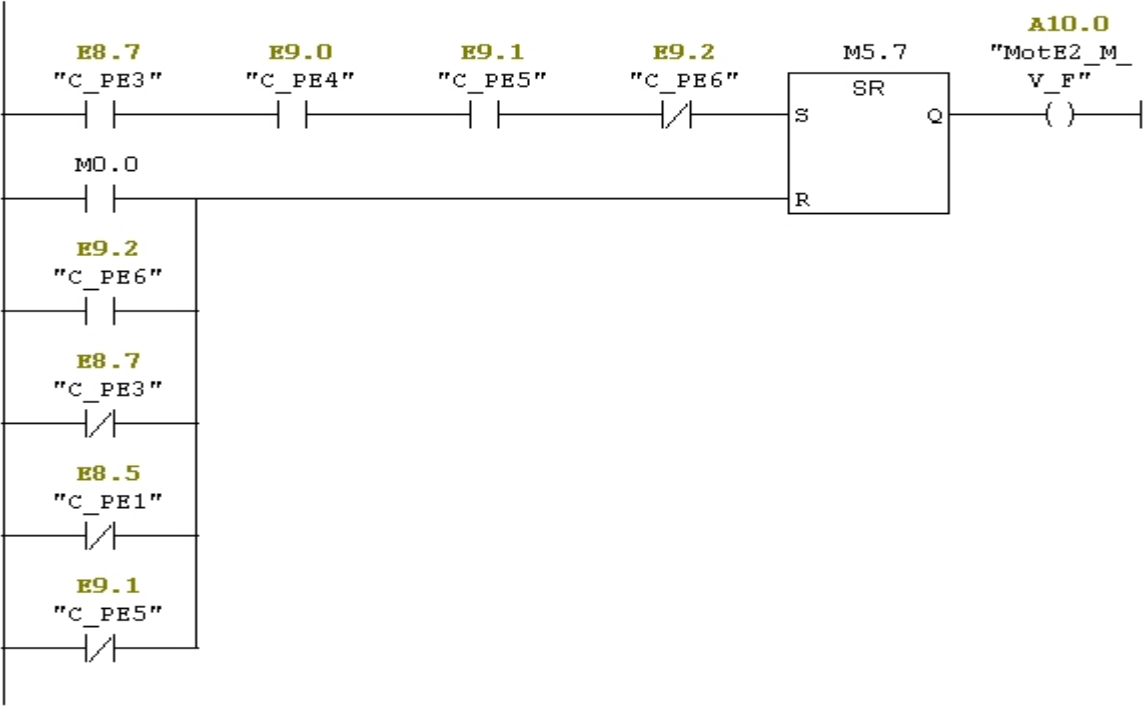


SIMATIC

ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

Réseau : 41
Actionner le redresseur à une vitesse faible

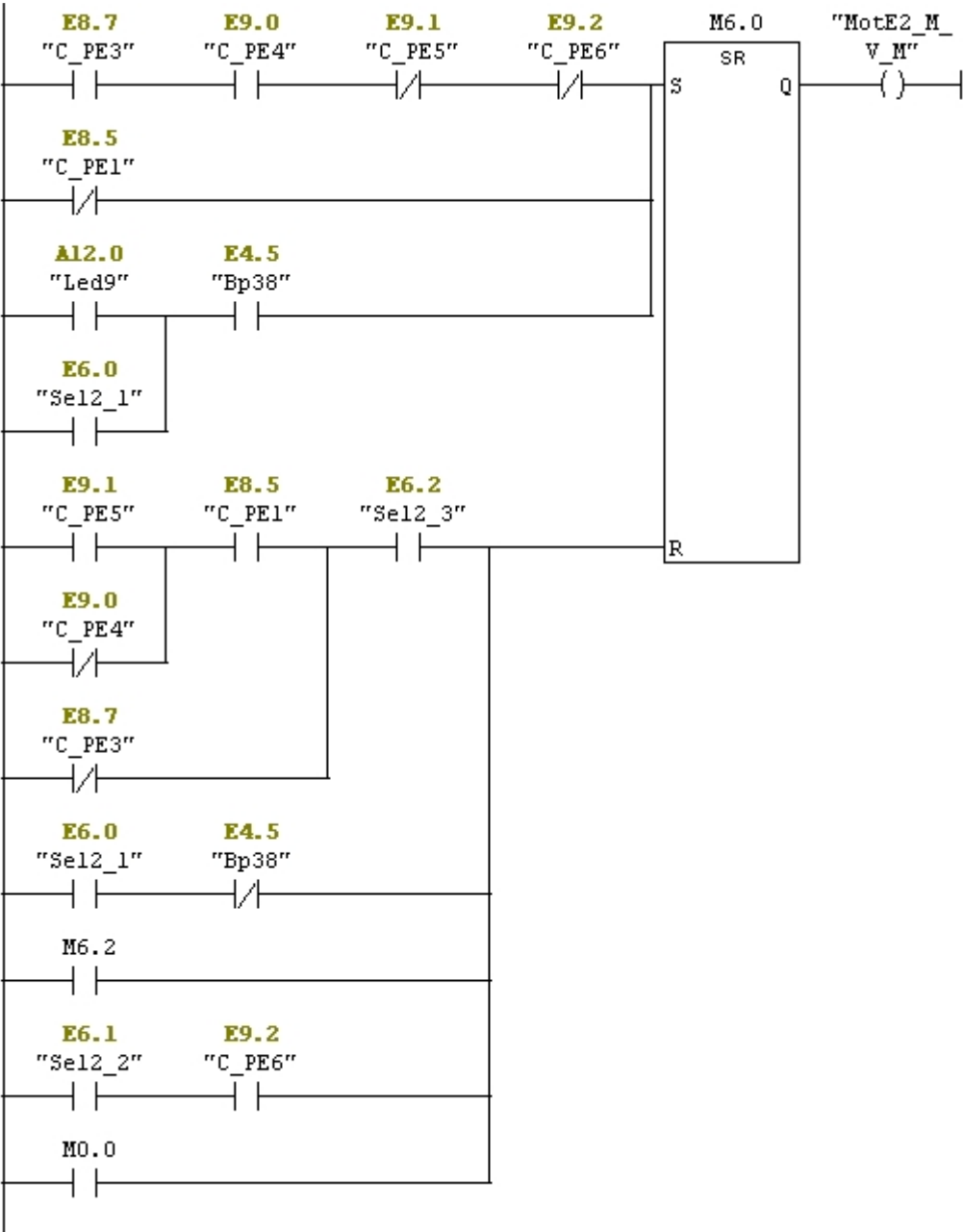


SIMATIC

ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>

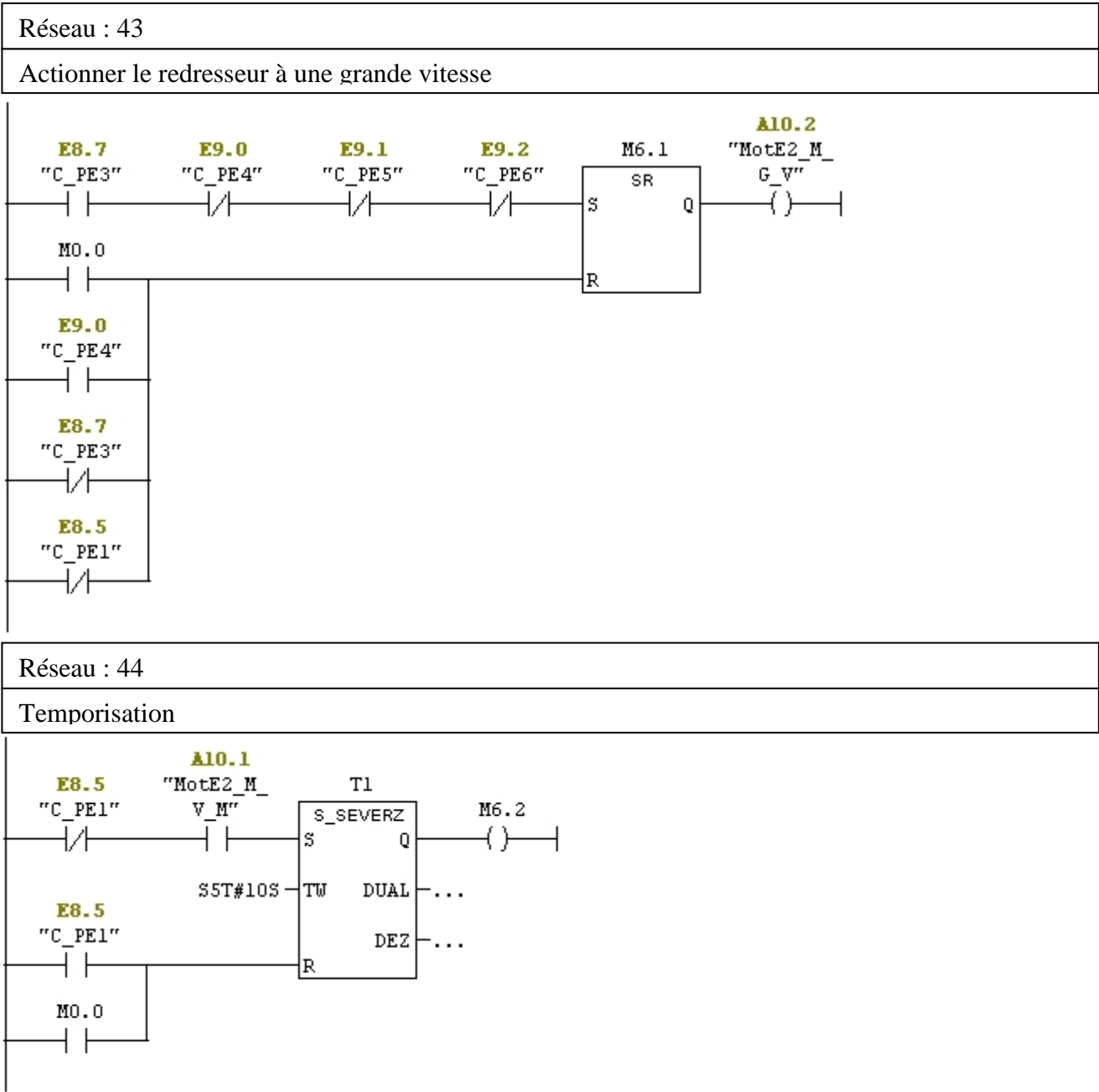
Réseau : 42
Actionner le redresseur à une vitesse moyenne



SIMATIC

ENIEM \_ presse \_ mécanique \ Station

SIMATIC 300\CPU 312(1)\. . .\ FC1 - <offline>



# BIBLIOGRAPHIE

# Bibliographie

[1] : Documentation ENIEM.

[2] : Manuel d'utilisation Danfoss VLT 5000.

[3] : **Ziad Malha, Tamadart Nacera** : Etude et amélioration de la commande de la station de traitement de Surface à l'ENIEM. Mémoire d'ingénieur d'état en électronique. Promotion 2010/2011

[4] : **Bellahoues Ghania, Kna Ouardia** : Etude de la commande d'un moteur à courant contenu avec variation de vitesse de type MQC 1510 : mémoire de DEUA en électrotechnique. Promotion 2006/2007

[5] : **Hocine Lotfi, Gheman Scoura** : Conception et réalisation d'un variateur de vitesse pour moteur à courant continu. Mémoire d'ingénieur en Electronique. Promotion 2008/2009

[6] : **SMAIL MUSTAPHA, RAKAEM AZIZ** : Étude et automatisation d'une presse à excentrique en utilisant le grafcet. Mémoire de DEUA en électrotechnique. Promotion 2008/2009.

[7] : **Yves LECOURTIER, Bernard SAINT-JEAN** : Introduction aux automatismes industriels.[Côte : AUTO 107]. Edition MASSON : Paris Malan Barcelone Mexico 1989.

[8] : **M. Charif**. Cours Automatismes industrielle et robotique t2006.

[10] : <http://www.geea.org/IMG/pdf/pneumatique.pdf>.

[11] : <http://pat.fr.sat> ULP LE GRAFCET et sa mise en œuvre.