

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou
Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département Automatique*



Projet

*De fin d'études
en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état
En Automatique*

THEME

*Automatisation de l'équipement de moussage
des portes de réfrigérateurs par API S7-300
à l'ENIEM*

Proposé par :

*M^r A. BOUBRIK
de l'entreprise « ENIEM »*

Dirigé par :

M^r A. DIRAMI

Présenté par

M^r SIDHOUM Toufik.

M^r BERREFAS M^{ed} Ouramdane.

Promotion 2007-2008

Remerciements

Au terme de notre travail nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre co-promoteur Mr A.BOUBRIK qui nous a proposé ce sujet et pour l'aide précieuse qu'il nous a apporté, ainsi que toute l'équipe de maintenance.

Nos remerciements les plus spéciaux à notre promoteur, Monsieur A.DIRAMI qui a accepté de nous encadrer et pour sa disponibilité et ses orientations pour mener à bien notre travail.

Nous remercions toutes les personnes qui nous ont encouragés pour aller au bout de notre travail, en particulier nos familles qui nous ont soutenus.

Nos derniers remerciements vont aux membres de jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents;

A mon très cher grand- père et sa femme;

A mes très chers frères : Mohammed et Belkacem ;

A mes très chers sœurs : Zahra, Ratiba,lila, Ghania, Ouardoucha,et

leurs maris : Said, Saleh, Nabil, Samir,Hamid et leurs enfants;

A mes très chers petites sœurs : Soued et Houria ;

A la mémoire de mes grand-mères ;

A mes chers oncles ;Said,Abdallah,Rabah et Ali

A mes chères tantes, leurs enfants et leurs maris,

A tous mes cousins et mes cousines, en particlier Amokrane

A toutes les familles SIDHOUM, ILLOULI,

BOUSSOUALEM, HOUMEL ;

A mes chers amis : Amar ,Atmene, Aziz, Tarik, Kamel,

Yacine, Laidi, Karim, Mouh ;

A tous mes amis d'AZEFFOUN et les membres de

l'association RUSAZUS ;

A toute la promotion d'automatique 2008

A mon très chère binôme Mohammed Ouramdane

avec lequel j'ai partagé ce travail et sa famille ;

Et tous ceux qui se reconnaîtront en ce mot « AMI » ...

TOUFIK

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents ;

A mes chers frères : Omar, Lyes, Amirouche, Koceila, Ahmed (cousin), Smail,

A mes grands-parents ;

A la mémoire de mon oncle Rabah et Mokrane

A mes chers oncles : Rabah, M^{ed}, Brahim, Rachid, Sadek ;

A mes chères tantes : Aldjia, Ouerdia, et leurs maris ;

A tous mes cousins et mes cousines en particulier ami Cherif ;

A toutes les familles BERREFAS, BELLEBIA, BECHEKER, CHEBLI

A mes chers amis : Ahviviw, Moumene, Ami Said et son compagnon

Mouh Mohammedh, Sofiane, Zi Welhou, Mourad le suisse, , Mahdi,

Said, Arezki la France, Samir, Cheikh Malik, Laidi, Ahmed,

A toute la promotion d'Automatique 2008

A mon très cher binôme Toufik avec lequel j'ai partagé travaille et sa famille ;

Et tous ceux qui se reconnaîtront en ce mot « AMI » ...

Mohamed Ouramdane.

SOMMAIRE

Préface

I- Présentation et organisation de l'ENIEM.....	1
II- Organisation générale de l'entreprise.....	2
III- Produits fabriqués.....	3
IV- Métier de l'ENIEM.....	3

Introduction générale.....	5
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Présentation et description de la machine à mousser les portes

I Introduction.....	6
II Description générale de la machine.	7
II-1 Bloc 1.....	8
II-1-1 Groupe gabarit.....	8
II-1-2 Groupe d'avancement chaîne.....	8
II-2 Bloc 2.....	8
II-3 Bloc 3.....	8
Pupitre de commande.....	9
III Les prés-actionneurs, actionneurs et capteurs.....	10
III-1 Les prés-actionneurs.	10
III-1-a Distributeur.	10
III-1-b Le contacteur.....	11
III-2 Les Actionneurs.	12
III-2-1 Les vérins.....	13
III-2-2 Les Moteurs.	16
III-3 Les capteurs.....	18
III-3-1 Capteur de position.	19
III-3-2 Capteur de proximité photoélectrique.....	20
III-3-3 Capteur capacitif.....	22
III-3-4 Les facteurs qui interviennent dans le choix d'un capteur	22
IV- Le circuit hydraulique, pneumatique et électrique	23
IV-1 Le circuit hydraulique et pneumatique	23
IV-2 Circuit électrique d'alimentation.....	25
V- Cahier de charge fonctionnel de la machine.....	25
V-1 Travail demandé :.....	25
V-2 Fonctionnement de la machine : ...	25

SOMMAIRE

V-2-a	Conditions initiales de fonctionnement.....	26
V-2-b	Phase de préparation de cycle.....	26
V-2-c	Démarrage de cycle.....	27
V-2-d	Tableau correspondance cote / model.....	28
V-2-e	Cycle de réchauffage.....	30
V-2-f	Cycle sans mousse.....	30
VI Conclusion		31

Chapitre II : Modélisation de la machine à l'aide du GRAFCET

I	Introduction	32
II	Définition du GRAFCET	32
III	Les concepts de base d'un GRAFCET	33
III-1	Etape	33
III-2	Transition	34
III-3	Liaisons orientées.....	35
III-4	Règles d'évolution d'un GRAFCET :.....	35
III-5	Sélection de séquence et séquence simultanées.....	36
III-6	Saut d'étapes.....	37
III-7	Reprise de séquence.....	38
IV	Niveau d'un GRAFCET	38
IV-1	GRAFCET de niveau 1	38
IV-2	GRAFCET de niveau 2	38
IV-3	Grafcet de niveau 3	39
V	Mise en équation d'un grafcet	39
VI	Application du GRAFCET pour modéliser la machine	41
VI-1	Liste d'actions, et capteurs.....	41
VI-1-1	Actionneurs.....	41
VI-1-2	Capteurs et boutons poussoirs.....	41
VII-	Modélisation de la machine	44
VIII-	Conclusion	45

Chapitre III : Automatisation de la machine par automate programmable industriel S7- 300

I	Introduction	46
II	Automates programmables	46

SOMMAIRE

II-1 Définition d'un API	46
II-2 Architecture et gammes d'automates	46
II-3 Définition d'un système automatisé	48
II-4 Choix d'un API	50
III- Présentation de l'automate S7-300.....	51
III-1 Caractéristique du S7-300	51
III-2 Constituants de l'automate S7-300	52
III-2-1 L'unité centrale	52
III-2-1-a Interface MPI	52
III-2-1-b- Commutateur de mode de fonctionnement	53
III-2-1-c Signalisation des états.....	53
III-2-1-d Carte mémoire.....	53
III-2-1-e La pile	53
III-2-2- Module d'alimentation.....	53
III-2-3- Les modules d'entrées/sorties	53
III-2-3-1 Modules d'entrées.....	53
III-2-3-1-a Les modules d'entrées « Tout ou Rien ».....	54
III-2-3-1-b Les modules d'entrées analogiques.....	54
III-2-3-2 Modules de sorties.....	54
III-2-3-2-a Les modules de sorties « Tout ou Rien ».....	54
III-2-3-2-b Les modules de sorties analogiques.....	54
III-2-4 Les coupleurs.....	54
III-2-5 Module de fonction (FM).....	54
III-2-6 Module de simulation.....	55
III-3 Fonctionnement de l'automate programmable.....	55
III-3-1 Réception des informations sur les états du système.....	55
III-3-2 Système d'exploitation.....	55
III-3-3 Exécution du programme utilisateur.....	55
III-3-4 Commande de processus.....	56
III- 4 Nature des informations traitées par l'automate.....	56
IV- Programmation de l'API S7-300.....	56
IV-1 Le langage de programmation STEP7.....	56
IV-1-1- Langage CONT (LD : Ladder Diagram).....	57
IV-1-2- Langage LOG.....	57
IV-1-3- Langage LIST (IL : Instruction Liste).....	57
IV-1-4- Le GRAFCET (S7-GRAPH).....	58

SOMMAIRE

IV-2 Blocs du programme utilisateur	58
IV-2 .1 Bloc d'organisation (OB).....	58
IV-2 .2 Bloc fonctionnel (FB).....	58
IV-2 .3 Fonction (FC).....	59
IV-2 .4 Bloc de données (DB).....	59
IV-3 Création d'un projet dans S7-300.....	59
V- Conclusion	61
 Chapitre IV : Simulation et validation du programme par S7-PLCSIM	
I- Introduction.....	62
II- Présentation du S7-PLCSIM	62
III- Commande de la CPU.....	62
III-1- La fenêtre CPU.....	62
III-2- Les modes de fonctionnement de la CPU.....	63
III-3- Mise en route du logiciel S7-PLCSIM	63
III- 4- Visualisation de l'état du programme.....	65
III-5- Simulation du programme de la machine à mousser les portes R1.....	66
IV-Conclusion.....	68
 Conclusion générale.....	 69
 Bibliographie	
Annexe	

Préface

I- Présentation et organisation de l'ENIEM

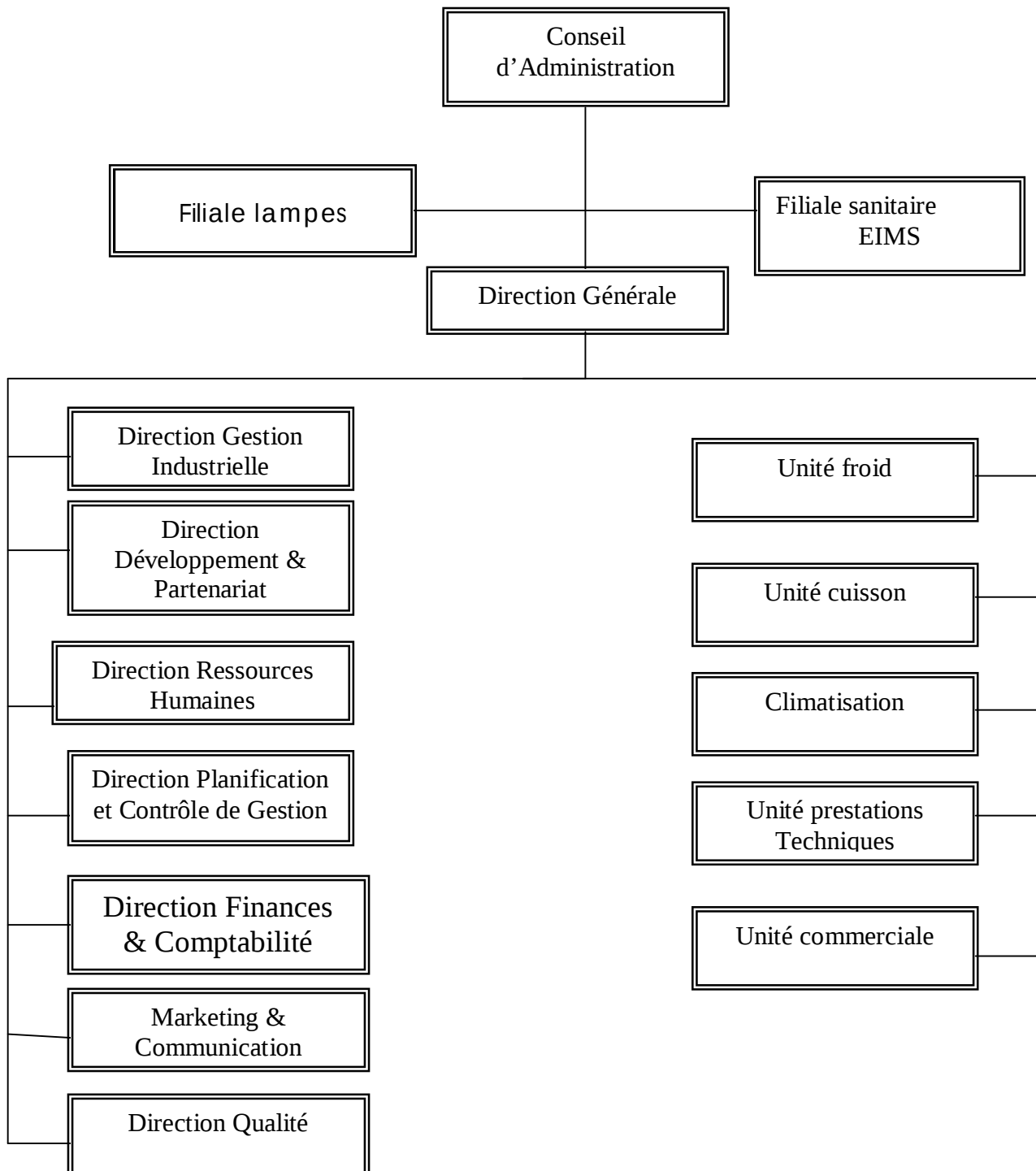
ENIEM (Entreprise Nationale des Industries de l'Electro-Ménager) est une entreprise publique de droit Algérien constituée le 2 janvier 1983 mais qui existe depuis 1974 sous tutelle de l'entreprise SONELEC (société nationale de fabrication et de montage de matériel électronique et électrique).

Son siège social est situé au chef lieu de la wilaya de Tizi Ouzou. Les unités de production froid, cuisson, et climatisation sont implantées dans la zone industrielle Aissat Idir de Oued Aissi, distante de 7 Km du chef-lieu de wilaya. Les filiales sanitaire et lampe sont installées respectivement à Miliana wilaya de Ain Defla et Mohammadia, wilaya de Mascara.

L'ENIEM a été transformée juridiquement en société par action le 08 octobre 1989. Son capital social est de 10 279 800 000 DA détenu en totalité par la SGP INDELEC.

Préface

II- Organisation générale de l'entreprise



Préface

III- Produits fabriqués

III- 1. Produits froid

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

III- 2. Produits cuisson

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

III- 3. Produits de climatisation et autres

- Climatiseurs split système (de 9.000 à 24.000 BTU)
- Machine à laver 7 kg
- Chauffe-eau 10 L
- Radiateur à gaz butane

IV- Métier de l'ENIEM

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

- **Transformation plastiques.**
 - Injection plastique ;
 - Injection polystyrène ;
 - Thermoformage de plaque ;
 - Plastification.
- **Transformation de tôles.**
 - Refendage ;
 - Découpage ; pliage ; emboutissage ...
- **Transformation de tubes et fils.**
 - Redressage et coupe ;
 - Pliage ; formage.

Préface

- **Soudage**
 - Par points ;
 - Par induction ;
 - Brasage.
- **Traitements et revêtement de surfaces.**
 - Peinture électrostatique (liquide) ;
 - Emaillage ;
 - Décapage, phosphatation ;
 - Zingage, chromage et nickelage.
- **Moussage**
 - Injection de polyuréthane.
- **Contrôle qualité des produits**
 - A la réception.
 - En cours de fabrication.
- **Maintenance des équipements et moyens de production**
- **Production et distribution des utilités**
 - Production et distribution d'eau chaude et surchauffée et d'air comprimé ;
 - Distribution de gaz (Cyclopentane, Azote, Argon.)
- **Contrôle et analyse**
 - Chimie ;
 - Métallurgie ;
 - Essais produits.
- **Fabrication mécanique**
 - Tournage, fraisage, rectification ;
 - Usinage par électroérosion ;
- **Traitement thermique**
- **Fonctions de soutien technique.**
 - Etudes produits ;
 - Méthodes fabrication ;
 - Ordonnancement ;

Introduction générale

De nos jours, les entreprises sont soumises à des rudes épreuves de concurrence. Proposer des produits de qualité en temps réduit et à des prix compétitifs, assurer la sécurité des installations et celle du personnel, sont quelques unes des contraintes auxquelles elles doivent faire face.

De ce fait, elles ont recours à une politique de gestion qui repose sur la mise à niveau des équipements, c'est-à-dire automatiser au maximum les chaînes de productions pour, à la fois assurer meilleure production en quantité et qualité et éviter les accidents qui peuvent surgir dans le cas où l'assistance humaine serait prédominante par rapport aux machines.

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, les responsables de l'Entreprise Nationale des Industries de Electro-Ménager « ENIEM » nous ont chargés de faire une étude en vue de la modernisation de la commande d'une machine à mousser les portes des réfrigérateurs et l'équiper ainsi d'un automate programmable industriel S7-300 de la firme SIEMENS en remplacement du S5 existant.

Pour ce faire nous avons élaboré le plan de travail suivant :

- Ø Le premier chapitre comporte la description générale de la machine, où sont présentées les différentes parties constitutives de la machine.
- Ø Le deuxième chapitre est consacré à la modélisation en faisant appel à l'outil de modélisation GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etape -Transition).
- Ø Le troisième chapitre représente l'étude de l'API S7-300 où est exposé le langage de programmation STEP7.
- Ø Le quatrième chapitre est réservé à la simulation du programme avec le logiciel de simulation S7-PLCSIM.

Nous terminons notre travail par une conclusion générale.

I- Introduction

La machine étudiée sert à mousser les portes de réfrigérateurs petit modèle R1, elle est semi automatique fonctionne à l'aide d'un séquenceur S5 de la firme SIEMENS.

Elle occupe une place très importante dans l'unité de production au sein de l'entreprise ENIEM.

D'une façon générale, le moussage consiste à mélanger l'isocyanate, le polyol et le cyclopentane dans une tête et injecter l'ensemble dans un moule ouvert ; le moule est ensuite refermé pendant le temps de la polymérisation et à sa réouverture la porte ainsi moussée est récupérée (la mousse joue le rôle d'isolant).

Dans le présent chapitre, nous présentons la machine utilisée dans le cadre de notre stage. Nous décrivons particulièrement le fonctionnement et les schémas synoptiques de la machine.

La photo (I-1) illustre l'allure de cette machine :

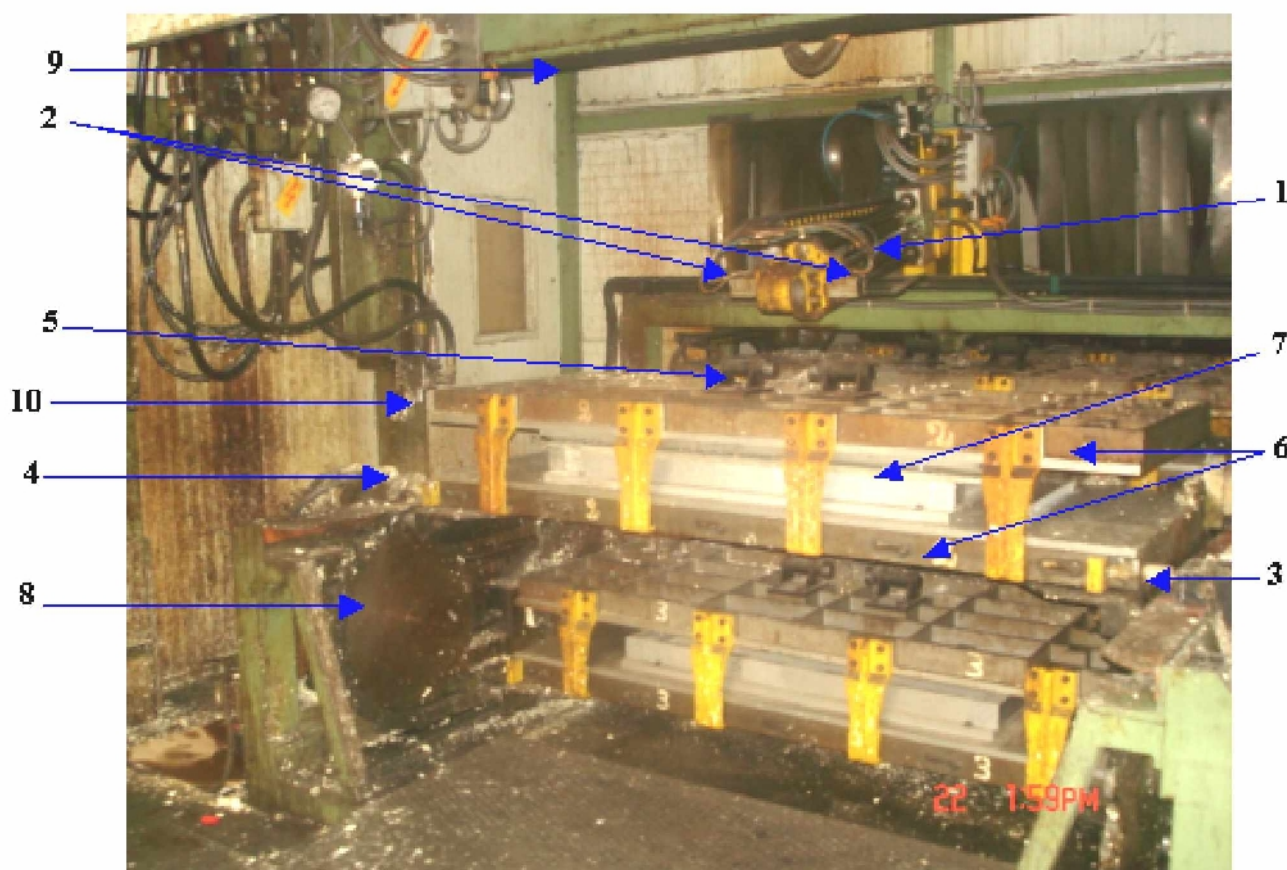


Figure I-1 : machine à mousser les portes de réfrigérateur

- 1- Vérin principal d'ouverture / fermeture chapeau.
- 2- Vérins d'accrochage chapeau.
- 3- Vérin fermeture crochet gabarit
- 4- Vérin ouverture crochet gabarit.
- 5- Crochets de chapeau.
- 6- Gabarit.
- 7- Moule.
- 8- Chaîne d'avancement.
- 9- Rail.
- 10- Tête d'injection.

II- Description de la machine

La machine est composée essentiellement de 3 blocs comme le montre la figure (I-2).[1]

- 1- Ensemble de traînement
- 2- Chariot porte-tête
- 3- Groupe d'ouverture/fermeture gabarits

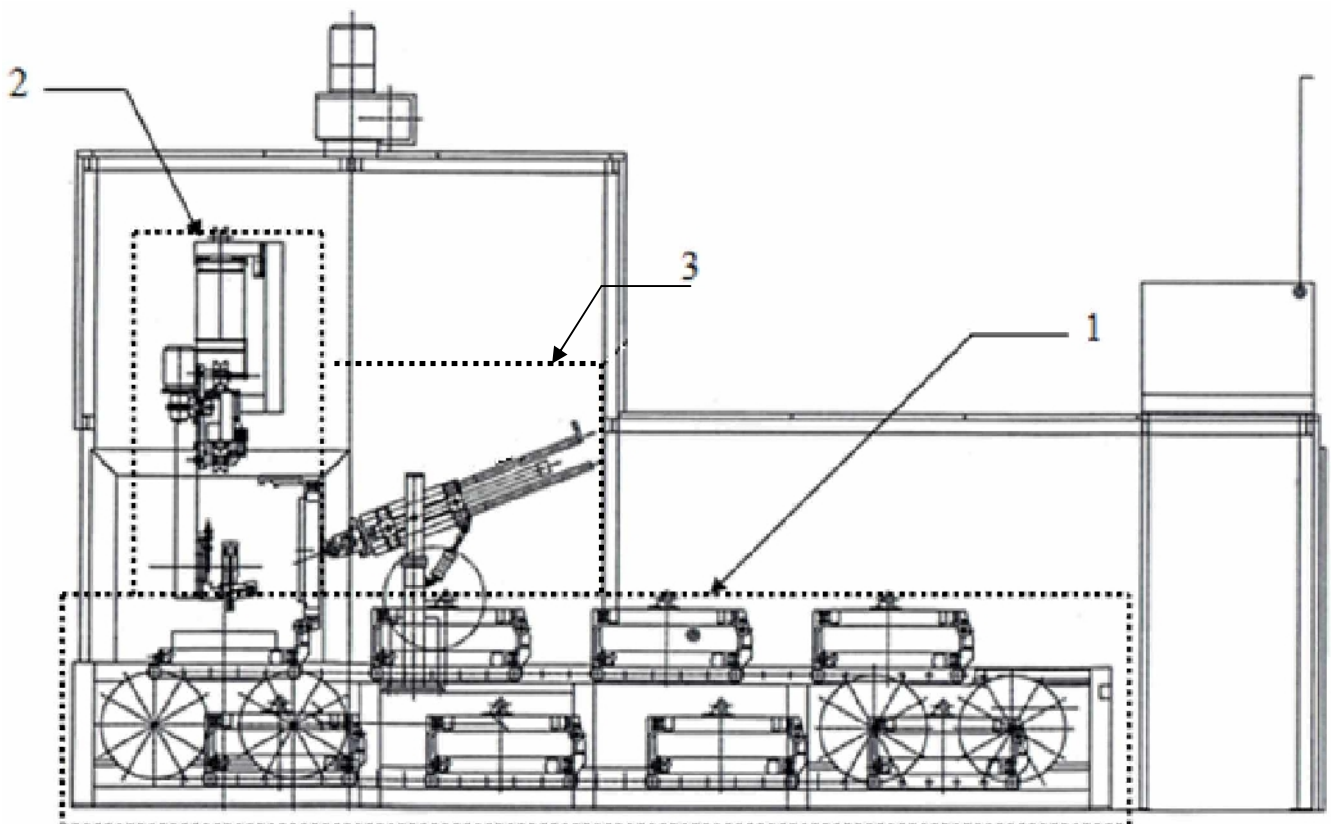


Figure I-2 : schéma synoptique de la machine.

II-1- Bloc 1

L'ensemble de traînement est constitué de deux groupes, groupe Gabarit et groupe d'avancement chaîne.

II-1-1- Groupe gabarit

Le groupe gabarit est constitué de huit gabarits métalliques fixés sur la chaîne d'avancement.

Un gabarit est composé d'une partie fixe sur laquelle la partie inférieure du moule est vissée, et d'une partie mobile qui est le chapeau de gabarit sur laquelle est fixée la partie supérieure du moule.

II-1-2- Groupe d'avancement chaîne

Le groupe d'avancement est composé d'une chaîne qui est enroulée sur quatre grandes roues dentées afin que le groupe gabarit avance d'un pas. L'avancement est guidé par deux vérins, chacun est positionné sur un côté de la machine, et de chaque côté se trouve un vérin servant à accrocher et décrocher le vérin d'avancement à la chaîne.

II-2- Bloc 2

Le chariot porte-tête est composé d'une tête d'injection de mousse, qui est entraînée par un moteur à courant alternatif triphasé pour sa translation sur le long du rail métallique situé au dessus de l'ensemble de traînement afin que l'injection se fasse à des points désirés.

II-3- Bloc 3

Le groupe ouverture/fermeture gabarits est composé :

- D'un vérin principal hydraulique avec deux tiges de fixation ; il sert à l'ouverture et fermeture du chapeau de gabarit.
- De deux vérins hydrauliques ; l'un pour fermer et l'autre pour ouvrir les crochets fermeture/ouverture gabarits.
- De deux vérins pneumatiques positionnés sur la tête de vérin principal ; ils sont utilisés pour l'accrochage et le décrochage de se dernier au chapeau de gabarit.
- D'un vérin pneumatique placé a l'extrémité arrière du vérin principal, ce qui lui permet de s'incliner vers le haut ou vers le bas.

Pupitre de commande

Le pupitre de commande semi-automatique, sert à commander les différentes tâches de la machine. Il est installé juste à côté de la machine. Il inclut tous les relais temporisés, interrupteurs et témoins lumineux.

Il comprend :

- 1- Témoin indiquant que l'installation est prête au démarrage.
- 2- Bouton ouverture moule.
- 3- Sélecteur manuel/automatique
- 4- Sélecteur de coulée.
- 5- Sélecteur de cycle chauffage.
- 6- Sélecteur gabarit montée-descente.
- 7- Bouton ouverture cylindre crochet.
- 8- Bouton de confirmation en chargement.
- 9- Témoin marche groupe hydraulique.
- 10- Témoin urgence générale.
- 11- Sélecteur accrochage/décrochage gabarit.
- 12- Bouton fermeture cylindre crochet.
- 13- Bouton d'arrêt d'urgence.
- 14- Sélecteur transporteur avant/arrière gabarit.
- 15- Témoin indiquant que le cycle de chauffage est en position ON.
- 16- Bouton de remise à zéro de cycle automatique.
- 17- Alarme protection thermique.
- 18- Témoin phase mécanique.

Un positionneur qui vérifie la bonne position du chariot porte-tête est monté sur la boîte à boutons

Le positionneur détermine :

- 1- Le mouvement du chariot vers l'avant ou l'arrière
- 2- Le contrôle que le chariot se trouve dans les marges de tolérance permettant ainsi la suite du cycle

III- Les pré-actionneurs, actionneurs et capteurs

III-1- Les pré-actionneurs

Un pré-actionneur est un organe qui assure la distribution de l'énergie disponible aux actionneurs sur ordre de la partie commande.

Le choix d'un pré-actionneur dépend de l'énergie distribuée.

On distingue deux types de pré-actionneurs :

III-1-a- Distributeur

Un distributeur ou appareil de distribution est un appareil utilisé pour diriger le fluide hydraulique dans plusieurs directions d'un circuit hydraulique.

Selon le mode de commande de l'appareil, on distingue les distributeurs à commande manuelle, mécanique, électrique et pneumatique.

A partir d'une information directe (manuelle) ou indirecte (électrique ou pneumatique) provenant de la partie commande, un coulisseau cylindrique translate dans un boîtier cylindrique qui assure les liaisons entre les orifices d'arrivée et d'évacuation de fluide.

Constitution d'un distributeur

Le distributeur comporte un coulisseau, ou tiroir qui se déplace dans le corps du distributeur. Il permet de fermer ou d'ouvrir les orifices par où circule l'air (orifices 2 et 4) (voir figure I-3).

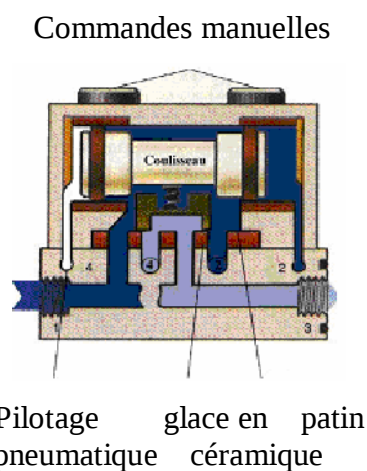


Figure I-3 : Schéma de distributeur

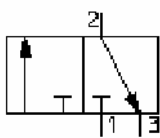
Représentation schématique des distributeurs

La représentation d'un distributeur s'effectue à l'aide de cases. Il y a autant de cases que de positions possibles. A l'intérieur des cases, on représente les voies de passage de l'air pour chacune des positions (voir figure I-4).

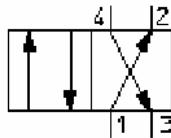
Pour caractériser un distributeur, il faut définir le nombre de voies ou d'orifices ainsi que le nombre de positions (exemple distributeur 3/2 : ce distributeur comprend 3 orifices et 2 positions).

Le raccordement des tuyauteries se représente sur la case symbolisant l'état de repos du distributeur. Pour en comprendre le fonctionnement, il faut imaginer que les canalisations sont fixes et que ce sont les cases qui se déplacent devant les canalisations, et non l'inverse.

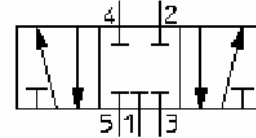
La machine est munie de distributeur de type 4/3, 4/2, 5/2



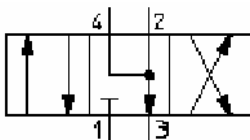
distributeur 3/2



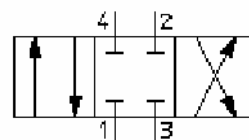
distributeur 4/2



distributeur 5/3 normalement fermée



distributeur 4/3 normalement ouvert



distributeur 4/3 normalement fermé

Figure I-4 : Symbolisation des distributeurs.

III-1-b- Le contacteur

Un contacteur est un relais de haute puissance modulaire comportant des contacts à double rupture qui servent à couper des tensions et des courants élevés.

Les contacteurs sont utilisés pour commuter de moyennes ou grosses charges électriques. Dès que l'on envisage de commander un moteur, quelle que soit sa puissance, on devrait utiliser un contacteur.

Il se compose d'une bobine qui est l'organe de commande, de contacts principaux et de contacts auxiliaires (voir la figure I-5).

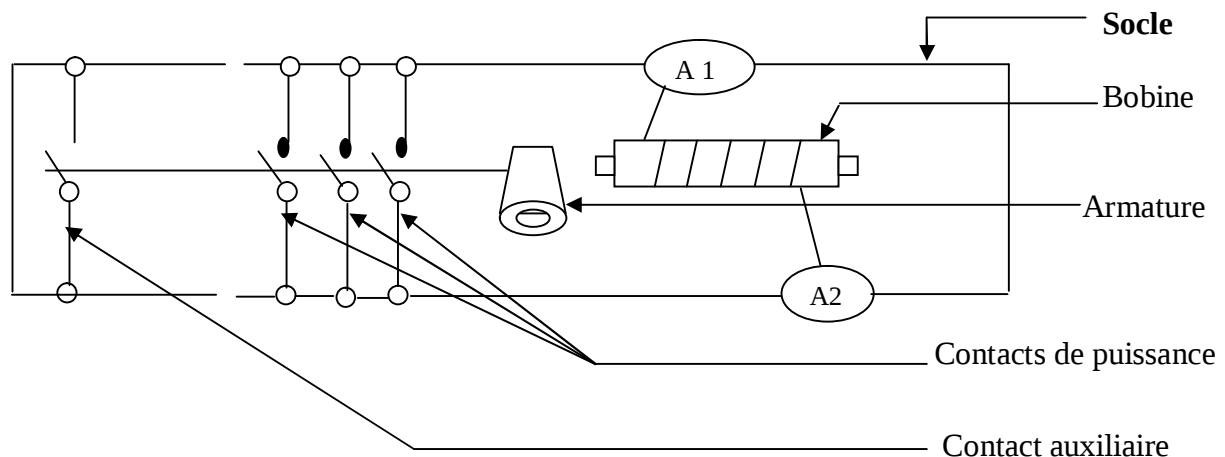


Figure I-5 : Schéma de contacteur

III-2- Les actionneurs

Un actionneur est un composant qui transforme une énergie prélevée d'une source extérieure, en une action physique sur la matière d'œuvre.

En automatique industrielle courante, les vérins pneumatiques sont des actionneurs forts utiles et souvent irremplaçables

Différents critères interviennent dans le choix d'un actionneur :

- Ø Source d'énergie disponible
- Ø Type d'action recherché
- Ø Puissance nécessaire
- Ø Environnement (milieu ambiant, nuisance,...)

III-2-1- Les vérins

Un **vérin** est un tube cylindrique dans lequel une pièce mobile (le piston) sépare le volume du cylindre en deux chambres isolées l'une de l'autre. Un ou plusieurs orifices permettent d'introduire ou d'évacuer un fluide dans l'une ou l'autre des chambres et ainsi déplacer le piston (voir figure I-6).

Un **vérin pneumatique** est utilisé avec de l'air comprimé entre 2 et 10 bars dans un usage courant simple à mettre en œuvre, il est très fréquent dans les systèmes automatisés industriels.[2]

Un **vérin hydraulique** est utilisé avec de l'huile sous pression, jusqu'à 350 bars dans un usage courant plus coûteux, il est utilisé pour les efforts plus importants et les vitesses plus précises (et plus facilement réglables) qu'il peut développer.

D'une manière générale un vérin est composé principalement de :

- un corps
- un piston
- une tige
- des orifices d'entrée et de sortie du fluide.

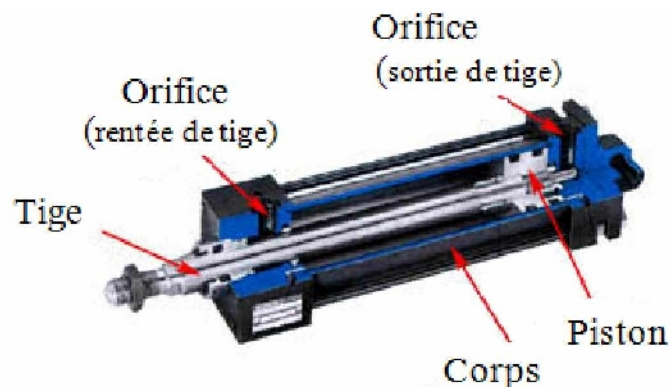


Figure I-6 : schéma réel d'un vérin

1- Vérin à simple effet

Un vérin à simple effet ne travaille que dans un seul sens (en tirant ou en poussant), ce qui veut dire que le fluide hydraulique n'agit que dans un côté et le retour se fait généralement soit par ressort ou soit par la charge. Il est alimenté par un distributeur 3/2 (voir les figures I-7, I-8).

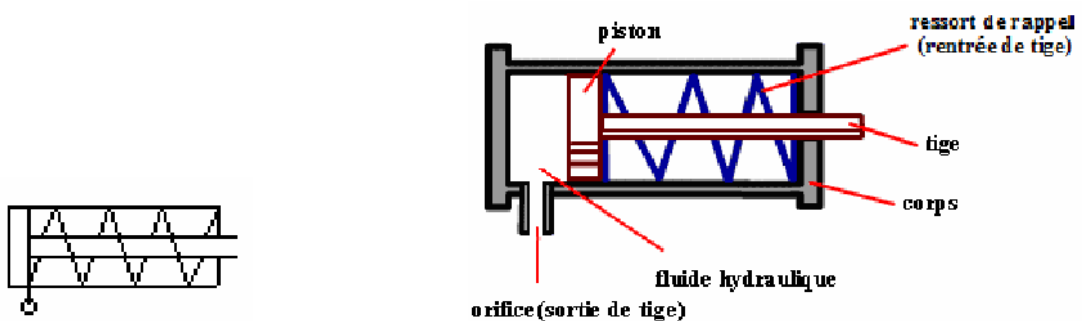


Figure I-7 : Symbolisation d'un vérin à simple effet

Figure I-8 : schéma d'un vérin à simple effet

2- Vérin à double effet

Un vérin à double effet est un vérin qui travaille dans les deux sens (en poussant et en tirant), c'est à dire que le fluide hydraulique est envoyé sous pression de part et d'autre du piston en fonction du travail voulu (sortie-rentree de tige). Il est alimenté par un distributeur 4/2, ou 5/2 (voir les figures I-9, I-10).

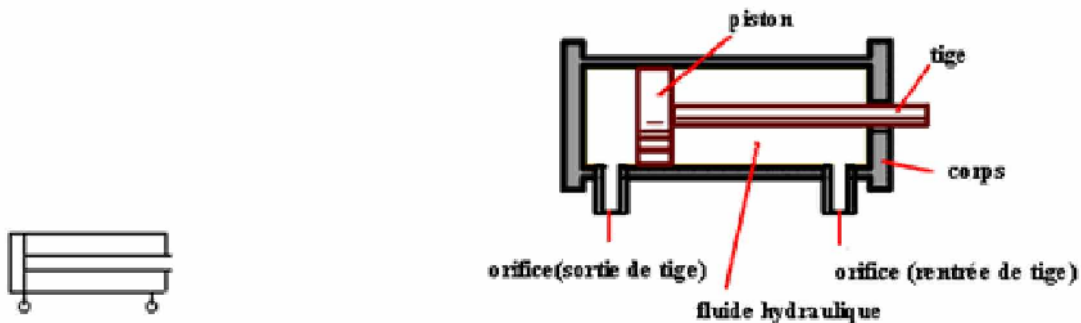


Figure I-9 : Symbolisation d'un vérin à double effet Figure I-10 : schéma d'un vérin à double effet

Les vérins à double effet offrent une grande souplesse d'utilisation, un réglage plus facile de la vitesse par contrôle du débit à l'échappement, des amortissements de fin de course réglables ou non, possibles dans un ou dans deux sens, ils offrent de nombreuses réalisations et options. Mais ils sont plus coûteux.

Les vérins à doubles effets sont les plus utilisés sur les équipements industriels, ils présentent un grand nombre d'applications.

Critères de choix d'un vérin :

Un certain nombre de critères doit être pris en compte pour déterminer le vérin à utiliser. Il faut d'abord connaître l'effort de déplacement de la charge et son sens pour définir les deux caractéristiques dimensionnelles du vérin, son diamètre ($\varnothing$) et sa source. Il sera ensuite nécessaire de définir la vitesse de la tige afin de déterminer l'énergie cinétique et l'amortissement de l'ensemble mobile (Piston + tige + charge).[10]

La figure I-11 illustre les caractéristiques dimensionnelles d'un vérin.

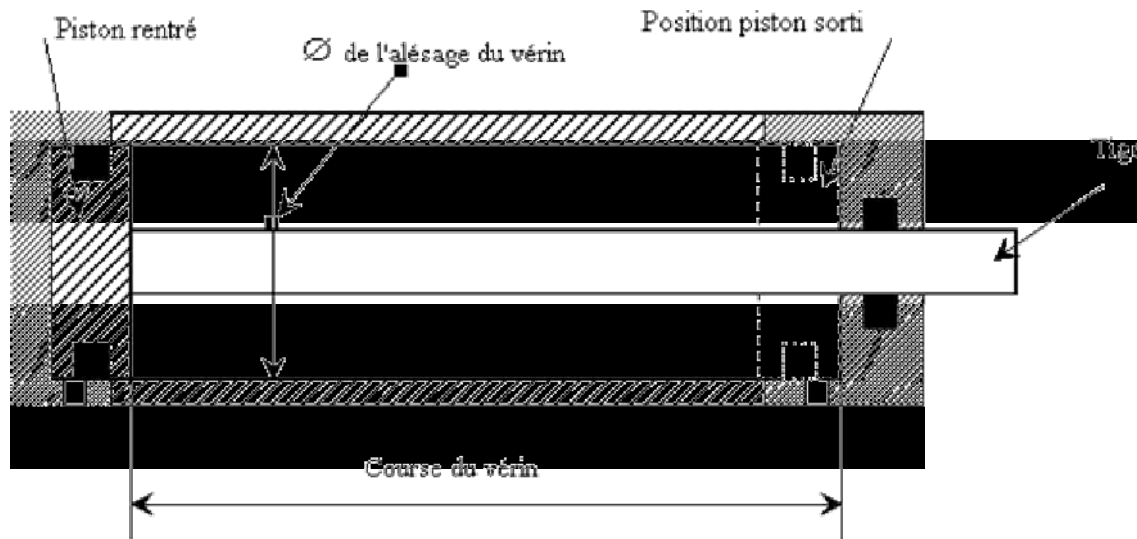


Figure I-11 : caractéristiques dimensionnelles du vérin

Pour le calcul des efforts de poussée et de rentrée du vérin, on choisit d'utiliser un vérin P avec un piston de diamètre D cm et une tige de diamètre d cm sous une pression « p » en bars. (voir figure I-12), (1 bar = 10N/cm^2), pour cela nous aurons deux cas :

1er cas - Calcul d'effort d'un vérin poussant une charge

$$\text{Effort exercé (Newton) } F = \text{pression} * \text{section du vérin} = P * \pi * D^2 / 4$$

2ème cas - Calcul d'effort d'un vérin double effet tirant une charge

Dans ce cas, la pression ne s'exerce plus sur la totalité du diamètre du piston mais sur une surface égale à la section du piston moins la section de la tige

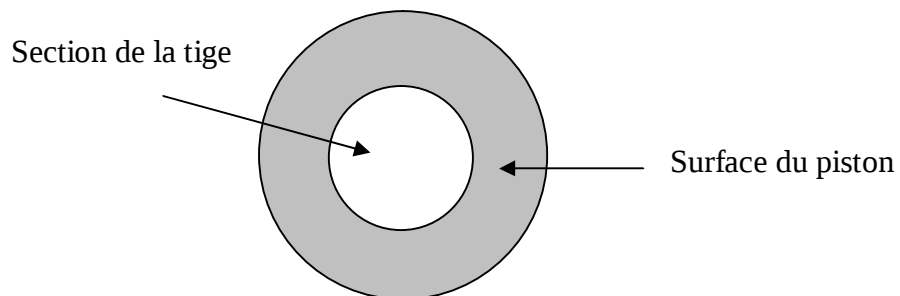


Figure I-12 : surface d'application de la force

$$\text{Effort exercé } F = \text{pression} * \text{section du vérin} = P * \pi * ((D^2 - d^2) / 4)$$

La machine étudiée comporte sept vérins hydrauliques à double effet et trois vérins pneumatiques à double effet qui assurent l'exécution des différentes tâches de la machine.

III-2-2- Les moteurs

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

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

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

Une deuxième sélection est faite à partir des besoins en couple et vitesse (puissance). Ensuite il faut vérifier que l'échauffement du moteur en fonctionnement est compatible avec la classe du moteur proposé par le constructeur.

La machine étudiée est équipée de deux moteurs asynchrones triphasés l'un à deux sens de rotation qui sert à déplacer le chariot porte-tête et l'autre à un seul sens pour la pompe hydraulique.

a) Démarrage direct d'un moteur asynchrone

Les enroulements du stator sont couplés directement sur réseau, le moteur démarre et atteint sa vitesse nominale.

Schémas des circuits

 **Fonctionnement** : Après avoir fermé le sectionneur, l'action sur BP1 enclenche KM1 (relais) qui s'auto alimente, après l'arrêt de premier sens, l'action sur BP2 enclenche KM2 donc le deuxième sens de rotation, par sécurité en place un verrouillage entre les deux sens de marche.

✚ **Circuit de puissance et circuit de commande :** le circuit de puissance est alimenté en triphasé, alors que le circuit de commande est alimenté par l'intermédiaire d'un transformateur de sécurité.

La figure I-13 illustre les schémas des circuits de puissance et de commande d'un moteur à deux sens de rotation.

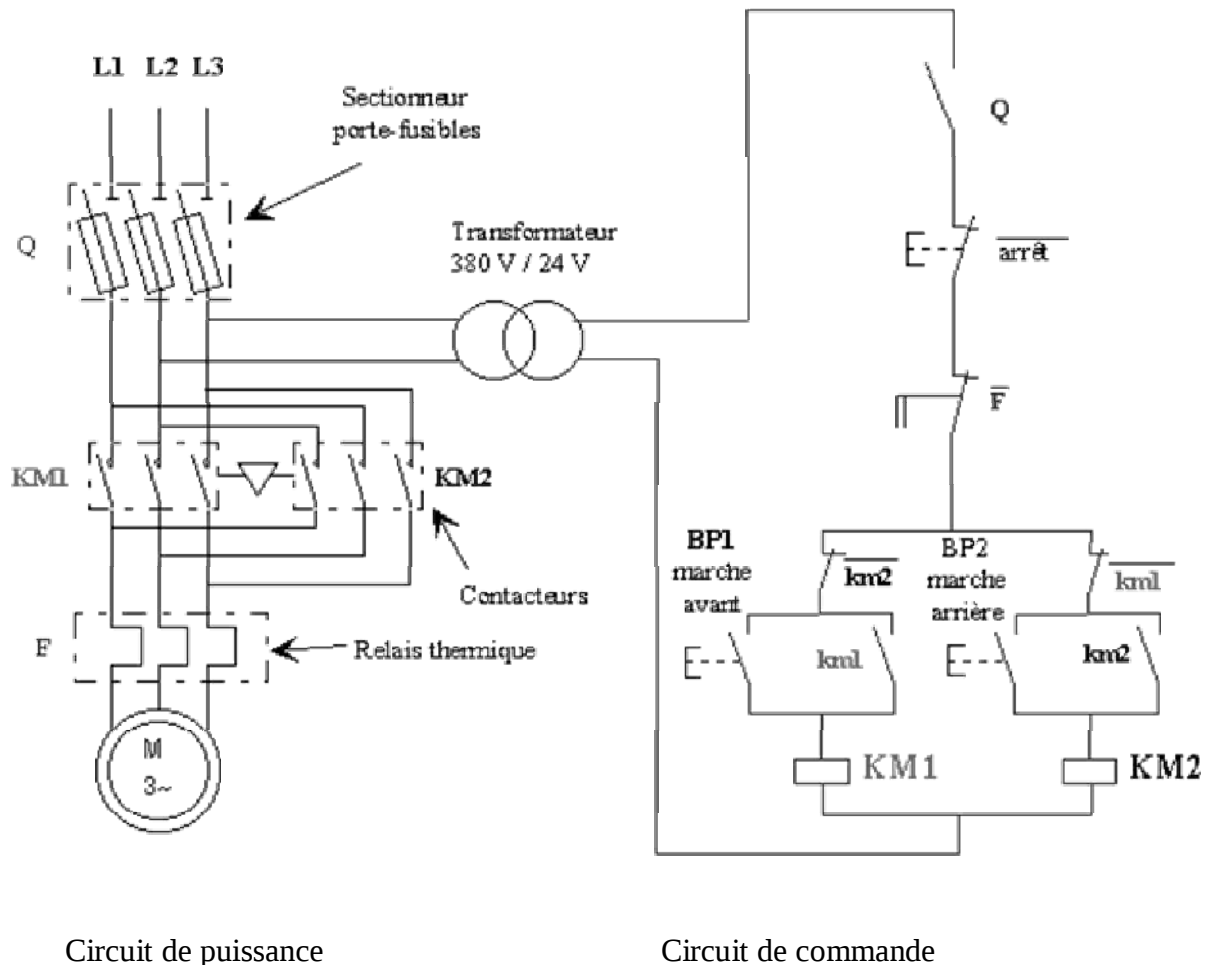


Figure I-13 : circuit de puissance et de commande d'un moteur à deux sens de rotation.

b- Relais thermique

✚ Principe de fonctionnement

Le relais thermique utilise la propriété d'un bilame formé de deux lames métalliques minces ayant des coefficients de dilatation différents. Il s'incurve lorsque sa température augmente. Pour ce bilame on utilise un alliage ferronickel (voir figure I-15).

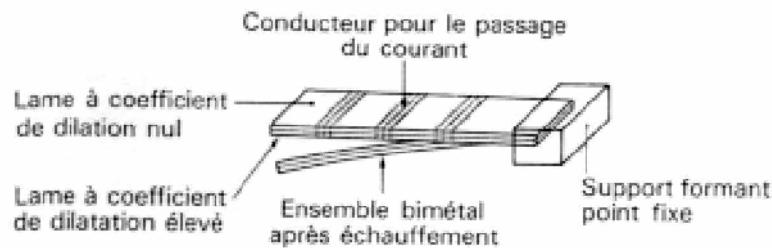


Figure I-15 : présentation d'un relais thermique.

c- Sectionneurs

Le sectionneur est un appareil mécanique de connexion capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsque le courant est nul ou pratiquement nul afin d'isoler la partie de l'installation en aval.

III-3- Les capteurs

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition. Ceux-ci prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande. Pour pouvoir être traitée, cette information sera portée par un support physique (énergie), on parlera alors de signal. Les signaux sont généralement de nature électrique ou pneumatique. [10]

Dans les systèmes automatisés séquentiels la partie commande traite des variables logiques ou numériques. L'information délivrée par un capteur pourra être logique (2 états), numérique (valeur numérique), analogique (dans ce cas il faudra adjoindre à la partie commande un module de conversion analogique numérique).

On peut caractériser les capteurs selon deux critères :

- § en fonction de la grandeur mesurée ; on parle alors de capteur de position, de température, de vitesse, de force, de pression, etc. ;
- § en fonction du caractère de l'information délivrée ; on parle alors de capteurs logiques appelés aussi capteurs tout ou rien (TOR), de capteurs analogiques ou numériques.

On peut alors classer les capteurs en deux catégories, les capteurs à contact qui nécessitent un contact direct avec l'objet à détecter et les capteurs de proximité. Chaque catégorie peut être subdivisée en trois catégories de capteurs : les capteurs mécaniques, électriques, pneumatiques.

Principales caractéristiques des capteurs :

- Ø **L'étendue de la mesure** : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.
- Ø **La sensibilité** : c'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur.
- Ø **La rapidité** : c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information prise en compte par la partie commande.
- Ø **La précision** : c'est la capacité de répéter une information position, une vitesse,...

III-3-1- Capteur de position

Les capteurs de position sont des capteurs de contact. Ils peuvent être équipés d'un galet, d'une tige souple, d'une bille. L'information donnée par ce type de capteur est de type tout ou rien et peut être électrique ou pneumatique.

Ils peuvent prendre deux états : état repos et état actionné. A chaque état correspond un signal de sortie (0 ou 1).

Principe de fonctionnement

C'est un commutateur, commandé par le déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve). Lorsque le corps d'épreuve est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique. De nombreux modèles peuvent être associés au corps : tête à mouvement rectiligne, angulaire ou multi direction associée à différents dispositifs d'attaque (à poussoir, à levier ou à tige) (voir figure I-16). La tête de commande et le dispositif d'attaque sont déterminés en fonction de :

- § La forme de l'objet : came 30°, face plane, forme quelconque.
- § La trajectoire de l'objet : frontale, latérale, multidirectionnelle.
- § La précision de guidage.

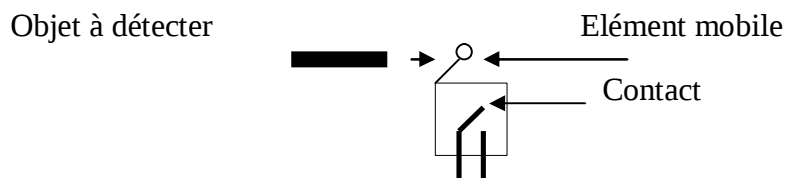


Figure I-16 : Schéma de principe d'un Capteur de position

III-3-2- Capteur de proximité photoélectrique

Un capteur photoélectrique est un capteur de proximité. Il se compose d'un émetteur de lumière associé à un récepteur. La détection d'un objet se fait par coupure ou variation d'un faisceau lumineux. Le signal est amplifié pour être exploité par la partie commande. Les récepteurs ont comme élément de base des dispositifs sensibles au rayonnement infrarouge.

La détection est réalisée selon deux procédés :

- Ø Blocage de faisceau par la cible.
- Ø Renvoi du faisceau sur le récepteur par la cible.

Les détecteurs de proximités sont utilisés pour la détection d'objet et de produit dans la manutention et le convoyage, la détection de pièces et la détection de personnes.

Trois systèmes de base sont proposés pour la détection des différents objets selon l'application désirée :

- Le système barrage comporte deux boîtiers, il a une portée de 30m, il ne détecte pas les objets transparents (voir figure I-18).

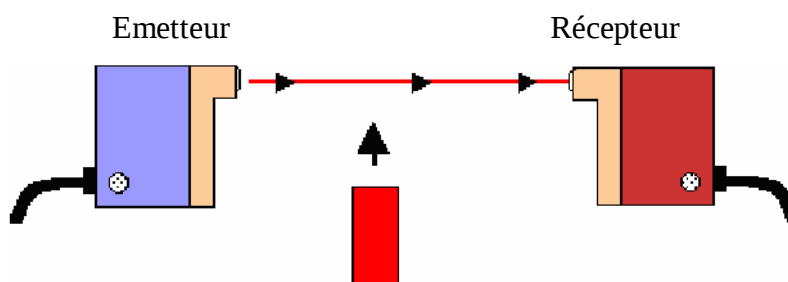


Figure I-18 : Système barrage

Le système réflexe ne comporte qu'un seul boîtier, il a une portée de 15m, et ne détecte pas les objets transparents réfléchissants (figure I-19).

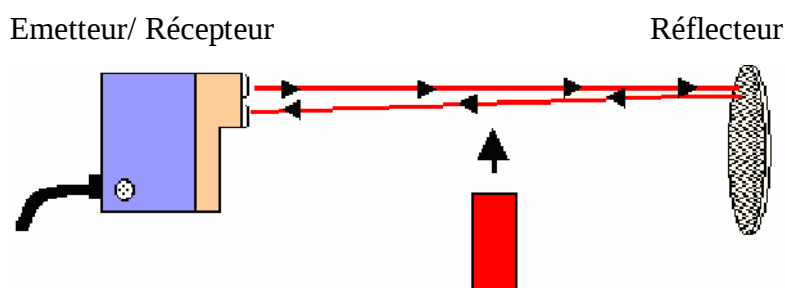


Figure I-19 : Système réflexe

- Le système proximité comporte un seul boîtier, sa portée dépend de la couleur de l'objet (clair mieux détecter) et ne détecte pas les objets transparents (voir figure I-20).

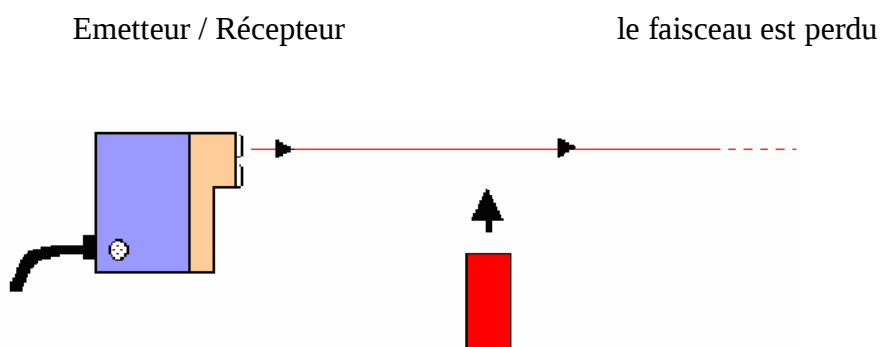


Figure I-20 : Système proximité

III-3-3- Capteur capacitif

Les capteurs capacitifs sont des capteurs de proximité qui permettent de détecter des objets métalliques ou isolants. Lorsqu'un objet entre dans le champ de détection des électrodes sensibles du capteur, il provoque des oscillations en modifiant la capacité de couplage du condensateur.

III-3-4- Les facteurs qui interviennent dans le choix d'un capteur

Parmi les principaux des nombreux facteurs qui interviennent dans le choix d'un détecteur, nous citons :

- Les conditions d'exploitation, caractérisées par la fréquence de manœuvre, la nature, la masse et la vitesse du mobile à contrôler, la précision et la fidélité exigées.
- L'effort nécessaire pour actionner le contact.
- Le niveau de protection recherché contre les chocs, les projections de liquides.
- Le nombre de cycles de manœuvres.
- La nature du circuit électrique.
- Le nombre et la nature des contacts.
- La place disponible pour loger, fixer et régler l'appareil.

La démarche d'aide au choix s'établit en deux temps :

Phase1 : détermination de la famille de détecteurs adaptée à l'application

Phase2 : détermination du type et de la référence du détecteur recherché.

- L'environnement : température, humidité, poussière, projections diverses.
- La source d'alimentation : alternative ou continue.
- Le signal de sortie : électromécanique, statique.
- Le type de raccordement : câble, connecteur.

IV- Le circuit hydraulique, pneumatique et électrique

IV-1- Le circuit hydraulique et pneumatique

Les circuits hydrauliques et pneumatiques de la machine sont donnés dans l'annexe A, ils comportent essentiellement :

a. Tuyauteries

Elles permettent la jonction et la conduction d'huile ou de pression de différents appareils de circuit.

b. clapet anti-retour

Le clapet anti-retour est un organe qui permet le passage de fluide dans un sens (a vers b) et l'empêche dans le sens opposé. (Voir figure I-21)



Figure I-21 : clapet anti-retour

c. clapet anti-retour déverrouillable

Lorsque la pression d'entrée en 1 est supérieure à la pression de sortie en 2, le clapet anti-retour libère le passage, dans le cas contraire il l'obture. Le clapet anti-retour peut en outre être déverrouillé par la conduite de commande 3, si bien le passage est possible dans les deux sens. (Voir figure I-21)

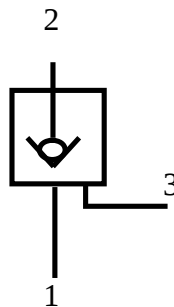


Figure I-23 : clapet anti-retour déverrouillable

d. régulateurs de flux variable unidirectionnel

Ils permettent de modifier la vitesse du mouvement des récepteurs (vérins...) en réglant la section de passage du fluide de commande.

Le régulateur de flux combine un clapet d'étranglement et un clapet anti-retour. Ce dernier bloque le passage de l'huile dans une direction, l'huile s'écoule alors à travers le clapet d'étranglement. Une vis de réglage permet de régler la section d'étranglement, dans le sens inverse le fluide peut passer librement à travers le clapet anti-retour. (Voir figure I-23)

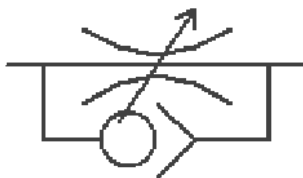


Figure I-23 : régulateur de flux variable unidirectionnel

e. pompe hydraulique

Elle a pour rôle d'aspirer le fluide hydraulique contenu dans le réservoir, et de le refouler soit vers un organe de travail, soit à nouveau vers le réservoir à travers un filtre (voir figure I-24).

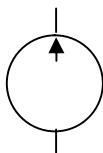


Figure I-24 : symbolisation d'une pompe hydraulique

IV-2- Circuit électrique d'alimentation

Le circuit électrique d'alimentation sert à :

- v actionner à travers un moteur électrique les pompes du circuit hydraulique
- v délivrer les différentes tensions (220, 24 volts) nécessaires pour alimenter les lampes de contrôle, les pré-actionneurs et les capteurs.

V- Cahier de charge fonctionnel de la machine

V-1- Travail demandé

Le travail qui nous a été demandé au niveau de l'unité froid de l'ENIEM est d'étudier la machine à mousser les portes équipée d'un séquenceur en vu de l'automatisation par un automate S7 de la firme SIEMENS.

Les causes qui ont motivées ce travail sont :

- Les pannes assez fréquentes que subit le séquenceur, qui se manifestent généralement par la défaillance d'une de ses cartes d'entrées/sorties.
- L'indisponibilité de ses équipements sur le marché (matériel obsolète).
- Amélioration des cadences de production.
- La nouvelle politique suivie par l'entreprise qui est la modernisation de tous ses équipements de production.

V-2- Fonctionnement de la machine

Avant la mise en marche en mode automatique, on doit passer par la phase de préparation qui consiste à mettre sous alimentation les différents organes électriques, pneumatiques et hydrauliques de la machine. Une fois la préparation est faite, on vérifie toutes les positions initiales de chaque bloc de la machine qui permettent d'enclencher le démarrage en mode automatique. Cette phase de préparation est visualisée au niveau du tableau de commande.

V-2-a- Conditions initiales de fonctionnement en mode automatique

- ü Chariot porte-tête en position de départ
- ü Vérin principal complètement entré et le chapeau de gabarit ouvert.
- ü Vérin d'inclinaison en entré
- ü Les deux vérins d'accrochage chapeau en sortie.
- ü Les deux vérins d'avancement chaîne complètement en sortie.
- ü Les deux vérins d'accrochage à la chaîne en sortie.
- ü Les deux vérins fermeture/ouverture crochet gabarit en entré.
- ü Présence de la porte dans le moule.
- ü Opérateur hors champs.

V-2-b- Phase de préparation de cycle

- 1- Tourner le bouton de l'interrupteur général sur la position ON.

Le témoin « mise sous tension » s'allume.

- 2- Appuyer sur le bouton « alimentation », le témoin « auxiliaires ON » s'allume.

Si le témoin « auxiliaire ON » ne s'allume pas, vérifier :

- Ø Si le bouton « arrêt d'urgence » est en position haut. Débloquer le bouton en le tournant dans le sens indiqué par la flèche située sur le bouton coup de poing.
- Ø Si une protection magnétothermique s'est déclenchée dans le tableau.

- 3- Tourner le sélecteur « manuel/automatique » sur la position manuelle à fin de positionner tous les organes de la machine en positions désirées, introduire ensuite les conditions initiales manuellement.

V-2-c- Démarrage de cycle

- Tourner le sélecteur 'manuel / automatique' sur la position automatique

La phase mécanique est la condition requise pour démarrer en mode automatique.

En appuyant sur le bouton « Start cycle automatique » le témoin automatique s'allumera pour signaler que l'installation est prête au cycle automatique.

- Appuyer au même temps sur les deux boutons « ouverture moule, confirmation en chargement » pour lancer le cycle.
- Avancement du chariot porte-tête à la position 1 (figure I-25).
- Retour du chariot porte-tête jusqu'à position 2 (début d'injection).
- Début d'injection de mousse jusqu'à position 3 (fin d'injection).
- Retour de chariot porte-tête à l'état initial.
- Sortie du vérin principal pour la fermeture de chapeau gabarit.
- Sortie du vérin fermeture crochets pour la fermeture de gabarit.
- Sortie des deux vérins d'accrochage chapeau pour la libération de ce dernier.
- Inclinaison du vérin principal vers le haut.
- Rentrée des deux vérins d'avancement chaîne afin que le gabarit avance d'un pas et un autre se positionne à sa place.
- Rentrée des deux vérins de fixation à la chaîne pour la libération des deux vérins d'avancement.

- Sortie de deux vérin d'avancement chaîne jusqu'à leurs position initiale.
- Sortie de deux vérins d'accrochage à la chaîne.
- Inclinaison du vérin principal vers le bas.
- Rentrée des deux vérins d'accrochage au chapeau gabarit.
- Sortie du vérin d'ouverture crochets gabarit.
- Rentrée du vérin principal pour ouvrir le chapeau.
- Intervention de l'opérateur pour extraire la porte moussée et placer une nouvelle porte.

V-2-d- Tableau correspondance cote / model

Le schéma ci-dessous montre les différentes positions suivies par le chariot porte-tête pour effectuer un cycle de moussage sur le model de moule voulu.

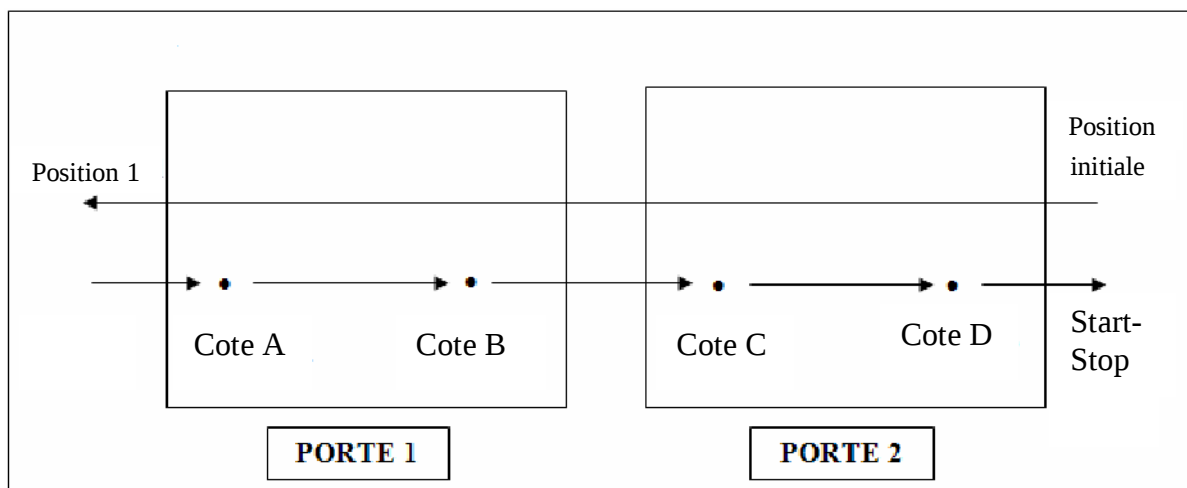


Figure I-25 : différentes positions de coulée

Cotes/ position Mod.	A	B	C	D
1	2	3	4	5
2	6	7	8	9
3	10	11	12	13
4	14	15	16	17
5	18	19	20	21
6	22	23	24	25

Ce tableau est fondamental pour comprendre l'organisation entre installation et positionneur.

Au moyen de la combinaison des cames d'identification, l'opérateur peut choisir le modèle à produire sur un gabarit déterminé qui sera ainsi moussé dans les positions décrites.

Exemple modèle 3 : début première coulée position 10, fin première coulée position 11, début deuxième coulée position 13.

Le pupitre de commande VT420 fournit un diagnostic d'aide pour l'opérateur au cas où la machine est bloquée.

Chaque alarme est clairement affichée ; les messages d'alarme interrompent le cycle automatique qui ne pourra redémarrer que si le problème est résolu et la commande de marche lancée par l'opérateur.

Remarque

Le modèle utilisé actuellement à l'entreprise est juste pour le moussage d'une seule porte, comme le montre la figure ci-dessous :

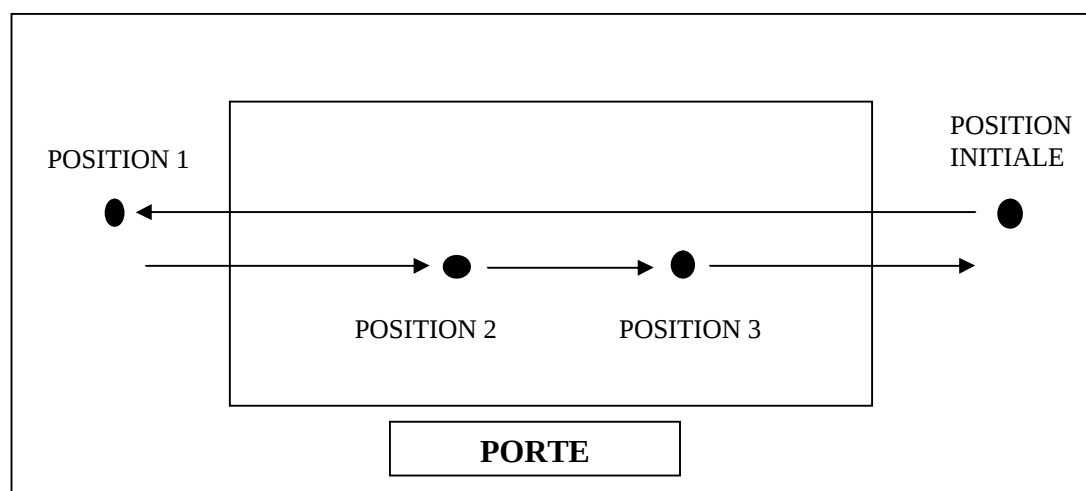


Figure I-26 : positions de coulée de la porte

V-2-e- Cycle de préchauffage

En sélectionnant le cycle automatique et en activant le bouton « cycle de préchauffage » sur la position 1, la machine commence une rotation pas à pas sans ouvrir les gabarits afin de permettre leur préchauffage avant de commencer la production.

En tournant le sélecteur sur la position 0, le cycle de réchauffage s'arrête et l'installation se remet en phase mécanique.

V-2-f- Cycle sans mousse

En sélectionnant le cycle automatique et en tournant le sélecteur de coulée sur la position OFF, l'installation travaille comme en mode automatique, mais sans l'assistance du chariot porte-tête.

Ce cycle est utile pour décharger les portes à la fin de la production ou bien pour travailler au cas où le chariot tête s'endommagerait en utilisant le cycle mousse en mode manuel.

VI- Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit la machine « moussage portes R1 » et les composants essentiels qui la constituent. Ainsi que son principe de fonctionnement afin de faciliter la modélisation que nous allons étudier dans le chapitre suivant.

I- Introduction

Une conception d'un système automatisé industriel comporte un cahier de charges, établi en collaboration avec les différents services utilisant ce système. Outre les contraintes techniques, il comporte des instructions impératives reliant la partie commande à la partie opérative, ainsi que le dialogue avec l'opérateur.

La conception, l'étude et la réalisation d'un automatisme nécessite une démarche structurée qui fait appel à un outil de description des systèmes automatisés séquentiels dans l'ordre chronologique des étapes tels que : le chronogramme, l'organigramme et le GRAFCET.

Afin de modéliser notre système industriel, nous avons choisi d'utiliser le GRAFCET qui est considéré comme un outil simple, permettant de modéliser parfaitement le système en tenant compte des contraintes physique et logique de fonctionnement.

II- Définition du GRAFCET

Le GRAFCET (**GRA**phe **Fonctionnel** de **Com**mande par **Et**apes et **Tr**ansitions) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il est parfois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.[4]

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

Le GRAFCET permet de construire des modèles ayant une structure graphique (représentation statique) à laquelle on associe une interprétation (elle correspond à l'aspect fonctionnel du grafcet). De plus, ce modèle possède un comportement dicté par des règles d'évolution (représentation dynamique), complétées pour l'implantation par des algorithmes d'application de ces règles.

III- Les concepts de base d'un GRAFCET

Le GRAFCET se compose d'un ensemble :

- § d'étapes auxquelles sont associées des actions (activités) ;
- § de transitions auxquelles sont associées des réceptivités ;
- § des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

La figure II-1 montre les éléments de base d'un grafcet

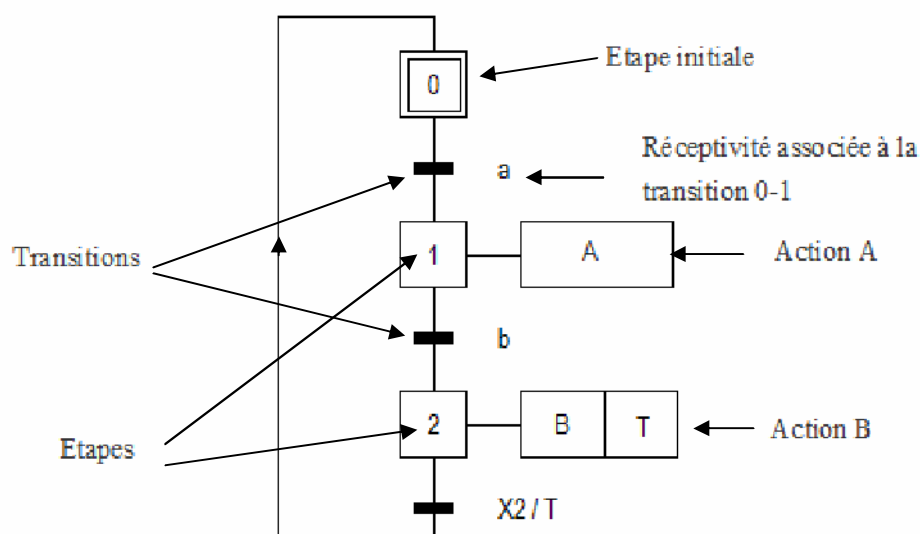


Figure II-1 : Symbolisation d'un grafcet.

III-1- Etape :

Une étape est une situation dans laquelle les variables d'entrée et de sortie de la partie commande restent inchangées. Autrement dit, l'étape représente un état du système dans lequel les informations d'entrée (consignes et comptes-rendus) et les informations de sortie (ordres et visualisations) de la partie commande restent identiques à elles-mêmes. L'étape est représentée par un carré repéré numériquement (fig1.1). Les **actions** associées sont marquées en clair dans un rectangle à droite du carré représentant l'étape.

La situation initiale d'un système automatisé est indiquée par une étape dite **étape initiale** et représentée par un carré double.

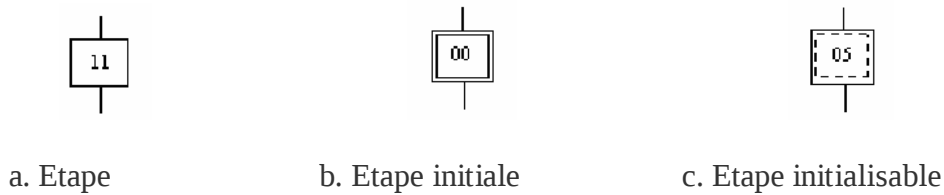


Figure II-2 : Représentation d'une étape

Remarque : Dans un GRAFCET il doit y avoir au moins une étape initiale.

III-2- Transition

Elle est située entre deux étapes consécutives, son franchissement indique l'évolution d'une étape vers l'étape suivante, donc l'évolution du système.

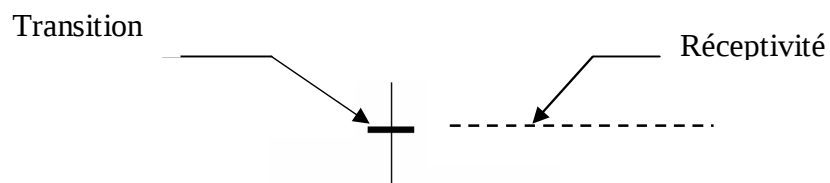


Figure II-3 : transition

Réceptivité :

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

Temporisation

La temporisation est une réceptivité qui permet une prise en compte du temps, il implique l'utilisation d'un temporisateur. Ce genre de réceptivité est noté comme suit :

$T/X_i/q$, ou $\overline{T/X_i}/q$, où i est le numéro de l'étape comportant l'action de la temporisation, et q est la durée écoulée depuis l'activation de l'étape X_i

III-3- Liaisons orientées

Les liaisons indiquent les voies d'évolution du Grafcet. Dans le cas général, les liaisons qui se font de haut vers le bas ne comportent pas de flèche. Dans les autres cas, on peut utiliser des flèches pour préciser l'évolution de Grafcet en cas de risque de confusion.

III-4- Règles d'évolution d'un GRAFCET

On étudie les conditions dans lesquelles il évolue : conditions de passage d'une étape active vers une autre étape active.

Règle 1 : Initialisation

Sa situation initiale caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement (étapes initiales ou étapes d'attente).

Dans un grafcet, il doit y avoir au moins une étape initiale.

Règle 2 : Franchissement d'une transition.

Pour qu'une transition soit franchissable il faut qu'elle soit validée et que la réceptivité associée soit vraie.

On dit qu'une transition est validée (susceptible d'être franchie) lorsque toutes les étapes précédentes sont actives.

Règle 3 : Evolution des étapes actives

Cette règle s'applique dans le cas d'un grafcet à une ou plusieurs séquences.

Enoncé de la règle 3 : Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

- Règle 4 :

Plusieurs transitions simultanément franchissables, sont simultanément franchies.

Cette règle servira, à la décomposition du grafcet en plusieurs autres grafcet, ou, à un grafcet à plusieurs séquences.

- Règle 5 :

Si, au cours de l'évolution d'un grafcet, une même étape doit être activée et désactivée simultanément, elle reste active (figure II-4).

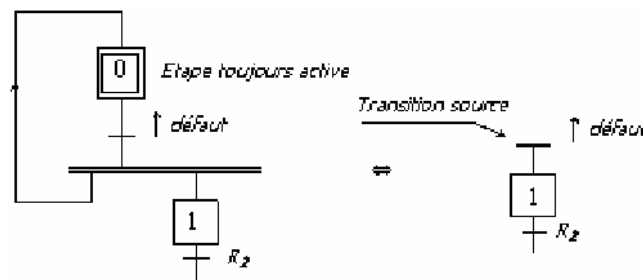


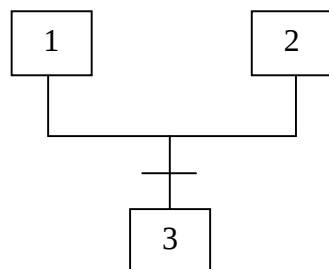
Figure II-4 : Illustration de la règle 5

III-5- Sélection de séquence et séquence simultanée

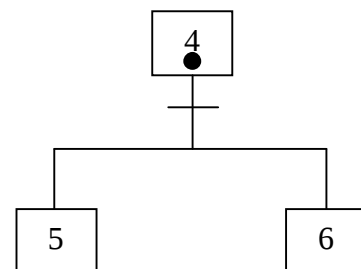
Le GRAFCET présente deux structures particulières : la sélection de séquences et les séquences simultanées.

a- Sélection de séquences

La sélection de séquences dans un Grafcet permet de choisir une suite d'étapes plutôt qu'une autre. Cette structure est composée d'une seule étape en amont et de plusieurs transitions en aval qui permettront le choix de la séquence. Elle est représentée à l'aide d'un simple trait horizontal. La fin d'une sélection de séquence permet la reprise d'une séquence unique (Figure II.5)



a- fin de sélection de séquences



b- début de sélection de séquences

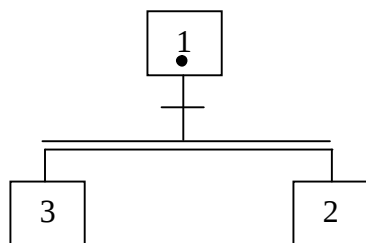
« Convergence en OU »

« Divergence en OU »

Figure II-5 : Représentation graphique d'une sélection de séquences

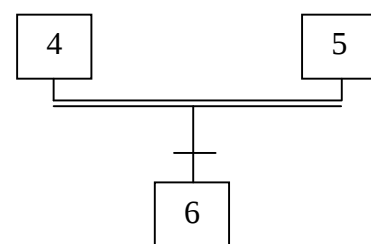
b- Séquences simultanées

Cette structure est composée d'une seule étape et d'une seule transition en amont qui permet de déclencher simultanément plusieurs séquences d'étapes. Elle est représentée à l'aide d'un double trait horizontal. A la fin d'une série de séquences simultanées, on retrouve, en général, un double trait suivi d'une seule transition (Figure II-5)



a- début de séquences simultanées

« Divergence en ET »



b- fin de séquences simultanées

« Convergence en ET »

Figure II-6 : Représentation graphique d'une séquence simultanée

III-6- Saut d'étapes

Le saut permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées à ces étapes deviennent inutiles (Figure II-7)

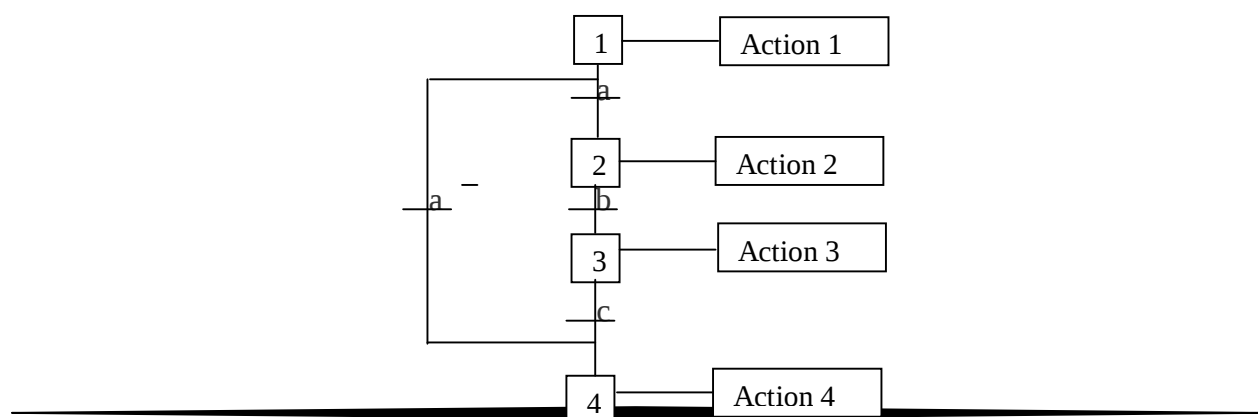


Figure II-7 : Saut de l'étape 1 vers l'étape 4 si $a = 0$

III-7- Reprise de séquence

Permet de recommencer plusieurs fois la même séquence tant que la condition fixée n'est pas obtenue (Figure II-8)

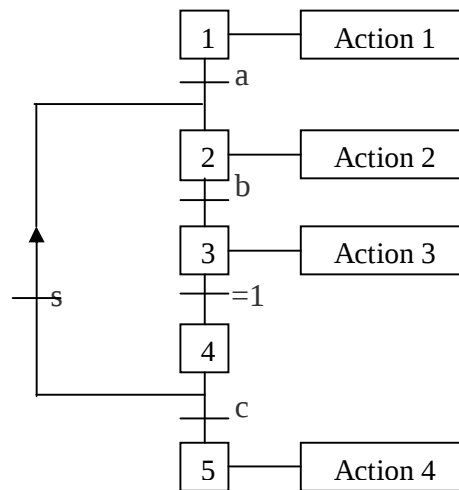


Figure II-8 : Représentation graphique a une reprise de séquence

IV- Niveau d'un Grafcet

IV-1- Grafcet de niveau 1

Appelé aussi niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations, on associe le verbe à l'infinitif pour les actions (figure II-9-a).

IV-2- Grafcet de niveau 2

Appelé aussi niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs, la représentation des actions et réceptivité est écrite en abréviation et non en mots, on associe une lettre majuscule à l'action et une lettre minuscule à la réceptivité (figure II-9-b).

IV-3- Grafcet de niveau 3

Dans ce cas on reprend le Grafcet de niveau 2, en affectant les informations aux étiquettes d'entrée de l'automate et les ordres aux étiquettes de sortie de l'automate. Il s'adapte aux caractéristiques de traitement d'un automate programmable industriel donné, de façon à pouvoir élaborer le programme, procéder à la mise en œuvre et assurer son évolution (figure II-9-c)

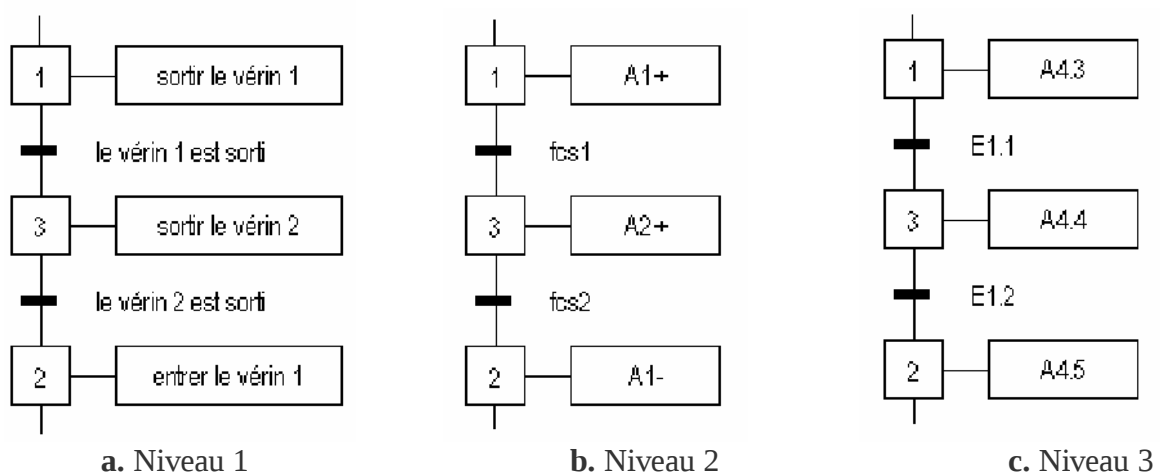
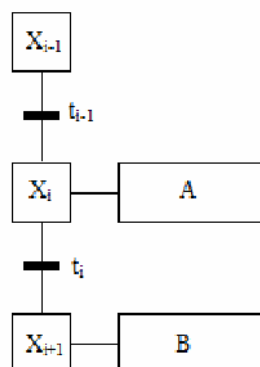


Figure II-9 : les niveaux de GRAFCET

V- Mise en équation d'un grafcet :

Soit le grafcet de la figure suivante



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

$X_n = 1$ Si l'étape n est active

$X_n = 0$ Si l'étape n est inactive

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

$t_n = 1$ Si la réceptivité est vraie.

$t_n = 0$ Si la réceptivité est fausse

Soit la variable d'arrêt d'urgence dur (AUD) et d'arrêt d'urgence doux (AUD) tel que :

AUD = 1 Désactivation de toutes les étapes.

AUD = 1 Désactivation des actions, les étapes restent actives.

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

Init = 1 Initialisation du Grafcet (mode d'arrêt)

Init = 0 Déroulement du cycle (mode marche)

La 2^{ème} et la 3^{ème} règle d'évolution du GRAFCET permettent de déduire les variables qui interviennent dans les équations d'activation et de désactivation de chaque étape. Ces mêmes règles permettent d'écrire :

Pour une étape initiale n :

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

$$\text{Avec : } CAX_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + \text{Init}) * \overline{AUD}$$

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

Avec : CAX_n est la condition d'activation de l'étape n et CDX_n la condition de désactivation de l'étape n .

Pour une étape non initiale n :

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

$$\text{Avec : } CAX_n = X_{n-1} * t_{n-1} * \overline{\text{Init}} * \overline{AUD}$$

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

Pour une action

$$A = X_n * \overline{AUd}$$

VI- Application du GRAFCET pour modéliser la machine

VI-1- Liste d'actions, et capteurs

VI-1-1- Actionneurs

- **Vérins**

désignation	type	Commentaire
V1	Hydraulique à double effet	Vérin principal d'ouverture chapeau
V2	Hydraulique à double effet	Vérin fermeture crochet gabarit
V3	Hydraulique à double effet	Vérin ouverture crochet gabarit
V4	Hydraulique à double effet	Vérin gauche d'avancement de l'ensemble de traînement
V5	Hydraulique à double effet	Vérin droit d'avancement de l'ensemble de traînement
V6	Hydraulique à double effet	Vérin gauche d'accrochage à la chaîne
V7	Hydraulique à double effet	Vérin droit d'accrochage à la chaîne
V8	Pneumatique à double effet	Vérin A d'accrochage chapeau
V9	Pneumatique à double effet	Vérin B d'accrochage chapeau
V10	Pneumatique à double effet	Vérin d'équilibrage

- **Moteur**

Moteur « mot »

VI-1-2 Capteurs et bouton poussoirs

- **Capteurs de fin de course**

désignation	commentaire
S1	Fin de course V1 en entrée.
S2	Fin de course V1 en sortie.
S3	Fin de course V2 en entrée
S4	Fin de course V2 en sortie
S5	Fin de course V3 en entrée
S6	Fin de course V3 en sortie
S7	Fin de course V4 en entrée
S8	Fin de course V4 en sortie
S9	Fin de course V5 en entrée
S10	Fin de course V5 en sortie
S11	Fin de course V6 en entrée
S12	Fin de course V6 en sortie
S13	Fin de course V7 en entrée
S14	Fin de course V7 en sortie
S15	Fin de course V8 en entrée
S16	Fin de course V8 en sortie
S17	Fin de course V9 en entrée
S18	Fin de course V9 en sortie
S19	Fin de course V10 en entrée
S20	Fin de course V10 en sortie
S21	Fin de course chariot en position
S22	Extra course chariot tête

- **Autres capteurs**
-

Cap1 : Capteur d'anti-intrusion.

Cap2 : Capteur de présence de contre porte à mousser.

- **Bouton poussoirs, sélecteurs**

Bp1	Bouton poussoir d'alimentation de pupitre de commande
Bp2	Bouton poussoir de mise en marche de groupe hydraulique
Bp3	Bouton poussoir d'arrêt de groupe hydraulique
Bp4	Bouton poussoir de mise à zéro de cycle automatique
Bp5	Bouton poussoir de fermeture crochets de gabarit
Bp6	Bouton poussoir d'ouverture crochets de gabarit
Bp7	Bouton poussoir de confirmation au chargement
Bp8	Bouton poussoir d'ouverture moule
Sel1	sélecteur de mise sous tension
Sel2	Sélecteur de mode automatique/manuel
Sel3	Sélecteur d'activation de cycle de chauffage
Sel4_m	Sélecteur montée chapeau gabarit
Sel4_d	Sélecteur descente chapeau gabarit
Sel5_a	Sélecteur accrochage chapeau
Sel5_d	Sélecteur décrochage chapeau
Sel6	Sélecteur d'activation de moussage
Sel7_av	Sélecteur transporteur avant
Sel7_ar	Sélecteur transporteur arrière
ar_d	Bouton d'arrêt d'urgence

VII- Modélisation de la machine

- **Grafcet niveau 1**

Le diagramme présenté ci-après illustre le GRAFCET niveau 1

VIII- Conclusion :

En tenant compte de la complexité et la difficulté du processus ainsi que des contraintes imposées par l'entreprise, nous avons modélisé le procédé de commande à l'aide du GRAFCET. Nous avons élaboré en premier lieu un grafcet de niveau 1 pour expliquer le système, puis le grafcet niveau 2 qui met en œuvre et décrit la partie opérative. Ce grafcet niveau 2 est utilisé pour la réalisation ou le dépannage des systèmes automatisés.

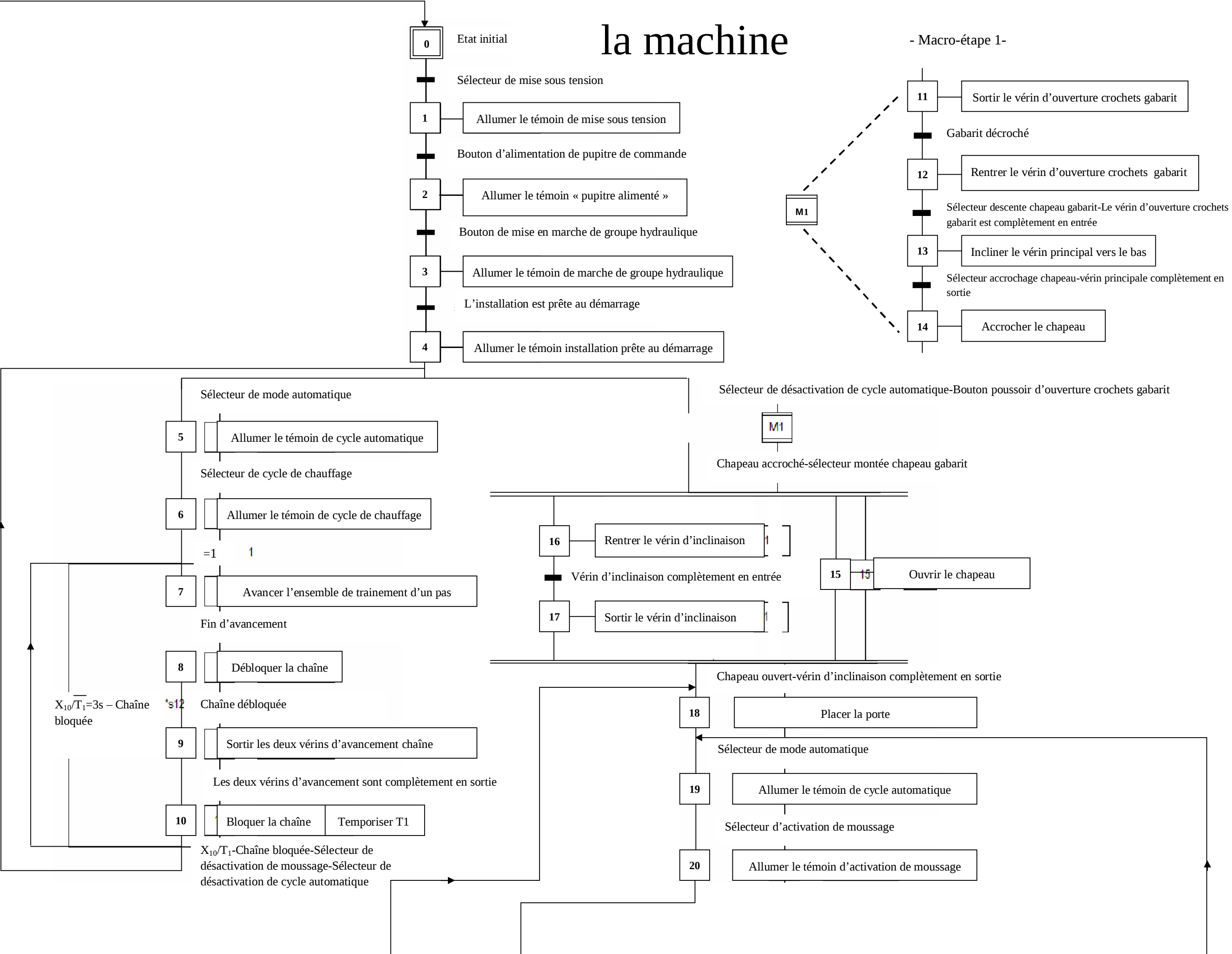
Au terme de ce chapitre nous concluons que le GRAFCET est un puissant outil de modélisation et de transmission d'information, qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnels à un langage d'implantation optionnel.

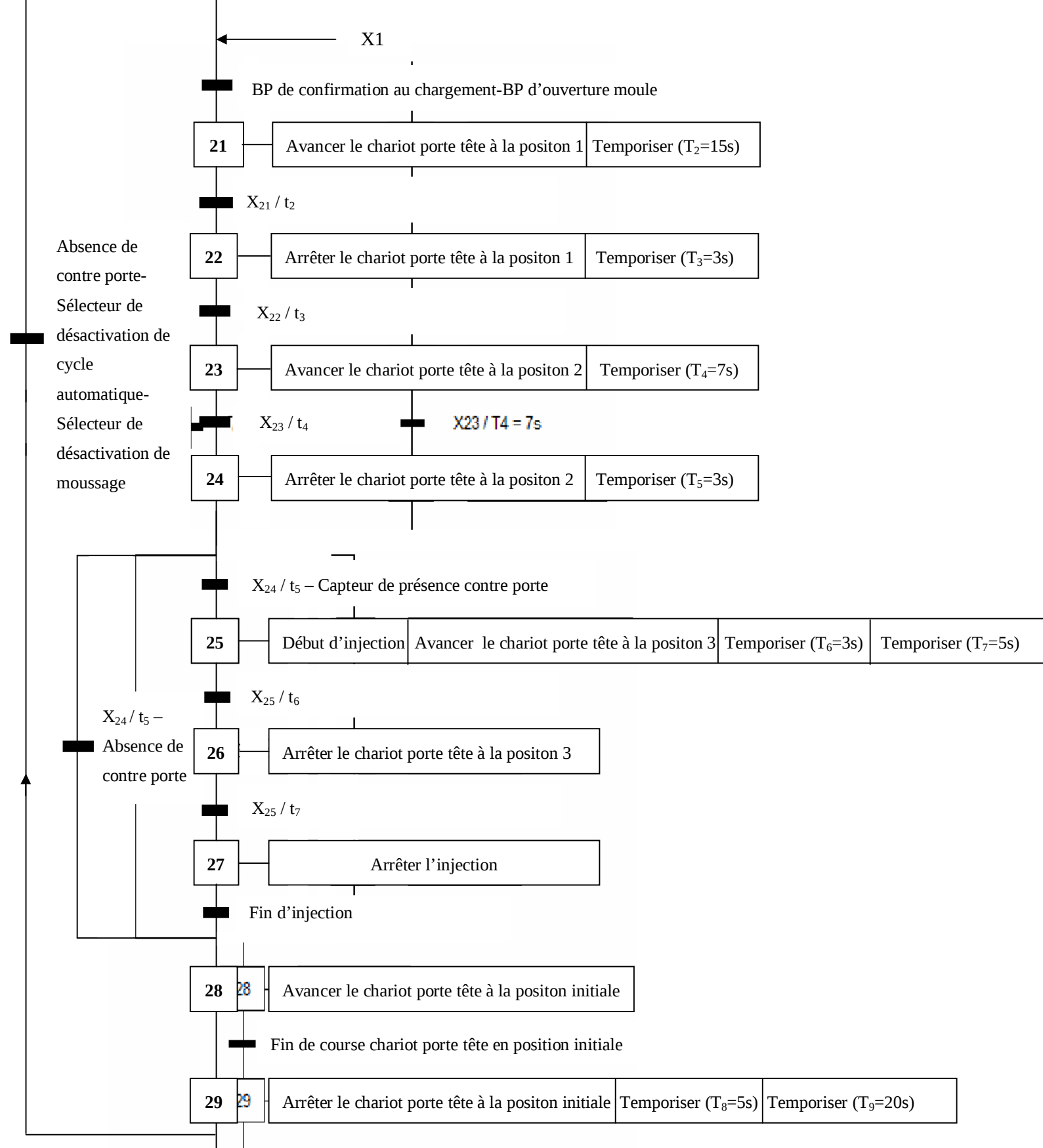
Ainsi le grafcet a facilité considérablement le passage de la description à la modélisation et nous permettra au prochain chapitre la programmation de la partie opérative qui pilotera le procédé et ce à l'aide du STEP 7.

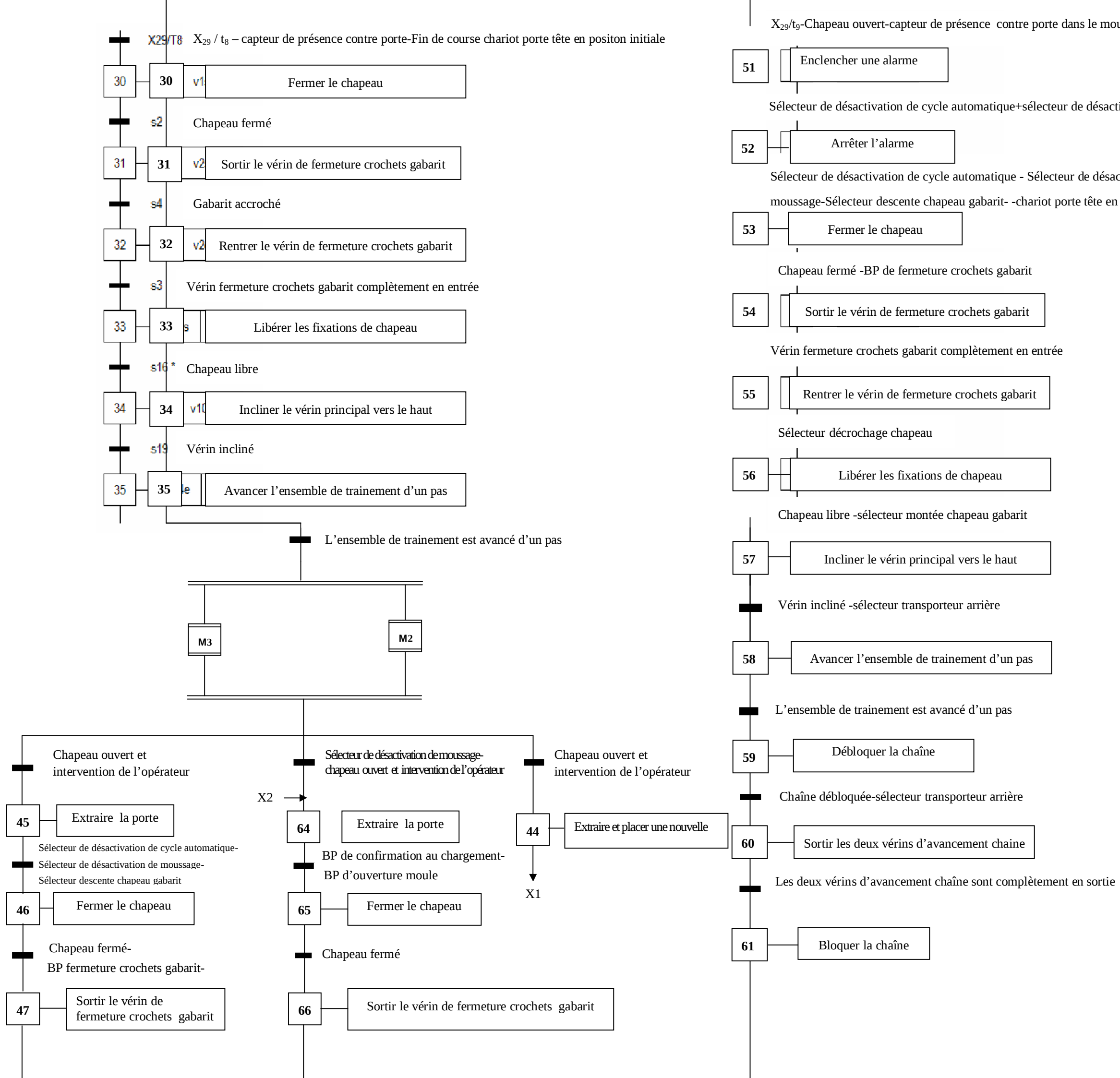
- **Grafcet niveau 2**

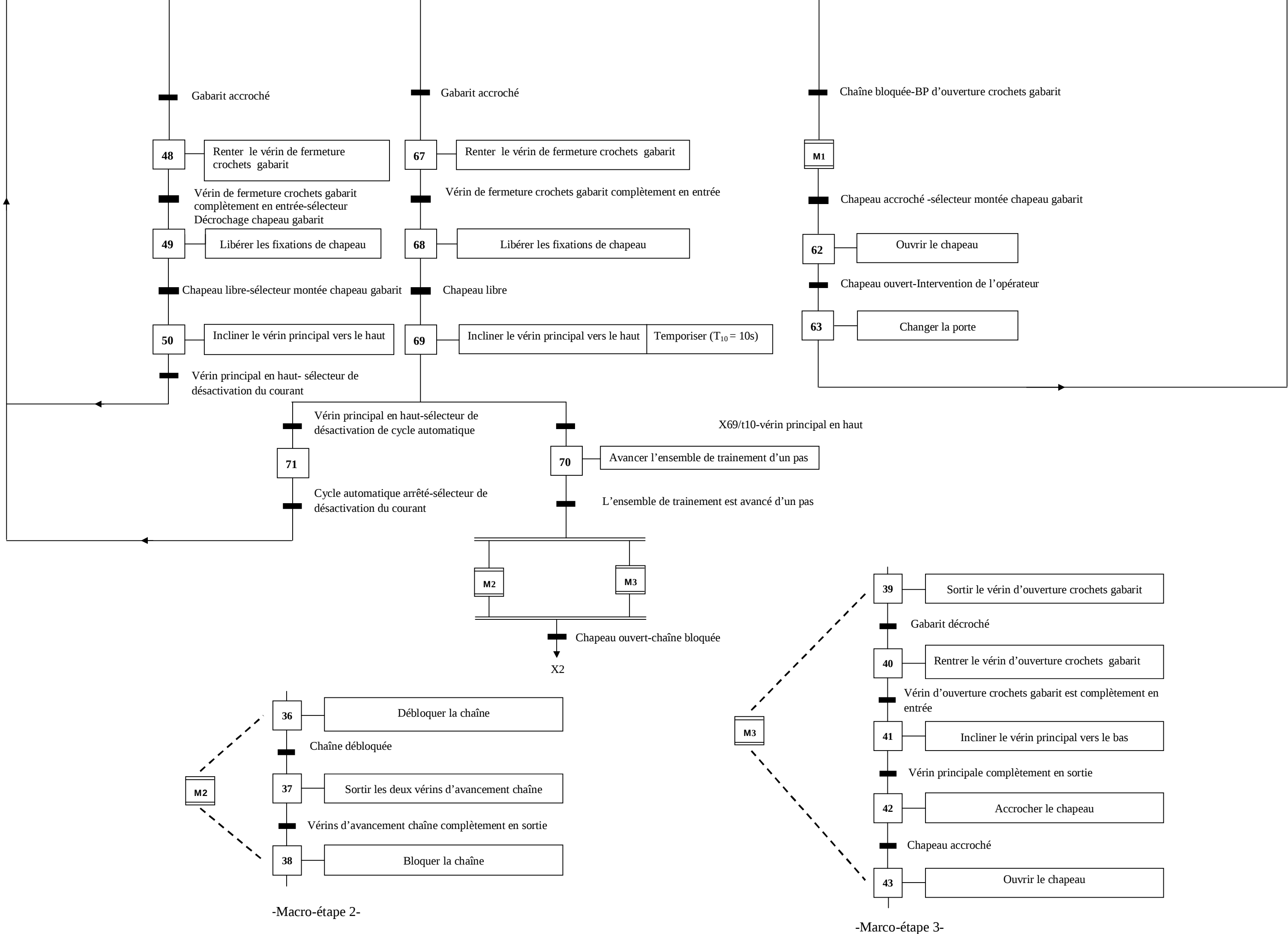
Le diagramme présenté ci-après illustre le GRAFCET niveau 2

Grafcet niveau 1 de la machine

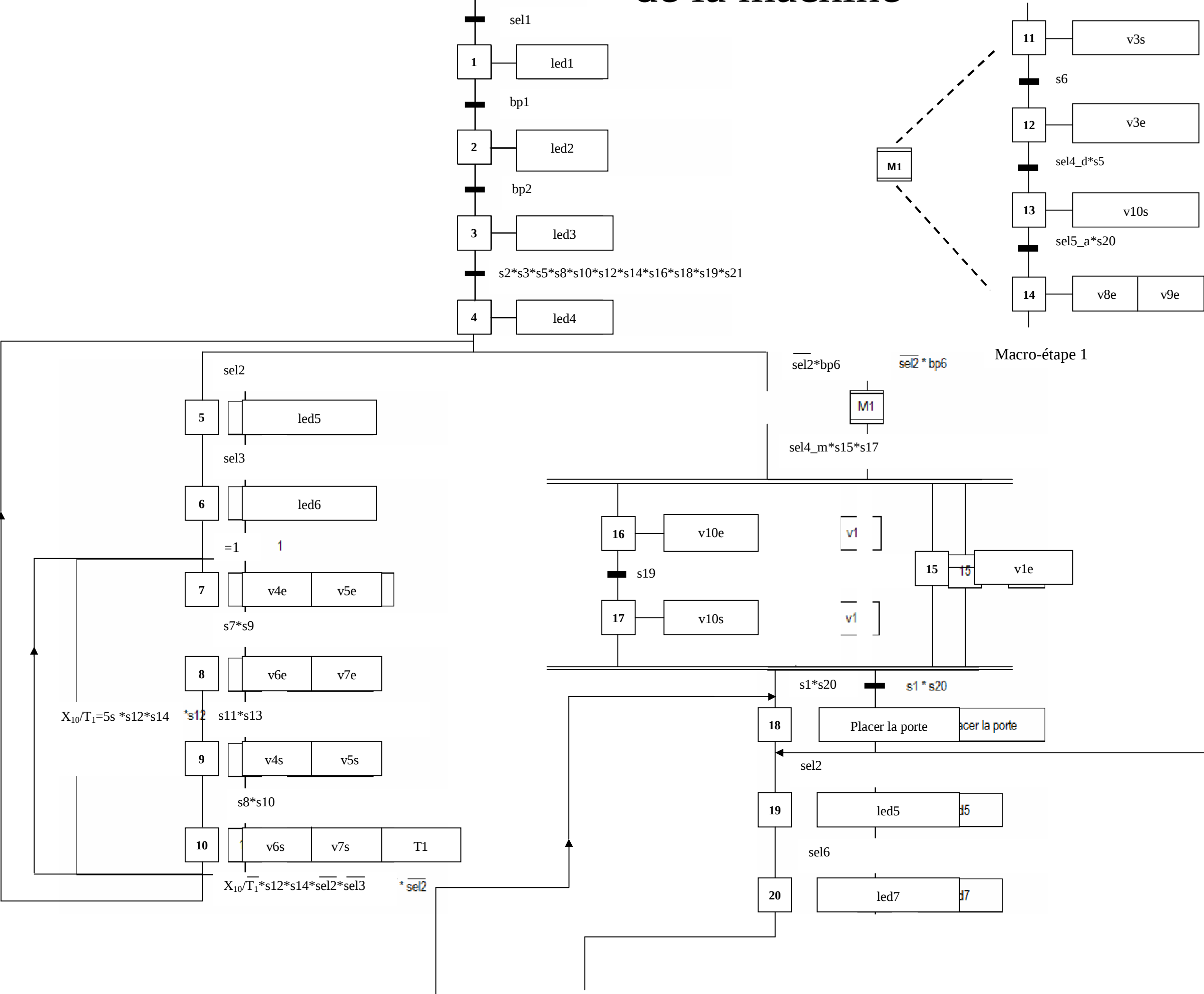


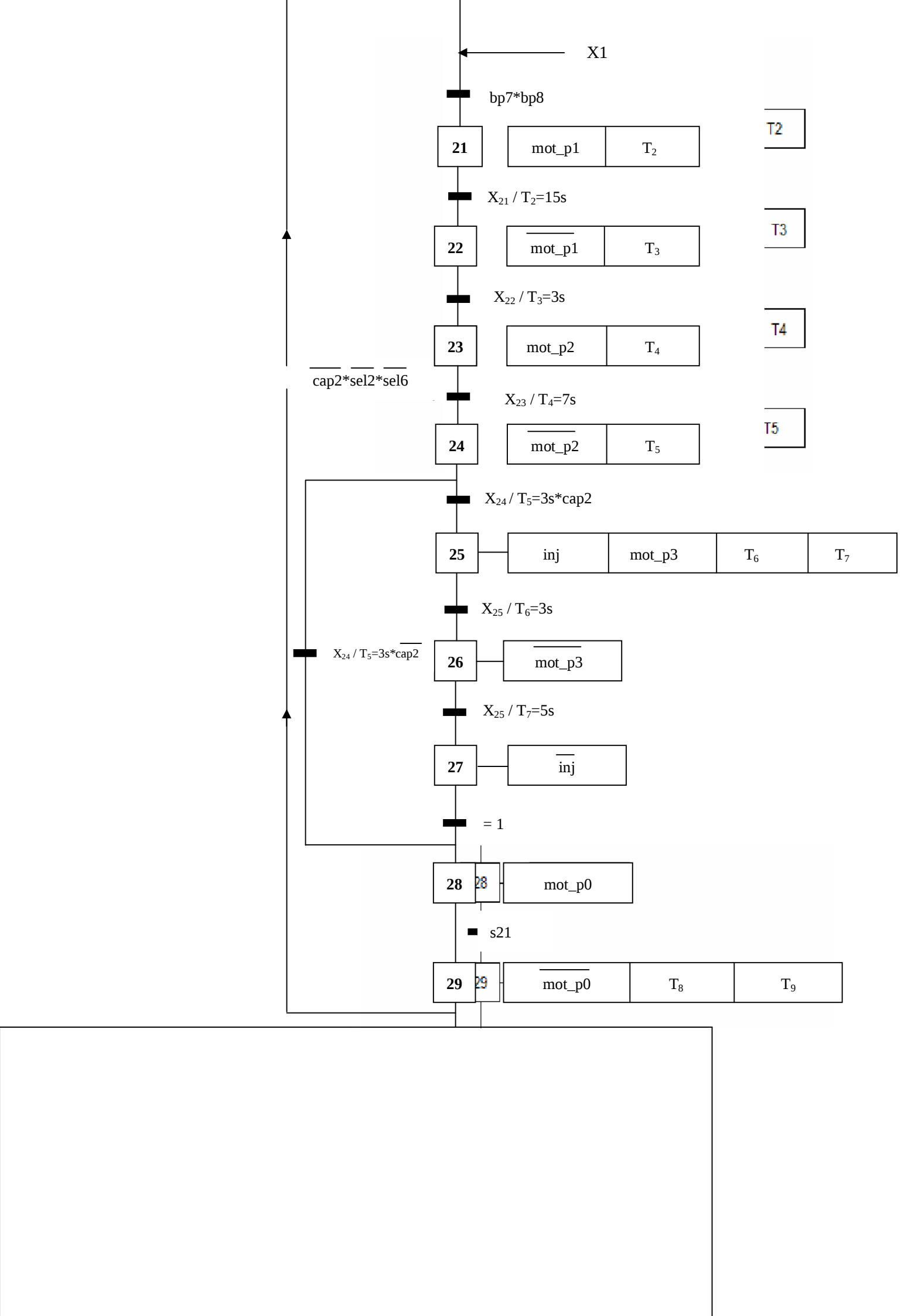


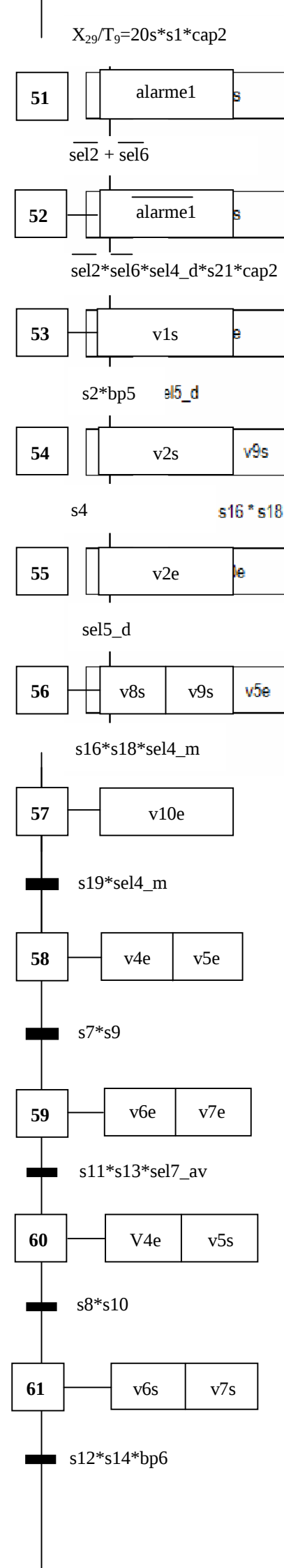
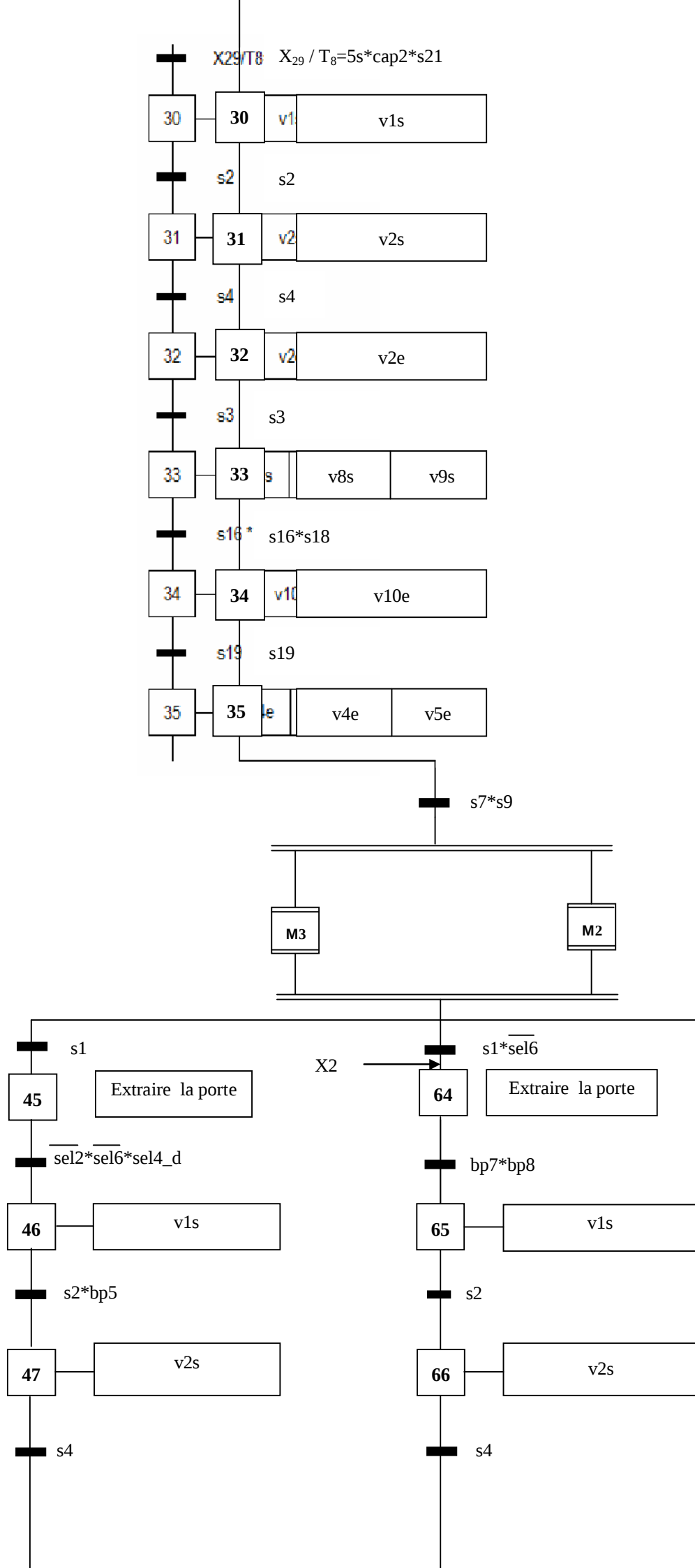


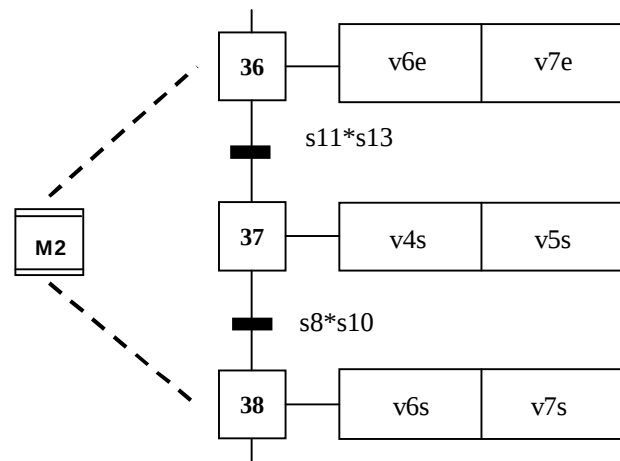
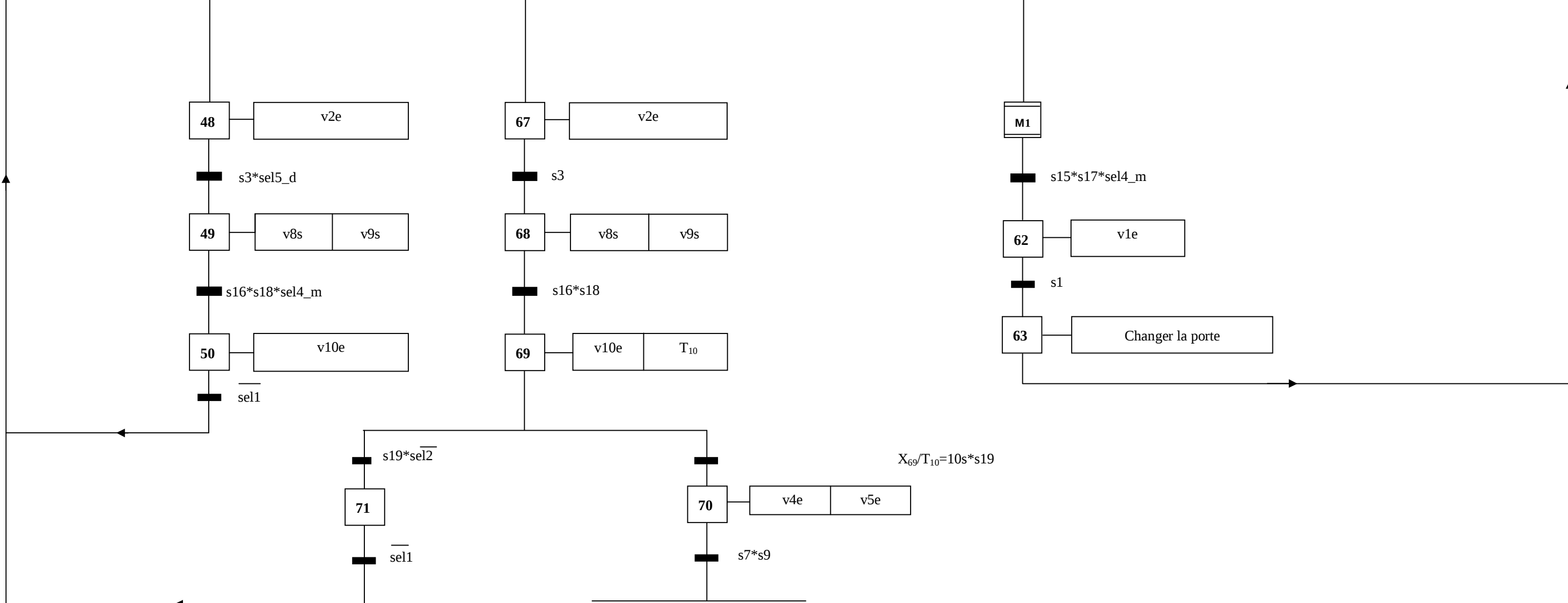


Grafcet niveau 2 de la machine

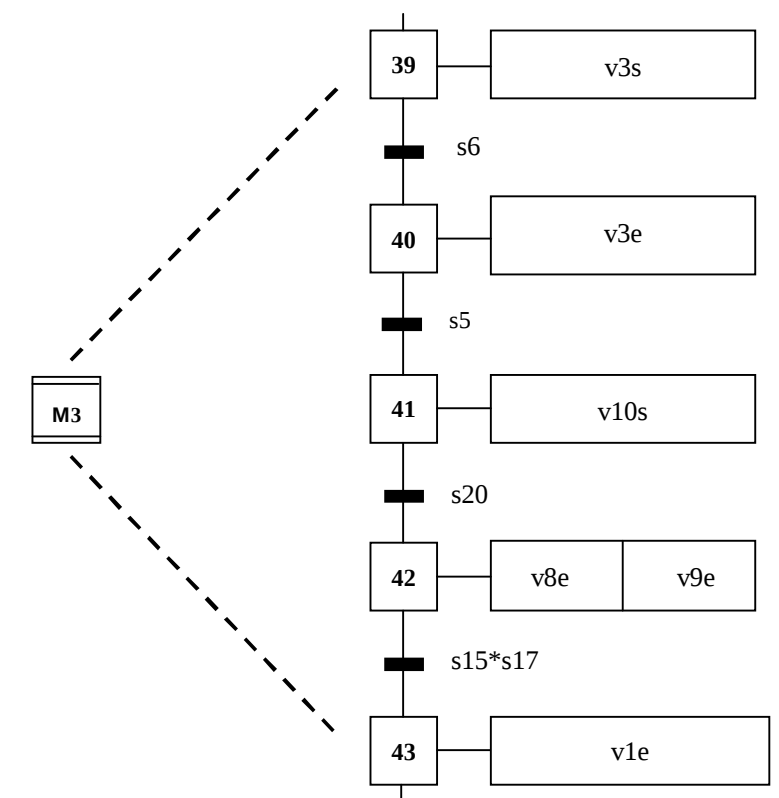








Macro-étape 2



Macro-étape 3

I- 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.

II- Automates programmables

II-1- Définition d'un API :

Un automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable, 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...)

Comme il peut aussi réaliser des fonctions de régulation. [6]

II-2- Architecture et gammes d'automates

Un automate programmable est constitué de plusieurs éléments. Quelque soit la taille et la puissance de calcul de la machine l'architecture est similaire (voir figure III-1).

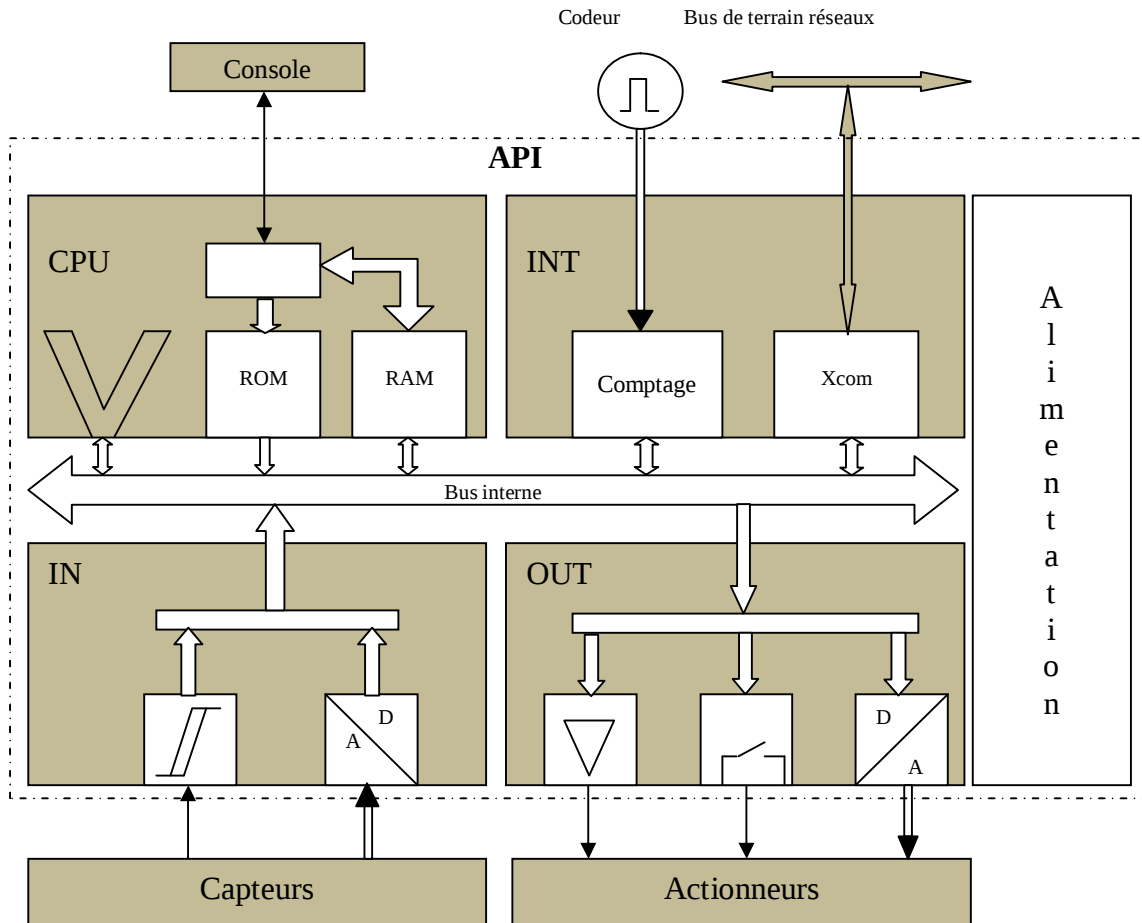


Figure III-1 : Architecture interne d'un automate programmable

- Ø L'élément central est l'unité de traitement arithmétique et logique (CPU) qui effectue les séquences de programme et les calculs.
- Ø Les programmes sont enregistrés dans une mémoire qui garde l'information même quand l'alimentation électrique est coupée. Une autre mémoire est dédiée au stockage des données; cette partie de la mémoire peut être ou non volatile, c'est-à-dire qu'elle s'efface quand la tension d'alimentation est coupée.
- Ø Les entrées-sorties sont les liens entre l'automate et son environnement. Leur type dépend des caractéristiques du signal qu'elles doivent capter ou générer : tout ou rien (digitales) pour les signaux binaires, analogiques pour les signaux de mesure ou de consigne.
- Ø Une alimentation pour les circuits électroniques internes. Celle-ci est galvaniquement isolée des circuits de commande.

- Ø Des interfaces de communication (Xcom) qui servent à l'échange d'informations numériques avec le monde extérieur par bus de terrain ou réseaux informatiques. Une de ces interfaces est utilisée pour charger le programme dans la mémoire de l'automate.[6]

II-3- Définition d'un système automatisé

Un système de production est dit automatisé, lorsqu'il peut gérer de manière autonome un cycle de travail préétabli qui se décompose en séquence ou étapes. [5]

Structure générale d'un système automatisé

Les systèmes automatisés utilisés dans le secteur industriel, possèdent une structure de base identique.

Ils sont constitués de plusieurs parties plus ou moins complexes reliées entre elles (voir figure III-2) que l'on nomme :

- partie opérative (PO)
- partie commande (PC)
- partie relation (pupitre de dialogue) [PR]

Description des différentes parties

La partie opérative (OP)

C'est la partie visible du système. Elle comporte les éléments mécaniques de mécanisme avec :

- Ø **des pré-actionneurs** (distributeurs, contacteurs), lesquels reçoivent des ordres de la partie commande
- Ø **des actionneurs** (vérins, moteurs) qui ont pour rôle d'exécuter ces ordres. Ils transforment l'énergie pneumatique (air comprimé), hydraulique (huile sous pression) ou électrique en énergie mécanique.
- Ø **d'une détection** (capteurs) qui informe la partie commande de l'exécution de travail.

Dans un SAP (système de production automatisé), le détecteur représente le service de surveillance et de renseignement de mécanisme. Il contrôle, mesure, surveille et informe la PC sur l'évolution de système.

La partie commande (PC)

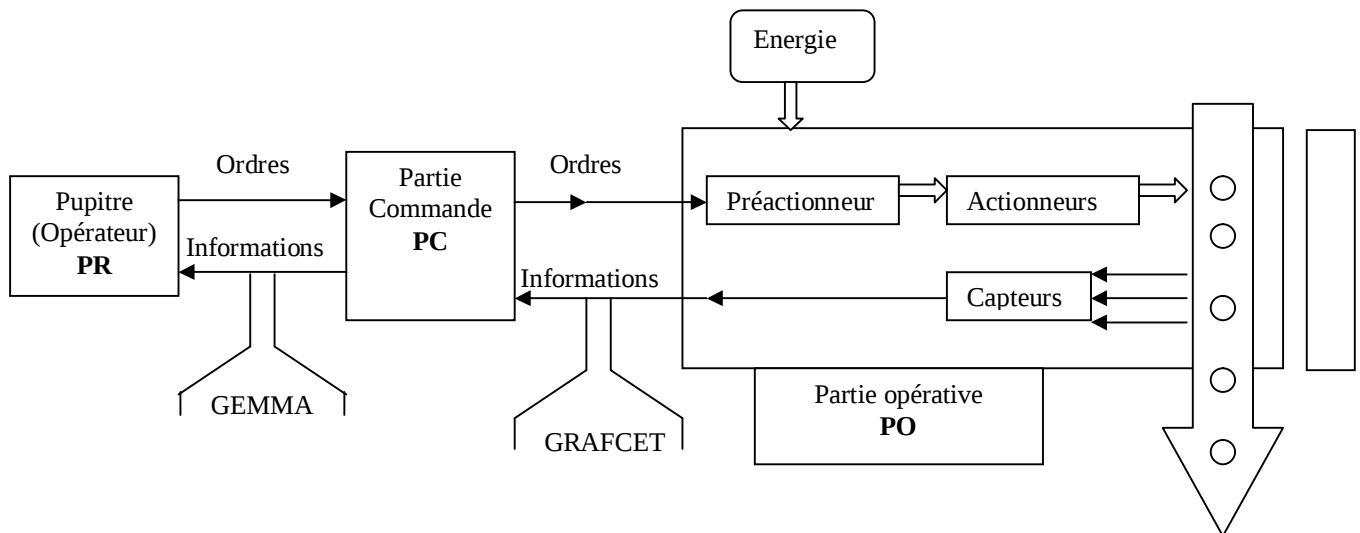
Ce secteur de l'automatisme gère dans une suite logique le déroulement ordonné des opérations à réaliser. Il reçoit des informations en provenance des capteurs situés dans la PO, et restitue vers cette même direction des pré-actionneurs (distributeurs).
L'outil de description s'appelle GRAFCET (Graphe de Commande Etape et Transition).

La partie relation (PR)

Sa complexité et sa taille dépendent de l'importance du système. Il regroupe les différentes commandes nécessaires au bon fonctionnement du procédé : marche arrêt, arrêt d'urgence, marche automatique, marche cycle/cycle...

L'outil de description s'appelle «GEMMA » (Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts).

Ces outils graphiques (GRAFCET et GEMMA) sont utilisés également par les techniciens de maintenance, pour la recherche des pannes sur les SAP. (Voir figure III-2) [5]



Ce diagramme établit le dialogue entre l'opérateur et la machine. Il définit les modes de marches et d'arrêt.

Cet outil graphique définit le dialogue entre la PO et la PC. Il décrit le fonctionnement ordonné du SAP.

Matière d'œuvre Transformée

Figure III-2 : Structure d'un système automatisé

Pendant le fonctionnement, un dialogue continu s'établit entre les trois secteurs du système, permettant ainsi le déroulement correct du cycle défini dans le cahier des charges.

II-4- Choix d'un API

D'après le cahier des charges établi, l'automate choisi doit répondre à certains critères qui sont :

- La capacité de traitement du processeur.
- Le nombre entrées/sorties.
- La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques, booléennes).
- La fiabilité.
- La qualité du service après vente
- La durée de garantie.

Pour notre cas, l'unité froid de l'ENIEM, concernée par le projet, a apporté son choix sur l'automate programmable industriel SIMATIC S7-300.

III- Présentation de l'automate S7-300

L'automate S7-300 est constitué d'une alimentation, de modules d'entrée et de modules de sortie. A ceux-ci peuvent s'ajouter des processeurs de communication et des modules de fonctions qui se chargeront des fonctions spéciales, telles que la commande d'un moteur pas à pas, par exemple.

Comme tout API, l'automate S7-300 est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme des modules suivants :

- Ø Module d'alimentation (PS) avec 2A, 5A ou 10A.
- Ø Unité centrale (CPU315) travaillant avec une mémoire de 48 ko, sa vitesse d'exécution est de 0.3 ms/1k instructions.
- Ø Modules de signaux (SM) pour entrées et sorties TOR et analogiques.
- Ø Module d'extension (IM) pour configuration multi rangées de S7-300.
- Ø Module de fonction (FM) pour fonction spéciales (par exemple l'activation d'un moteur pas à pas)
- Ø Processeur de communication (CP) pour la connexion en réseau

III-1- Caractéristique du S7-300

L'automate S7-300 offre les caractéristiques suivantes :

- Ø Gamme diversifiée de CPU
- Ø Gamme complète de modules
- Ø Logiciel exploitable en temps réel.
- Ø Possibilité d'exécution jusqu'à 32 modules.
- Ø Possibilité de mise en réseau avec MPI, PROFIBUS, INDUSTRIAL ETHERNET.
- Ø Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules.
- Ø Liberté de montage aux différents emplacements.
- Ø Configuration et paramétrage à l'aide du l'outil configuration matériels.

III-2- Constituants de l'automate S7-300

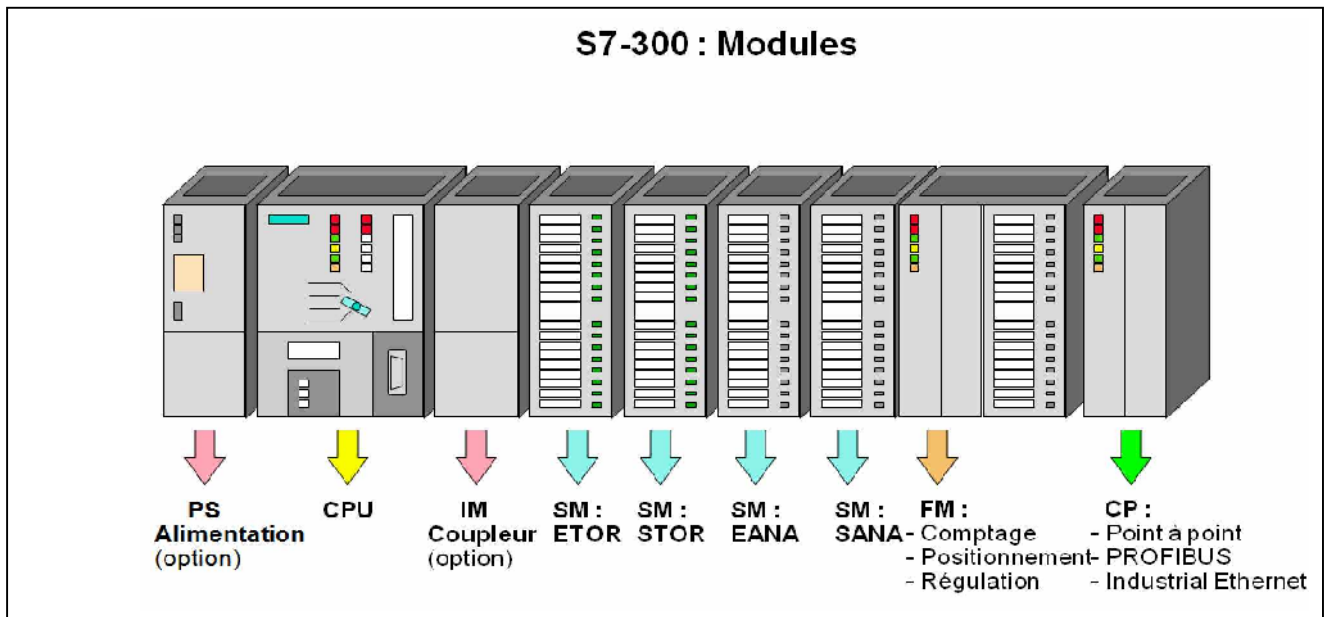


Figure III-3 : constituant d'un automate

III-2-1- L'unité centrale

La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme de l'utilisateur et commande des sorties. Elle permet le réglage du comportement au démarrage et le diagnostic de défauts par LEDs.

L'utilisateur a le choix parmi plusieurs CPU aux performances étagées, la plus performante est la 314. Le module de CPU est l'unité dans lequel le programme sera stocké.

III-2-1-a- Interface MPI

MPI «Interface Multipoints » est l'interface de la CPU vers les consoles de programmation (PG) ou pour la communication avec plusieurs stations au sein d'un-sous-réseau MPI.

III-2-1-b- Commutateur de mode de fonctionnement

Le commutateur de mode permet d'échanger le mode de fonctionnement, chaque position du commutateur de mode autorise certaines fonctions à la console de programmation tel que RUN-P, RUN, STOP et MRES.

III-2-1-c- Signalisation des états

Certains états de l'automate sont signalés par LEDs sur la face avant de la CPU tel que par exemple RUN :

- Ø Etat de mise en fonctionnement
- Ø Clignotement à la mise en route de la CPU
- Ø Allumage continu en mode RUN

III-2-1-d- Carte mémoire

Une carte mémoire peut-être montée à la CPU, elle conserve le programme en cas de coupure de courant, même en absence de la pile.

III-2-1-e- La pile

Elle permet de sauvegarder le contenu de la RAM en cas de coupure de courant.

III-2-2- Module d'alimentation

Le S7-300 nécessite une tension de 24 vcc. Le module d'alimentation assure cette exigence en convertissant la tension secteur 380/220 vca en tension de 24 volts. Il permet de sauvegarder le contenu des mémoires RAM au moyen d'une pile de sauvegarde ou d'une alimentation externe. Sur le module d'alimentation nous trouvons l'interrupteur de mise sous tension de l'automate. Cas de surcharge de la tension un témoin se met à clignoter.

Les tensions pour capteurs, actionneurs et voyants lumineux qui dépassent 24 volts, sont fournies par des blocs d'alimentation ou transformateurs supplémentaires.

III-2-3- Les modules d'entrée/sortie**III-2-3-1- Modules d'entrée**

Il existe deux types d'entrées dans un automate

III-2-3-1-a- Les modules d'entrée « Tout ou Rien »

Un module d'entrées Tout ou Rien permet à l'unité centrale de l'automate d'effectuer une lecture de l'état logique des capteurs qui lui sont raccordés et de le matérialiser par un **bit image** de l'état du capteur.

III-2-3-1-b- Les modules d'entrée analogique

Les différentes fonctions d'un module d'entrée analogique sont :

- Ø La sélection de la gamme d'entrées de chaque voie.
- Ø La scrutation des voies d'entrées par multiplexage et l'acquisition des valeurs.
- Ø La conversion analogique/numérique des mesures d'entrées.

III-2-3-2- Modules de sortie

Il existe deux types de modules de sorties :

III-2-3-2-a- Les modules de sortie « Tout ou Rien »

Les modules de sorties tout ou rien permettent à l'automate programmable d'agir sur les pré- actionneurs ou d'envoyer des messages à l'opérateur.

III-2-3-2-b- Les modules de sortie analogique

Les différentes fonctions d'un module de sortie analogique sont :

- Ø la sélection de la gamme pour chaque sortie
- Ø la conversion numérique/analogique des valeurs de sorties

III-2-4- Les coupleurs

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

III-2-5- Module de fonction (FM)

Les modules de fonctions offrent les fonctions suivantes :

Comptage, régulation, positionnement.

III-2-6- Module de simulation

Le module de simulation nous permet de :

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

III-3- Fonctionnement de l'automate programmable

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

III-3-1- Réception des informations sur les états du système

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

III-3-2- Système d'exploitation

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

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

III-3-3- Exécution du programme utilisateur

Après avoir acquis les informations d'entrée, exécuter le système d'exploitation, la CPU passe à l'exécution de programme utilisateur, qui contient la liste d'instructions à exécuter pour

faire fonctionner le processus. Il est composé essentiellement de blocs de données de code et de blocs d'organisation.

III-3-4- Commande de processus

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

III-4- Nature des informations traitées par l'automate

Les informations peuvent être du type :

Ø Tout ou rien (T.O.R) : l'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...).

C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir...

Ø Analogique : l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température...)

Ø Numérique : l'information est continue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

IV- Programmation de l'API S7-300

La programmation d'un **API** s'effectue à l'aide de langages spécialisés, fournis par le constructeur (ex : step7 pour siemens et PL7 pour Schneider). Chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire ou un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique. [10]

IV-1- Le langage de programmation STEP7

STEP7 est le logiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC. Il fait parti de l'industrie logicielle SIMATIC.

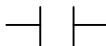
STEP7 offre les fonctions suivantes pour l'automatisation d'une installation :

- Ø Possibilités d'extensions grâce aux applications proposées par l'industrie SIMATIC.
- Ø Possibilités de paramétrage de modules fonctionnels et de modules de communication.
- Ø Forçage et fonctionnement multiprocesseur.
- Ø Communication par données globales.
- Ø Transfert de données commandé par événement à l'aide de blocs de communication et de blocs fonctionnels.
- Ø Configuration de liaisons.

La programmation en STEP7 présente trois modes possibles qui peuvent être combinés dans une même application :

IV-1-1- Langage CONT (LD : Ladder Diagram)

Langage graphique fondé sur une analogie entre flux de données d'un programme et le courant électrique dans un circuit série –parallèle. Les représentations graphiques sont basées sur la méthode de dessin américain, il utilise des symboles tels que : contacts, sorties et s'organise en réseaux (labels).

- Contact normalement ouvert 
- Contact normalement fermé 
- Bobine (sortie) 

IV-1-2- Langage LOG

C'est un langage graphique, utilisant les symboles de l'électronique numérique (portes logiques). Il n'y a rien de spécial à dire, c'est très intuitif. On peut utiliser plusieurs entrées pour une même porte, placer des inverseurs sur les entrées.... Ici, on découpe son programme en plusieurs réseaux (en général quand un ensemble de blocs n'est pas relié au reste, ou un réseau par sortie...)

IV-1-3- Langage LIST (IL : Instruction Liste)

C'est un langage textuel, qui est le plus proche du comportement interne de l'automate. Il correspond à peu près à l'assembleur dans un ordinateur. 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 mnémonique entre guillemets, comme on ne peut pas utiliser deux opérandes dans une même ligne.

IV-1-4- Le GRAFCET (S7-GRAPH)

Le GRAFCET, langage de spécification, graphique, utilisé par certains constructeurs d'automates (Schneider, Siemens) pour la programmation, permet une programmation aisée des systèmes séquentiels tout en facilitant la mise au point des programmes ainsi que le dépannage des systèmes. On peut également traduire un grafcet en langage à contacts et l'implanter sur tout type d'automate.

Le logiciel **S7-GRAPH** permet une programmation totale en langage GRAFCET et permet de s'adapter à la plupart des automates existants.

IV-2- Blocs du programme utilisateur

Il faut avoir l'habitude de subdiviser le procédé à automatiser en différentes tâches. Les parties d'un programme utilisateur structuré correspondant à ces différentes tâches, sont les blocs de programmes.

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

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

Le logiciel de base STEP7 dans ses différents langages de programmation possède un nombre important de blocs d'utilisateur, destiné à structurer le programme utilisateur.

IV-2-1- Bloc d'organisation (OB)

Un OB est appelé cycliquement par le système d'exploitation et constitue donc une interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appel de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

IV-2-2- Bloc fonctionnel (FB)

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

IV-2-3 Fonction (FC)

Les fonctions font partie des opérations que le concepteur programme. Elles ne possèdent pas de mémoires. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile de données locales. Ces données sont perdues après exécution de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de données. Une fonction contient un programme qui est exécuté lorsqu'elle est appelée par un autre bloc de code. Elle peut-être utilisée pour :

- Ø renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant (exemple : fonction mathématique).
- Ø Exécuter une fonction technologique

VI-2-4- Bloc de données (DB)

Les DB sont utilisés pour la mise à disposition de l'espace mémoire pour des variables de type données, on a deux types de bloc.

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

IV-3- Création d'un projet dans S7-300

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

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

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

- 1- Lancer SIMATIC manager par un double clique sur son icône.



- 2- création d'un nouveau projet

- 3- On clique sur suivant, pour choisir la CPU à configurer.

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

- 5- On cliquant sur suivant, une dernière fenêtre pour la création du projet apparaît pour le nommer
- 6- Une fois le projet créé, il est nécessaire de configurer le matériel à utiliser comme le montre la (figure III-4).

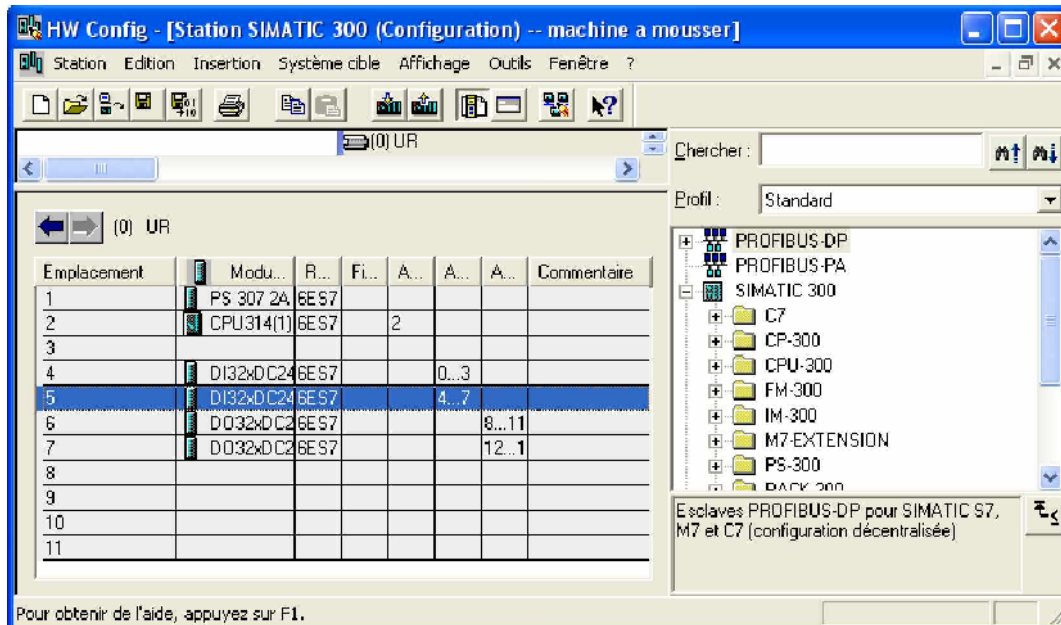


Figure III-4 : Configuration matériels

- 7- Ensuite on passe au programme utilisateur que nous avons écrit pour commander la machine, ce dernier est composé d'objets définis dans l'environnement de STEP7. (voir figure III-5).

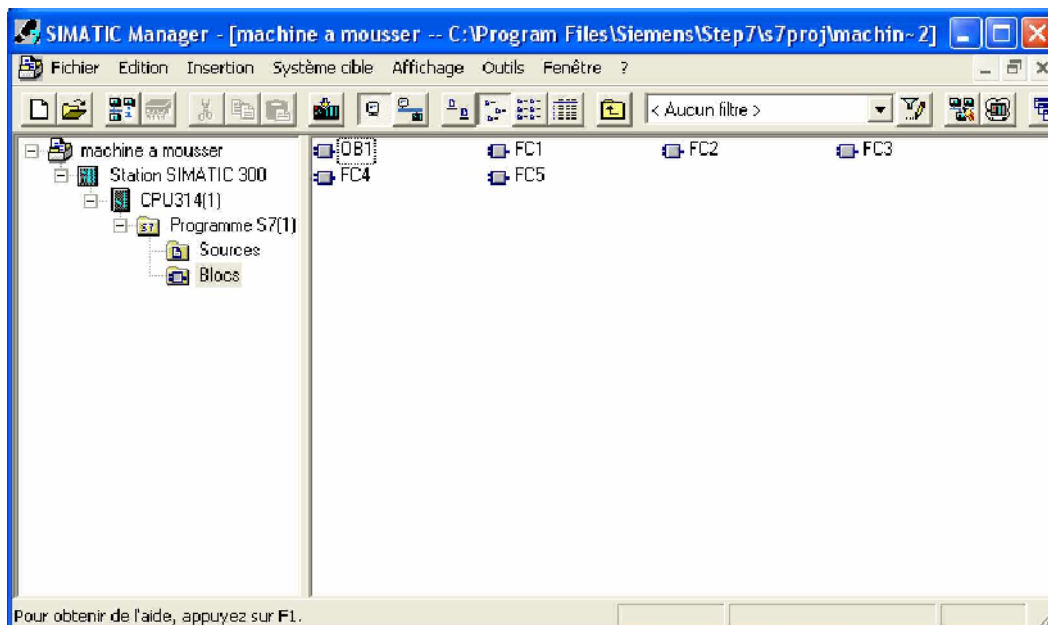


Figure III-5 : Vue des composants d'un projet S7

V- Conclusion

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

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

L'utilisation des bascules SR nous a permis d'activer chaque action et nous permettrons 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 pour la phase de simulation, ce qui sera l'objectif du prochain chapitre.

I- Introduction

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

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

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

II- Présentation du S7-PLCSIM

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

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

III- Commande de la CPU

III-1- La fenêtre CPU



Figure IV-1 : Mise en marche de la CPU

- Ø **SF** : signale une erreur dans le système.
- Ø **DP** : indique l'état de communication avec les E/S décentralisées.
- Ø **DC** : indique si la CPU est mise ou non sous tension.
- Ø **RUN** : indique que la CPU est en mode de visualisation.
- Ø **STOP** : indique que la visualisation est arrêtée.
- Ø **RUN-P, RUN** : c'est pour sélectionner le mode de fonctionnement de la CPU.
- Ø **MRES** : c'est pour effectuer un effacement général de la mémoire de la CPU.

III-2 - Les modes de fonctionnement de la CPU

- Ø **Mode STOP** : dans ce mode la CPU n'exécute pas de programme et pour pouvoir charger un programme, la CPU doit être obligatoirement dans ce mode.
- Ø **Mode RUN** : dans ce mode la CPU exécute le programme mais on ne peut ni charger de nouveaux programmes ou blocs ni forcer les variables.
- Ø **Mode RUN-P** : le programme est exécuté dans la CPU, et il est possible de charger de nouveaux programmes ou blocs et de forcer des variables en utilisant les applications de STEP7.

III-3- Mise en route du logiciel S7-PLCSIM

Le mode de simulation est disponible à partir du gestionnaire de projet SIMATIC à condition qu'aucune liaison à des API réels ne soit établie. On peut suivre la procédure suivante pour la mise en route du logiciel S7-PLCSIM.

La procédure à suivre est :

- ü Ouvrir le gestionnaire de projet SIMATIC.
- ü Cliquez sur  ou sélectionnez la commande Outils > simulation de modules.

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

- ü Parcourir la boîte de recherche jusqu'au projet S7_machine à mousser les portes.
- ü Parcourir la boîte de recherche jusqu'au classeur des blocs.
- ü Cliquez sur  ou choisir la commande **Système cible> charger** pour charger le dossier blocs dans l'API de simulation.

Dans l'application S7-PLCSIM, on crée de nouvelles fenêtres pour visualiser les informations provenant de l'API de simulation :

- ü Cliquez sur  ou choisissez la commande **Insertion > Entrée** pour créer une fenêtre dans laquelle vous pouvez visualiser et forcer des variables dans la zone de mémoire des entrées (zone E). Cette fenêtre s'ouvre avec l'adresse de mémoire par défaut EB0. Mais on peut modifier l'adresse (EB1, EB2...).
- ü Cliquez sur  ou choisissez la commande **Insertion > Sortie** pour créer une fenêtre dans laquelle vous pouvez visualiser et forcer des variables dans la zone de mémoire des sorties (zone A). Cette fenêtre s'ouvre avec l'adresse de mémoire par défaut AB0. Mais on peut modifier l'adresse (AB1, AB2...).
- ü Ça sera la même procédure pour la création de fenêtres de mémentos, temporisations et de compteurs.

Choisir le menu CPU dans la fenêtre du S7-PLCSIM et vérifier que la commande **Mettre sous tension** est activée

- ü Choisir la commande **Exécution > Mode d'exécution** et vérifier que la commande cycle continue est activée.
- ü Mettre la CPU de simulation en marche en cliquant sur l'une des cases à cocher RUN ou RUN-P

Pour sauvegarder la version actuelle de la simulation d'AP, cliquez sur  ou choisissez la commande **Fichier > Enregistrer CPU**.

Une fois toutes les fenêtres d'entrées et de sorties sont prêtes, nous activons les entrées voulues pour lire l'état des sorties. Dans notre cas, par exemple, pour avancer l'ensemble de traitement d'un pas , c'est-à-dire faire entrer les deux vérins d'avancement chaine. (Figure IV-2)

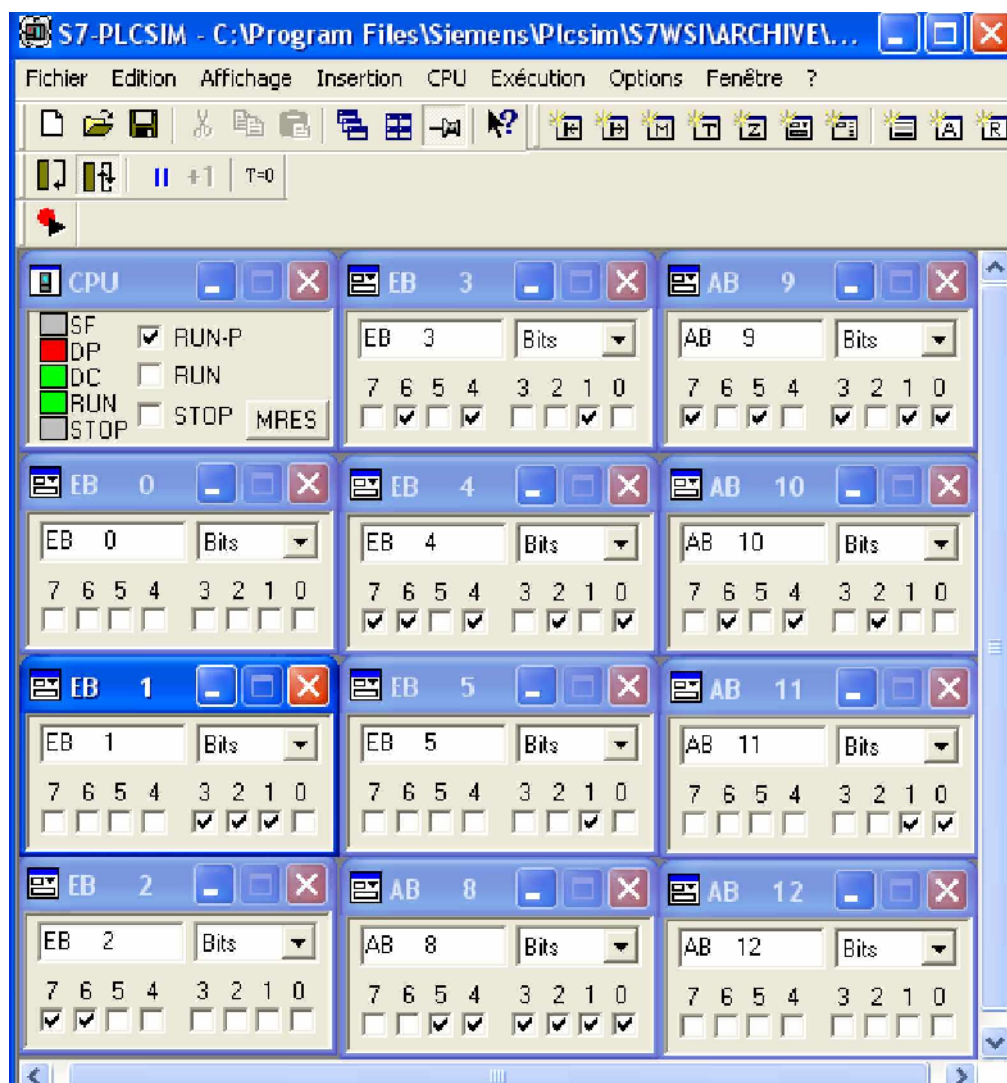


Figure VI-2 : Simulateur S7-PLCSIM

III-4- Visualisation de l'état du programme

Après le chargement du programme dans la CPU du simulateur et la mise de cette dernière en mode « RUN-P » le STEP 7 nous permet de visualiser l'état du programme soit en cliquant sur l'icône  ou en sélectionnant la commande **Test > Visualiser**.

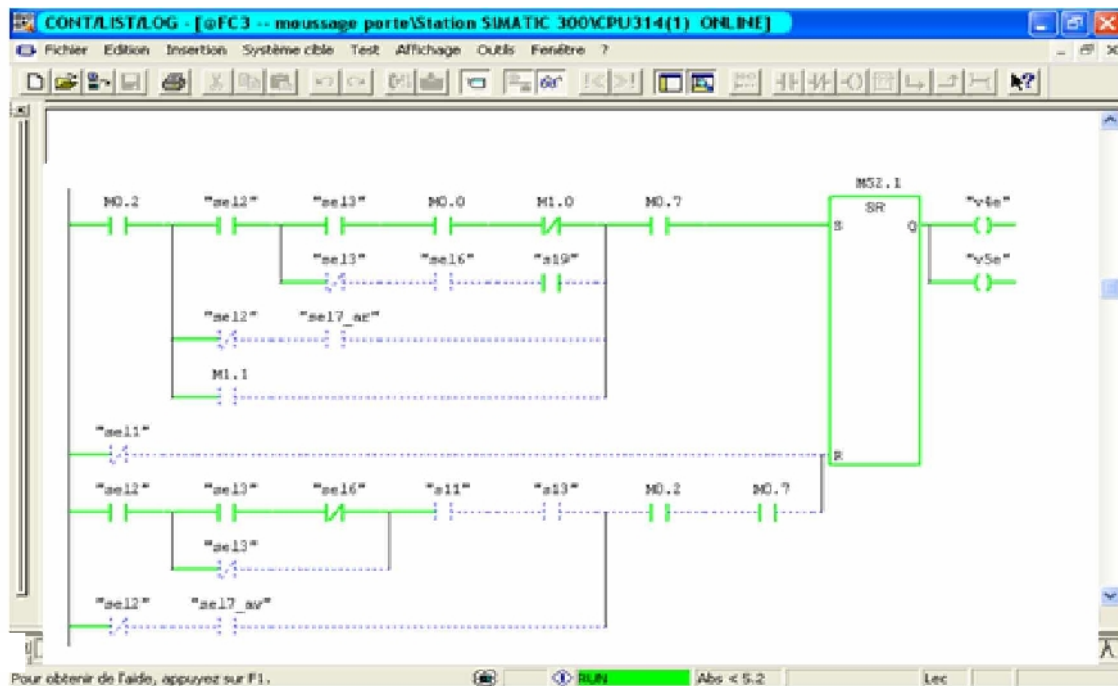


Figure IV-3 : Résultat de la simulation

III-5- Simulation du programme de la machine à mousser les portes R1

La simulation du programme de la machine est faite comme suit :

- § Etape 1 : simulation du programme par bloc, c'est-à-dire charger chaque FC tous seul puis effectuer la simulation.
- § Etape 2 : simulation du cycle complet, c'est-à-dire charger tous les blocs FC (FC1...FC5) puis effectuer la simulation du cycle.

Exemple :

L'exemple suivant (figure IV-4) montre l'état initial de la machine sous le logiciel de simulation S7-PLCSIM. Après l'exécution dans l'OB1, nous aurons :

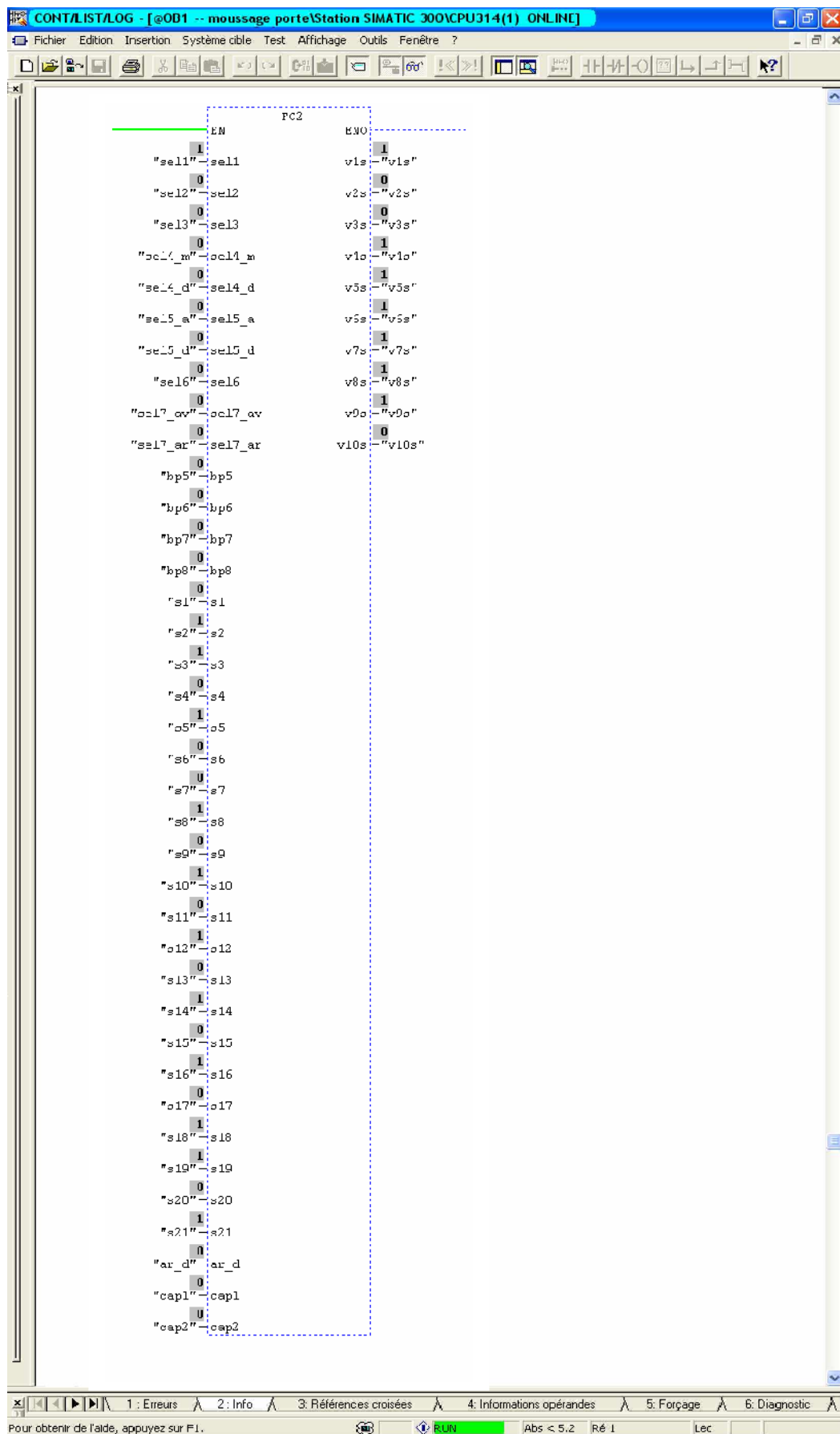


Figure IV-4 : Visualisation de l'état initial de la machine au niveau de l'OB1

IV-Conclusion

Ce chapitre nous a permis de présenter le logiciel S7-PLCSIM qui est un outil indispensable à la simulation des programmes et des concepts de commande automatisés.

Grace à ce logiciel de simulation nous avons pu visualiser le comportement des sorties de notre processus et valider avec succès la solution que nous avons développée.

Conclusion générale

Notre projet de fin d'étude est effectué en grande partie au sein de l'entreprise d'électroménager (ENIEM) zone industrielle Oued-Aissi dans le but de concevoir une solution programmable pour la machine de moussage porte réfrigérateurs et remplacer le séquenceur S5 par un API S7. Ce stage nous a apporté un grand apport en termes d'informations et de connaissances pratiques reçues sur le terrain. Ce stage constitue un complément indispensable pour la formation d'un ingénieur, lui permettant ainsi une transition facile de la formation au domaine professionnel.

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

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

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

BIBLIOGRAPHIE

[1] : **Documentations ENIEM** (unité froid doc de la machine « moussage portes R1 »).

[2] : **D.Blin – J.Danic – R.Le Garrec – F.Trolez – J.C. Séité** “ Automatique et informatique industrielle.” Edition CASTEILLA 1995.

[3] : **Christian Merland, Jacques Perrin, Jean-Paul Trichard** “Automatique et informatique industriel.” Edition DUNOD 1995.

[4] : “ Du Grafcet aux réseaux de pétri ” Deuxième édition revue et augmentée. **RENE DAVID, HASSANE ALLA**

[5] : **J -M Bleux . J.-L Fanchon.** “Automatismes Industriels.”.

[6] : **Bernard SCHENEIDER et Alain BEURET** “ Automatisation Industrielle”.

[7] : **Documentation techniques de Siemens,** aide STEP7 CD ROM Siemens. (CD STEP7).

[8] : **S.BOUYA, M.BOUACEM** mémoire de fin d'étude « Conception d'une commande programmable pour une presse à évaluer à base d'un API SIMATIC S7-300 ». Promotion 2007.

[9] : **T.ADLI, O.HARIKENCHIKH** mémoire de fin d'étude : Etude et automatisation de la machine soudeuse-condenseurs à l'entreprise ENIEM. Promotion 2004.

[10] : **Sources internet**