

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud MAMMERY, Tizi-Ouzou**



**Faculté de Génie Electrique et d'Informatique**  
**Département d'Automatique**

**Mémoire de Fin d'Etudes**

En vue de l'obtention du diplôme

*D'Ingénieur d'Etat en Automatique*

*Thème*

*Étude et Automatisation d'une*  
**CINTREUSE DE TUBES**  
*Par un API S7-300 à l'ENIEM*

Proposé par :

M. CHALAL. M

Dirigé par:

M. BENSIDHOUM . T

Présenté par :

M. TOUAMI Omar

M. BENAUDIA Hamid

Soutenu le : /07 /2010

*Promotion 2010*

## Remerciements

Pour entamer nous tenons à exprimer nos infinis remerciements à notre promoteur M. BENSIDHOUM. T pour son encadrement, pour son aide et surtout pour tous ses conseils et ses remarques qui nous ont permis de réaliser ce modeste travail.

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude et reconnaissance à

M. CHARIF, pour son assistance et la disponibilité qu'il nous accordait, ses remarques et ses conseils avertis ce qui nous a permis de réaliser notre travail dans sa meilleure forme.

Nous remercions également au personnel de l'unité cuisson à l'ENIEM qui ont contribué à notre formation durant notre stage.

Tous nos infinis remerciements vont à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant notre cursus universitaire, pour le riche savoir qu'ils nous ont transmis avec rigueur et dévouement.

Nous tenons à remercier vivement le président et les membres de jury qui nous feront honneur d'examiner notre travail.

Nous n'oublierons pas d'adresser un vif remerciement à tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail en particulier notre ami GHICI Mohamed pour son aide précieuse.

## *Dédicaces*

**Je dédie ce modeste mémoire à :**

**Mes très chers parents**

**Mes sœurs et frères**

**Tous mes proches**

**Mon binôme Omar ainsi que toute sa famille**

**Tous mes amis (es)**

***HAMID***

## *Dédicaces*

**Je dédie ce mémoire de fin d'étude à :**

**A mes très chers parents**

**A mes frères Nabil et Hakim**

**A mes sœurs Lynda et Fadhila**

**A ma femme Amina et ses parents**

**A tous mes amis (es), en particulier Nourdine, Mouhemed et Rachid**

**Mes meilleures dédicaces à mon binôme avec qui j'ai eu le plaisir de partager ce**

**travail de fin d'étude**

**A tous mes collègues d'études**

***T .Omar***

# *SOMMAIRE*

# Sommaire

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

## *Chapitre I : Généralités sur les systèmes automatisés*

<b>I.1. Introduction et historique.....</b>	<b>2</b>
<b>I.2. Définition d'un système automatisé.....</b>	<b>2</b>
I.2.1. Structure d'un système automatisé.....	3
<b>I.3. Les automates programmables.....</b>	<b>5</b>
I.3.1. Définition d'un API.....	5
I.3.2. Structure et principe général de fonctionnement d'un automate.....	5
I.3.3. Choix d'un automate.....	6
I.3.4. Constitution d'un automate S7 300.....	6
I.3.5. Modules de coupleurs (IM).....	10
I.3.6. Modules de signaux (SM).....	10
I.3.7. Modules de fonction (FM).....	11
I.3.8. Modules de communication (CP).....	11
<b>I.4. Langage de programmation .....</b>	<b>11</b>
I.4.1. Définition.....	11
I.4.2. les différents langages de programmations.....	11
<b>I.5. Conclusion.....</b>	<b>14</b>

## *Chapitre II : Etude de l'équipement de la machine*

<b>II.1. Introduction .....</b>	<b>16</b>
<b>II.2. Description et rôle des constituants de la machine.....</b>	<b>16</b>
II.2.1. Partie hydraulique.....	16
a) Un réservoir hydraulique.....	16
b) Les conduites.....	16
c) Les éléments de protection .....	16
d) Les pompes hydrauliques.....	17
e) Des distributeurs.....	18
f) Les éléments de régulation.....	19
g) Les actionneurs .....	21

II.2.2. Partie Mécanique.....	22
a) Rouleau de tuyau.....	22
b) Galets et volants de réglage.....	23
c) Chariot d'épaulement .....	23
d) Le patin de blocage .....	24
e) Levier de blocage.....	24
f) Manette de réglage.....	24
g) Courroies de transmission.....	25
h) Groupe de coupe.....	25
i) Les tasseaux .....	26
j) Matrice de cintrage .....	26
k) Un bras de cintrage.....	26
L) Chaîne de transmission.....	26
m) Moteur réducteur .....	26
n) La crémaillère.....	27
o) Le pignon .....	27
II.2.3. Partie électrique.....	27
a) Armoire électrique .....	27
b) Les Capteurs.....	32
<b>II.3. Fonctionnement de la machine.....</b>	<b>35</b>
<b>II.4. Cintrage des tubes.....</b>	<b>36</b>
<b>II.5. Conclusion.....</b>	<b>37</b>

### *Chapitre III: Modélisation par outil GRAFCET*

<b>III.1. introduction.....</b>	<b>38</b>
<b>III.2.La modélisation.....</b>	<b>38</b>
III.2.1. Notion du modèle .....	38
III.2.2. Modélisation d'un système automatisé .....	38
III.2.3. Les outils de la modélisation .....	39
<b>III.3. Définition d'un GRAFCET.....</b>	<b>39</b>
<b>III.4. Règles d'évolution.....</b>	<b>40</b>
III.4.1. Etape initiale .....	40
III.4.2. Franchissement d'une transition .....	40

III.4.3. L'évolution des étapes actives .....	40
III.4.4. L'évolution des étapes actives .....	41
III.4.5. Evolution simultanée.....	42
III.4.6. Activation et désactivation simultanée d'une même étape .....	42
<b>III.5. Configurations courantes d'un GRAFCET.....</b>	<b>42</b>
<b>III.6. Les différents types d'actions associés aux étapes.....</b>	<b>43</b>
III.6.1. Action continue .....	43
III.6.2. Actions conditionnelles .....	43
III.6.3. Actions mémorisées .....	44
<b>III.7. Niveaux de GRAFCET.....</b>	<b>45</b>
<b>III.8. Mise en équation d'un GRAFCET.....</b>	<b>45</b>
<b>III.9. Modélisation de notre nouveau système .....</b>	<b>46</b>
III.9.1. Gestion des modes de fonctionnement (Table de vérité).....	50
III.9.1. GRAFCET niveau 1.....	51
III.9.1. GRAFCET niveau 2.....	58
<b>III.10. Conclusion.....</b>	<b>65</b>

### *Chapitre IV: Automatisation de la cintrreuse à tube*

<b>IV.1. Introduction .....</b>	<b>66</b>
<b>IV.2. Création d'un projet dans S7-300.....</b>	<b>66</b>
<b>IV.3. Configuration matérielle .....</b>	<b>68</b>
<b>IV.4. création de la table des mnémoniques.....</b>	<b>69</b>
<b>IV.5. Les blocs dans le programme utilisateur.....</b>	<b>70</b>
<b>IV.6. le simulateur des programmes PLCSIM.....</b>	<b>71</b>
<b>IV.7. Programmation linéaire ou structuré .....</b>	<b>72</b>
<b>IV.8. Exemple d'une partie de notre programme .....</b>	<b>73</b>
<b>IV.8. Conclusion.....</b>	<b>74</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>75</b>

## ANNEXES

### Bibliographie

# *INTRODUCTION GÉNÉRALE*

La compétitivité des entreprises impose un recours à la fois fréquent et intensif à des technologies de production avancées. La complexité des opérations à exécuter conduit à la mise en œuvre de dispositifs et systèmes pour l'automatisation des ateliers de production.

Avec le progrès technologique, l'automatisation des installations constitue l'un des facteurs essentiels contribuant à la croissance de productivité, l'amélioration de la sécurité de travail, la réduction du temps de travail et les coûts de production.

L'entreprise nationale des industries de l'électroménager (ENIEM) a débuté l'expérience des installations automatisées, en introduisant les automates programmables industriels, suite à l'intervention de la firme BOSCH (Allemagne) en 1977 et TOSHIBA (Japon) en 1987.

Notre objet d'étude s'intéresse à la production des conduits de gaz utilisés dans les cuisinières.

De nos jours la cuisinière est devenu un produit de première nécessité indispensable au citoyen pour l'équipement de son foyer.

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé au niveau de l'unité cuisson, il consiste à automatiser une machine cintruse à tube avec un automate S7-300, vu que la commande de cette dernière est réalisée à base d'une carte de commande numérique à microcontrôleur (BOSCH CC100) qui n'est plus fabriqué, par conséquent, si celle-ci se grille, la machine ne fonctionnera plus ce qui provoquera l'arrêt de toute la chaîne de production, de plus son programme reste inconnu et figé, ce qui oblige l'entreprise à l'utiliser tel qu'il est, sans même pouvoir faire des modifications sur la production et sur la sécurité de ses employés.

Tous ces inconvénients ne peuvent qu'appuyer l'idée de mener, impérativement une étude d'automatisation pour remplacer la carte de commande numérique par un Automate programmable plus efficace et facile à maîtriser.

Pour ce faire, nous avons organisé notre mémoire comme suit :

- Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les systèmes automatisés
- Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de l'équipement de la machine
- Le troisième chapitre est consacré à la modélisation par l'outil GRAFCET
- Le quatrième chapitre est consacré à l'automatisation de la machine.

Nous terminons notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE

1

*GÉNÉRALITÉS SUR LES  
SYSTÈMES  
AUTOMATISÉS*

## *Généralités sur les systèmes automatisés*

### **I.1. Introduction et historique**

Depuis toujours l'homme est en quête de bien être. Cette réflexion (qui rejoint la notion de besoin) peut paraître bien éloigné d'un cours de Sciences Industrielles, pourtant c'est la base de l'évolution des sciences en général, et de l'automatisation en particulier. L'homme a commencé par penser, concevoir et réaliser. Lorsqu'il a fallu multiplier le nombre d'objets fabriqués, produit en plus grand nombre, l'automatisation des tâches est alors apparue : remplacer l'homme dans des actions pénibles, délicates ou répétitives.

Enfin, le développement des connaissances, et des outils mathématiques, ont conduit à un formidable essor des systèmes automatisés.

L'évolution des systèmes automatisés s'est faite en trois temps, chaque temps correspond à un type d'époque et à un type de logique de pensée. Ainsi on passe d'une vision imitative (Imitations des vivants au travers d'automates) à une vision mécaniste dans les années 50 (Opérationnalisation des machines, la machine remplace l'homme dans les tâches difficiles et répétitives, Ford, Taylor) pour terminer vers une vision actuelle systémique ( c'est l'ère de l'intelligence artificielle naît de la cybernétique de Wiener, la machine réfléchie, analyse et s'adapte, la spécialisation a fait place à la polyvalence et à la capacité d'adaptation ).

### **I.2. Définition d'un système automatisé**

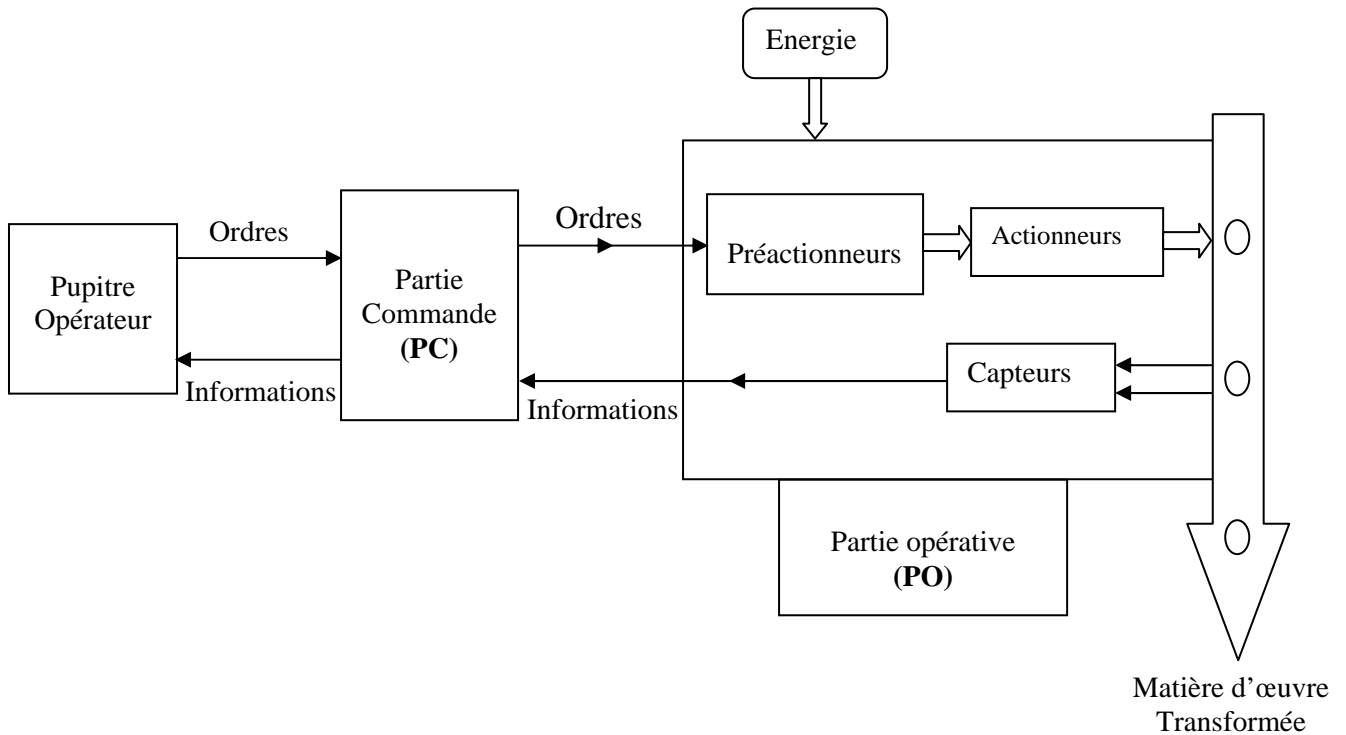
Un système automatisé est un système qui exécute toujours le même travail pour lequel il a été programmé, il est composé d'une partie commande et d'une partie opérative. De nos jours, on trouve des systèmes automatisés un peu partout.

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

**I.3. Structure d'un système automatisé**

Le système automatisé illustré dans la figure 1 est composé d'une:

- Partie Commande (P.C).
- Partie opérative (P.O).
- Interface.



*Figure 1 : Structure d'un système automatisé industriel.*

**a) La Partie Commande**

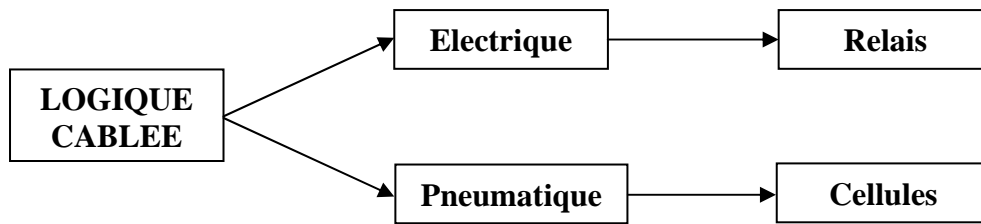
C'est la partie qui gère le fonctionnement du Système Automatisé. Elle est en général composée d'un ordinateur qui contient dans ses mémoires un programme.

Elle transmet les ordres aux actionneurs de la partie opérative à partir :

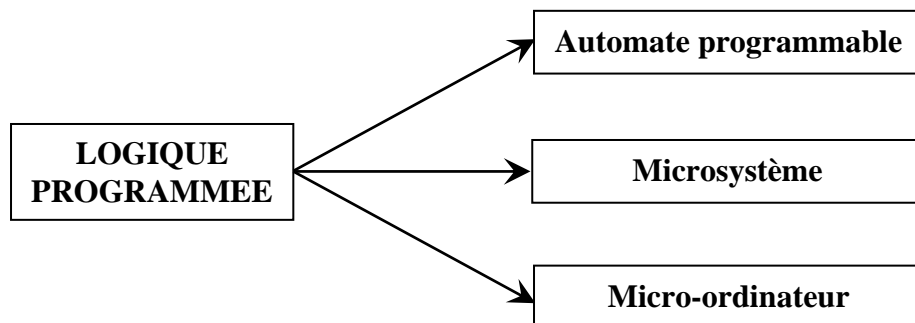
- du programme qu'elle contient,
- des informations reçues par les capteurs,
- des consignes données par l'utilisateur ou par l'opérateur.

Elle peut être réalisée selon deux types de technologie :

- Logique câblée: qui correspond à un traitement parallèle de l'information, c'est-à-dire que l'on peut avoir une sollicitation simultanée de plusieurs constituants.



- Logique programmée : qui correspond à une démarche séquentielle, c'est-à-dire: une seule opération élémentaire exécutée à la fois.



### b) La Partie Opérative

Elle consomme de l'énergie électrique, pneumatique (air) ou hydraulique (huile), elle comporte en général un boîtier (appelé aussi bâti) contenant :

- des pré actionneurs (distributeurs, contacteurs), lesquels reçoivent des ordres de la partie commande.
- des actionneurs transformant l'énergie reçue en énergie utile: pour moteur, vérin.
- des capteurs (transforment la variation des grandeurs physiques liée au fonctionnement de l'automatisme en signaux électriques tels les capteurs de position, de température, bouton poussoir)

### c) L'Interface

La Partie Commande et la Partie Opérative sont de nature différente. Pour que les informations circulent correctement entre ces deux parties, on va utiliser un objet appelé Interface. Ces Interfaces sont en fait des sortes de "traducteurs" qui relient la Partie Commande à la Partie Opérative.

Quelques exemples des systèmes automatisés figure 2 :

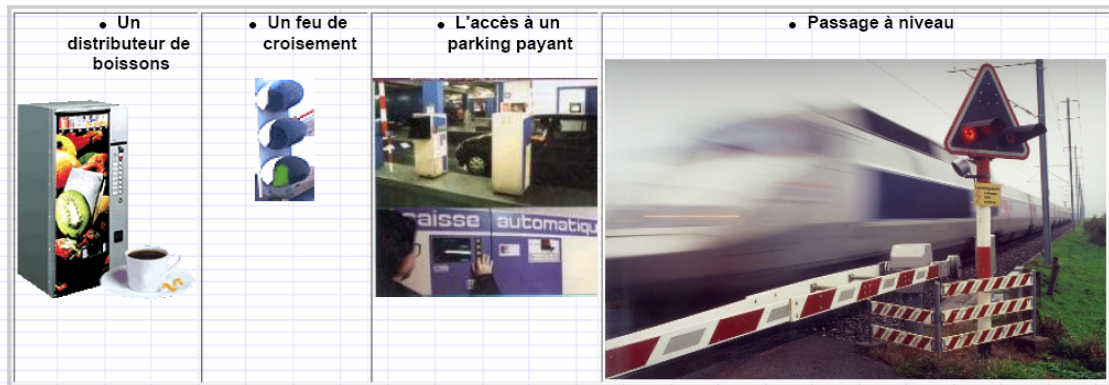


Figure 2 : Quelques exemples des systèmes automatisés

### I.3. Les automates programmables

#### I.3.1. Définition d'un API

Un automate Programmable Industriel l'API (en Anglais, Programmable logic controller :PLC) est une machine électronique programmable de traitement logique d'informations, adapté à l'environnement industriel et destiné à piloter des procédés. Son fonctionnement est défini par programme ; donne des ordres aux pré actionneurs de la partie opérative à partir des données d'entrées (capteurs, détecteurs,...), rend des comptes en permanence de son état et dialogue avec l'opérateur et le processus. L'automate programmable peut traiter :

- Des commandes de type logique, séquentiel, et analogique.
- Des fonctions de calcul arithmétique ; temporisation, comptage, comparaison.
- Des liaisons avec d'autres appareils (imprimantes, calculateurs...).

#### I.3.2. Structure et principe général de fonctionnement d'un automate

La structure d'un API peut se présenter comme suit :

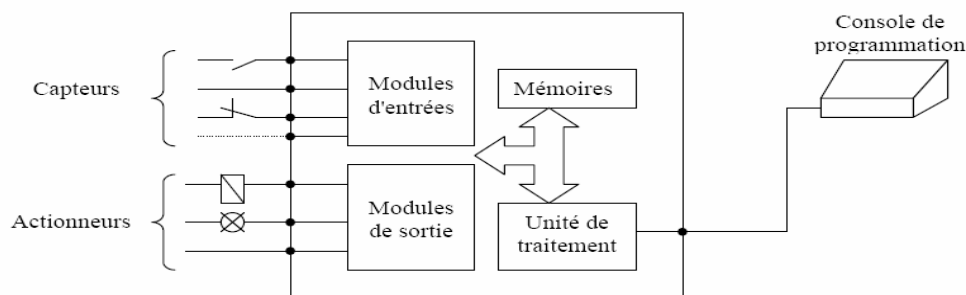


Figure 3: Structure général d'un automate

**▪ L'unité de traitement**

L'unité de traitement pilote le fonctionnement de l'automate.

Elle réalise toutes les fonctions logiques, les fonctions de temporisation, de comptage, de calcul...etc. à partir d'un programme contenu dans sa mémoire.

**▪ La zone mémoire**

Le programme de traitement des informations est stocké en mémoire.

**▪ Les interfaces d'entrées/ sorties**

Les entrées reçoivent des informations en provenance des capteurs mécaniques, pression, température, déplacement...etc.

Les interfaces de sorties permettent de commander des relais, des électrovannes, des contacteurs, des moteurs...etc.

**▪ La console de programmation**

Assure le dialogue entre l'opérateur et l'automate.

**I.3.3. Choix d'un automate**

Le choix d'un automate se fait après avoir établi le cahier des charges du système à automatiser, il doit répondre à certains critères qui sont :

- Le nombre d'entrées et de sorties.
- La nature des entrées et des sorties (numériques, analogiques, logiques)
  
- Le service après vente et la durée de garantie.
- La capacité de traitement du processeur.

Pour notre cas, l'unité cuisson de l'ENIEM, concerné par le projet, a apporté son choix sur l'automate programmable industriel simatic S7-300 afin d'automatiser notre machine.

**I.3.4. Constitution d'un automate S7- 300**

L'automate S7-300 est un système d'automatisation disposant d'une vaste gamme de modules qui sont représentés dans la figure suivante:

S7-300 : Modules

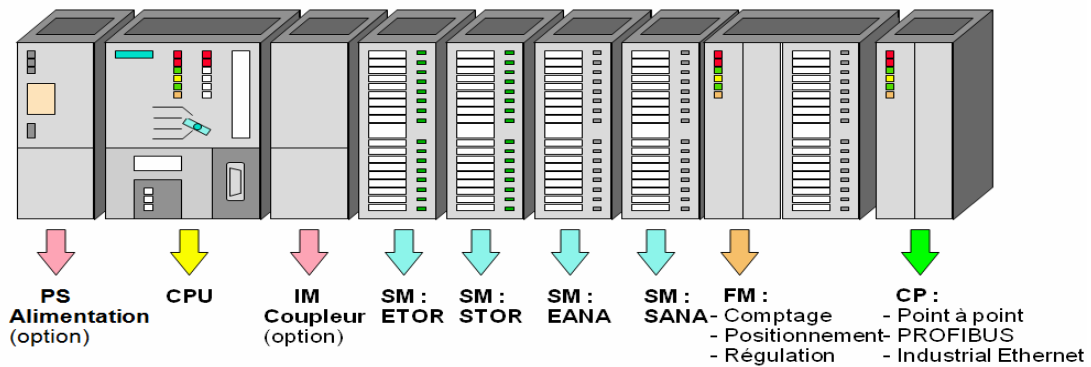


Figure 4: constituant d'un automate

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

Ces modules permettent de fournir à l'automate l'énergie nécessaire à sa mise en marche, ils transforment la tension secteur 220/380 v à une tension continue de service de 5v, 12v, 24v, et assurent ainsi l'alimentation des circuits internes de l'automate ainsi que les différents circuits des capteurs et des actionneurs.

L'automate est mis sous tension à l'aide d'un commutateur qui se trouve sur le module d'alimentation.

Des voyants utilisés pour l'indication de mise sous tension de l'automate.

**b) Unité centrale (CPU)**

La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées, ensuite, elle exécute le programme de l'utilisateur qui se trouve en mémoire et enfin, elle commande les sorties.

Elle comporte une unité de commande, de calcul, des mémoires, un programme système et des interfaces de communication. Elle réalise toutes les fonctions logique, arithmétique et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation,...etc)

La CPU est constituée des éléments importants :

❖ **Processeur**

Le processeur est l'élément qui exécute les instructions, c'est l'ensemble fonctionnel chargé d'assurer le contrôle de l'ensemble de la machine et d'effectuer les traitements

demandés par les instructions des programmes. Il est composé des éléments suivants:

- Une unité logique (UL): traite les opérations logiques telles que les fonctions ET, OU, ...etc.
- Unité arithmétique et logique (UAL): traite les opérations de calcul, temporisations et comptages.
- Un registre d'instructions: contient les instructions à exécuter.
- Un accumulateur: considéré comme registre dans lequel se range une donnée ou un résultat.
- Un décodeur d'instructions: détermine l'instruction qui doit être exécutée.
- Un compteur programme ou compteur ordinal: contient l'adresse mémoire de la prochaine instruction à exécuter et gère la chronologie de l'exécution des instructions du programme.

### ❖ **Mémoire**

La mémoire est conçue pour contenir toutes les informations nécessaires pour le fonctionnement du système et mémorise les données qui sont utilisées ou produites par les programmes d'applications, on distingue:

- Mémoires Vives RAM: elles contiennent le programme et les données utilisateur.
- Mémoires mortes ROM: elles contiennent les données propres à l'automate (système d'exploitation) et que l'utilisateur ne peut que lire le contenu stocké.
- Mémoires programmables PROM: elles sont programmables à l'aide d'outils spéciaux, elles contiennent les données propres à l'automate.
- Mémoires programmables effaçables EPROM: elles stockent les programmes au point et utilisables avec un matériel spécifique.

### ❖ **Signalisations d'état et de défaut**

Certains états et défauts de l'automate sont signalés par des LEDS sur la CPU

Indicateur	Signification	Explication
SF (rouge)	Liste d'erreurs	Les modules capables de diagnostiquer, affichent ici une liste d'erreurs
BAF (rouge)	Erreur de batterie	Indique si la batterie mémoire tampon ne délivre pas assez de tension ou carrément pas du tout.
DC5V (vert)	Alimentation DC5V pour la CPU et le bus panneau arrière	Indicateur pour l'alimentation interne fonctionnelle 5V de la CPU
FRCE (vert)	Forçages	Indicateurs d'état de la CPU, dans les entrées et les sorties par une fonction de teste de forçage de commande.
RUN (vert)	Etat de fonctionnement RUN	Clignote lors du démarrage de la CPU – Fixe lorsque la CPU est dans l'état RUN.
STOP (orange)	Etat le fonctionnement STOP	Clignote lorsque le formatage est demandé –Fixe lorsque la CPU est à l'état arrêt.

Figure 5: Indicateur de statut d'erreur de la CPU

#### ❖ Commutateur de mode de fonctionnement

Chaque CPU possède un commutateur de mode de fonctionnement pour commuter entre les différentes catégories de fonctionnement. Celui-ci est la plupart du temps conçu sous la forme d'un commutateur à clé, qui peut être placé sur les modes de fonctionnement RUN et STOP.

#### e) Carte mémoire et pile

Elle permet de sauvegarder le contenu du programme en cas de coupure de courant.

#### f) Bornes pour l'alimentation et la terre fonctionnelle

Elles sont communes pour la majorité des CPU de l'automate S7- 300, on distingue les bornes d'alimentation suivantes:

- Le cavalier amovible pour le montage sans liaison à la terre.
- La terre.

**g) Interface multipoint MPI**

Un port pour l'interface multipoint, ou la connexion avec la console de programmation (PG) ou un autre périphérique.

**h) Profibus DP(PROcess Fiel BUS)**

L'interface PROFIBUS DP est le profil de protocole pour la connexion de périphérique décentralisé.

**I.3.5. Modules de coupleurs (IM)**

Les coupleurs sont des modules d'extension, ils permettent de configurer l'automate sur plusieurs rangées et assurent la communication entre la CPU et les entrées/sorties par l'intermédiaire d'un bus interne, il faut aussi prévoir un module d'alimentation courant supplémentaire pour chaque nouveau châssis.

**I.3.6. Modules de signaux (SM)**

Ces modules établissent la liaison entre la CPU de l'automate S7 300 et le processus commandé. On distingue plusieurs modules de signaux:

**a) Modules d'entrées/sorties TOR**

Ils assurent le rôle d'interface entre l'automate et la partie opérative.

Les modules d'entrées TOR permettent le raccordement de l'automate aux différents capteurs logique tels que les fins de course, les boutons poussoirs, les pressostats, les thermostats, les capteurs de niveaux,...etc.

Les modules de sorties TOR assurent le raccordement de l'automate aux différents actionneurs tels que les vérins, les moteurs, les pompes, les lampes,...etc.

Les tensions d'entrées TOR sont de 24v, 48v 110v, 220v en DC et en AC.

**b) Modules d'entrées/sorties analogiques**

Ils sont des interfaces entre l'automate et le processus commandé.

Les modules d'entrées analogiques convertissent les signaux analogiques en signaux numériques à l'aide des convertisseurs CAN pour être traité par l'automate.

Les modules de sorties analogiques convertissent les signaux numériques en signaux

analogiques destinés au processus à l'aide des convertisseurs CNA.

### **I.3.7. Modules de fonction (FM)**

Ils ont pour rôle l'exécution des tâches de processus spécifiques, ils sont utilisés pour soulager la CPU dans le traitement des informations et améliorent les performances du travail.

Ces modules se divisent en trois modules spéciaux programmables: le comptage, le positionnement et la régulation.

### **I.3.8. Modules de communication (CP)**

Ces modules permettent d'établir les différentes tâches de communication entre plusieurs automates à l'aide des systèmes de bus de terrain industriels.

Dans le domaine des systèmes de bus, on trouve l'interface multipoint MPI, le PROFIBUS (process field bus) et l'industriel Ethernet.

## **I.4. Langage de programmation**

### **I.4.1. Définition**

Le langage de programmation est un langage informatique, qui permet à un utilisateur d'écrire un ensemble d'instructions qui sera analysé par une machine (par exemple un ordinateur).

### **I.4.2. les différents langages de programmations**

Il existe différents types de langage définis par la norme CEI 61131-3 qui sont :

- **Langage CONT (LADDER DIAGRAM)** : CONT est abréviation de schéma à contact.

C'est un langage graphique utilisé pour la réalisation programmée des schémas à contact. Il est utilisé pour concrétiser des relations logiques au sein des parties commandes programmables telles que les API (Automates Programmables Industriels)

Les représentations graphiques sont basées sur la méthode de dessin américain.

Représentation des éléments principaux figure 6.

Grappe	Désignation	Fonction	Schéma à contact
	Contact à fermeture	Contact passant quant il est actionné	
	Contact à ouverture	Contact passant quant il n'est pas actionné	
	Connexion horizontale	Permet de relier les éléments action en série	
	Connexion verticale	Permet de relier les éléments action en Parallèle	
	Bobine directe	La sortie prend la valeur du résultat logique	
	Bobine inverse	La sortie prend la valeur inverse du résultat logique	
	Bobine d'enclenchement	Le bit interne est mis à 1 et garde cet état	
	Bobine déclenchement	Le bit interne est mis à 0 et garde cet état	

Figure 6: Eléments principaux

Exemple de schéma à contact programmable figure 7

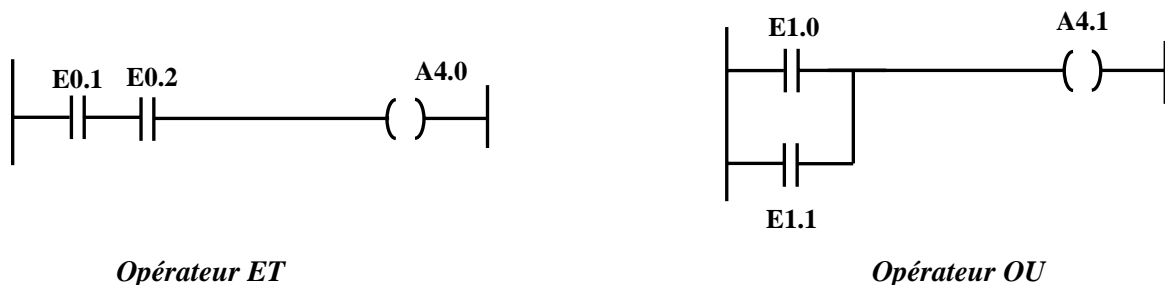


Figure 7: Représentation des opérations ET, OU par CONT

- **Langage LIST** : C'est une abréviation de "liste d'instruction"

C'est un langage textuel, qui est le plus proche du comportement interne de l'automate. Le système sait toujours traduire du CONT ou du LOG en LIST, mais pas l'inverse. Le programme se compose d'une suite de lignes, chacune spécifiant un code opération suivi d'un opérande. L'opérande peut être une adresse absolue (E0.0) ou un mnémotique entre guillemets, comme on ne peut pas utiliser deux opérandes dans une même ligne.

- **Langage LOG** : LOG est l'abréviation de Logigramme.

C'est un langage graphique de STEP 7, les instructions y sont représentées sous la forme de symboles de l'électronique numérique (Boîtes Fonctionnelles Logiques), les entrées sont disposées à gauche du symbole, et les sorties à sa droite (figure 8).



*Figure 8 : Représentation des opérations ET, OU par LOG*

- **Le GRAFCET**

Le GRAFCET est une abréviation de l'expression (**G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape **T**ransition) a été introduit en 1977 par l'AFCEC (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique).

Il s'agit d'un langage de spécification, graphique, utilisé par certains constructeurs d'automates (Schneider, Siemens,...) pour la programmation. Il permet une programmation aisée des systèmes séquentiels tout en facilitant la mise au point des programmes ainsi que le dépannage des systèmes.

Le GRAFCET évolue d'étape en étape. Chaque Etape indique le fonctionnement, l'action d'une ou plusieurs parties (vérins, moteurs,...) de la machine, pour passer de l'étape à l'autre il faut que la réceptivité (Transition) associée à l'étape précédente soit vraie.

On peut également traduire un GRAFCET en langage à contacts et l'implanter sur tout type d'automate.

Exemple de schéma d'un GRAFCET figure 9

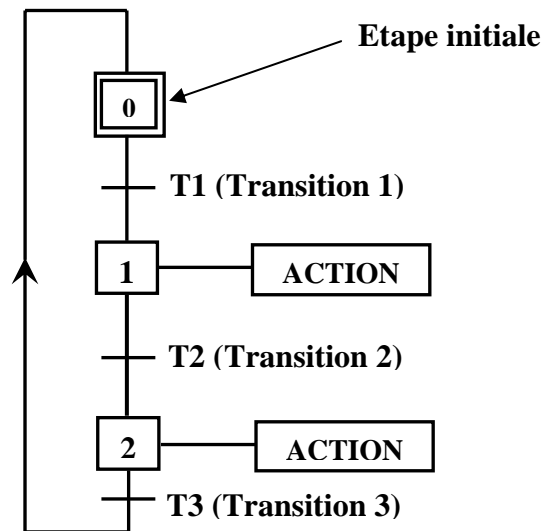


Figure 9 : Exemple de schéma d'un GRAFCET

## I.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté des généralités sur les systèmes automatisés où nous avons donné l'origine et l'évolution de l'automatisation.

Ensuite on a illustré d'une façon générale et brève la définition d'un système automatisé. Nous avons schématisé une structure classique de ce dernier pour mieux comprendre le fonctionnement automatique, c'est-à-dire le fonctionnement de la partie commande et la partie opérative et l'interaction entre elles.

Enfin nous avons présenté les différents langages de programmation et l'automate programmable industriel S7-300 qu'on a choisi comme solution adéquate et extensible, facile à adapter aux diverses conditions non seulement industrielles mais aussi dans des différents secteurs.

CHAPITRE

2

*ETUDE DE L'ÉQUIPEMENT  
DE LA MACHINE*

## *Etude de l'équipement de la machine*

### **II.1. Introduction**

Le cintrage est la mise en forme des tubes. Le procédé consiste en une action de déformation mécanique d'un tube ou d'une barre permettant à celui-ci d'obtenir une géométrie particulière, suivant un rayon et un angle à l'aide d'un équipement de cintrage. Cette opération de déformation est réalisée par des cintreuses.

L'unité cuisson à l'ENIEM dispose d'une machine cintreuse de tubes, son rôle est la mise en forme des conduits de gaz utilisés dans les cuisinières, à partir d'un tuyau métallique.

### **II.2. Description et rôle des constituants de la machine**

#### **II.2.1. Partie hydraulique**

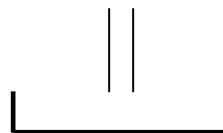
Le circuit hydraulique se compose des différents éléments suivant:

##### **a) Un réservoir hydraulique**

C'est une cuve qui permet de contenir une réserve d'huile, il est doté d'une capacité de 90 litres.

1: réservoir (voir le schéma hydraulique)

Symbole graphique d'un réservoir hydraulique:



##### **b) Les conduites**

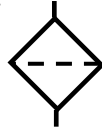
Se sont des tubes souples qui assurent la transmission d'huile vers différents constituants de la machine.

##### **c) Les éléments de protection**

###### **▪ Filtre hydraulique**

C'est un système servant à séparer des éléments dans un liquide (l'huile), il ne laisse passer que les éléments utiles, on trouve des filtrations d'huile avant et après les pompes et aussi sur le retour, leurs rôles et de protéger les composants de la machine.

Symbole graphique d'un filtre hydraulique:



2: Filtre sur l'aspiration de la pompe principal.

3: Filtre sur l'aspiration de la pompe secondaire.

4: Filtre sur le refoulement d'huile de la pompe principal vers le circuit principal.

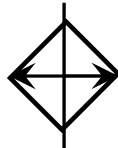
5: Filtre sur le retour d'huile vers le réservoir

#### ▪ Radiateur d'huile

C'est un système de refroidissement pour le circuit hydraulique.

6: Radiateur

Symbole graphique d'un radiateur:



#### ▪ Les vannes unidirectionnelles

Elles assurent le passage d'huile dans un sens et bloquent le débit dans l'autre sens.

Dans notre machine on trouve différente vanne unidirectionnelle:

7: vanne unidirectionnelle pour protéger le radiateur.

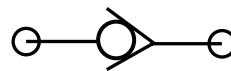
8: vanne unidirectionnelle du retour d'huile de la chambre positive du vérin de groupe de coupe

9: deux vannes unidirectionnelles commandées pour le blocage du vérin du groupe de coupe.

10: vanne unidirectionnelle d'alimentation de la chambre négative du vérin de la tronçonneuse.

11: vanne unidirectionnelle du retour d'huile de la chambre positive du vérin de la tronçonneuse, vers le réservoir.

Symbole graphique d'une vanne unidirectionnelle:



#### d) Les pompes hydrauliques

Une pompe hydraulique est un générateur de débit, elle transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique.

Les caractéristiques des deux pompes :

12: pompe du circuit principal

Débit: 6 l/s

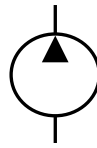
Pression: 110 bars

13: pompe du circuit secondaire

Débit: 20 l/s

Pression: 70 bars

Symbole graphique d'une pompe:



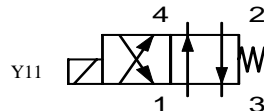
**e) Des distributeurs**

**- Distributeurs à pilotage monostable**

La commande de ce distributeur doit être activée durant tout le temps de commutation. Lorsqu'on relâche le bouton de la commande le distributeur reprend sa position de repos sous l'effet d'un ressort. Cela signifie qu'il se retrouve dans la position qu'il avait avant la commande, cette situation se nomme : monostable.

14: Distributeur 4/2 déterminant la commande du chariot d'épaulement.

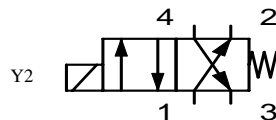
Symbole graphique:



Y11: Electrovanne commandant le chariot d'épaulement

15: Distributeur 4/2 déterminant la commande du tasseau de blocage du tuyau.

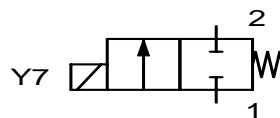
Symbole graphique:



Y2: Electrovanne commandant le tasseau de blocage.

16: Distributeur 2/2 déterminant la vitesse rapide du vérin de la glissière de coup.

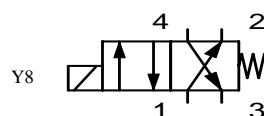
Symbole graphique:



Y7: Electrovanne de la vitesse rapide de groupe de coupe

17: Distributeur 4/2 déterminant la commande de l'étau de blocage.

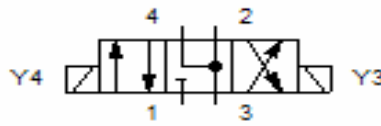
Symbole graphique:



Y8: Electrovanne commandant le blocage de l'étau.

18: Distributeur 4/3 déterminant l'allé et le retour de la glissière de coupe.

Symbole graphique:



Y3: Electrovanne commandant le retour du vérin de groupe de coupe.

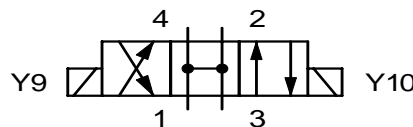
Y4: Electrovanne commandant la sortie du vérin de groupe de coupe.

**- Distributeurs à pilotage bistable**

Il a deux positions stables, le distributeur garde sa position en absence de signal de pilotage.

19: Distributeur 4/3 qui commande le moteur hydraulique de la lame de coupe et le vérin de la scie

Symbole graphique

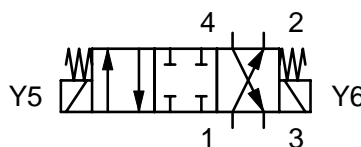


Y9: Electrovanne commandant la rotation de la lame (moteur) et la sortie du vérin de la scie.

Y10: Electrovanne comandant le retour du vérin de la scie.

20: Distributeur 4/3 qui commande le vérin de cintrage.

Symbole graphique:



Y5: Electrovanne commandant la sortie du vérin de cintrage.

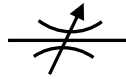
Y6: Electrovanne commandant le retour du vérin de cintrage.

**f) Les éléments de régulation**

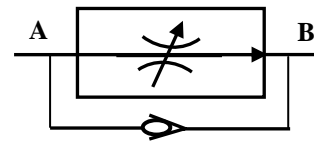
▪ **Les régulateurs d'échappement**

Les régulateurs d'échappement ont pour rôle de régler la vitesse des vérins. Ils s'implantent sur les orifices d'échappement des distributeurs. Ils sont composés d'un orifice de passage d'huile qui peut être obstrué par une vis de réglage pour réguler l'échappement.

Symbole graphique:



*Etrangleur variable bidirectionnel*



*Régulateur de débit*

22: Etrangleur variable pour régler le débit sur le vérin de l'étai

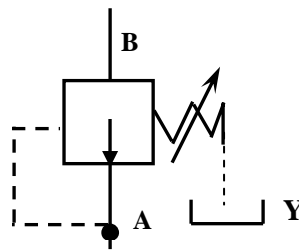
23: Régulateur de débit pour limiter la vitesse du vérin de la glissière en sortie

24: Régulateur de débit pour commander la vitesse de rotation du moteur hydraulique.

▪ **Régulateur de pression**

C'est un appareil qui réduit la pression de l'huile qui le traverse, il permet d'obtenir à sa sortie une valeur réglée et constante en évacuant la surpression vers le réservoir

Symbole graphique:

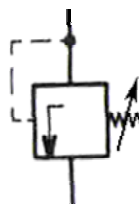


25. Régulateur de pression, permet de régler la force de blocage de l'étai.

▪ **Limiteur de pression**

C'est un système de régulation utilisé dans de nombreux domaines de l'industrie. Il permet de limiter la pression interne d'un circuit hydraulique ou pneumatique en dérivant l'excès de pression vers le circuit base pression.

Symbole graphique :



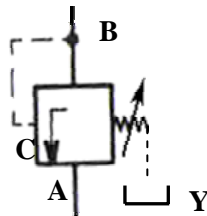
26: Limiteur de pression à  $P_2=110$  Bars du circuit principal.

27: Limiteur de pression à  $P_1= 60$  Bars du circuit secondaire.

▪ **Soupapes de séquence**

Elle permet de réduire la pression du réseau principal et la maintenir constante dans une partie du circuit.

Symbole graphique d'une soupape de séquence:



28, 29 : soupapes de séquence

30 : soupape de séquence créant une contre pression sur le moteur

**g) Les actionneurs**

- **Vérin à simple effet:**

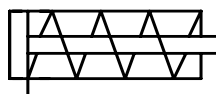
Un vérin est un actionneur qui réalise un mouvement linéaire, il reçoit le fluide (dans notre machine l'huile) que dans un seul orifice d'alimentation, le retour à la position d'origine s'effectue par un ressort.

31: Vérin qui commande le chariot d'épaulement.

32: Vérin qui commande le tasseau de blocage du tuyau.

33: Vérin qui commande l'étau de blocage.

Symbole graphique d'un vérin simple effet:



- **Vérin à double effet**

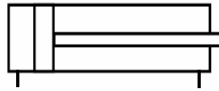
Un vérin à double effet a deux directions de travail, il comporte deux orifices d'alimentation de chaque côté du piston ce qui entraîne son déplacement dans un sens puis dans un autre.

34: Vérin de cintrage.

35: Vérin de déplacement du groupe de coupe.

36 : Vérin de déplacement de la scie.

Symbole graphique d'un vérin double effet:

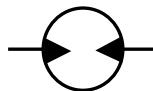


**- Moteur hydraulique**

Un moteur hydraulique est un moteur qui transforme une puissance hydraulique (pression ou débit) en puissance mécanique (force ou vitesse).

37: Moteur hydraulique à deux sens de rotation.

Symbole graphique d'un moteur hydraulique:

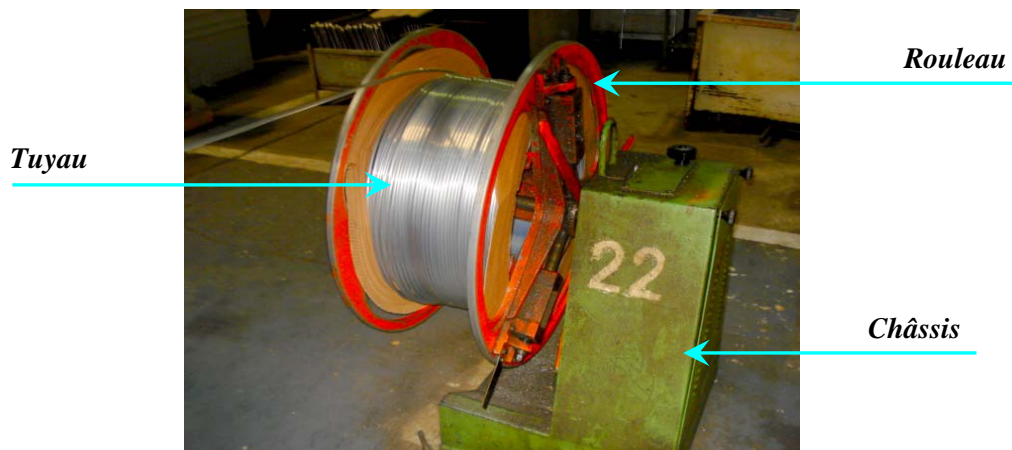


**II.2.2. Partie Mécanique**

La partie mécanique ce compose des différents éléments suivant:

**a) Rouleau de tuyau**

Un rouleau est un objet cylindrique, autour duquel est enroulé le tuyau, fixé horizontalement au sol, tournant sur son axe, comme la montre la figure10.



*Figure 10: Rouleau de tuyau*

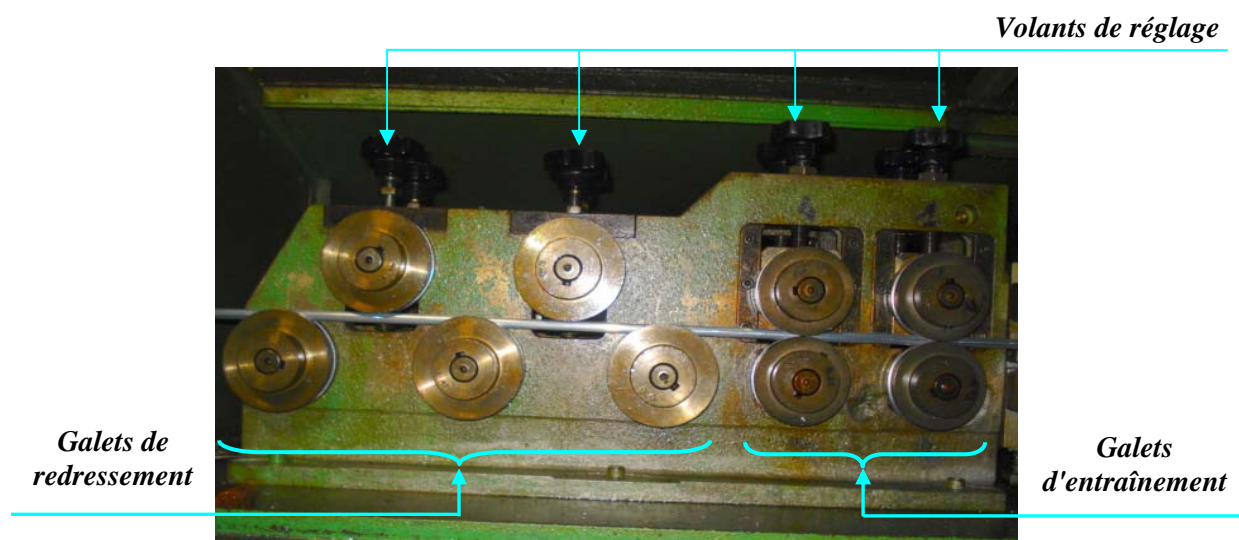
**b) Galets et volants de réglage****- Les galets**

Ce sont de petites roues tournant librement sur leur axe et réglables par des volants. Dans notre machine, on trouve 5 galets de redressement montés horizontalement et 4 galets d'entraînement couplés au mouvement du moteur à courant continu assurant la translation du tuyau sur l'axe (X). Le principe de fonctionnement est illustré par la figure 2.

**- Les volants de réglage**

Dans notre machine on trouve :

- 4 volants de réglages de la force des galets d'entraînements, ils permettent d'ajuster la force d'entraînement du tuyau suivant l'axe de translation x.
- 4 volants de réglage des galets de redressement, ils permettent d'ajuster la distance entre les galets supérieurs et les galets inférieurs selon le rayon externe du tuyau.



*Figure 11: Galets et volants de réglage*

**c) Chariot d'épaulement**

C'est une pièce mobile posée sur une glissière, sur laquelle sont montés le patin et le tasseau d'épaulement, comme la montre la figure 12.

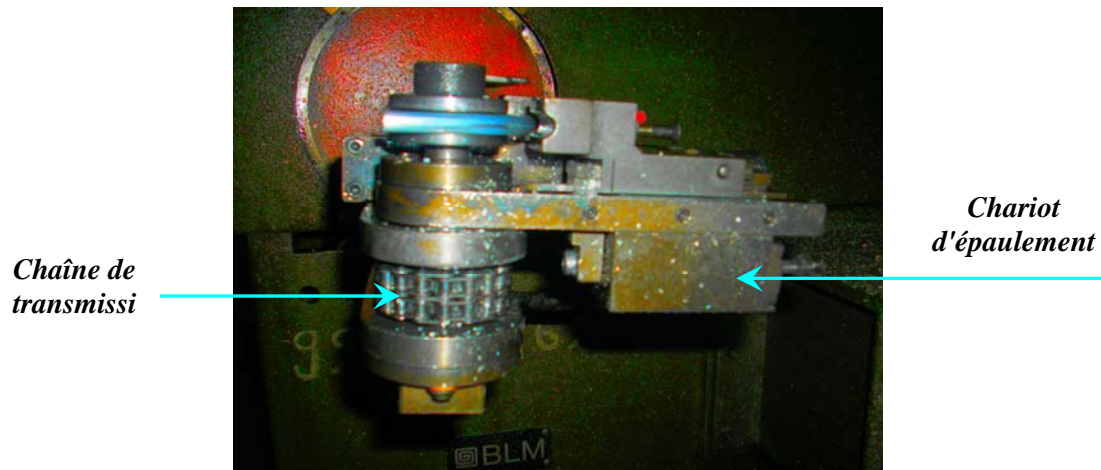


Figure 12: Chariot d'épaulement

#### d) Le patin de blocage

C'est une pièce mobile métallique adaptée au chariot pour déterminer la position initiale du tasseau d'épaulement selon la matrice choisi comme la montre la figure 13.

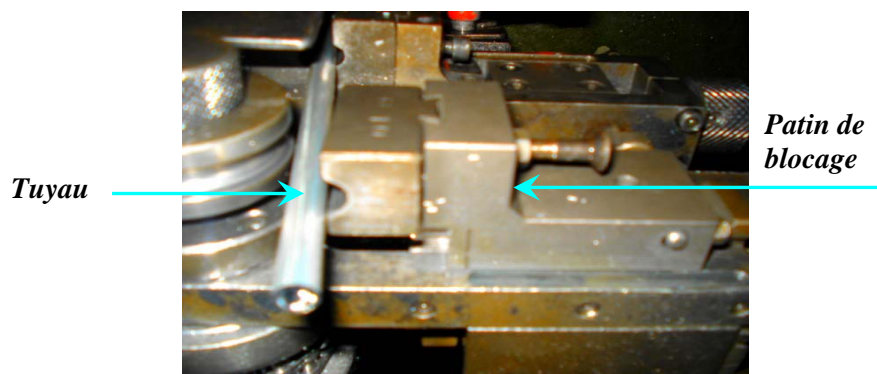


Figure 13: Patin de blocage

#### e) Levier de blocage:

C'est une petite barre pivotante permettant le blocage de l'axe après le réglage.

#### f) Manette de réglage:

C'est un levier de petite taille permettant de commander manuellement la position de l'axe sur lequel est montée la matrice figure14.

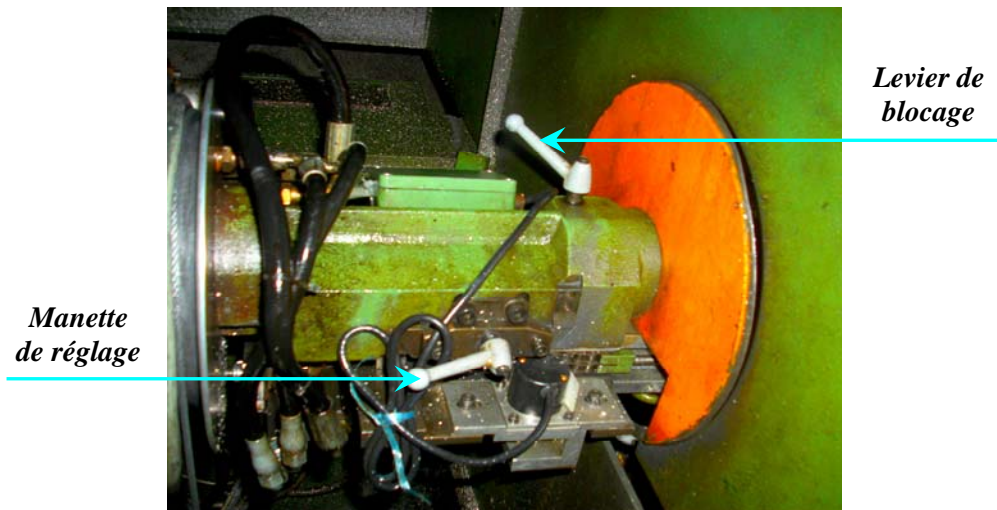


Figure 14: Manette de réglage et Levier de blocage

### g) Courroies de transmission

La courroie est une bande de caoutchouc reliée entre les axes des poulies et permettent de transmettre le mouvement de rotation d'un axe à l'autre.



Figure 15: Courroies de transmission

### h) Groupe de coupe

- Glissière de coupe: c'est une rainure dans la quelle glisse le groupe de coupe, elle sert à guider le mouvement pendant le fonctionnement.
- Lame de coupe: c'est un outil destiné à couper le tuyau, constitué d'une lame dentée, elle est actionnée par un moteur hydraulique.
- Etau de blocage: c'est un système de blocage formé de deux mâchoires, qui permettent de fixé le tuyau pendant la coupe.



*Figure 16: Groupe de coupe*

### **i) Les tasseaux**

C'est des pièces en métal qui servent à bloquer, à fixer ou à caler un objet, on trouve :

- Tasseau de blocage : permis de bloquer le tuyau pendant le cintrage pour éviter la déformation de ce dernier.
- Tasseau d'épaulement : permis d'épauler le tuyau pendant le cintrage.

### **j) Matrice de cintrage**

C'est une pièce en métal de forme cylindrique, elle est fixée solidement sur le bras de cintrage.

### **k) Un bras de cintrage**

C'est une pièce métallique sur laquelle ce monte le chariot d'épaulement.

### **L) Chaîne de transmission**

Une chaîne est une succession d'anneaux métalliques, on trouve dans notre machine :

- Chaîne de transmission de mouvement du moteur électrique aux galets d'entraînement
- Chaîne de transmission du système à crémaillère.

### **m) Moteur réducteur**

Un moteur est une machine électrique qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique.

Les moteurs à courant continu sont conçus pour fonctionner avec une vitesse très élevée, pour réduire cette vitesse on associe un réducteur.

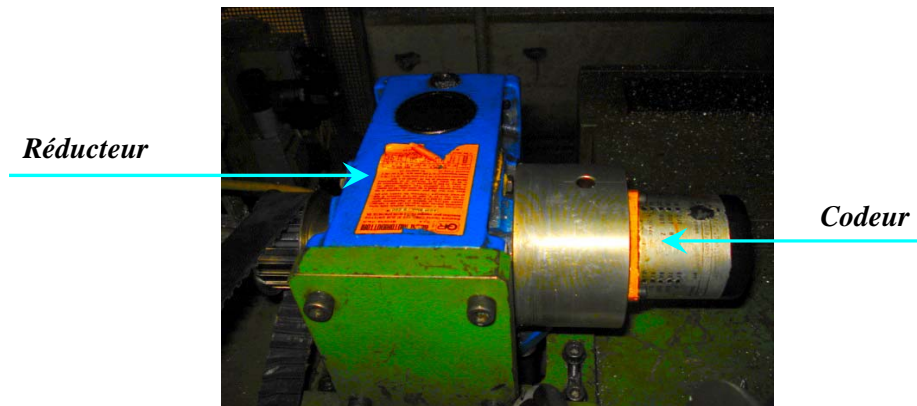


Figure 17: Moteur réducteur

#### n) La crémaillère

C'est une barre métallique garnie de dents, elle représente la tige du vérin, son rôle est de transformer le mouvement de translation du vérin en une rotation à l'aide du contact avec le pignon.

#### o) Le pignon :

Un pignon est une roue dentée utilisée pour la transmission du mouvement de rotation au bras de cintrage.

### II.2.3. Partie électrique

Le circuit électrique de la cintreuse se compose essentiellement des éléments suivants :

#### a) Armoire électrique

Elle est constituée des éléments suivants :



Figure 18: Armoire électrique

### ▪ Disjoncteurs magnétothermiques

Un disjoncteur est un dispositif électromagnétique ou électromécanique, de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique.

Il est capable aussi d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court circuit dans une installation.

Il existe dans l'armoire 6 disjoncteurs qui sont :

**IA1** : Le disjoncteur général, permet d'interrompre l'alimentation de tout le circuit électrique.

**IA2** : Disjoncteur magnétothermique, permet d'interrompre l'alimentation du moteur des pompes.

**IA3** : Disjoncteur magnétothermique, permet d'interrompre l'alimentation du transformateur bipolaire.

**IA4** : Disjoncteur magnétothermique, permet d'interrompre l'alimentation de 110v.

**IA5** : Disjoncteur magnétothermique, permet d'interrompre l'alimentation du circuit auxiliaire.

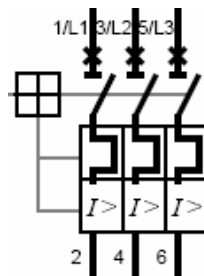
**IA6** : Disjoncteur magnétothermique, permet d'interrompre l'alimentation du moteur du système de refroidissement.

La figure 19 illustre la structure d'un disjoncteur magnétothermique



Figure 19: Disjoncteur magnétothermique

Symbole graphique d'un disjoncteur



▪ les relais

Un relais est un pré actionneur constitué au moins :

- d'un électroaimant (bobine+circuit ferromagnétique)
- d'un porteur mobile supportant un contact mobile
- ainsi qu'un contact fixe
- d'un ressort de rappel du contact mobile

Son principe de fonctionnement est illustré par la figure 20.

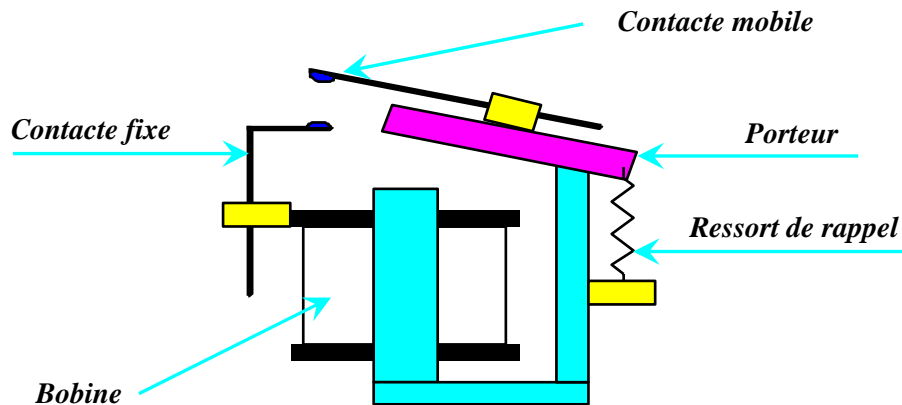
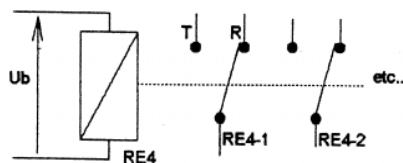


Figure 20: Relais

En alimentant la bobine le champ magnétique attire le contact mobile vers le contact fixe (position de travail T).

Dés que la bobine n'est plus alimentée, le contact mobile revient à la position de repos (R) par un ressort de rappel.

Dans l'exemple ci-dessus, le relais possède un contact mobile. Il peut avoir plus. Symbole graphique d'un relais:



Dans l'armoire électrique on trouve :

K2 : Relais avec temporisation à la fermeture, il permet de commander le transformateur (TR1).

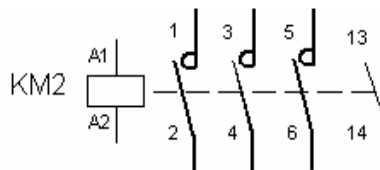
K3 : Relais qui permet d'alimenter le circuit de commande numérique.

K4 : Relais de l'arrêt d'urgence.

▪ **les contacteurs**

Un contacteur est un appareil de commande destiné à établir ou interrompre le passage du courant. Il a la même fonction qu'un relais électromécanique, avec la différence que ses contacts sont prévus pour supporter un courant beaucoup plus important. Ainsi, ils sont utilisés afin d'alimenter des moteurs industriels de grande puissance (plus de 0,5 kW) et en général des consommateurs de fortes puissances. Ils possèdent un pouvoir de coupure important.

Symbole graphique d'un contacteur:



Dans l'armoire électrique on trouve les contacteurs suivants :

**K0** : contacteur qui commande l'alimentation du transformateur triphasé (TR1).

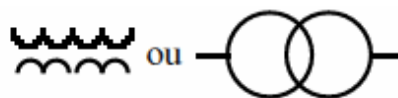
**K1** : contacteur qui commande le moteur (M1) de la pompe hydraulique.

**K5** : contacteur qui commande le moteur (M2) du système de refroidissement (ventilateur de refroidissement).

▪ **les transformateurs**

Un transformateur électrique est un convertisseur permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme.

Symbole graphique d'un transformateur :



Dans l'armoire électrique on trouve deux transformateurs principaux :

- **TR1** : Ce transformateur possède une sortie triphasée (115V) et une autre sortie monophasée (220V). Ces sorties servent à alimenter le module de commande (AZ1). La sortie monophasée alimente aussi le ventilateur V1.

- **TR2** : Transformateur monophasé (110V alternatif), alimente les cartes d'interfaces (SC01) et (SC02).

▪ **Circuit de commande numérique (CNC) BOSCH CC100**

C'est une carte électronique à microcontrôleur où est implanté le programme de la machine.

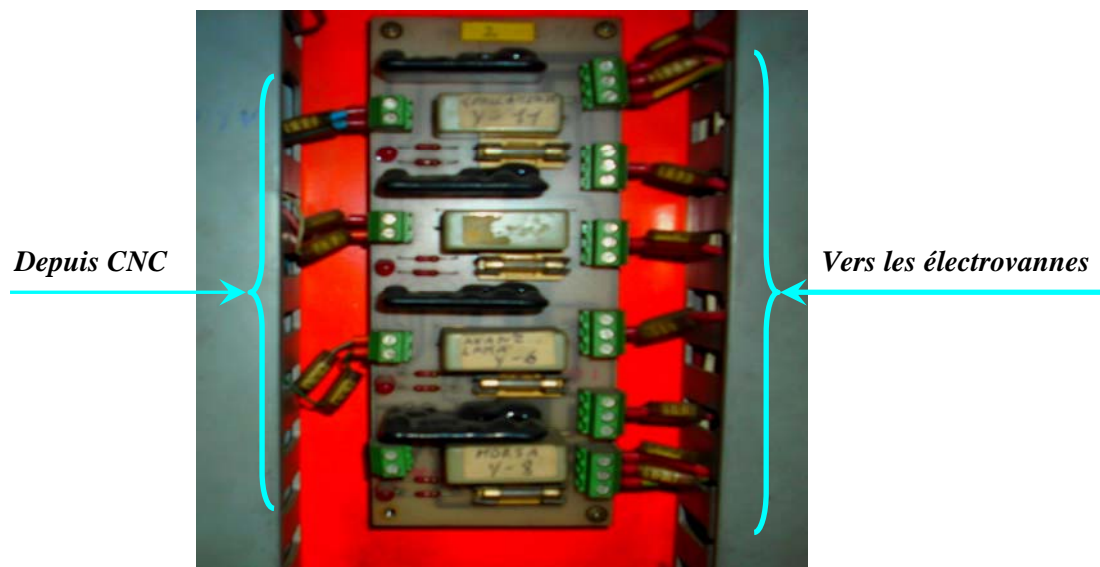
▪ **Cartes d'interfaces**

Les cartes d'interfaces permettent le raccordement entre la partie commande (le circuit de commande numérique (CNC)) et la partie opérative.

Dans l'armoire électrique on trouve les 4 cartes d'interfaces suivantes :

- **SC01** et **SC02** : c'est des cartes d'interfaces qui permettent le raccordement entre le circuit de commande numérique (CNC) et les électrovannes, elles permettent aussi d'adapter la puissance de sortie du (CNC) pour actionner les électrovannes.

La figure 21 suivante illustre la structure d'une carte d'interface SCO.



*Figure 21: Structure d'une carte d'interface SCO*

- **SCI 1** et **SCI 2** : C'est des cartes d'interfaces qui permettent le raccordement entre les capteurs et le circuit de commande numérique (CNC).

La figure 22 suivante illustre la structure d'une carte d'interface SCI.

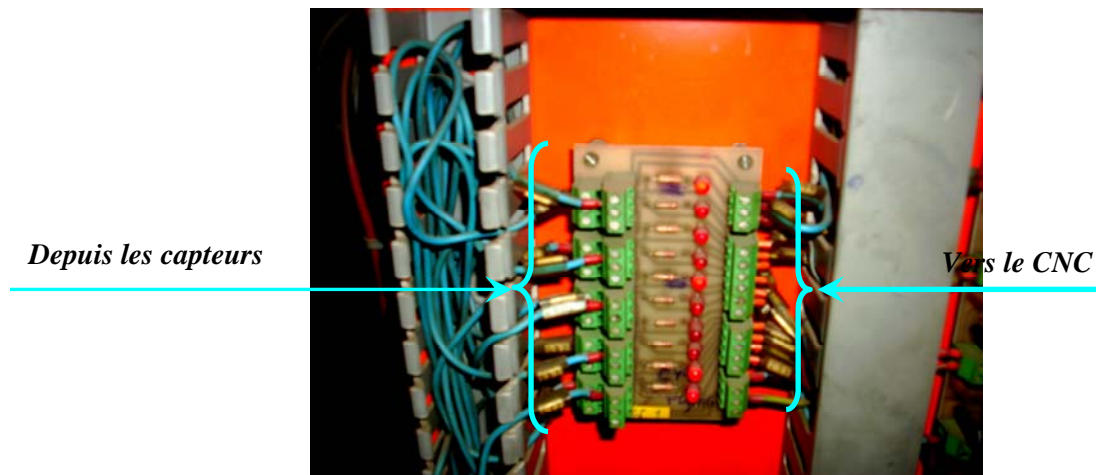


Figure 22: Structure d'une carte d'interface SCI

## b) Les Capteurs

Placé dans la partie opérative d'un système automatisé, un capteur est un dispositif qui permet de transformer une grandeur physique (position, température, lumière, pression...) en une grandeur électrique (tension ou courant) et à la rendre exploitable par la partie commande. Il existe deux grandes familles de capteurs : Les Capteurs à contact et les Capteurs sans contact, dans chacune de ces familles, on trouve à la fois des Capteurs Logiques et des Capteurs Analogiques:

- Les Capteurs Logiques : Ils sont capables de détecter seulement 2 états : "présent/pas présent", "ouvert/fermé" ...etc.
- Les capteurs analogiques : ils peuvent détecter une infinité d'états

### ▪ Détecteurs de position

Les capteurs mécaniques de position, appelés aussi interrupteurs de position, sont surtout employés dans les systèmes automatisés pour assurer la fonction détecter les positions. On parle aussi de détecteurs de présence.

Ils sont réalisés à base de microcontacts placés dans un corps de protection et muni d'un système de commande ou tête de commande.

Ils offrent beaucoup d'avantages, comme :

- tension d'emploi élevée
- mise en oeuvre simple, fonctionnement visualisé
- grande résistance aux ambiances industrielles

Symbole graphique d'un détecteur de position



Dans notre machine, on retrouve neuf détecteurs mécaniques :

**S02** : Il indique la position initiale du groupe de coupe.

**S03** : Il indique la position d'enclenchement du moteur hydraulique.

**S04** : Il indique la position de blocage de tube.

**S05** : C'est le capteur de fin de course du vérin du groupe de coupe.

**S06** : Capteur de rotation de Z(+), donne la limite de rotation de l'axe Z dans le sens positif.

**S07** : Capteur de rotation de Z(-), donne la limite de rotation de l'axe Z dans le sens négatif.

**S10** : Capteur de sécurité pour l'opérateur en cas d'ouverture du capot de la machine.

**S11** : C'est un capteur de sécurité de la barrière externe.

**SLA1** : C'est un capteur de sécurité en cas d'ouverture de la porte avant de l'armoire électrique.

**SLA2** : C'est un capteur de sécurité en cas d'ouverture de la porte arrière de l'armoire électrique.

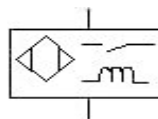
#### ▪ **Détecteurs de proximités inductifs**

Ce type de capteurs est utilisé pour la détection d'objets métalliques. Ce type de capteur permet de faire une détection sans contact de l'objet à détecter.

Lorsqu'un écran métallique est placé dans le champ magnétique du détecteur, des courants induits constituent une charge additionnelle qui provoque l'arrêt des oscillations.

Après mise en forme, un signal de sortie correspondant à un contact à fermeture NO, à ouverture NC ou complémentaire NO + NC est délivré.

Symbole graphique:



Dans notre machine, on trouve des détecteurs inductifs de type PNP qui sont:

**S01**: Capteur de début de course qui indique la position initiale sur l'axe de cintrage (Y)

**S08** : C'est un capteur qui indique la position initiale sur l'axe Z.

**S09** : Capteur qui indique la présence du tuyau.

**S12** : C'est un capteur de fin de course du vérin de la scie, il commande le retour du vérin de groupe de coupe et le vérin de la scie.

- **Les codeurs rotatifs**

Les codeurs rotatifs sont un type de capteurs permettant de délivrer une information d'angle, en mesurant la rotation effectuée autour d'un axe. L'information de vitesse peut alors être déduite de la variation de la position par rapport au temps.

- **Lampes de signalisation**

Elles sont utilisées pour signaler l'état de fonctionnement d'appareils électrique.

**H1** : Signale la mise sous tension du circuit 110V

**H2** : Signale la mise sous tension du circuit 24V

**H3** : Signale la mise en marche de la pompe hydraulique

**LA1 /2** : trois lampes clignotantes déclanchées par le capteur **SLA1 /2**

- **Moteurs électriques**

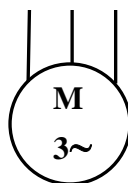
Dans notre machine on trouve deux moteurs à courant continue et deux moteurs asynchrones triphasés.

- **Moteur asynchrone triphasé**

C'est une machine électrique à courant alternatif sans connexion entre le rotor et le stator.

Le terme asynchrone provient du fait que la vitesse de ces machines n'est pas forcément proportionnelle à la fréquence des courants qui les traverse.

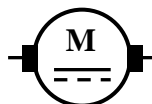
Symbole graphique d'un moteur asynchrone triphasé



- **Moteur à courant continue**

Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique.

Symbole graphique d'un moteur à courant continue



### II.3. Fonctionnement de la machine

La cintruse de tubes permet de fabriquer plusieurs modèles selon le programme qu'on lui injecte dans la carte électronique.

Son principe de fonctionnement peut être divisé en quatre parties principales : la première partie se résume au mouvement de translation, la deuxième partie c'est la partie du mouvement de cintrage, la troisième partie se résume au mouvement de rotation et la quatrième partie est consacrée au mouvement de groupe de coupe.

La figure qui suit illustre la disposition des quatre parties principales de fonctionnement de notre machine.



Figure 23: La cintruse tube

Dans la première partie (partie de translation) le mouvement s'effectue suivant l'axe X.

- *Suivant l'axe X* : le tuyau est entraîné suivant cet axe par les galets d'entraînement jusqu'à atteindre le pas désiré  $X_d$  qui est calculé par le codeur incrémental (CX).

Les galets d'entraînement sont couplés à un moteur réducteur à l'aide d'une chaîne qui permet de transmettre le mouvement du moteur aux galets.

Dans la deuxième partie (partie de cintrage) le mouvement s'effectue suivant l'axe Y.

- *Suivant l'axe Y* : le système à crémaillère permet de transformer le mouvement de translation du vérin en une rotation (cintrage), le codeur (CY) mesure l'angle désiré  $\theta_d$  et donne l'information d'arrêter le cintrage lorsque  $\theta_d$  est atteint.

L'angle  $\theta$  est compris entre  $0^\circ$  et  $180^\circ$ .

Dans la troisième partie (partie de rotation) le mouvement s'effectue suivant l'axe Z.

- **Suivant l'axe Z** : le moteur réducteur à courant continu (Mz) provoque la rotation autour de l'axe X d'un angle désiré  $\alpha_d$ .

Le codeur (CZ) mesure l'angle désiré et transmet l'information d'arrêter la rotation lorsque l'angle désiré est atteint.

Dans la quatrième partie (partie de la coupe) on distingue deux mouvements, la translation du vérin de groupe de coupe et la rotation de la lame de coupe.

À la fin du cintrage, le vérin (35) est actionné pour faire avancer le groupe de coupe sur la glissière, quand le groupe de coupe arrive à la position de blocage de tube, le capteur (S04) actionne l'étau de blocage pour maintenir le tuyau pendant la coupe, à l'arrivée du groupe de coupe à la position d'enclenchement de la scie le capteur (S03) démarre le moteur hydraulique qui entraîne à son tour la lame de coupe grâce à la courroie de transmission.

À l'arrivée du groupe de coupe au fin de course le capteur (S05) actionne la sortie du vérin de la scie, ensuite quand le tuyau est coupé le moteur hydraulique s'arrête et le capteur de fin de course (S12) actionne le retour du vérin de groupe de coupe et le vérin de la scie à leurs positions initiale qui seront détectées respectivement par les capteurs de début de course (S02) et (S13), une fois que ces débuts de course sont détectés le cycle de production pourra recommencer.

## II.4. Cintrage des tubes

Le cintrage des tubes est une opération délicate. Les tubes peuvent être cintrés à froid ou à chaud à la main ou à la machine, suivant leur diamètre, leur épaisseur, le rayon de cintrage et les moyens mis à disposition.

La facilité de cintrage dépend d'un certain nombre de facteurs:

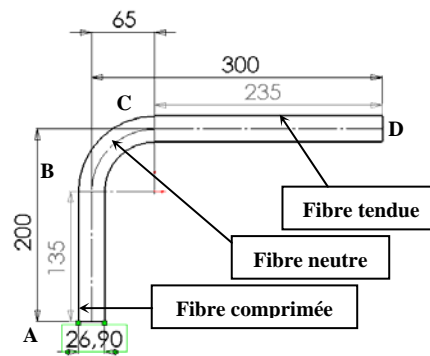
- Le rayon de cintrage: pour un tube donné, plus le rayon est grand, plus le cintrage est faible.
- Le rapport épaisseur /diamètre: un tube épais est plus facile à cintrer qu'un tube mince

### - Méthode de calcul

La longueur à débiter pour cintrer est la somme des parties droites et des parties courbes calculées à la fibre neutre.

$$\text{Longueur Développée} = \sum \text{Parties droites} + \sum \text{Parties courbes}$$

Fibre neutre est la fibre de tube qui n'est ni comprimée ni tendue lors de la déformation



Pour cet exemple :  $LD = (AB + CD) + (BC)$

- Calcul des parties courbes (Dans notre exemple (BC)) :

Le périmètre d'un cercle est égale à :  $2 \times \pi \times R$

Cette longueur représente un arc de  $360^\circ$ .

Donc pour un arc d'angle  $\alpha$  quelconque, la longueur de cet arc sera égale à :

$$L_{\text{partie.courbe}} = \frac{2 \times \pi \times R \times \alpha}{360}$$

Application numérique de notre exemple :

$$AB = 135, CD = 235, BC = \frac{\pi \times 65}{2} \approx 102 \quad \text{avec } R = 65\text{mm} \text{ et } \pi = 3,1416$$

$$\text{donc: } LD = 135 + 235 + 102 \approx 472 \text{ mm}$$

**Remarque :**

Soit  $N$  nombre d'actions sur une pièce, et chaque action est un vecteur des paramètres, pour

$$\text{l'exemple précédent } N = 2 \text{ tel que } \begin{pmatrix} X_{1d} \\ \alpha_{1d} \\ \theta_{1d} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 186 \\ 0 \\ 90 \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{pmatrix} X_{2d} \\ \alpha_{2d} \\ \theta_{2d} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 286 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

## II.5. Conclusion

Dans ce chapitre on a commencé par une étude général de l'équipement de la machine, on a illustré d'une façon brève la description et le rôle des constituants de toutes les parties de la cintruse (partie hydraulique, partie mécanique et la partie électrique), pour mieux maîtriser notre machine et faciliter le développement de la futur solution programmable, qui sera l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE

3

*MODÉLISATION  
PAR OUTIL GRAFCET*

## *Modélisation par l'outil GRAFCET*

### **III.1. introduction**

Pour pouvoir commander un système de production, nous devons suivre certaine étape dans le but de faciliter la tache aux automaticiens, pour résoudre un problème d'automatisation.

Tout système automatisé fait appel à une représentation formelle, qu'on appel un modèle pour structurer un système de production donnée, le GRAFCET est ce modèle choisit.

Ce dernier permet de décrire le cahier des charges et le fonctionnement du procédé d'une manière simple à comprendre et à concevoir.

Dans ce chapitre, nous procédons à la définition, présentation et la modélisation de notre système avec l'outil GRAFCET.

### **III.2. La modélisation**

#### **III.2.1. Notion du modèle :**

Un modèle est une représentation d'un système matériel (procédé). Il représente les différentes relations qui existent entre les variables d'entrées et les variables de sorties de ce système matériel. C'est un outil utilisé pour répondre aux problèmes posés sans réalisation d'expérience

#### **III.2.2. Modélisation d'un système automatisé :**

L'objectif principal d'un automaticien est de maîtriser l'évolution dans le temps d'un système matériel appelé procédé, constitué d'éléments électriques, mécaniques, pneumatiques, liés entre eux.

Dans une première phase de modélisation, l'automaticien cherche à décrire les relations qui existent entre les différentes parties du procédé sous forme d'équations mathématiques. Le modèle du procédé qu'il construit ainsi lui permet de prédire le comportement ou l'évolution de ce système matériel (procédé) lorsqu'il est soumis à différents phénomènes physiques.

### III.2.3. Les outils de la modélisation

Il existe différents outils de modélisations parmi eux : BAND GRAPH, GRAFCET, RDP (réseaux de pétri) ...etc.

Le GRAFCET et les RESEAUX DE PETRI sont les deux outils les plus utilisés par les automaticiens.

Afin de modéliser notre système industriel, nous avons choisi l'utilisation de GRAFCET car c'est l'outil le plus simple qui permet de modéliser parfaitement le système en tenant compte des contraintes physiques et logiques du fonctionnement, ainsi le GRAFCET à facilité considérablement le passage de description à la modélisation puis la programmation de la partie commande qui pilotera le procédé.

### III.3. Définition d'un GRAFCET

Un GRAFCET est un outil graphique permettant de spécifier le cahier des charges d'un automatisme séquentiel.

Un GRAFCET est composé d'étapes, de transitions et de liaisons.

▪ **Etape:**

Une étape est une séquence du déroulement du processus pendant laquelle les tâches ou les actions associées sont exécutées.

Une étape se représente par un carré et se repère à l'aide d'un nombre.

Une étape est soit active, soit inactive, on peut indiquer l'étape active à un instant donné par un point placé dans le carré de l'étape concernée.

▪ **Transition:**

Une transition indique la possibilité de dévolution d'une étape à l'étape suivante, elle se représente par un trait horizontal, elle peut être validée ou non validée.

Dans un GRAFCET linéaire, une transition est validée si l'étape immédiatement précédente est active.

▪ **Action:**

Une ou plusieurs actions (ou tâches) peuvent être associées à une étape. Elles traduisent ce qui doit être fait à chaque fois que l'étape à laquelle est associée est active.

Elles se représentent par un rectangle dans lequel est écrit l'ordre sous forme littérale ou symbolique, si aucune action n'est associée à une étape, cela se traduit par un comportement d'attente du système.

▪ **Réceptivité:**

À chaque transition est associée une condition de franchissement, c'est une proposition logique appelée réceptivité qui ne peut avoir que deux états: soit elle est vraie (=1), soit elle est fausse (=0).

▪ **Liaison orientée:**

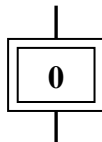
Elles sont représentées par un trait vertical et permettent de relier: les étapes aux transitions, les transitions aux étapes.

Le sens conventionnel du parcours est du haut vers la bas. Lorsque le parcours est différent, des flèches sont nécessaires (pour la boucle de retour par exemple).

### III.4. Règles d'évolution

#### III.4.1. Etape initiale

C'est une étape symbolisée par deux carrés, la machine est au repos, toutes les conditions sont établies, la machine est prête à démarrer, c'est une étape qui est active au début de fonctionnement.



#### III.4.2. Franchissement d'une transition

Une transition est soit validée, soit non validée. Elle est dite validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives. On dit qu'une transition est franchissable lorsqu'elle est validée et la réceptivité associée est vraie.

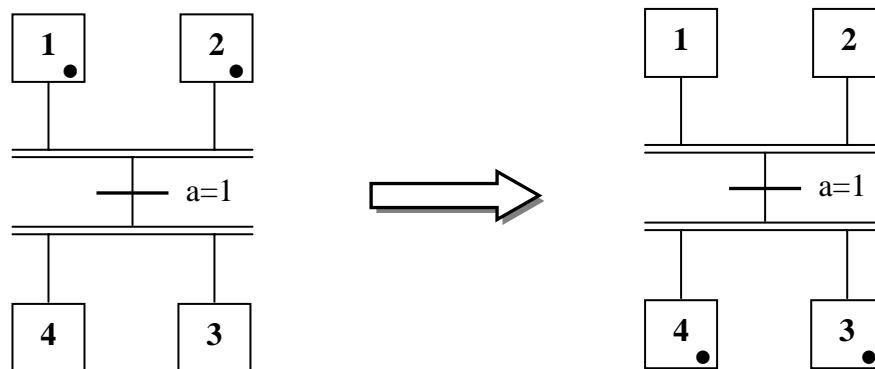
III.4.3. L'évolution des étapes actives

<b>Etape active</b>	aucune	aucune	32	32
<b>Transition validée</b>	non	non	oui	oui
<b>Réceptivité vraie</b>	oui	non	non	oui
<b>Transition franchissable</b>	non	non	non	oui

Figure 24 : Franchissement d'une transition

III.4.4. L'évolution des étapes actives

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



*Transition validée :  
les étapes 1 et 2 sont actives*

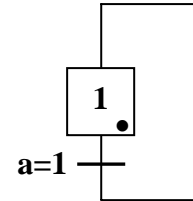
*Transition franchie:  
réceptivité =1 , activation  
des étapes 3 et 4 et  
désactivation des étape 1 et 2*

**III.4.5. Evolution simultanée**

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

**III.4.6. Activation et désactivation simultanée d'une même étape**

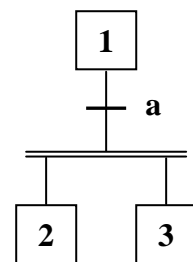
Si au cours du fonctionnement une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste activée.



**III.5. Configurations courantes d'un GRAFCET**

▪ **Divergence en ET :**

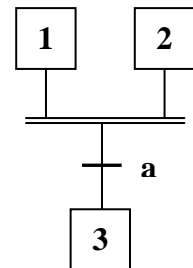
Si 1 active et la réceptivité a est vraie, alors désactivation de 1 et activation de 2 et 3.



▪ **Convergence en ET**

Si 1 active seul et la réceptivité a est vraie, alors aucun Changement.

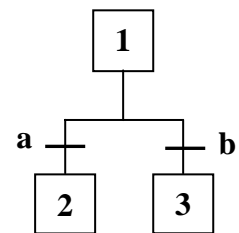
Si 1 et 2 sont actives et la réceptivité a est vraie, alors activation de 3 et désactivation de 1 et 2.



▪ **Divergence en OU**

Si 1 active et si la réceptivité a est vraie, alors désactivation de 1 et activation de 2,3 reste inchangé.

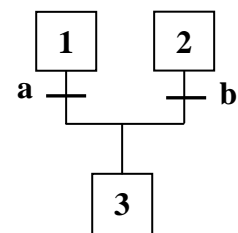
Si 1 active et les réceptivités a et b sont vrais, alors désactivation de 1 et activation de 2 et 3



▪ **Convergence en OU**

Si 1 active et a sans b, alors activation de 3 et désactivation de 1, 2 restes inchangés.

Si 1 et 2 et a et b alors 3 seules active.



### III.6. Les différents types d'actions associés aux étapes

#### III.6.1. Action continue

Elle s'exécute durant tout l'intervalle pendant lequel l'étape est active. La figure suivante illustre la représentation graphique d'une action simple et ses chronogrammes :

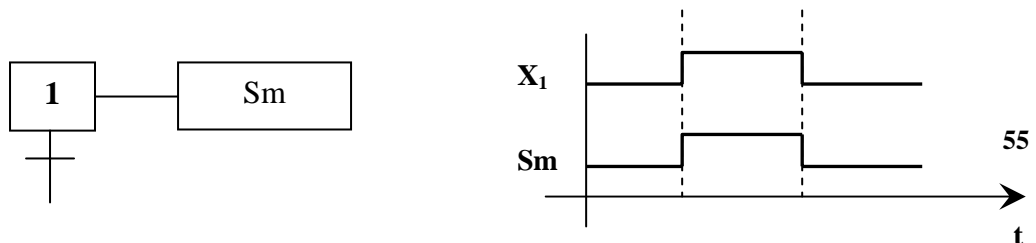


Figure 25 : Action continue simple

#### III.6.2. Actions conditionnelles

En plus de la condition d'état (étape active) elle est soumise à une condition logique. L'action est immédiatement interrompue dès que la condition devient fausse.

Le caractère conditionnel peut être de 3 types :

- **Type C (Condition)** : C'est une action conditionnelle simple (représentation normalisée à la figure 26).

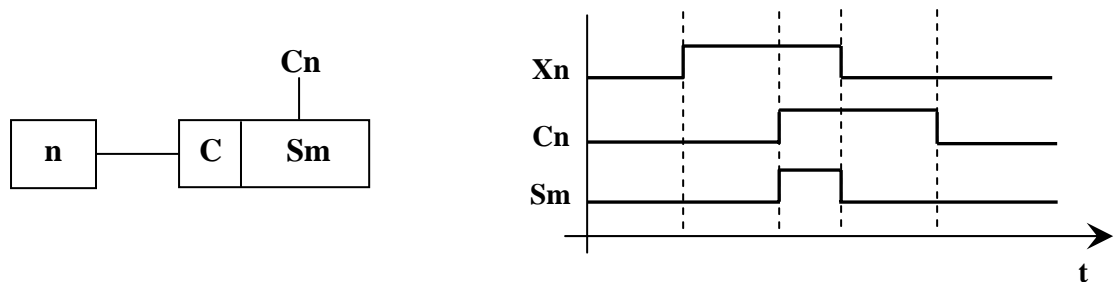


Figure 26: Action conditionnelle simple

- **Type D (Delay)**

Une action conditionnelle retardée sur l'étape n est une action conditionnelle qui est actionnée après l'écoulement de la durée spécifiée

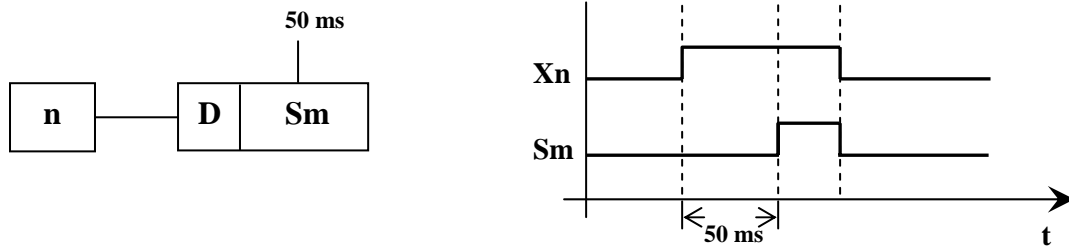


Figure 27 : Action retardée

▪ **Type L (Limited)**

Une action conditionnelle limitée dans le temps sur l'étape n est une action conditionnelle qui est interrompue après l'écoulement de la durée spécifiée.

Représentation normalisée à la figure 28.

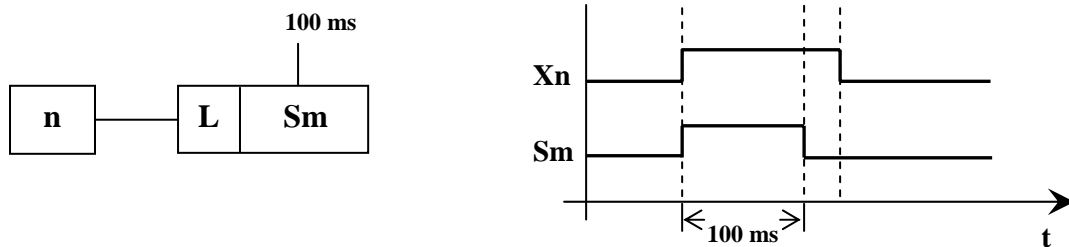


Figure 28 : Action limitée

**III.6.3. Actions mémorisées**

L'action sera mise en route sur une action set (mise à 1) et arrêtée sur une action reset (remise à 0).

Représentation normalisée d'actions mémorisées et leurs chronogrammes à la figure 29.

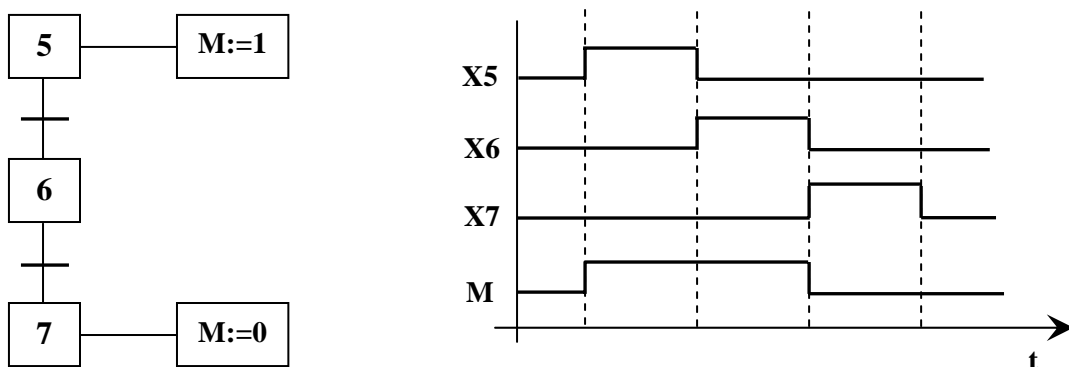


Figure 29: Représentation graphique d'actions mémorisées et leurs chronogrammes

### III.7. Niveaux de GRAFCET

Il existe deux niveaux fonctionnels de GRAFCET:

- **GRAFCET Niveau 1 :**

Un GRAFCET de niveau 1 ou GRAFCET fonctionnel c'est un GRAFCET littéral, il explique en vocabulaire la compréhension globale d'un système, c'est-à-dire décrit le comportement de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative et du monde extérieur.

- **GRAFCET Niveau 2 :**

Un GRAFCET de niveau 2, il vient à compléter les spécifications fonctionnelles, et indique comment les actions sont réalisées en pratique c'est-à-dire à ce niveau seulement que doivent intervenir les renseignements sur la nature exacte des capteurs et actionneurs employés, leurs caractéristiques et les contraintes qui peuvent en découler.

### III.8. Mise en équation d'un GRAFCET

Pour passer de l'étape de modélisation du procédé par GRAFCET à l'étape de programmation, on doit établir les équations logiques des étapes et des actions associées aux étapes.

A l'initialisation du GRAFCET, toutes les étapes autres que les étapes initiales sont désactivées. Seules les étapes initiales sont activées.

Soit la variable Init telle que :

- **Init = 1** : initialisation du GRAFCET : Mode Arrêt.
- **Init = 0** : déroulement du cycle : Mode Marche.

Soient les variables arrêt d'urgence (AU dur et AU doux) telles que :

- **AUdur = 1** : désactivations de toutes les étapes.
- **AUdoux = 1** : désactivations des actions, les étapes restant actives.

Les conditions d'activation et de désactivation des étapes sont données comme suit :

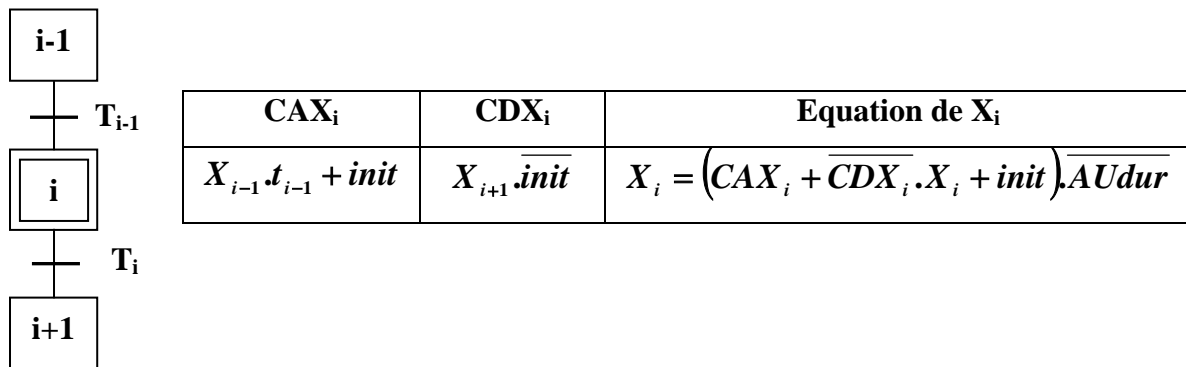
- **CAXi** : condition d'activation pour l'étape i.
- **CDXi** : condition de désactivation pour l'étape i.

Généralisation :

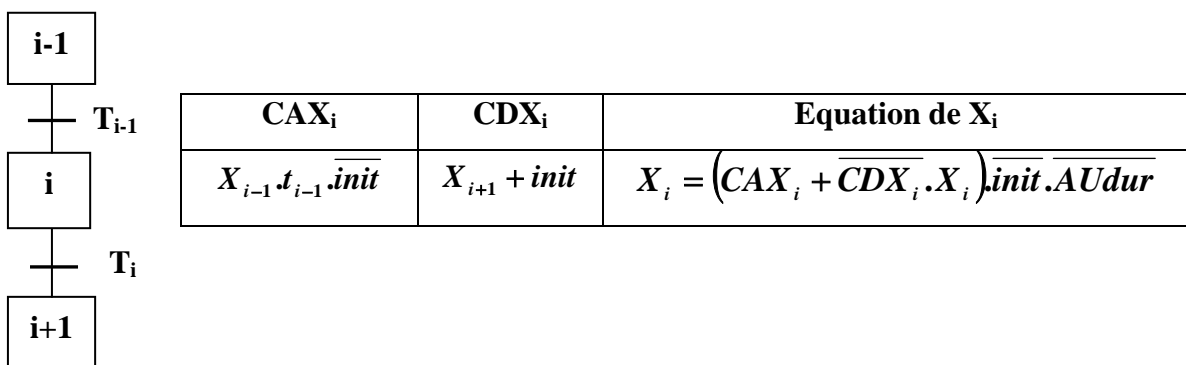
Chaque étape du GRAFCET peut être représentée par l'équation suivante

$$Xi = CAXi + Xi \cdot CDXi$$

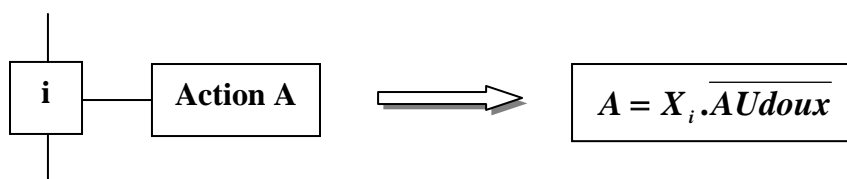
**a) Etape initial**



**b) Etape non initial**



**c) Action**



**III.9. Modélisation de notre nouveau système**

Pour modélisé notre nouveau système par l'outil GRAFCET nous avons choisit la méthode de coordination verticale ou hiérarchisée, cette approche a les caractéristiques suivantes :

- on peut obtenir une vue globale ou locale du système ;
- chacune des taches est commandée par une tache de niveau hiérarchique supérieur ;

- chacune peut commander des tâches de niveau hiérarchique inférieur ;

La figure suivante illustre la structure globale de notre GRAFCET.

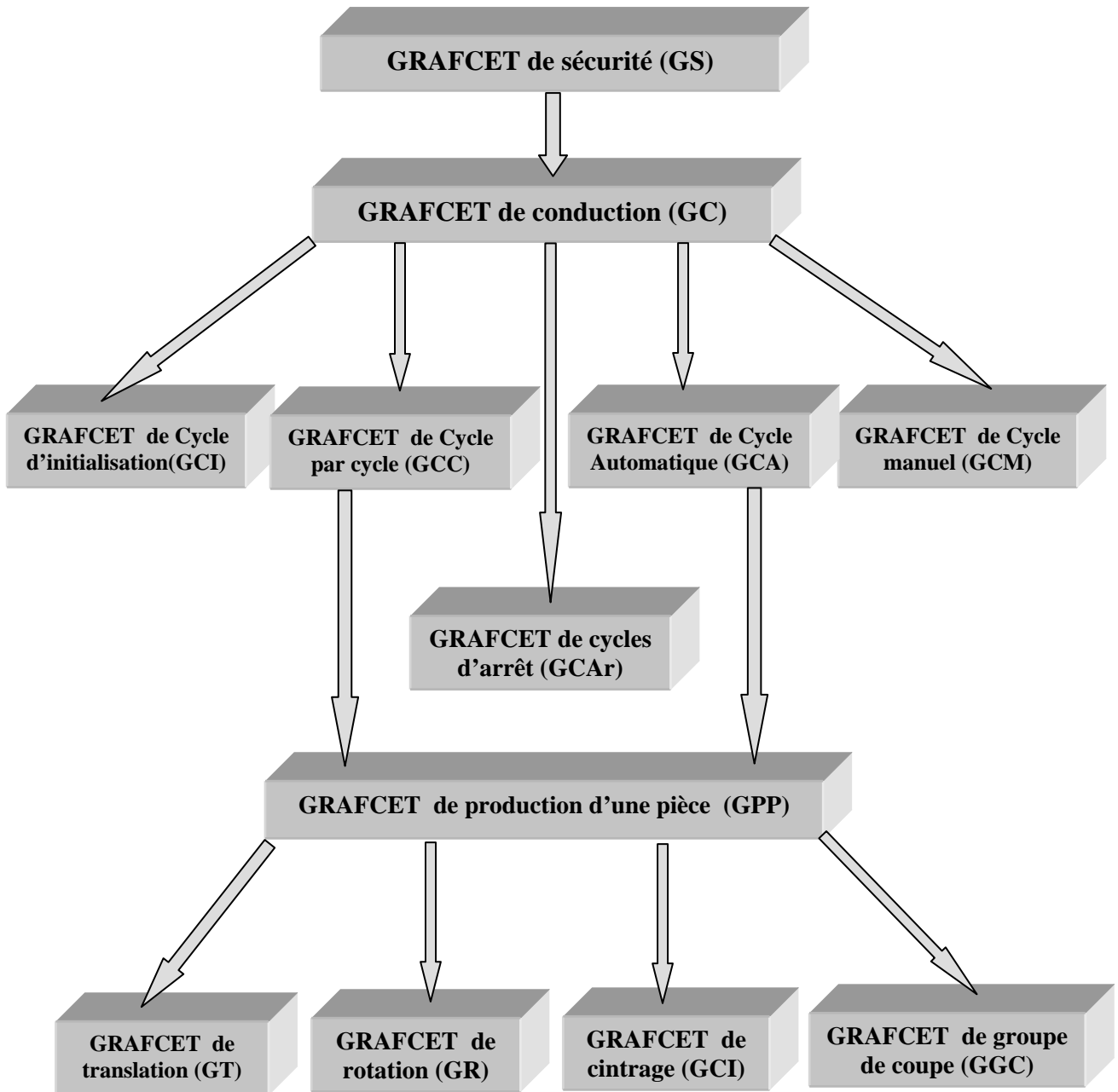


Figure 30 : structure globale du GRAFCET

Les abréviations utilisées dans la modélisation de cycle de fonctionnement de la machine sont représentées dans les tableaux 31 et 32.

Les entrées			
Bouton poussoir de démarrage	Start	Capteur de la position initiale du cintrage	S01
Bouton d'initialisation	Init	Capteur de la position initiale du groupe de coupe	S02
Bouton d'arrêt de la machine	stop	Capteur de démarrage de la scie	S03
Sélecteur1 sur la position automatique	Auto	Capteur qui actionne le blocage de tube	S04
Sélecteur1 sur la position manuelle	Manu	Capteur de fin de course du groupe de coupe	S05
Sélecteur2 sur l'axe X	SX	Capteur qui indique la limite de rotation du bras de cintrage Z (+)	S06
Sélecteur2 sur l'axe Y	SY	Capteur qui indique la limite de rotation du bras de cintrage Z (-)	S07
Sélecteur2 sur l'axe Z	SZ	Capteur qui indique la plage de rotation	S08
Bouton poussoir JOG+	J+	Capteur de présence de tube	S09
Bouton poussoir JOG-	J-	Capteur de sécurité qui indique l'ouverture du capot de la machine	S10
Bouton poussoir pour l'avancement du groupe de coupe	BAV	Capteur de sécurité de la barrière externe	S11
Bouton poussoir pour le recule du groupe de coupe	BRC	Capteur de fin de course du vérin de la scie	S12
Bouton poussoir pour le serrage de tube	SER	Capteur qui indique l'ouverture de la porte avant de l'armoire électrique	SLA1
Bouton poussoir pour le déblocage de tube	DEB	Capteur qui indique l'ouverture de la porte arrière de l'armoire électrique	SLA2
Bouton d'arrêt d'urgence	AU	La valeur de translation désirée	Xd
L'angle de cintrage désiré	$\theta d$	L'angle de rotation désirée	$\alpha d$
Nbre d'action pour produire une pièce	N	Nombre de pièce à produire	NP
Bouton acquittement des alarmes	BPA	Capteur de début de course du vérin de la scie	S13

Figure 31 : liste des entrées

Les sorties			
Démarrer moteur de l'axe X dans le sens +	MX(+)	Sortir vérin de l'étau de blocage	V5
Démarrer moteur de l'axe X dans le sens -	MX(-)	Démarrer le moteur hydraulique	MH
Démarrer moteur de l'axe Z dans le sens +	MZ(+)	Remise à zéro du compteur (i)	Raz (i)
Démarrer moteur de l'axe Z dans le sens -	MZ(-)	Chargement des paramètres $X_i$ , $\theta_i$ , $\alpha_i$ et N	Int : $x_i$ , $\theta_i$ $\alpha_i$ et N
Sortir vérin chariot d'épaulement	V2	Incrémenter le compteur i	$I \rightarrow +1$
Sortir vérin de cintrage	V3 (+)	Remise à zéro du compteur (j)	Raz (j)
Reculer du vérin de cintrage	V3 (-)	Chargement de nombre de pièces à produire	Int : NP
Sortir vérin de groupe de coupe	V4 (+)	Incrémenter le compteur J	$J \rightarrow +1$
Reculer du vérin de groupe de coupe	V4 (-)	Sortir vérin du tasseau de blocage	V1
Lampe orange signifie que l'alarme est de niveau1	AL1	Lampe rouge signifie que l'alarme est de niveau2	AL2
Afficher fin de tube	FT	Afficher le capot est ouvert	cap
Barrière externe de la machine est ouverte	Bar	porte avant de l'armoire électrique est ouverte	Pav
Porte arrière de l'armoire électrique est ouverte	Par	Défaillance du groupe de coupe	Déf-GC
Limite de rotation du bras de cintrage est atteinte Z(+)	Déf-Z(+)	Limite de rotation du bras de cintrage est atteinte Z(-)	Déf-Z(-)
Bouton d'arrêt d'urgence est appuyé	BAU	Temporisation de bon fonctionnement du MX	T1
Temporisation de bon fonctionnement du MZ	T2 et T3	Défaillance du moteur de l'axe Z	Déf-MZ
Défaillance du moteur de l'axe X	Déf-MX	Variation de vitesse	Vr
Sortir vérin de la scie	V6(+)	Reculer vérin de la scie	V6(-)

Figure 32 : liste des sorties

III.9.1. Gestion des modes de fonctionnement (Table de vérité)

Auto	Manu	Start	Stop	Init	C-A	C-M	C-C	C-S	C-I
0	0	X	X	X	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	C-A	0	0	0	0
1	0	0	0	1	C-A	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	X	X	X	0	0	0	0	0

Figure 33 : gestion des modes de fonctionnements

Remarque :

*Init* est une variable qui indique la nécessité d'initialisation, elle est mise à 1 en mode Manu. Et pour le mode Auto, si *Init* mise à 1 et l'appui sur Start le programme d'initialisation sera exécuté.

III.10. GRAFCET niveau 1

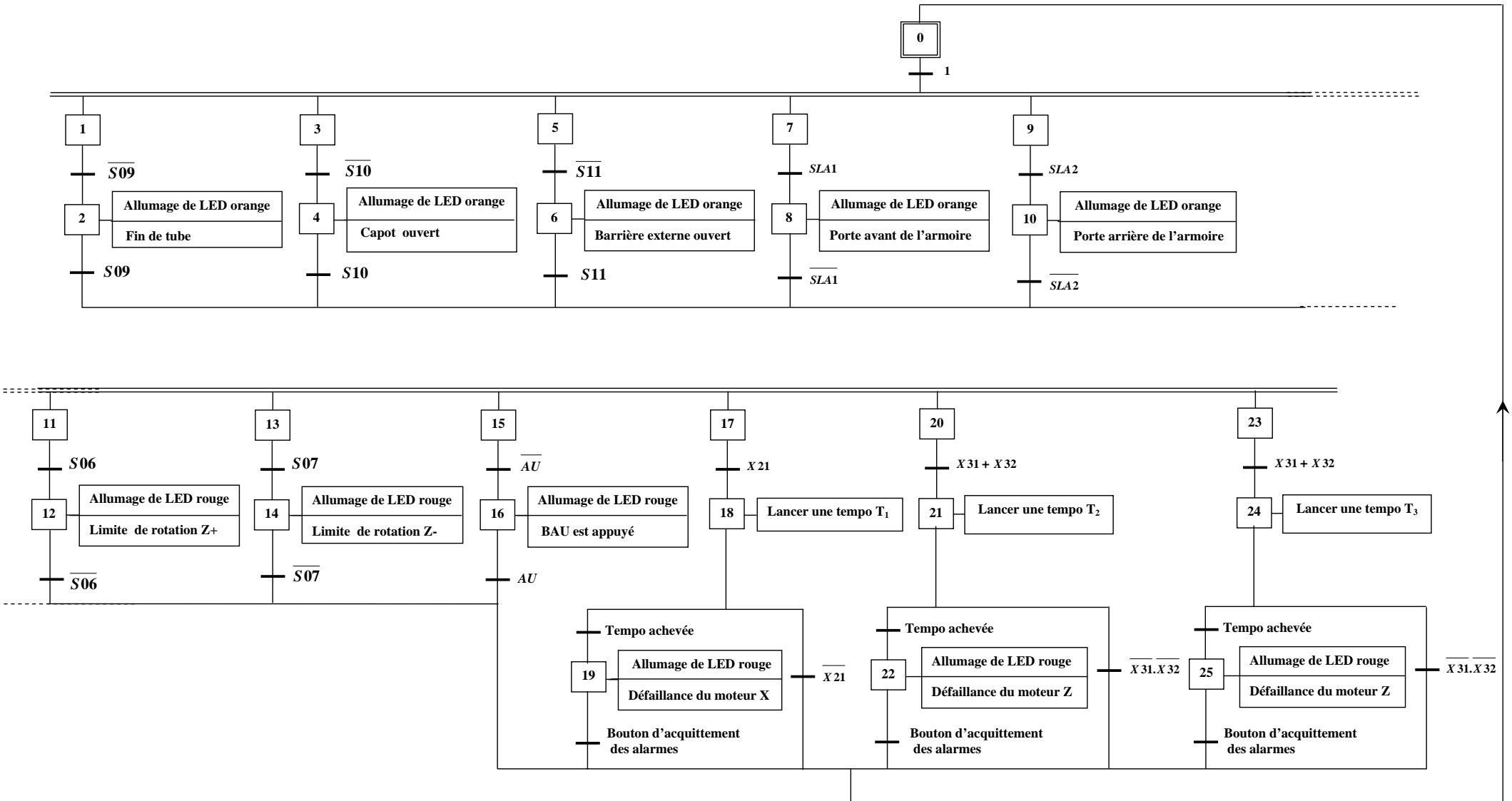


Figure 34 : GRAFCET de sécurité (GS)

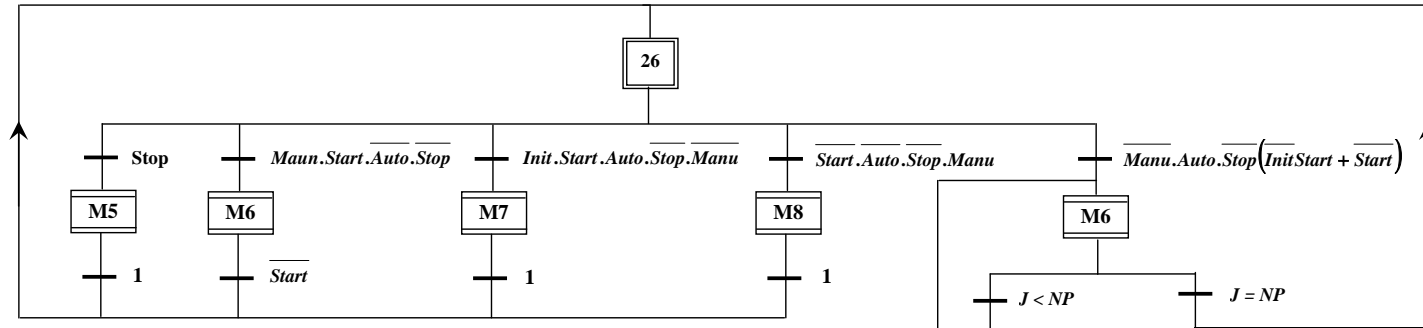


Figure 35 : GRAFCET de conduction ( GC )

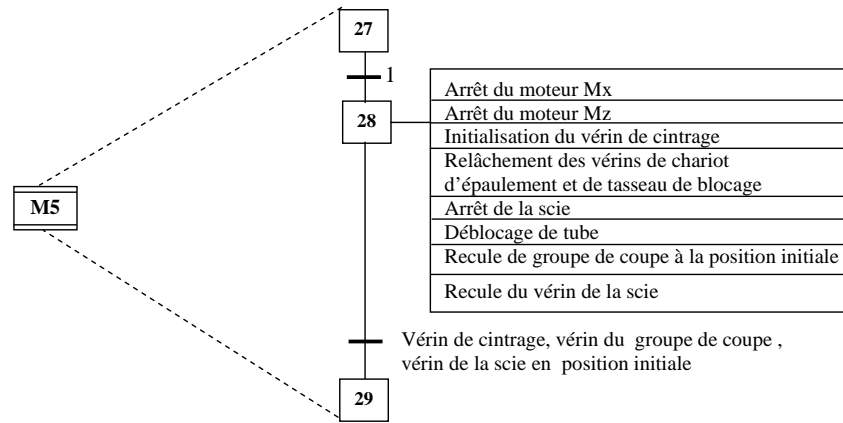


Figure 36 : GRAFCET d'arrêt ( GAr )

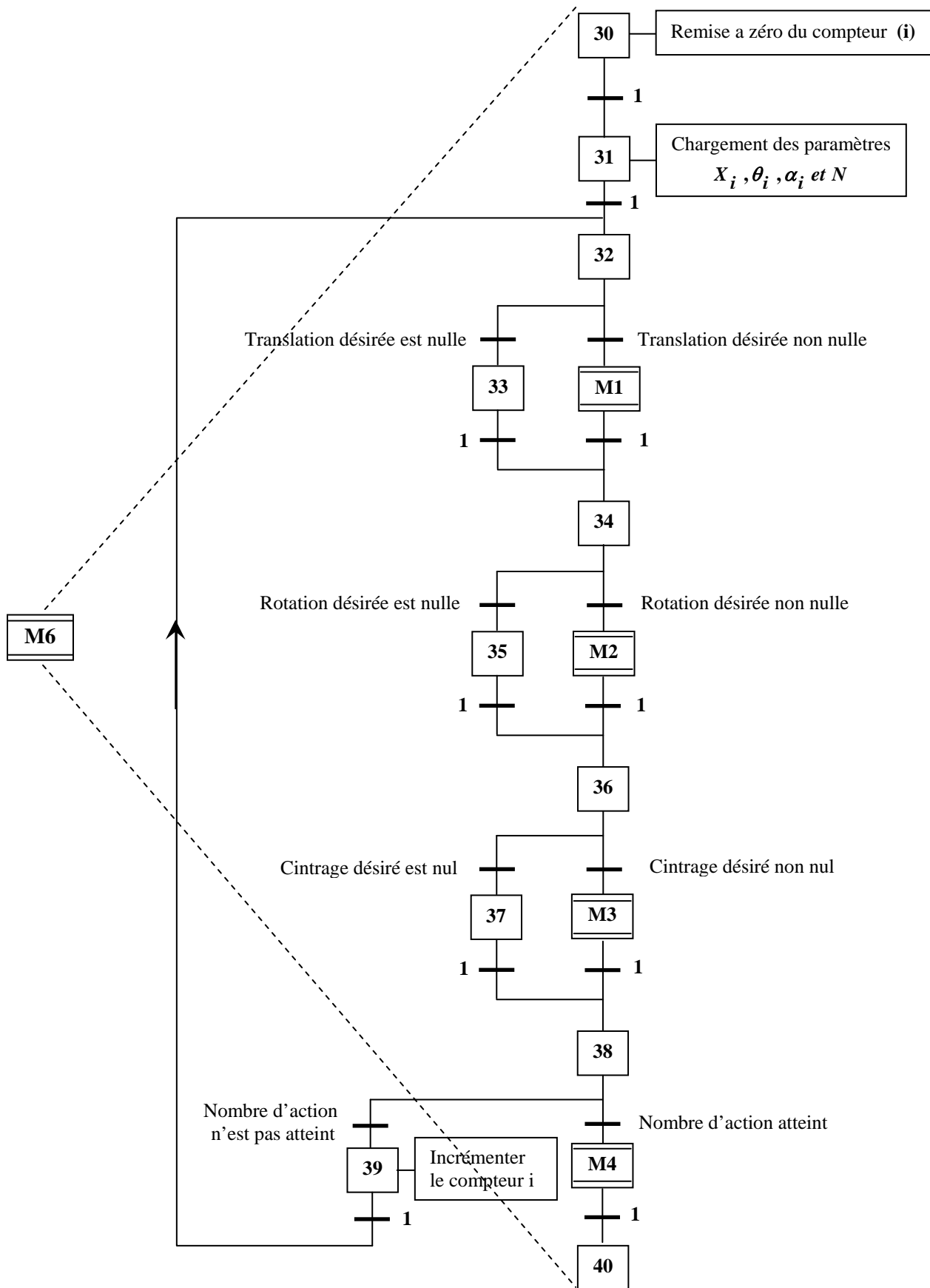


Figure 36 : GRAFCET de production d'une pièce

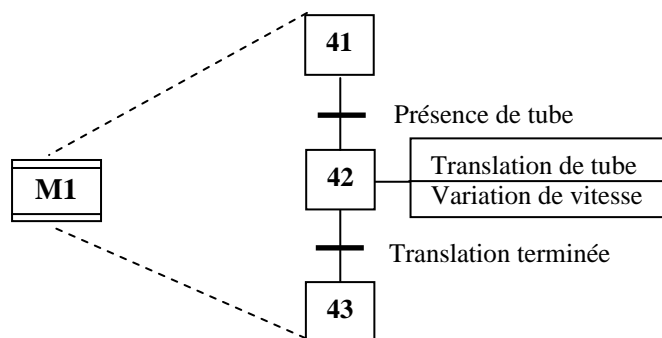


Figure 37: GRAFCET de translation

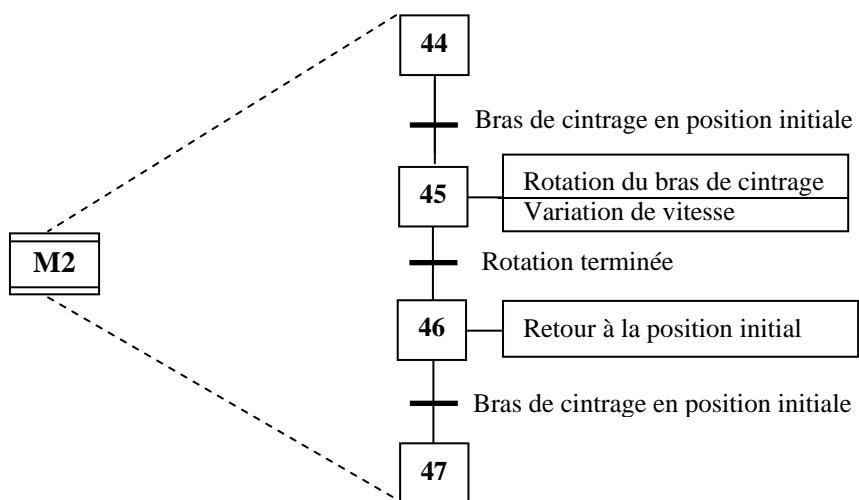


Figure 38: GRAFCET de rotation

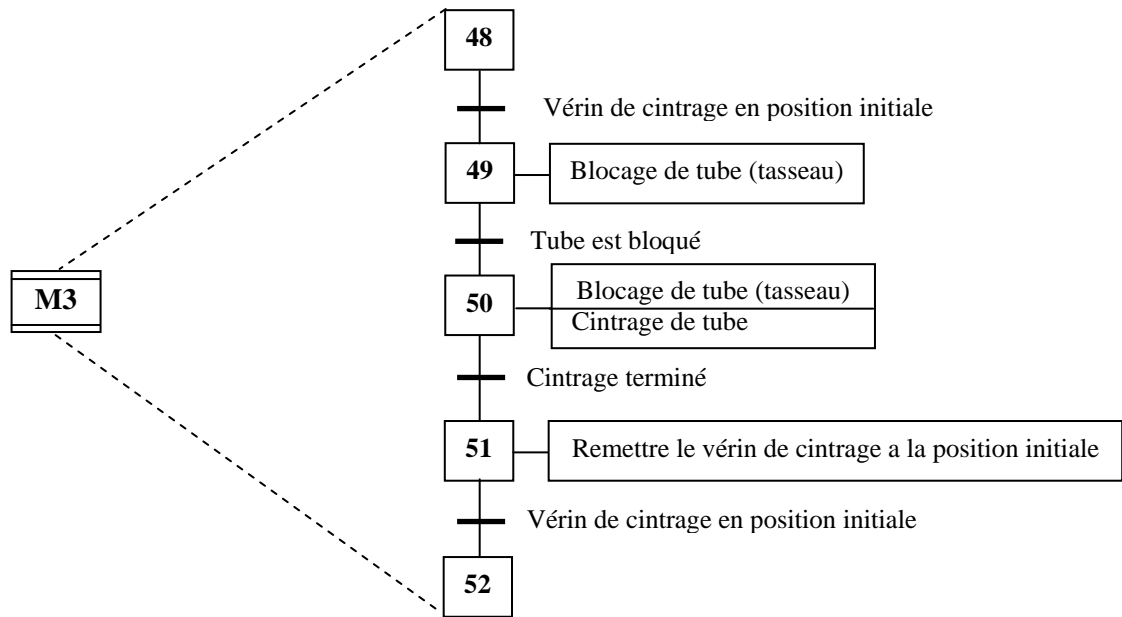


Figure 39: GRAFCET de cintrage

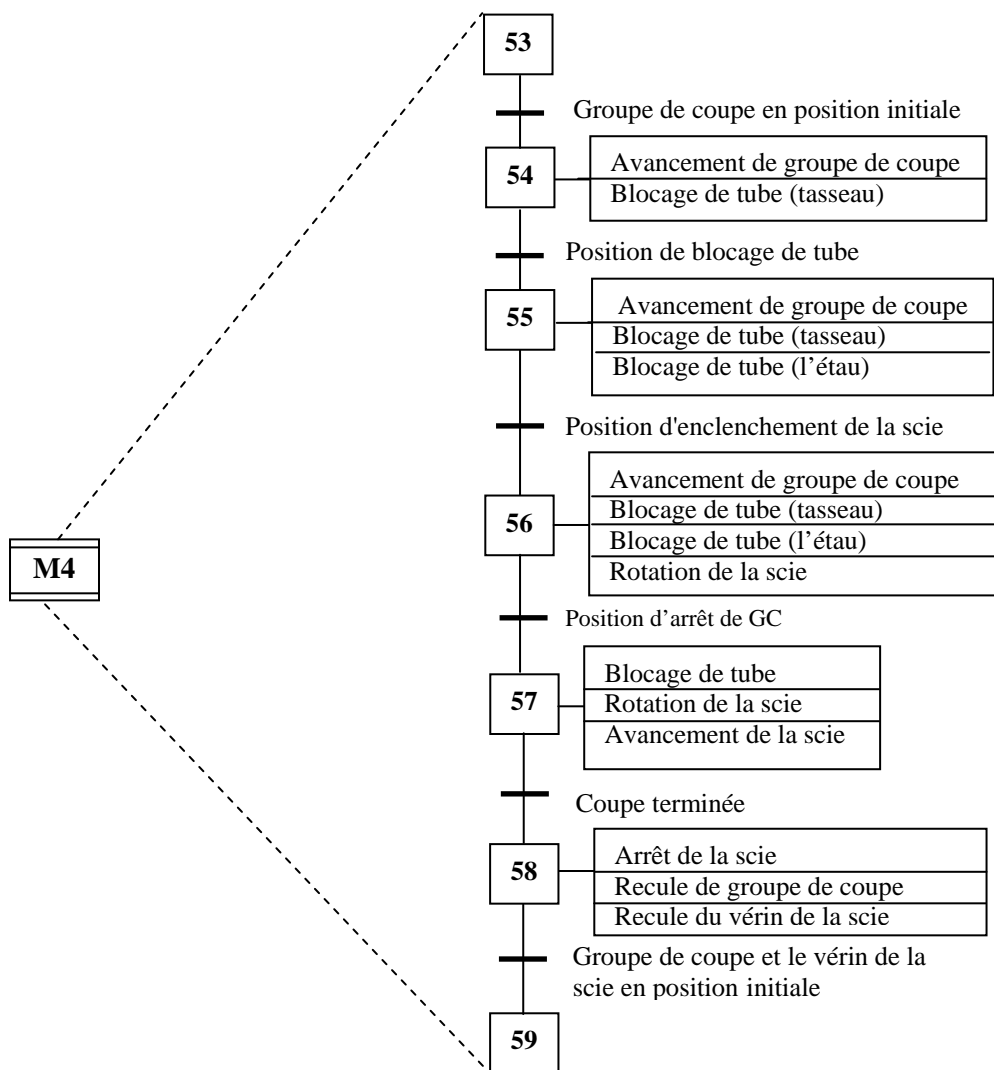


Figure 40: GRAFCET de groupe de coupe

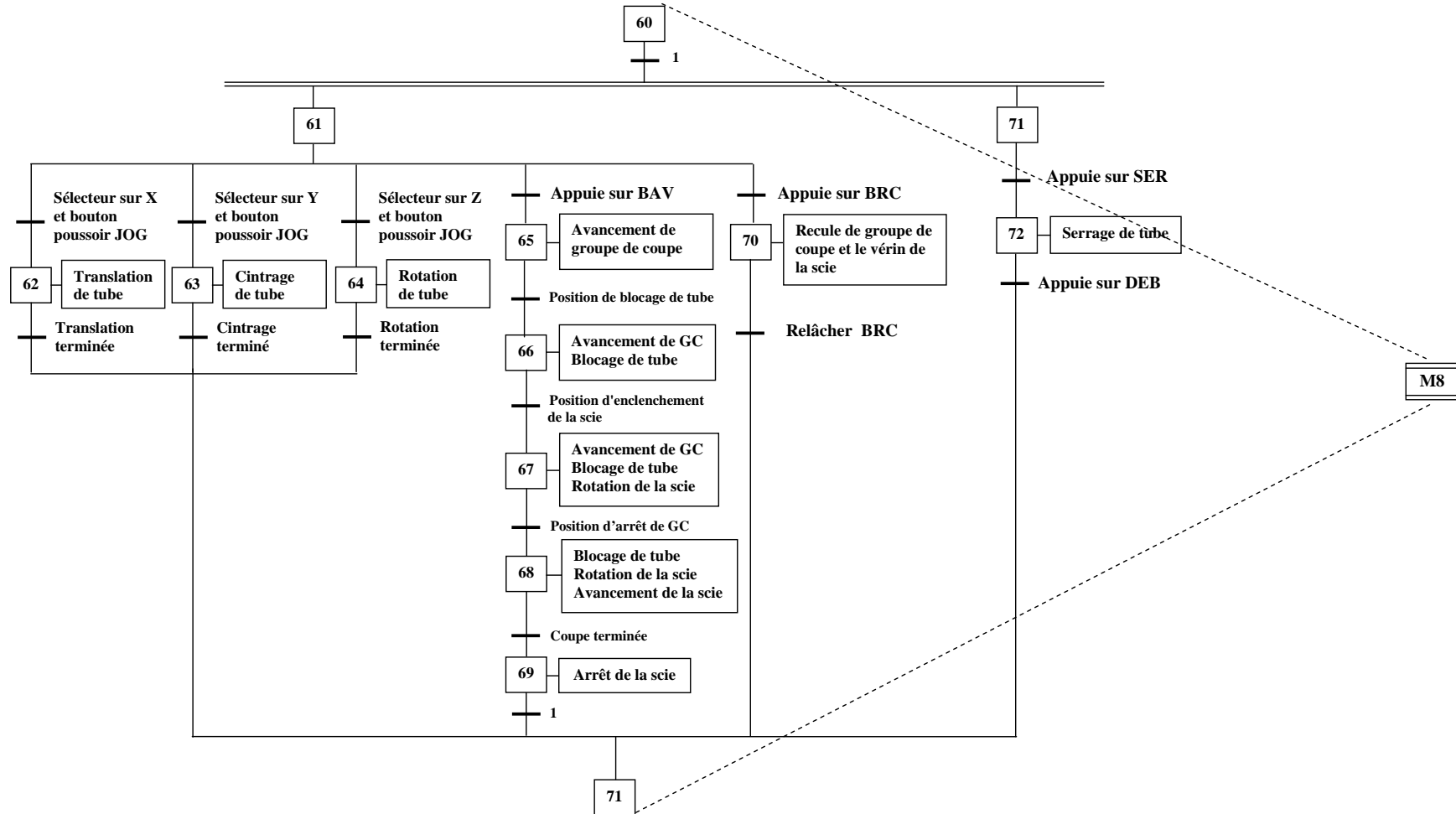


Figure 41: GRAFCET de cycle manuel GCM

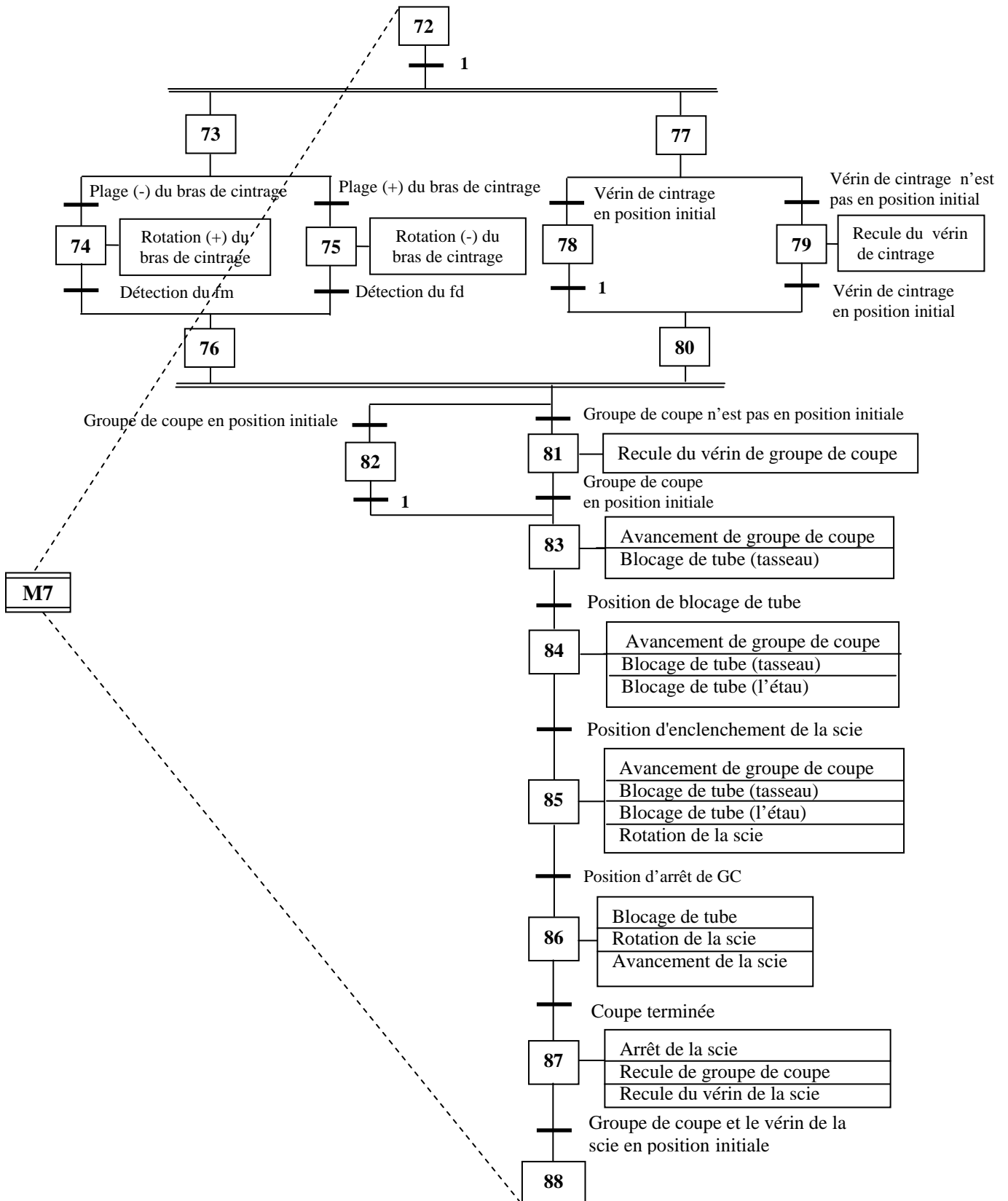


Figure 42: GRAFCET d'initialisation

III.11. GRAFCET niveau 2

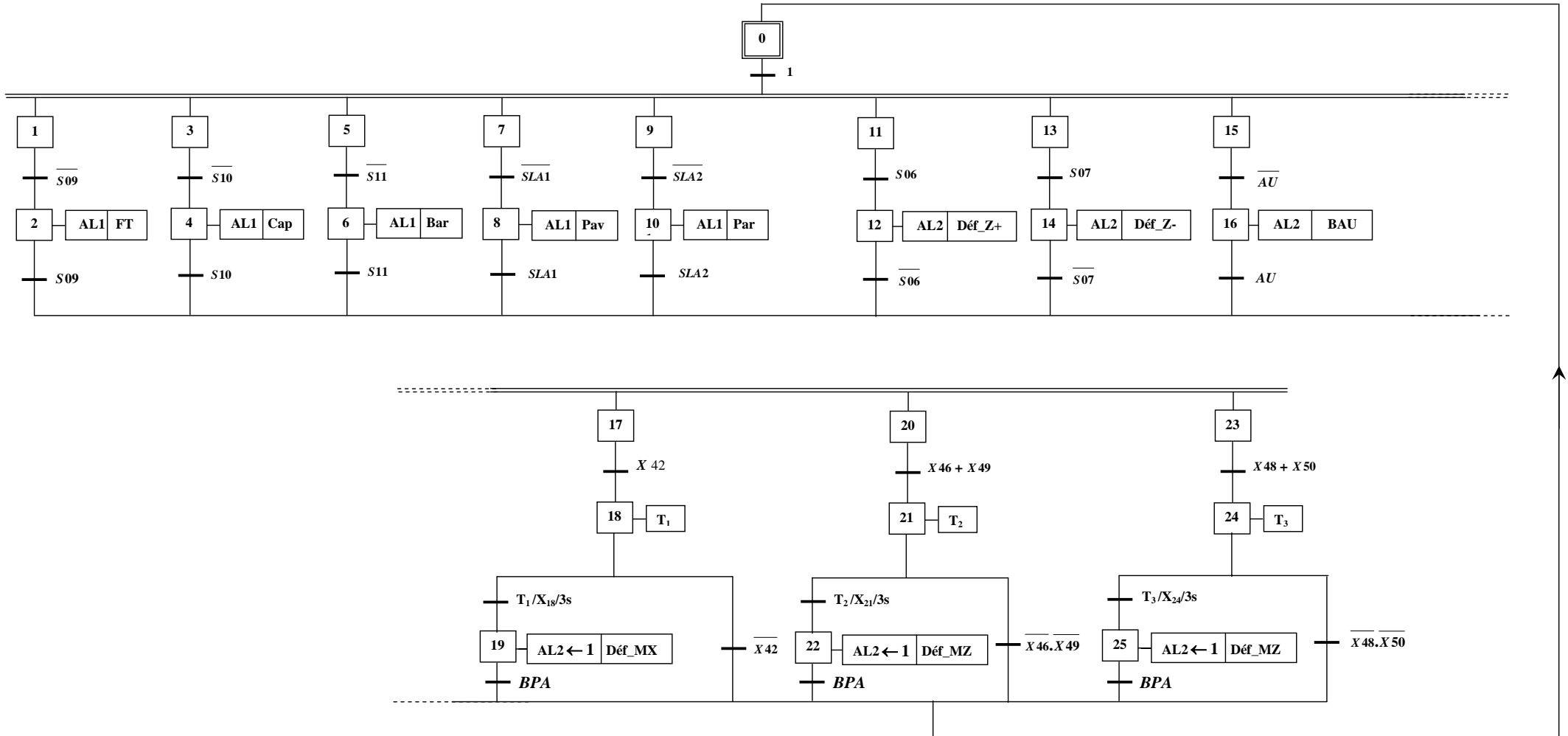


Figure 43 : GRAFCET de sécurité ( GS )

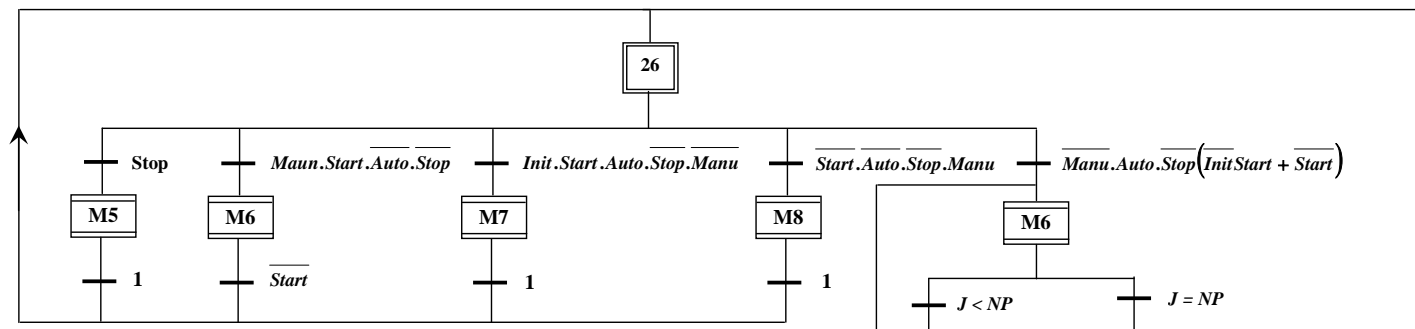


Figure 44 : GRAFCET de conduction (GC)

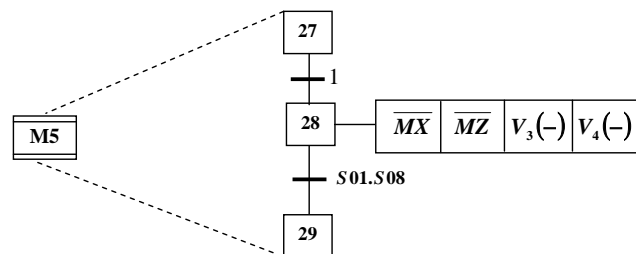


Figure 45 : GRAFCET d'arrêt (GAR)

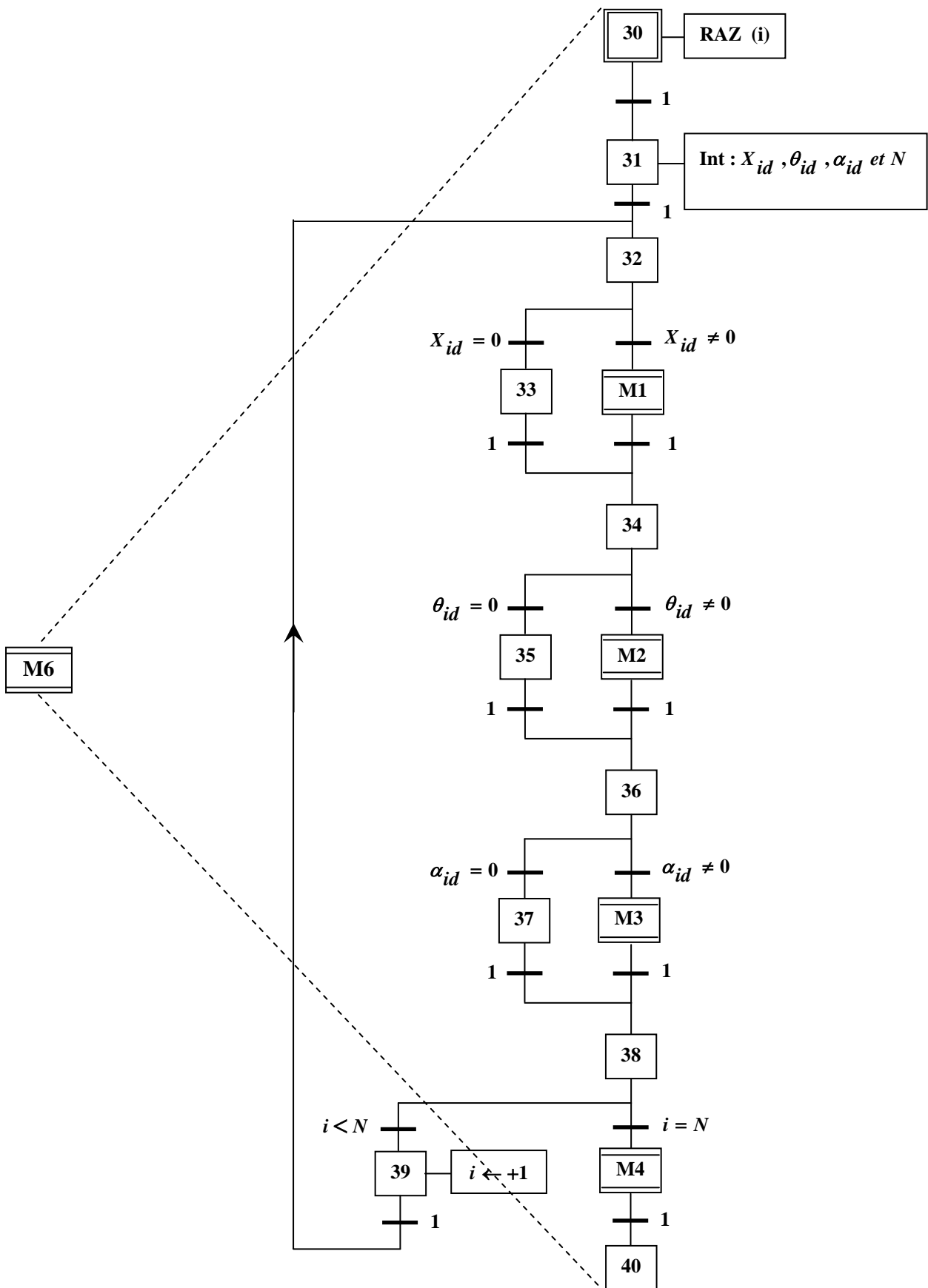


Figure 46: GRAFCET de production d'une pièce

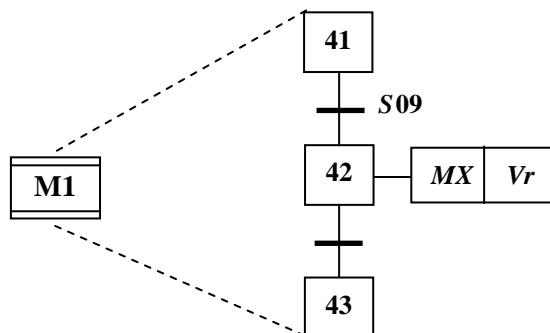


Figure 47: GRAFCET de translation

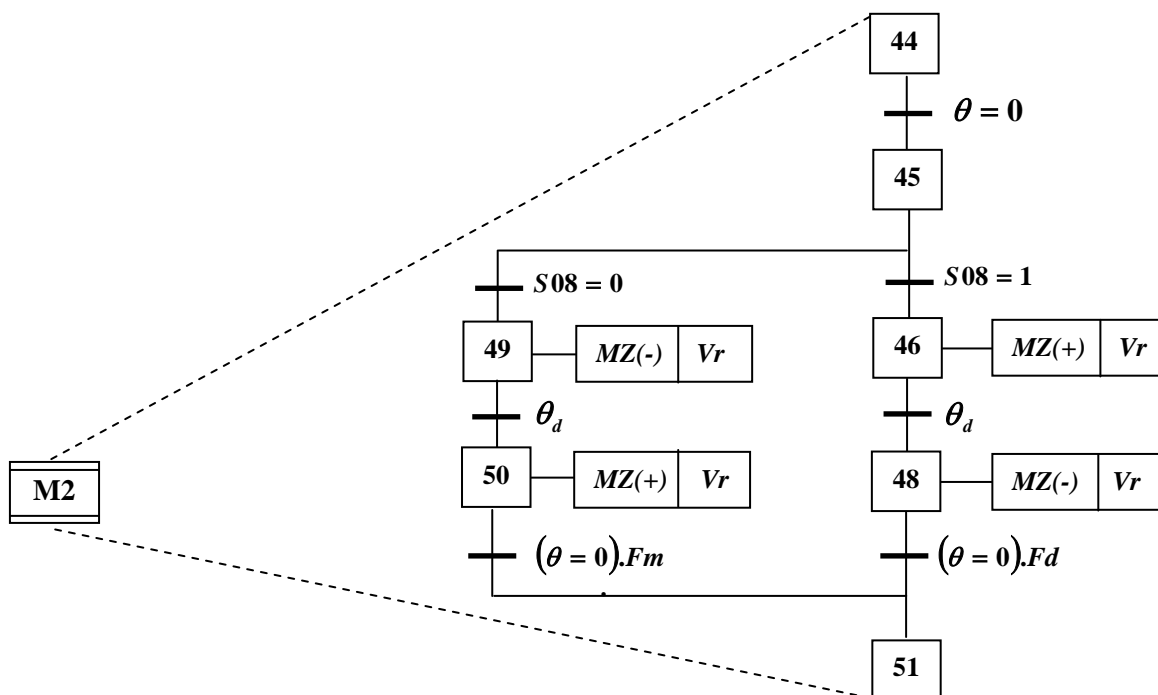


Figure 48: GRAFCET de rotation

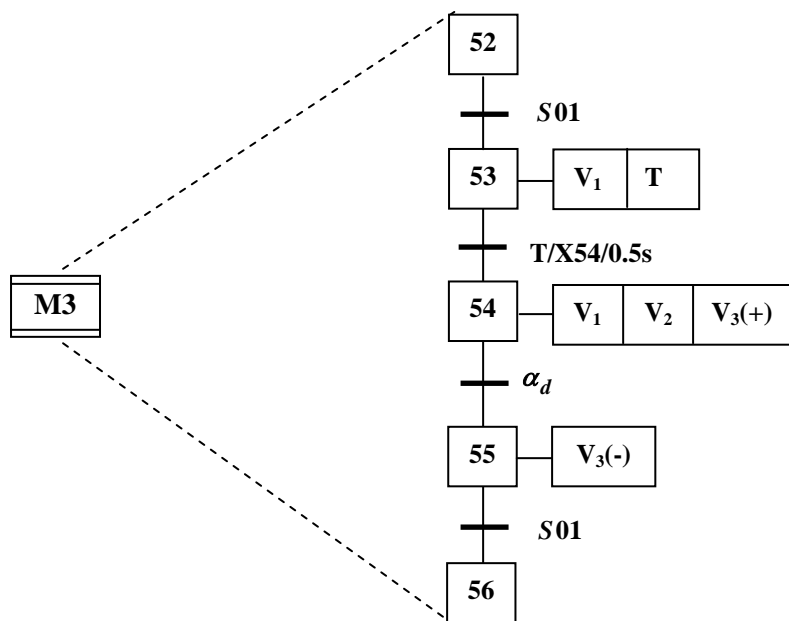


Figure 49: GRAFCET de cintrage

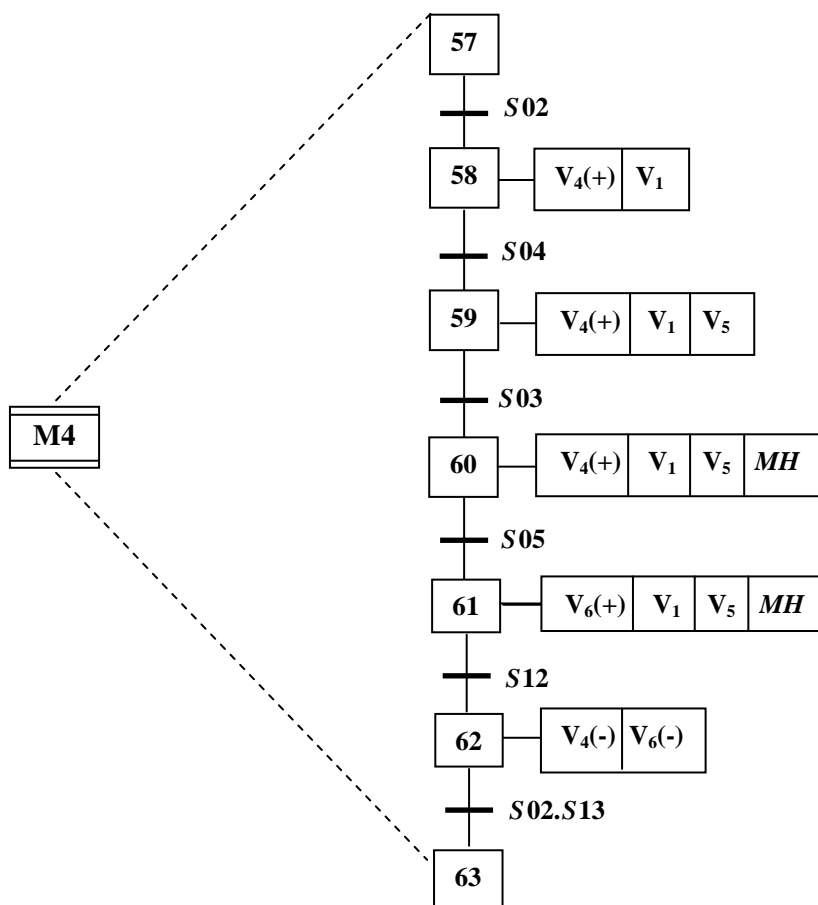


Figure 50 : GRAFCET de groupe de coupe

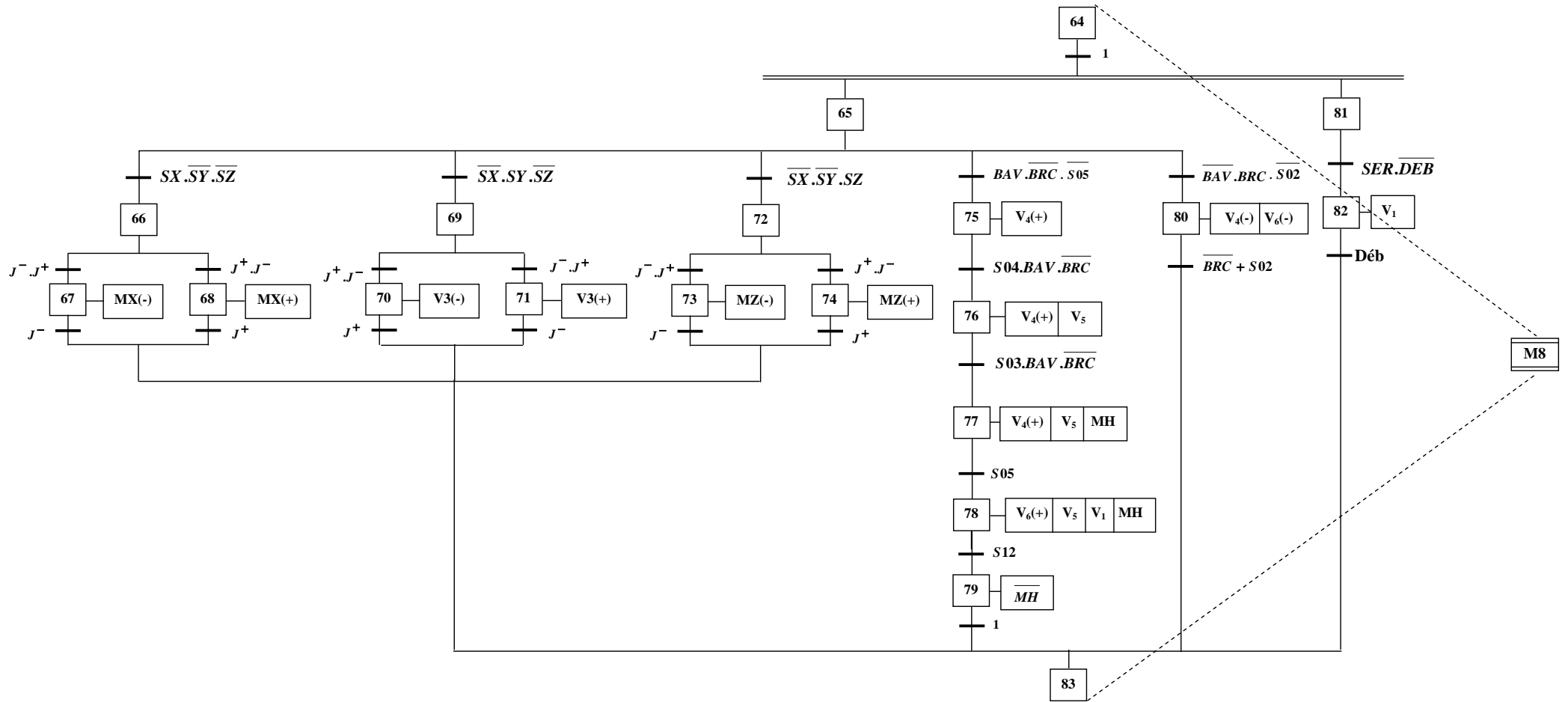


Figure 51 : GRAFCET de cycle manuel GCM

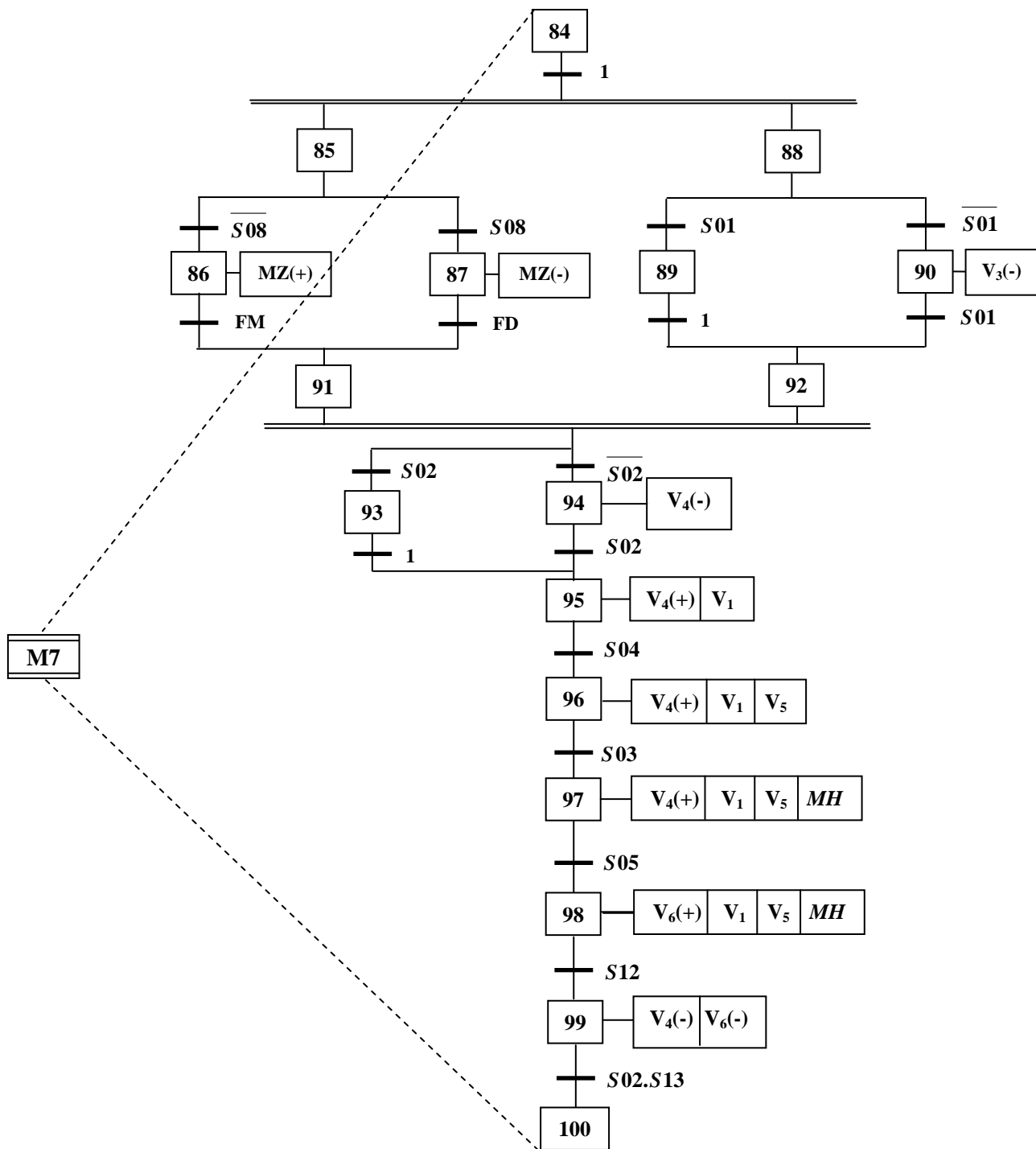


Figure 52: GRAFCET d'initialisation

### **III.10. Conclusion**

En tenant compte de la complexité et la difficulté de processus, ainsi que les contraintes imposées par l'entreprise, nous avons modélisé le procédé de commande à l'aide de GRAFCET.

Ce dernier nous a servit à identifier les fonctions nécessaires au bon fonctionnement de l'automatisme de la cintrouse tube (unité cuisson), ainsi que les variable de l'automate (entrées/sorties).

Le modèle fonctionnel que nous avons conçu sera la base à la transcription de ces contraintes en programme implantable sur l'automate S7-300.

Dans ce qui suit, nous présenterons la solution programmable du système à automatisé.

CHAPITRE

4

*AUTOMATISATION  
DE LA  
CINTREUSE DE TUBES*

## Automatisation de la cintreuse de tubes

### IV.1. Introduction

Les automates programmables industriels (API) sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande.

Depuis le début des années 80, l'intégration des automates programmables pour le contrôle des différents processus industriels est plus qu'indispensable. A l'origine, l'automate programmable a été considéré comme une machine séquentielle, capable de suppléer des automatismes réalisés en logique traditionnelle, en apportant toutefois de profonds bouleversements dans la manière de concevoir et d'organiser le contrôle d'un processus.

L'intégration de l'automate programmable renforce le degré de fiabilité de l'équipement et offre une très grande adaptabilité face aux évolutions de l'environnement.

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

Pour créer un projet step7 on a deux solutions possibles comme la montre la figure 53.

- Solution 1: commencer par la configuration matérielle.
- Solution 2: commencer par écrire le programme.

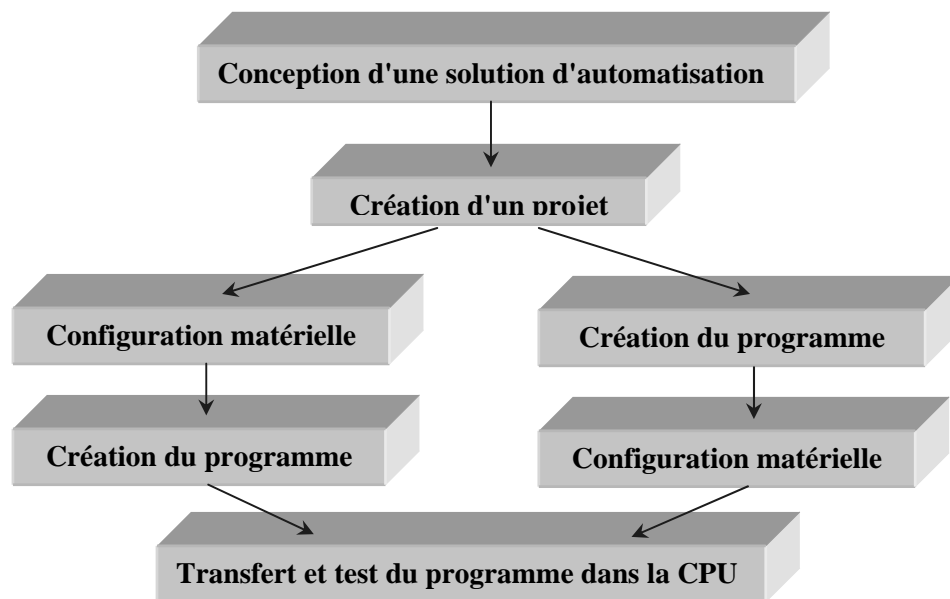


Figure 53: Transfert et test du programme dans la CPU

Pour créer un projet on doit suivre les étapes suivantes:

1. Double clic sur l'icône SIMATIC Manager sur le bureau Windows, ceci lance l'assistant de STEP7, la fenêtre illustrée en figure 54 apparaît, elle permet la création d'un nouveau projet.

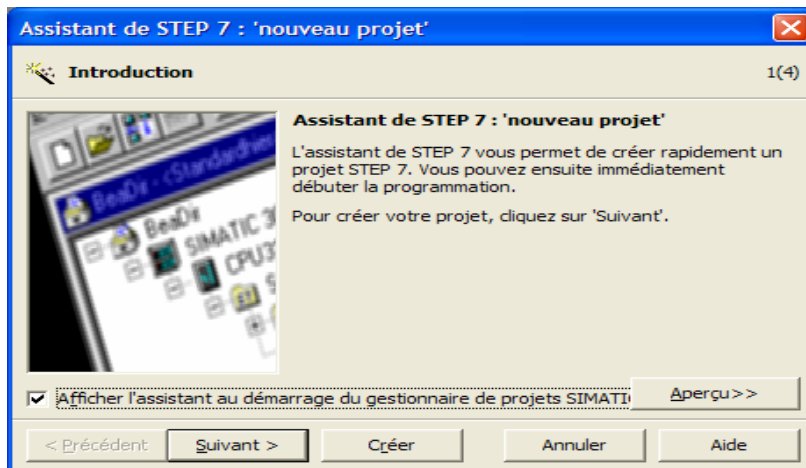


Figure 54: Assistant de STEP7 "nouveau projet"

2. On cliquant sur l'icône suivant, la fenêtre apparaît (figure 55) elle nous permet de choisir la CPU, pour notre projet nous avons choisi la CPU 315-2DP.

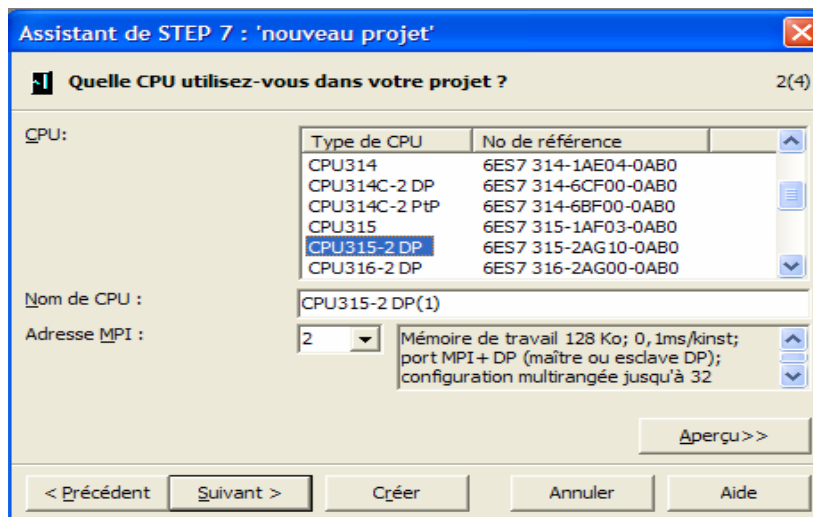


Figure 55: Fenêtre du choix de la CPU

3. Après validation de la CPU, la fenêtre qui apparaît (figure56) permet de choisir les blocs à insérer, et de choisir le langage de programmation (LIST, CONT, LOG). Pour notre projet nous avons choisi l'OB1 (cycle d'exécution) et le langage à contacts.

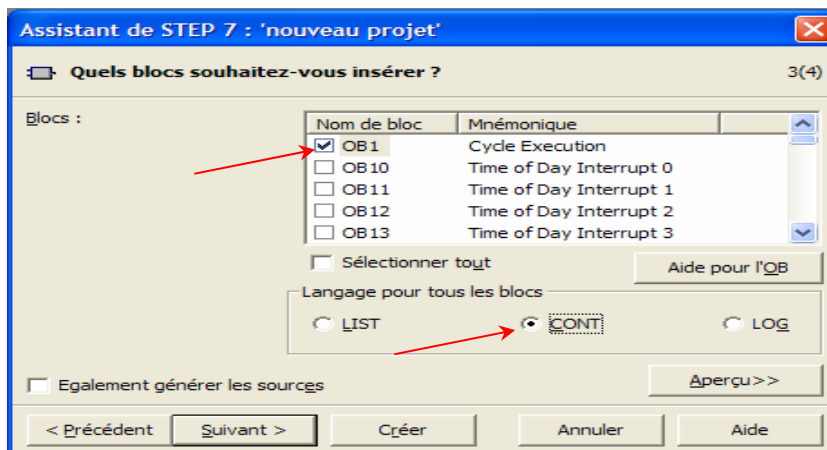


Figure 56: Fenêtre du choix des blocs et langage

4. En cliquant sur suivant, la fenêtre suivante apparaît pour la nomination du projet (Figure57)

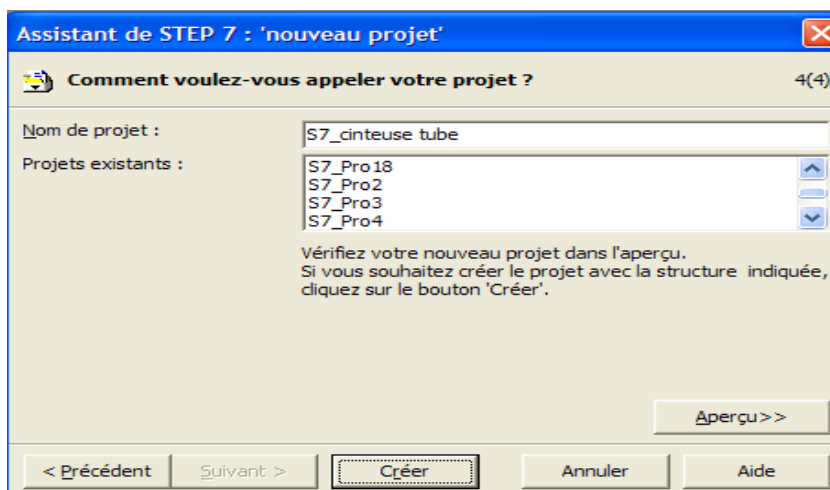


Figure 57: Fenêtre de nomination du projet

### IV.3. Configuration matérielle de la machine

C'est une étape importante, qui consiste à l'organisation suivie pour la disposition des châssis (racks) de module et d'appareils de la périphérie centralisée.

Les châssis sont représentés par une table de configuration dans laquelle on peut placer un nombre définit de modules, comme dans les châssis réels.

STEP7 affecte automatiquement une adresse à chaque module dans la table de configuration.

Pour notre système nous avons choisis la configuration suivante (Figure58) :

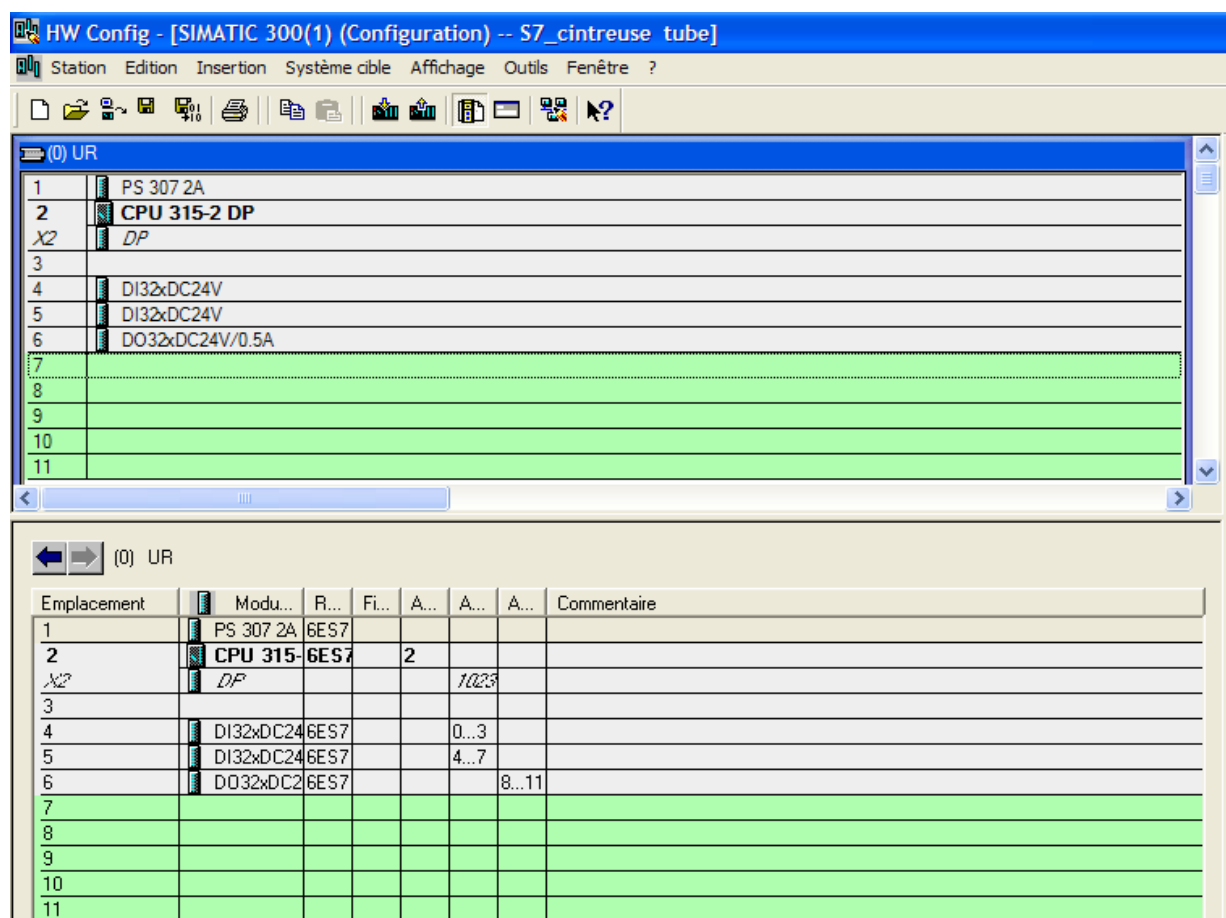


Figure 58: Configuration matérielle

#### IV.4. création de la table des mnémoniques

Dans tout programme il faut définir la liste des variables qui vont être utilisées lors de notre programmation. Pour cela la table des mnémoniques est créée. L'utilisation des noms appropriés rend le programme plus compréhensible est plus facile à manipuler.(Voir Figure 59)

Pour créer cette table, on suit le cheminement suivant :

**Insertion → table des mnémoniques**

	Etat	Mnémonique	Opéran	Type de d	Commentaire
1		IT	A 8.0	BOOL	
2		Cap	A 8.1	BOOL	
3		Bar	A 8.2	BOOL	
4		Pav	A 8.3	BOOL	
5		Par	A 8.4	BOOL	
6		Déf_GC	A 8.5	BOOL	
7		Déf_Z+	A 8.6	BOOL	
8		Déf_Z-	A 8.7	BOOL	
9		Déf_Mx	A 9.0	BOOL	
10		Déf_Mz	A 9.1	BOOL	
11		BAU	A 9.2	BOOL	
12		V3(-)	A 9.3	BOOL	
13		V4(-)	A 9.4	BOOL	
14		Mx	A 9.5	BOOL	
15		Mz(+)	A 9.6	BOOL	
16		V4(+)	A 9.7	BOOL	
17		V5	A 10.0	BOOL	
18		MH	A 10.1	BOOL	
19		V1	A 10.2	BOOL	
20		Variateur de vitesse	A 10.3	BOOL	
21		V2	A 10.4	BOOL	
22		V3(+)	A 10.5	BOOL	
23		MZ(-)	A 10.6	BOOL	
24		Initialisation	E 0.0	BOOL	
25		Capteur s09	E 0.1	BOOL	
26		Capteur s10	E 0.2	BOOL	

Figure 59: une partie de la table mnémoniques relative à la cintrreuse

#### IV.5. Les blocs dans le programme utilisateur

Pour réaliser la tache d'automatisation, on doit charger dans la CPU des blocs tel que :

- Les blocs de code (OB, FB, FC...) qui contiennent les programmes
- les blocs de données DB d'instance et DB globaux qui contiennent les paramètres du programme

a) **Bloc d'organisation (OB):** les blocs d'organisations 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 revient à dire que l'exécution d'un OB peut être interrompue par l'appel d'un OB plus prioritaire.

b) **Bloc fonctionnel (FB):** un bloc fonctionnel est un bloc avec rémanence mémoire.

Un bloc d'instance qui en constitue la mémoire.

c) **Fonction (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):** ils servent à stocker le programme utilisateur.

Les composants du programme utilisateur que nous avons écrits pour commander notre machine sont illustré sur la figure suivante

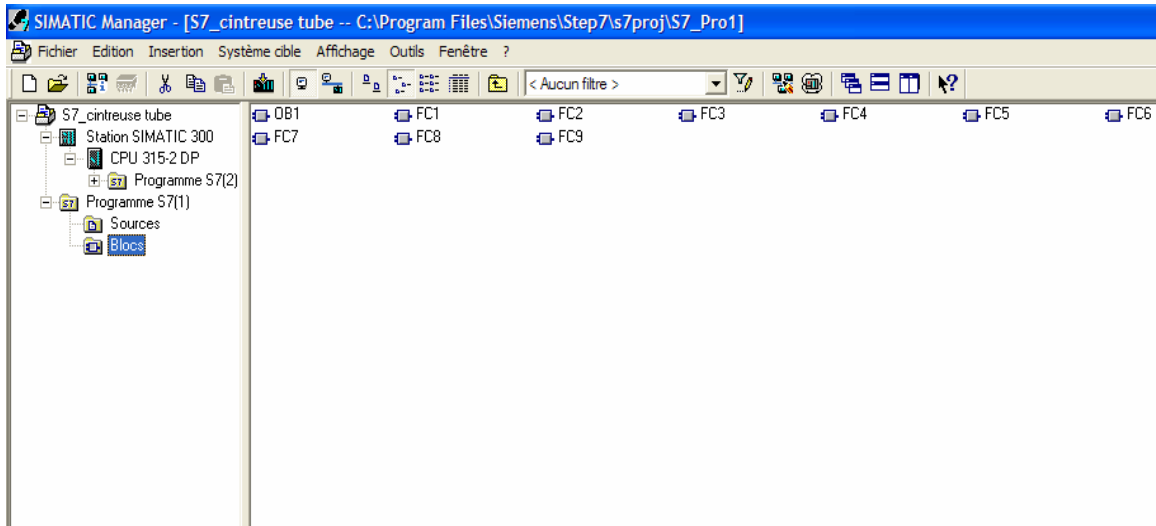


Figure 60: Vu des composants d'un projet S7\_cintrreuse tube

#### IV.6. le simulateur des programmes PLCSIM

L'application de simulation de modules S7-PLCSIM permet d'exécuter et de tester le programme dans un automate programmable (AP) qu'on simule dans un ordinateur.

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme par exemple, activer ou désactiver les entrées). Tout on exécutant le programme dans l'AP de simulation.

Pour lancer PLCSIM il faut activer le **Simulateur** par l'icône 

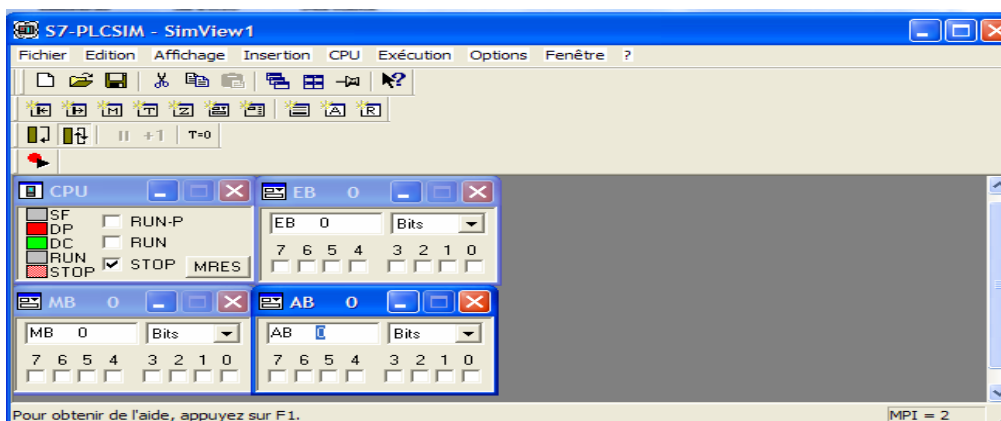


Figure 61: fenêtre du S7-PLCSIM

## IV.7. Programmation linéaire ou structurée

### - Programmation linéaire :

Utilisée pour la résolution des taches d'automatisation simple .Le programme d'utilisateur est écrit entièrement dans le bloc organisation (OB1).

### - Programmation structurée :

Utilisée pour la résolution des taches complexes. Le programme utilisateur est subdivisé en différentes taches et chacune d'elle est écrite dans un bloc programme (FC, FB, OB).

Notre programme utilisateur est subdivisé en 9 blocs fonctions FC1, FC2 jusqu'à FC9 qui seront regroupés dans le bloc d'organisation pour obtenir le programme principal qui sera exécuté par la CPU.

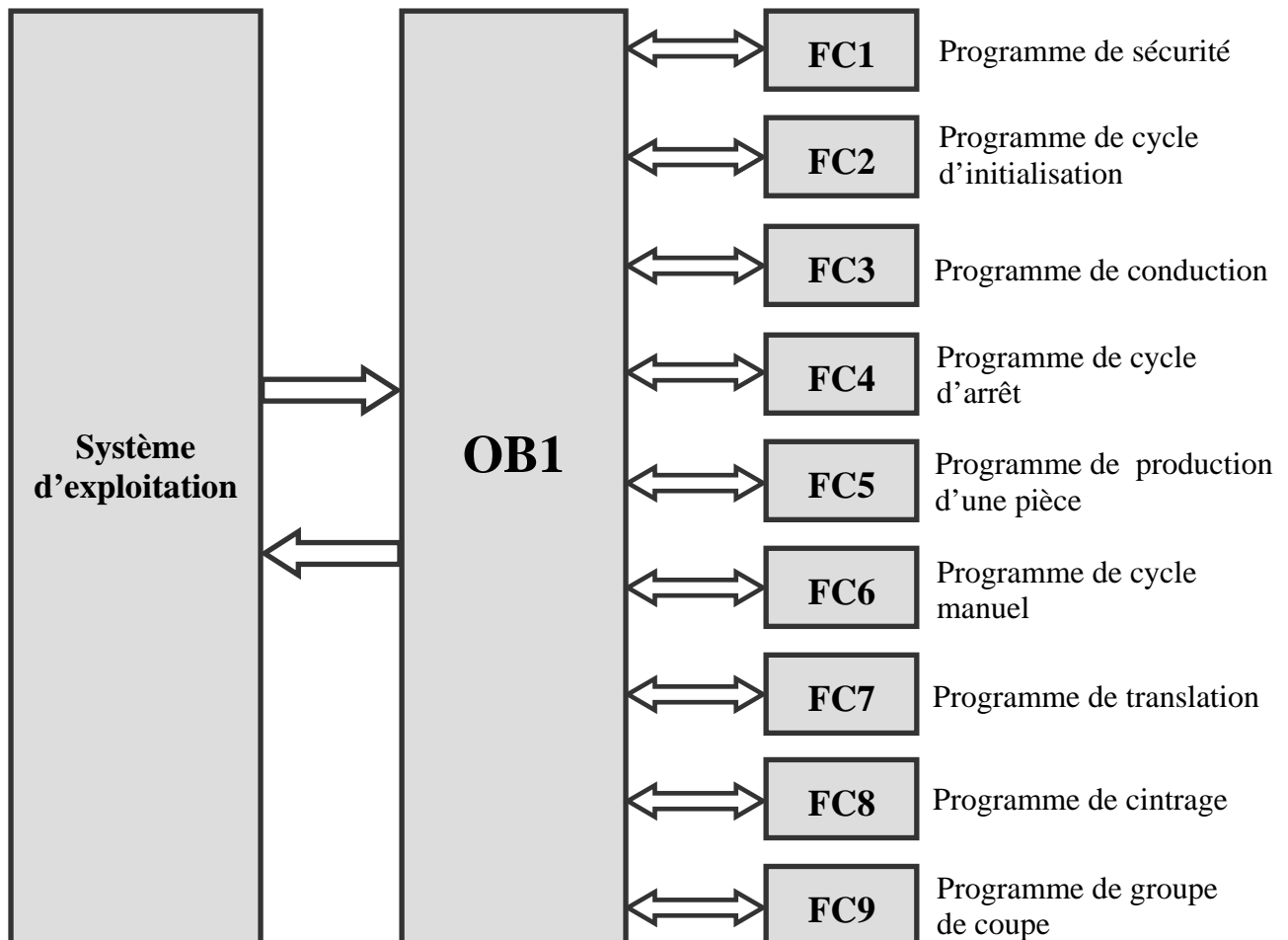


Figure 62 : programmation structurée du système

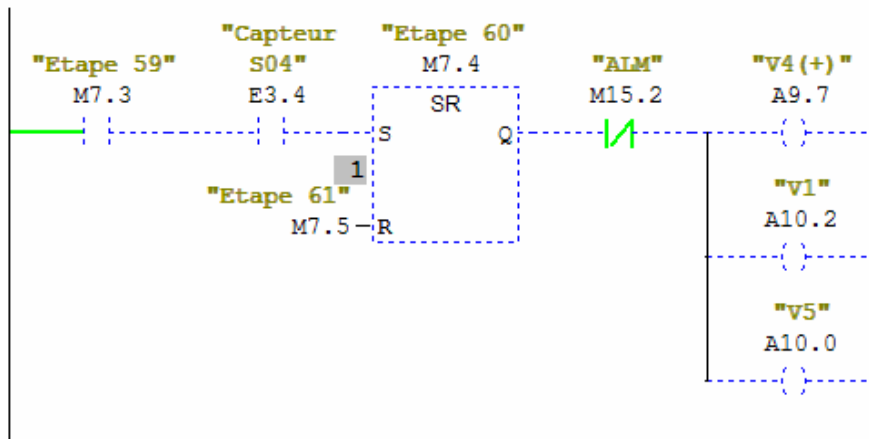
### IV.8. Exemple d'une partie de notre programme

#### La fonction FC9 :

Dans ce bloc nous avons programmés le fonctionnement du groupe de coupe. Nous avons définie les conditions d'activation et les conditions de désactivation de chaque réseau en utilisant des bascules SR.

Réseau 3 : Titre :

Commentaire :



Réseau 4 : Titre :

Commentaire :

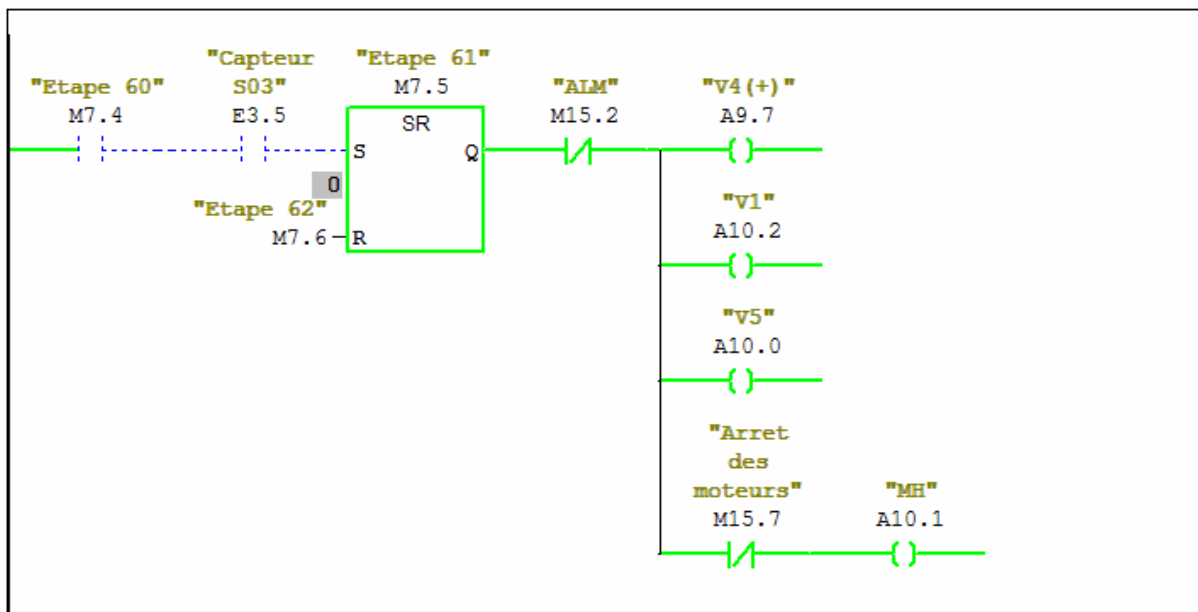


Figure 63 : Enclenchement de la scie

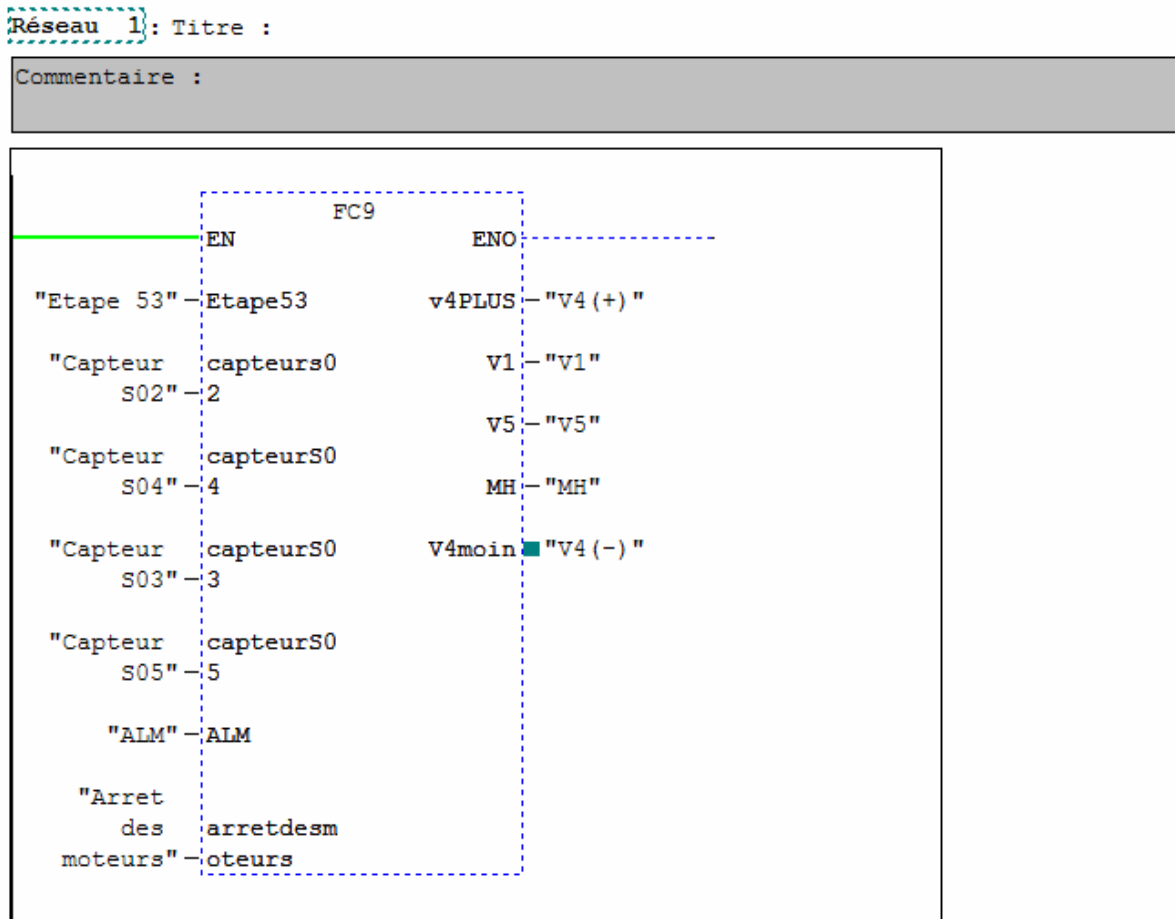


Figure 64 : Le bloc FC9 ( appel dans OB1 )

## IV.9. Conclusion

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

Nous avons programmé chaque partie de fonctionnement de notre processus dans des FC, et pour la programmation des FC nous avons utilisé des bascules RS qui nous ont permis d'activer et de désactiver chaque action et elles nous ont permis aussi de figer l'automate en cas de défaillance puis continuer l'exécution du programme après maintenance.

Une fois tous les FC programmés, nous avons inséré ces derniers dans le bloc d'organisation OB1 qui constitue l'interface entre le système et le bloc utilisateur.

La validation des programmes que nous avons développés a été réalisée grâce au logiciel de simulation le S7-PLCSIM. Cette procédure nous a permis d'apporter les corrections nécessaires à nos programmes développés.

# *CONCLUSION GÉNÉRALE*

Après l'étude de la cintruse de tubes, nous avons réussi à modéliser son fonctionnement grâce à l'outil GRAFCET qui nous a permis de construire les différents modèles des parties de la machine.

Ainsi par sa puissance et sa simplicité, le GRAFCET nous a facilité l'élaboration d'une solution programmable sur le S7-300.

Etant donné que le milieu industriel est d'une grande concurrence, l'ENIEM doit faire preuve de souplesse, de réactivité et de capacité d'adaptation, pour cela l'automate choisi il nous permet d'améliorer la productivité et une plus grande rentabilité.

Ce projet qui nous a permis de passer beaucoup de temps sur le terrain, notamment durant le stage pratique, nous avons eu l'occasion de travailler sur des machines autres que la cintruse de tubes.

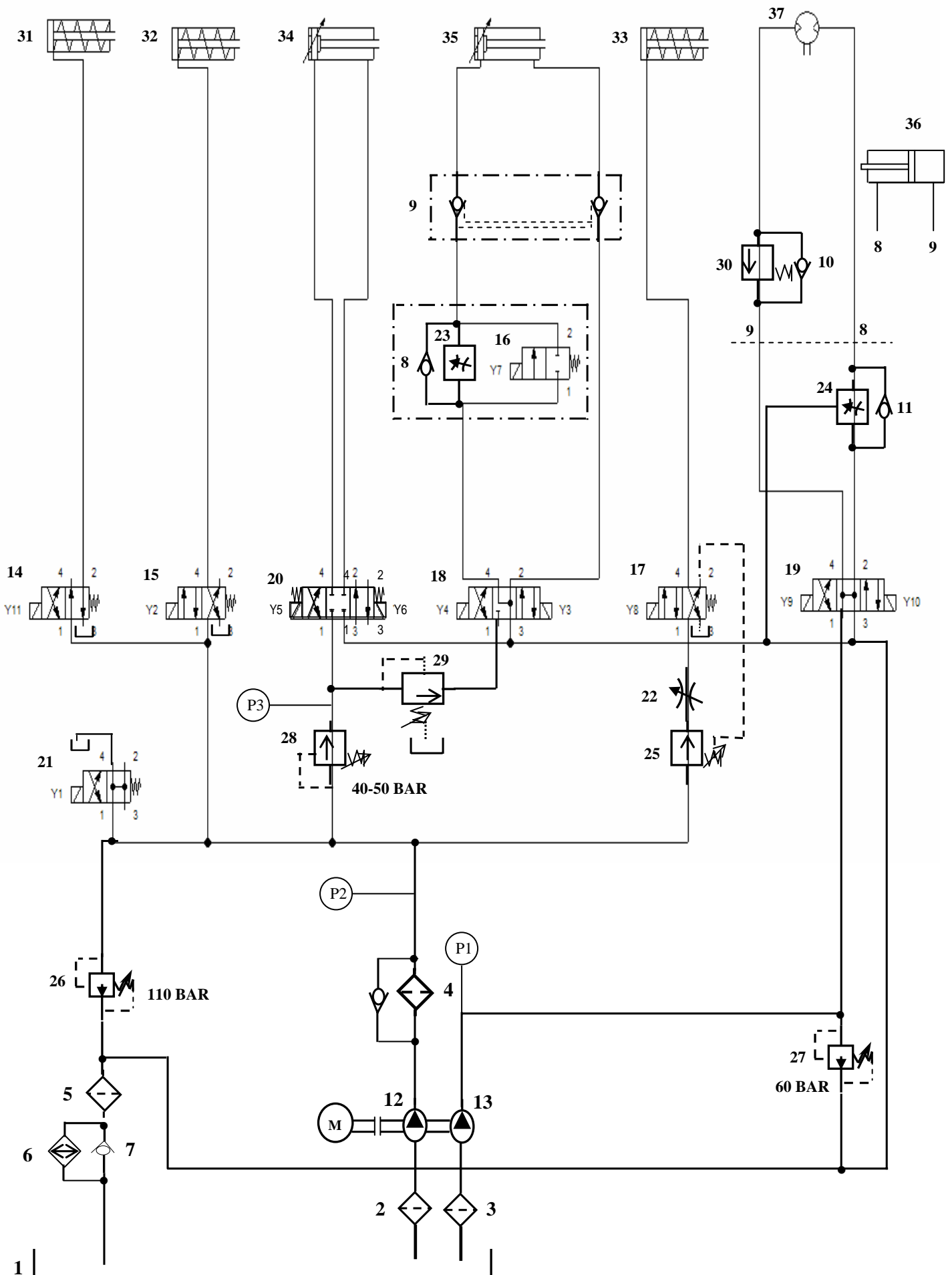
C'était une occasion pour nous d'appliquer nos connaissances acquises durant notre formation.

Il nous a permis aussi d'acquérir un savoir faire dans le domaine pratique, de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part, d'apprendre les différentes étapes à suivre pour l'élaboration des projets d'automatisation, cela a été pour nous une expérience très enrichissante.

Enfin nous souhaitons que notre étude puisse être exploitée en mettant en pratique ce projet, et aussi, qu'elle soit d'un grand apport et intérêt pour les promotions à venir.

# *ANNEXES*

- Tension d'alimentation ..... Tension du réseau
- Tension auxiliaire.....110v / 50Hz
- Tension d'alimentation du circuit de..... 24v CC  
Commande numérique (CNC)
- Tension d'alimentation des circuits d'interfaces..... 24v CC
- Puissance installée ..... 5.5 KW
- Puissance maximum absorbée.....5.5 KW
- Consommation moyenne..... 4KW /H
- Angle maximum de cintrage.....180°
- Vitesse maximum de cintrage.....350° /s
- Vitesse maximum de rotation (Axe Z)..... 300° /s
- Vitesse maximum de positionnement (Axe X).....1000mm /s
- Pression maximum d'exercice du dispositif hydraulique
  - circuit principal .....110 Bar
  - circuit secondaire .....70 Bar
- Moteur pour le dispositif hydraulique ..... 380V / 50 Hz
- Débit de la pompe
  - Circuit hydraulique principal.....6 l/s à 1500 t/s
  - Circuit hydraulique secondaire ..... 20 l/s à 1500 t/s
- Capacité du réservoir du dispositif hydraulique..... 90 l
- Poids de la machine sans huile dans le réservoir .....970 Kg  
et le circuit hydraulique
- Poids de l'armoire ..... 330 Kg
- De gré de protection .....IP 54



**Propriétés de la table des mnémoriques**

Nom : Mnémoriques  
 Auteur :  
 Commentaire :  
 Date de création : 15/06/2010 19:54:26  
 Dernière modification : 04/07/2010 10:36:41  
 Dernier filtre sélectionné : Tous les mnémoriques  
 Nombre de mnémoriques : 182/182  
 Dernier tri : Opérande ordre croissant

Etat	Mnémorique	Opérande	Type de données	Commentaire
	FT	A 8.0	BOOL	
	Cap	A 8.1	BOOL	
	Bar	A 8.2	BOOL	
	Pav	A 8.3	BOOL	
	Par	A 8.4	BOOL	
	Déf_GC	A 8.5	BOOL	
	Déf_Z+	A 8.6	BOOL	
	Déf_Z-	A 8.7	BOOL	
	Déf_Mx	A 9.0	BOOL	
	Déf_Mz	A 9.1	BOOL	
	BAU	A 9.2	BOOL	
	V3(-)	A 9.3	BOOL	
	V4(-)	A 9.4	BOOL	
	Mx	A 9.5	BOOL	
	Mz(+)	A 9.6	BOOL	
	V4(+)	A 9.7	BOOL	
	V5	A 10.0	BOOL	
	MH	A 10.1	BOOL	
	V1	A 10.2	BOOL	
	Variateur de vitesse	A 10.3	BOOL	
	V2	A 10.4	BOOL	
	V3(+)	A 10.5	BOOL	
	MZ(-)	A 10.6	BOOL	
	MX(-)	A 10.7	BOOL	
	V6(+)	A 11.0	BOOL	
	V6(-)	A 11.1	BOOL	
	Initialisation	E 0.0	BOOL	
	Capteur s09	E 0.1	BOOL	
	Capteur s10	E 0.2	BOOL	
	Capteur SLa1	E 0.3	BOOL	
	Capteur SLa2	E 0.4	BOOL	
	Capteur S13	E 0.5	BOOL	
	Capteur S06	E 0.6	BOOL	
	Capteur S07	E 0.7	BOOL	
	Adur	E 1.0	BOOL	
	Capteur s12	E 1.1	BOOL	
	Sla2	E 1.2	BOOL	
	Stop	E 1.3	BOOL	
	Auto	E 1.4	BOOL	
	Manu	E 1.5	BOOL	
	Start	E 1.6	BOOL	
	Capteur s01	E 1.7	BOOL	
	capteur s08	E 2.0	BOOL	
	incrementation de N	E 2.1	BOOL	
	selecteur sur X	E 2.2	BOOL	
	selecteur sur Y	E 2.3	BOOL	
	selecteur sur Z	E 2.4	BOOL	

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	JOG+	E 2.5	BOOL	
	JOG-	E 2.6	BOOL	
	Capteur S05	E 2.7	BOOL	
	Cav	E 3.0	BOOL	
	Car	E 3.1	BOOL	
	Ser	E 3.2	BOOL	
	Deb	E 3.3	BOOL	
	Capteur S04	E 3.4	BOOL	
	Capteur S03	E 3.5	BOOL	
	Capteur S02	E 3.6	BOOL	
	Xd	E 3.7	BOOL	
	Acquittement_Alarme	E 4.0	BOOL	
	Incrimenté Cx	E 4.1	BOOL	
	Incrimenté cy	E 4.3	BOOL	
	incrimenté NP	E 4.4	BOOL	
	capteur s11	E 4.5	BOOL	
	FM	E 4.6	BOOL	
	FD	E 4.7	BOOL	
	init	E 5.0	BOOL	
	Initialisation1	E 5.1	BOOL	
	Incrimenté cy1	E 5.2	BOOL	
	Etape initiale	M 0.0	BOOL	
	Etape 1	M 0.1	BOOL	
	Etape 2	M 0.2	BOOL	
	Etape 3	M 0.3	BOOL	
	Etape 4	M 0.4	BOOL	
	Etape 5	M 0.5	BOOL	
	Etape 6	M 0.6	BOOL	
	Etape 7	M 0.7	BOOL	
	Etape 8	M 1.0	BOOL	
	Etape 9	M 1.1	BOOL	
	Etape 10	M 1.2	BOOL	
	Etape 11	M 1.3	BOOL	
	Etape 12	M 1.4	BOOL	
	Etape 13	M 1.5	BOOL	
	Etape 14	M 1.6	BOOL	
	Etape 15	M 1.7	BOOL	
	Etape 16	M 2.0	BOOL	
	Etape 17	M 2.1	BOOL	
	Etape 18	M 2.2	BOOL	
	Etape 19	M 2.3	BOOL	
	Etape 20	M 2.4	BOOL	
	Etape 21	M 2.5	BOOL	
	Etape 22	M 2.6	BOOL	
	Etape 23	M 2.7	BOOL	
	Etape 24	M 3.0	BOOL	
	Etape 25	M 3.1	BOOL	
	Etape 26	M 3.2	BOOL	
	Etape 27	M 3.3	BOOL	
	Etape 28	M 3.4	BOOL	
	Etape 29	M 3.5	BOOL	
	Etape 30	M 3.6	BOOL	
	Etape 31	M 3.7	BOOL	
	Etape 32	M 4.0	BOOL	
	Etape 33	M 4.1	BOOL	
	Etape 34	M 4.2	BOOL	

Etat	Mnémorique	Opérande	Type de données	Commentaire
	Etape 35	M 4.3	BOOL	
	Etape 36	M 4.4	BOOL	
	Etape 37	M 4.5	BOOL	
	Etape 38	M 4.6	BOOL	
	Etape 39	M 4.7	BOOL	
	Etape 40	M 5.0	BOOL	
	Etape 42	M 5.2	BOOL	
	Etape 43	M 5.3	BOOL	
	Etape 44	M 5.4	BOOL	
	Etape 45	M 5.5	BOOL	
	Etape 46	M 5.6	BOOL	
	Etape 47	M 5.7	BOOL	
	Etape 48	M 6.0	BOOL	
	Etape 49	M 6.1	BOOL	
	Etape 50	M 6.2	BOOL	
	Etape 51	M 6.3	BOOL	
	Etape 52	M 6.4	BOOL	
	Etape 53	M 6.5	BOOL	
	Etape 58	M 7.2	BOOL	
	Etape 59	M 7.3	BOOL	
	Etape 60	M 7.4	BOOL	
	Etape 61	M 7.5	BOOL	
	Etape 62	M 7.6	BOOL	
	Etape 63	M 7.7	BOOL	
	Etape 64	M 8.0	BOOL	
	Etape 65	M 8.1	BOOL	
	Etape 66	M 8.2	BOOL	
	Etape 67	M 8.3	BOOL	
	Etape 68	M 8.4	BOOL	
	Etape 69	M 8.5	BOOL	
	Etape 70	M 8.6	BOOL	
	Etape 71	M 8.7	BOOL	
	Etape 72	M 9.0	BOOL	
	Etape 73	M 9.1	BOOL	
	Etape 74	M 9.2	BOOL	
	Etape 75	M 9.3	BOOL	
	Etape 76	M 9.4	BOOL	
	Etape 77	M 9.5	BOOL	
	Etape 78	M 9.6	BOOL	
	Etape 79	M 9.7	BOOL	
	Etape 80	M 10.0	BOOL	
	Etape 81	M 10.1	BOOL	
	Etape 82	M 10.2	BOOL	
	Etape 83	M 10.3	BOOL	
	Etape 84	M 10.4	BOOL	
	Etape 85	M 10.5	BOOL	
	Etape 86	M 10.6	BOOL	
	Etape 87	M 10.7	BOOL	
	Etape 88	M 11.0	BOOL	
	Etape 89	M 11.1	BOOL	
	Etape 90	M 11.2	BOOL	
	Etape 91	M 11.3	BOOL	
	Etape 92	M 11.4	BOOL	
	Etape 93	M 11.5	BOOL	
	Etape 94	M 11.6	BOOL	
	Etape 95	M 11.7	BOOL	

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	Etape 96	M 12.0	BOOL	
	Etape 97	M 12.1	BOOL	
	Etape 98	M 12.2	BOOL	
	Etape 99	M 12.3	BOOL	
	Etape 100	M 12.4	BOOL	
	Etape 101	M 12.5	BOOL	
	Etape 102	M 12.6	BOOL	
	Etape 103	M 12.7	BOOL	
	Etape 104	M 13.0	BOOL	
	Etape 105	M 13.1	BOOL	
	Etape 106	M 13.2	BOOL	
	AL1	M 15.0	BOOL	
	Fin de production	M 15.1	BOOL	
	ALM	M 15.2	BOOL	
	AL2	M 15.6	BOOL	
	Arret des moteurs	M 15.7	BOOL	
	s(N)	M 16.3	BOOL	
	l=N	M 16.4	BOOL	
	M1	M 16.6	BOOL	
	Remise à 0 de Cx	M 17.0	BOOL	
	angle désirée atteint	M 17.1	BOOL	
	X3 atteint	M 17.2	BOOL	
	Cycle Execution	OB 1	OB 1	

**OB1 - <offline>**

"Cycle Execution"

**Nom :**  
**Auteur :**  
**Horodatage Code :**  
**Interface :**  
**Longueur (bloc/code /données locales) :**

**Famille :**  
**Version :** 0.1  
**Version de bloc :** 2  
 04/07/2010 16:28:14  
 15/02/1996 16:51:12  
 01230 01102 00024

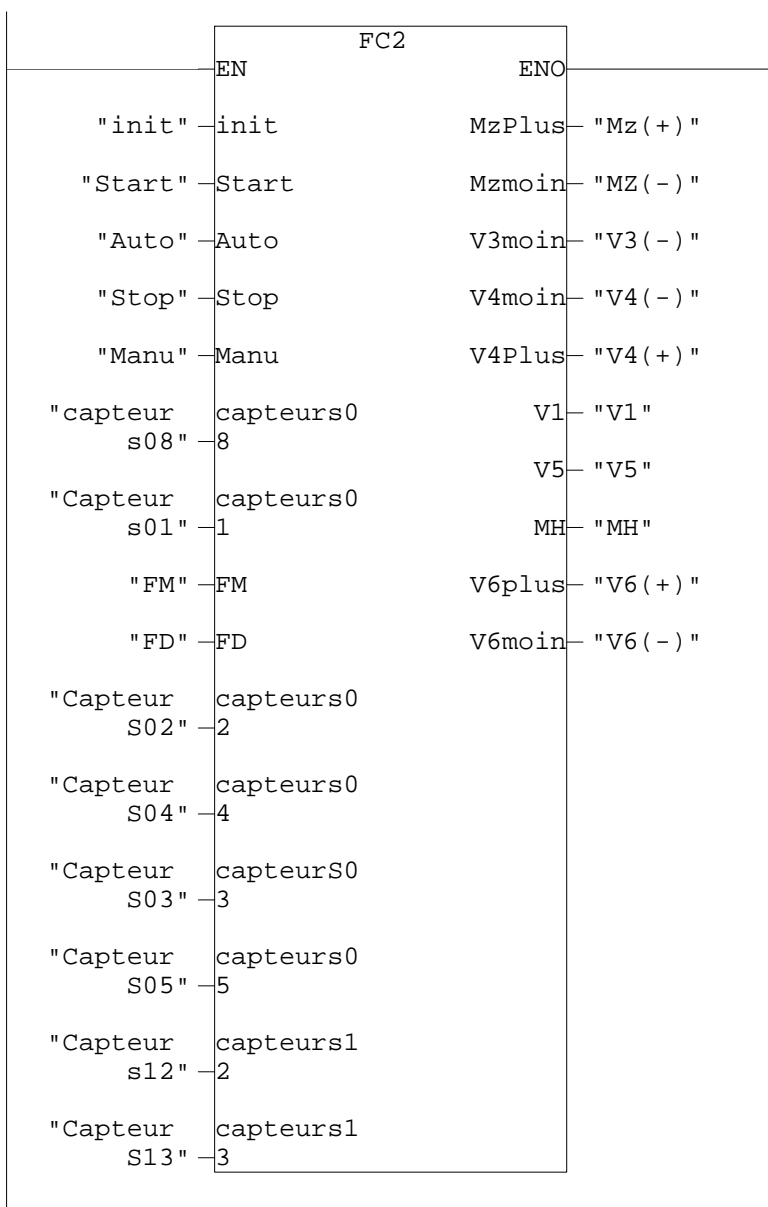
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

<b>Bloc : OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"</b>
------------------------------------------------

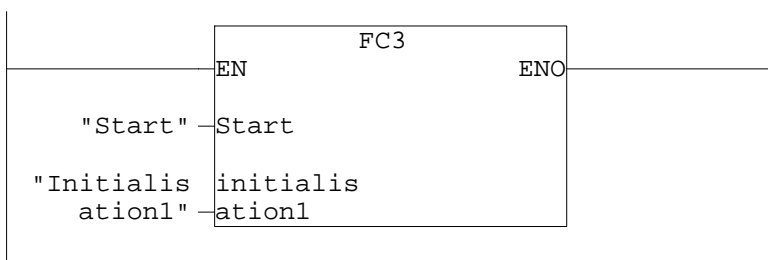
Réseau : 1	FC1: programme de sécurité
------------	----------------------------

	EN	FC1	ENO
"Capteur s09"	capteurs0 9		FT "FT"
"Capteur s01"	capteurs1 0		Cap "Cap"
"capteur s11"	capteurs1 1		Bar "Bar"
"Capteur SLa1"	capteurs1 a1		Pav "Pav"
"Capteur SLa2"	capteurs1 a2	Def_zPlus	Par "Par"
"Capteur S06"	capteurs0 6	Def_zmoin	"Déf_Z+"
"Capteur S07"	capteurs0 7	BAU	"Déf_Z-"
"Adur"	Adur	Def_Mx	"BAU"
"Acquittem ent_	Aquitteme	Def_Mz	"Déf_Mx"
Alarme"	ntalarne	AL1	"Déf_Mz"
		AL2	"AL1"
		ALM	"AL2"
			"ALM"

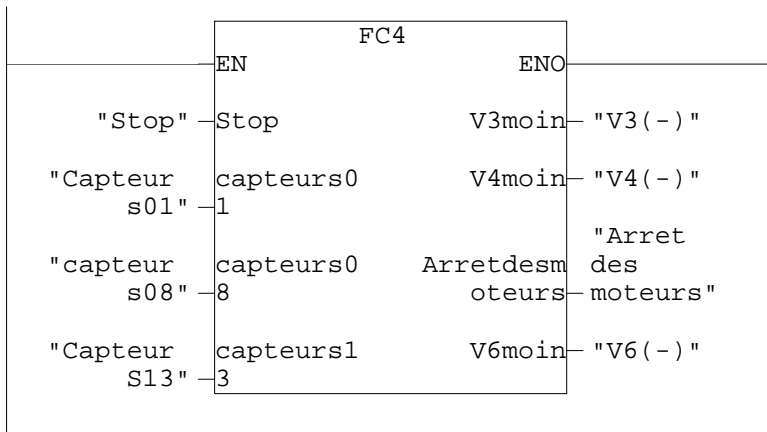
Réseau : 2      FC2:programme de cycle d'initialisation



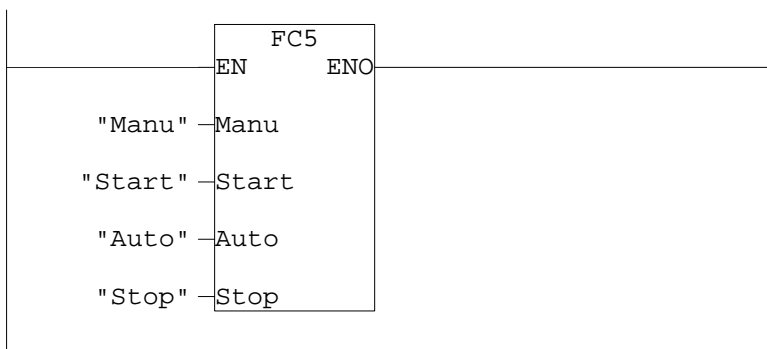
Réseau : 3      FC3:programme de conduction



Réseau : 4      FC4:programme de cycle d'Arret



Réseau : 5      FC5:programme de production d'une pièce



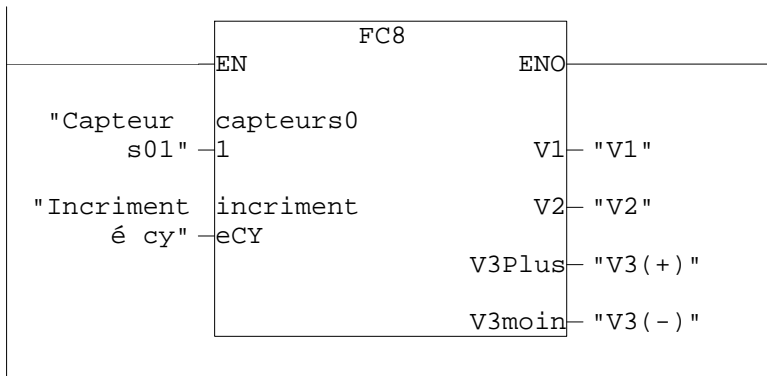
Réseau : 6 FC6:programme de cycle manuel

		FC6	
	EN		ENO
"Manu"	Manu	MXmoin	"MX(-)"
"Start"	Start	MX	"Mx"
"Auto"	Auto	V3moin	"V3(-)"
"Stop"	Stop	V3Plus	"V3(+)"
"selecteur sur X"	selecteur SurX	MZmoin	"MZ(-)"
"selecteur sur Y"	selecteur SurY	MZplus	"Mz(+)"
"selecteur sur Z"	selecteur SurZ	V4Plus	"V4(+)"
"JOG-"	JOGmoin	V5	"V5"
"JOG+"	JOGplus	MH	"MH"
"Cav"	cav	V4moin	"V4(-)"
"Car"	car	V6moin	"V6(-)"
"Capteur S04"	capteurs0 4	V1	"V1"
"Capteur S03"	capteurs0 3	V6PLUS	"V6(+)"
"Capteur s12"	capteurs1 2		
"Ser"	Ser		
"Deb"	Deb		
"Capteur S02"	capteurs0 2		
"Capteur S05"	capteurs0 5		

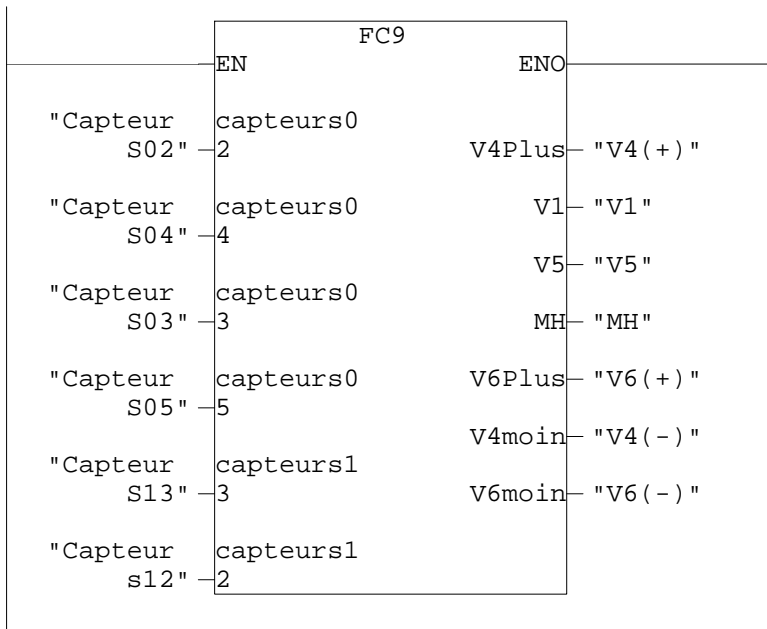
Réseau : 7 FC7:programme de translation

		FC7	
	EN		ENO
"Capteur s09"	capteurs0 9	MX	"Mx"
"Incriment é Cx"	incriment eCX	Variation de devitesse	"Variateur de vitesse"

Réseau : 8      FC8:programme de cintrage



Réseau : 9      FC9:programme de groupe de coupe



## *Références Bibliographiques*

[1] Documentation technique ENIEM.

[2] Documentation techniques de Siemens, aide STEP7 CD ROM Siemens.  
(CDSTEP7).

[3] ASCH GEORGES : Les capteurs en instrumentation industrielle (CI01).

[4] R. David et H. Alla, Du GRAFCET aux Réseaux de Pétri. Hermes, 1992.

[5] : Christian Merland, Jacques Perrin, Jean-Paul Trichard Automatique et  
informatique industriel.’’ Edition DUNOD.

[6] Mémoires de fin d’étude

k. Fillali , H. Nechef et N. Touzouti : Développement d’une solution  
programmable d’automatisation de ROBOFIL400 avec un automate  
programmable industriel Siemens S7-300.

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou , département  
automatique, promotion 2008/2009.

H. Gounane et O. Fettis : Etude et développement de commande et de  
supervision décentralisée pour une unités de production de  
SONATRACH.

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou , département  
automatique, promotion 2007/2008.