

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



MEMOIRE

de fin d'études

en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

en Automatique

THEME

**Etude et Automatisation de la chaîne de production de portes
de réfrigérateur par un API S7-300**

Proposé par :

Mr KAHIL Ali
de l'entreprise (ENIEM)

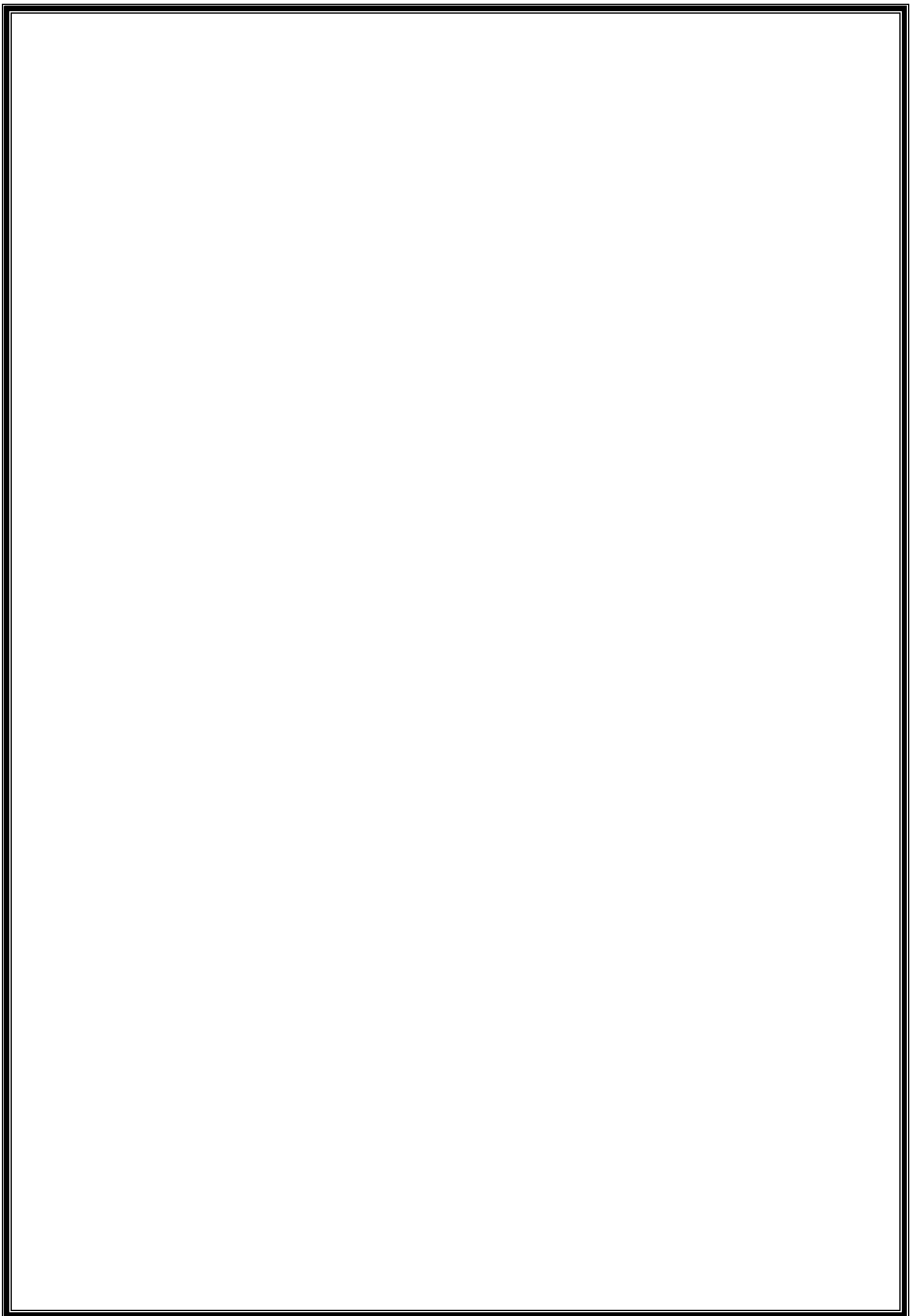
Dirigé par :

Mr BENSIDHOUM

Présenté par :

M^{elle} IGUENI ZEDJIGA
M^{elle} GADA SALIHA

Promotion 2007-2008



SOMMAIRE

Introduction générale	3
-----------------------------	---

Chapitre I : Notions sur les Système Automatisée de production (SAP)

Introduction.....	4
I-1 Définition des systèmes automatiser de production (SAP).....	4
I-2 Modélisation d'un SAP.....	5
I-3 Fonction globale d'un SAP.....	5
I-3-1 Matière d'ouvre	6
I-3-2 Valeur ajoutée.....	6
I-3-3 Contexte et valeur ajoutée.....	7
I-4 Structure générale d'un système automatiser de production	7
I-4-1 Partie opérative (PO).....	8
I-4-2 Partie commande (PC).....	9
I-4-3 Partie relation (PR).....	9
I-5 Chaîne fonctionnelle d'un SAP.....	9
I-5-1 Propriété d'une chaîne fonctionnelle.....	11
I-5-1-1 Chaîne d'action.....	11
I-5-1-2 Chaîne d'acquisition.....	12
I-5-1-3 Partie traitement.....	12
I-6 Domaines d'application de SAP.....	12
I-7 objectif de l'automatisation	12
I-7-1 Avantages des SAP.....	13
I-7-2 Inconvénients des SAP.....	13
Conclusion	13

SOMMAIRE

Chapitre II : Etude et description de la chaîne de production de porte de réfrigérateur

II-1	Bref historique.....	14
II-2	Description générale de la chaîne.....	14
II-3	Description des différentes unités de chaque bloc.....	16
II-3-1	Bloc N°1.....	16
II-3-2	Bloc N°2.....	16
II-4	Poste opérateur.....	17
II-4-1	Tableau de commande.....	18
II-4-2	Mode manuel.....	18
II-4-3	Mode automatique.....	18
II-5	partie puissance de la chaîne	18
II-5-1	Bloc d'alimentation électrique.....	18
II-5-2	Source de l'énergie pneumatique.....	19
II-6	Capteur et moyens de dialogues.....	19
II-6-1	Définition.....	19
II-6-2	Principales caractéristiques des capteurs.....	20
II-6-3	Etude de principaux capteurs.....	20
II-6-3-1	Capteur tout ou rien	20
II-7	Partie électrique.....	26
II-7-1	Chaîne d'énergie électrique.....	26
II-7-2	Actionneurs	27
II-7-3	Actionneurs électriques.....	27
II-7-4	Commande et protection des moteurs électrique	28
II-8	Préactionneurs électriques.....	28
II-8-1	Contacteurs et relais.....	28
II-9	Partie pneumatique	30
II-9-1	Introduction	30
II-9-2	Structure générale d'un circuit de puissance pneumatique.....	30
II-9-3	La production de l'énergie pneumatique.....	31
II-9-4	Conditionnement de l'air	31

SOMMAIRE

II-10 Actionneurs pneumatiques.....	32
II-10-1 Vérins.....	33
II-10-1-1 Définition d'un vérin.....	33
II-10-1-2 Constitution d'un vérin.....	33
II-10-1-3 Vérin simple effet (VSE).....	34
II-10-1-4 Vérin double effet (VDE).....	35
II-10-1-5 Caractéristique et effort axial exercé.....	35
II-10-2 Notion de rendement et taux de charge.....	36
II-10-3 Contre pression dans un vérin.....	37
II-10-4 Amortissement.....	37
II-10-5 Ventouses.....	37
II-11 Préactionneurs.....	38
II-11-1 Distributeurs.....	39
II-11-1-1 Constitution d'un distributeur.....	39
II-11-1-2 Principe de fonctionnements.....	39
II-11-1-3 Caractéristiques d'un distributeur.....	39
II-11-2 Electrovanne.....	42
II-12 Accessoire et fonctions particulières.....	42
II-12-1 Alimenter le circuit.....	42
II-12-1-1 Sectionneur.....	42
II-12-1-2 Démarreur progressif.....	42
II-12-2 Sécurité arrêt d'urgence.....	42
II-12-2-1 Régler la vitesse	43
II-12-2-2 Silencieux d'échappement.....	43
II-13 Partie hydraulique	45
Conclusion	45

Chapitre III : Etude et automatisation de la chaîne réadaptée

Introduction	46
III-1 Les changements portés.....	46

SOMMAIRE

III-2 Position de problème.....	47
III-3 Solution proposée.....	47
III-4 Description de nouveau modèle.....	51
III-5 Cahier des charges.....	52
III-5-1 Définition.....	52
III-5-2 Cahier de charges fonctionnel de la chaîne de portes de réfrigérateur réadaptée	52
III-6 Les positions initiales de chaque bloc.....	54
III-7 Gestion de l'arrêt d'urgence.....	55
III-8 Gestion de l'arrêt de cycle.....	56
Conclusion.....	56

Chapitre IV : Les outils de modélisations des S.P.A et les API

IV-1 Grafcet.....	57
IV-1-1 Bref historique.....	57
IV-1-2 Définition de GRAFCET.....	57
IV-1-3 Symbolisation du GRAFCET.....	58
IV-1-4 Elément graphique de base.....	58
IV-1-4-1 Les étapes	58
IV-1-4-2 Liaisons orientées.....	59
IV-1-4-3 Transition.....	59
IV-1-4-4 Réceptivité.....	60
IV-1-4-5 Temporisation.....	60
IV-1-4-6 Actions.....	60
a-Les actions continues.....	61
b-Les actions conditionnelles.....	61
c-Les actions mémorisées.....	63
IV-1-5 Règles d'évolution du GRAFCET.....	63
IV-1-5-1 Règle1 : Situation initiales.....	63
IV-1-5-2 Règle2 : Franchissement d'une transition.....	64
IV-1-5-3 Règle3 : Evolution des étapes actives.....	64

SOMMAIRE

IV-1-5-4 Règle4 : Evolution simultanée.....	64
IV-1-5-5 Règle5 : Activation et désactivation simultanée d'une étape.....	64
IV-1-6 La structure de base.....	64
IV-1-7 Saut d'étapes et reprise de séquence.....	66
IV-1-8 La Macro Etapes.....	66
IV-1-9 Gestion de sécurité par un GRAFCET.....	67
IV-1-10 Mise en équation de Grafcet.....	69
IV-1-10-1 Objectif.....	69
IV-1-10-2 Gestion des modes Marche/arrêt d'urgence.....	70
IV-1-11 Niveau d'un GRAFCET.....	70
IV-1-11-1 GRAFCET de niveau1.....	71
IV-1-11-2 GRAFCET de niveau 2.....	71
IV-1-11-3 GRAFCET de niveau 3ou de point de vue automate.....	71
IV-2 Les Automates Programmable Industriels (API).....	72
IV-2-1 Bref historique.....	72
IV-2-2 Définition d'un API.....	72
IV-2-3 Architecture des API.....	72
IV-2-3-1 Architecture externe d'un API.....	72
IV-2-3-2 Architecture interne d'un API.....	73
IV-2-4 Description des éléments d'un API.....	74
IV-2-4-1 Unité centrale.....	74
IV-2-4-2 La mémoire.....	74
IV-2-4-3 Le processeur.....	74
IV-2-4-4 Les bus.....	75
IV-2-4-5 Modules d'entrées/sorties.....	75
IV-2-4-6 Les module d'alimentation	77
IV-2-4-7 Les modules de communication.....	78
IV-2-5 Différentes phases du fonctionnement d'un API.....	79
IV-2-6 Notion de scrutation.....	80
IV-2-7 Programmation des API.....	81
IV-2-7-1 Langage de programmation.....	81
IV-2-7-2 Mise en œuvre d'une solution programmable.....	82

SOMMAIRE

IV-2-8 Les avantages des API.....	83
IV-2-9 Les inconvénients des API.....	83
Conclusion.....	84

Chapitre V : l'Automate Programmable Industriel S7-300et son langage de programmationSTEP7

Introduction.....	85
V-1 Présentation de l'automate S7-300.....	85
V-2 Caractéristique de S7-300.....	85
V-3 Modularité de S7-300.....	86
V-3-1 Module d'alimentation (PS).....	86
V-3-2 L'unité centrale (CPU).....	86
V-3-3 Coupleur(IM).....	87
V-3-4 Les modules d'entrées/sorties (SM).....	87
a-Les modules d'entrées/sorties Tout Ou Rien (TOR).....	87
b-Les modules d'entées/sorties analogiques.....	87
V-3-5 Module de simulation FM.....	88
V-3-6 Modules de communication.....	88
V-3-7 Console de programmation PG ou PC SIMATIC.....	88
V-4 Capacité d'extension du S7-300.....	88
V-5 Langage de programmation du S7-300.....	88
a -Schéma à contact (CONT).....	89
b- Logigramme (LOG).....	89
c- Liste d'instruction (LIST).....	89
V-6 Blocs S7.....	90
V-6-1 Bloc d'organisation (OB).....	90
V-6-2 Bloc de données (DB).....	90
V-6-3 Blocs fonctionnels (FB).....	90
V-6-4 Fonction (FC).....	91
V-6-5 Blocs système.....	91
V-6-6 Blocs fonctionnels (SFB).....	91

SOMMAIRE

V-6-7 Blocs de données systèmes.....	91
V-7 Structure de programme.....	91
V-8 Création d'un projet.....	92
V-9 Structure du programme de la chaîne réadaptée.....	95
Conclusion.....	97

Chapitre VI: Simulation avec le logiciel S7-PLCSIM

Introduction.....	98
VI-1 Etape de simulation d'un projet.....	98
VI-2 Visualisation de l'état de programme.....	99
Conclusion.....	99
Conclusion générale.....	100

Introduction

La compétitivité des entreprises exige une automatisation de plus en plus flexible et évolutive des équipements de production. Le progrès des techniques et des technologies d'Automates Programmables (A.P) permettent d'envisager des systèmes automatisés de plus en plus complexes et flexibles. Ces systèmes de commande, à l'origine réservés à des applications exigeant des volumes de traitements importants, sont maintenant opérationnels pour des automatismes plus petits.

1- Présentation de l'entreprise

L'entreprise National des Industries de l'Electroménager (ENIEM) est issue de la restructuration de l'ex-société de fabrication et du montage du matériel électrique et électronique (SONELEC).

L'ENIEM a été créée en Janvier 1983 à partir de fonctions déjà existantes au sein de l'entreprise mère, SONELEC, depuis 1974. Erigée en société par action en octobre 1989, elle a pour principale mission d'assurer la production, le montage, le développement et la recherche dans le domaine de l'électroménager.

L'ENIEM a une gamme de produits très large. Elle produit tous types de réfrigérateurs, de congélateurs, de cuisinières, de climatiseurs, d'appareils de cuisson, de lavage, ainsi que les lampes à incandescence. Elle a aussi d'autres activités qui consistent dans le montage de petits appareils électroménager domestiques (robots de cuisine, moulins à café, mixeurs, sèche cheveux, etc.).

L'ENIEM est organisée en trois principales unités de production qui sont l'unité Froid, Cuisson et Climatisation, connue sous le nom de complexe d'appareils ménagers (CAM), situé près de Tizi Ouzou, l'Unité sanitaire de Miliana, et l'Unité Lampes de Mohammedia.

Chacune de ces unités est elle-même organisée en différentes directions. Leader de l'électroménager en Algérie, l'ENIEM possède des grandes capacités de production et une expérience de plus de 30 ans dans la fabrication et le développement dans différentes branches de l'électroménager.

Introduction générale

En 1987, l'ENIEM a commencé l'automatisation grâce à TOSHIBA par la mise en place de la chaîne réfrigérateur (R1) complètement automatique.

En juin 1998, l'ENIEM fut la première entreprise à l'échelle nationale à obtenir la certification internationale ISO 9002.

L'ENIEM est organisée comme suit :

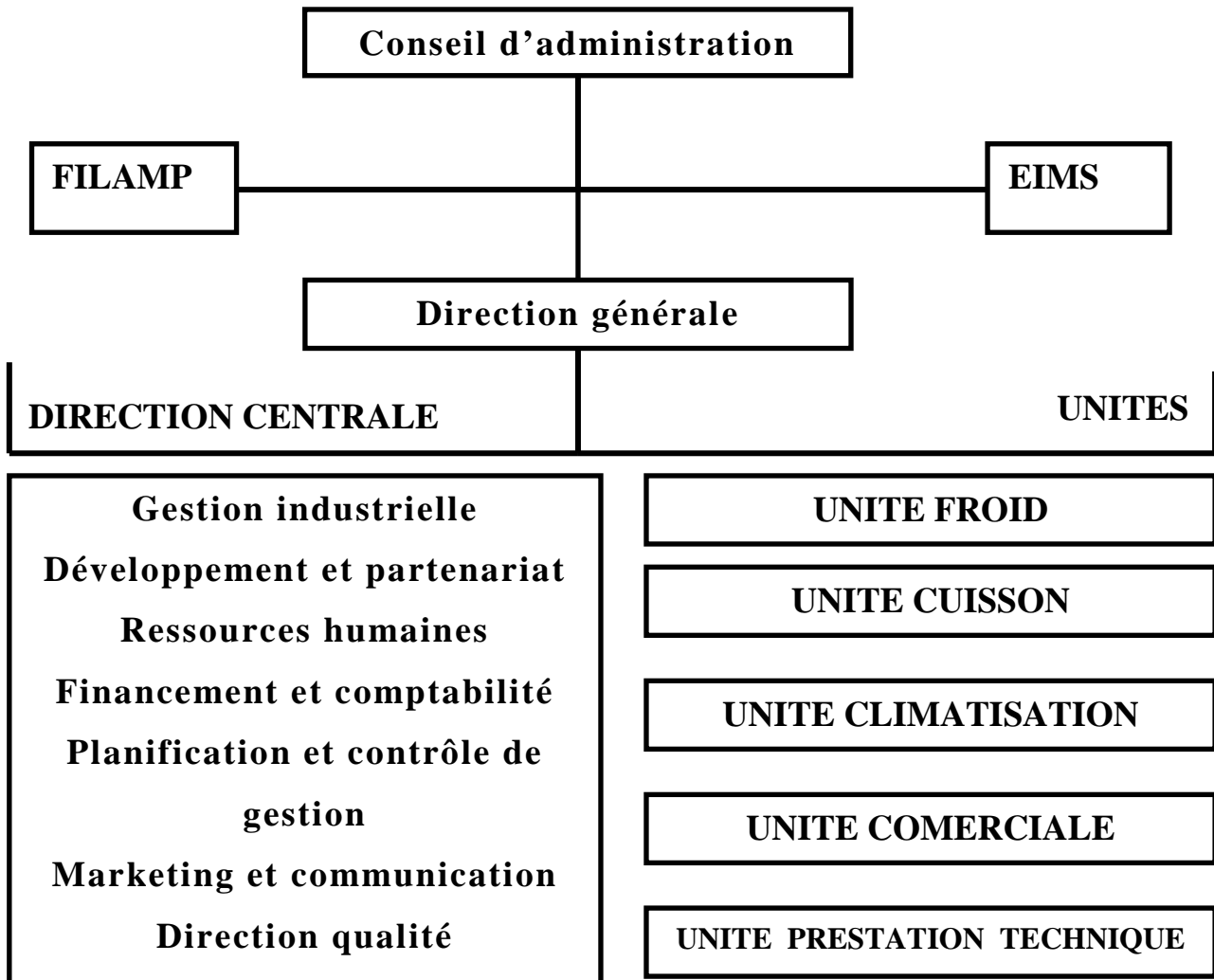


Figure I-1: Organigramme de l'entreprise (ENIEM)

Introduction générale

L'objectif de notre travail consiste à faire l'étude et l'automatisation de la chaîne de fabrication de portes de réfrigérateur à l' ENIEM par un Automate S7-300 de la famille SIEMENS.

Le contenu du mémoire est organisé comme suit :

Chapitre I : Notions sur les systèmes automatisés de production (SAP).

Chapitre II : Etude et description de la chaîne de fabrication de portes de Réfrigérateur.

Chapitre III : Les outils de modélisation et les automates programmables Industriel (API).

Chapitre IV : Application.

Chapitre V : l'API S7-300 et son langage de programmation STEP7

Chapitre VI : simulation de programme avec le logiciel S7-PLCSIM.

Et nous terminerons notre travail par une conclusion général.

Introduction

Devant la compétitivité, que ce soit dans la qualité ou dans les prix, sans cesse croissante et de plus en plus «dure» demandée aux industries, qu’elles soient mécaniques, de transformation de produits ou de grande consommation, les industriels doivent garder leurs outils de production performant et fiable.

Dans ce domaine, l’automatisation tient une place très importante. Aujourd’hui, il serait difficile de concevoir un système de production sans avoir recours aux différentes technologies et composants qui forment les Systèmes Automatisés de Production (SAP).

I-1 Définition d’un système automatisé de production« SAP »

Un système de production est dit automatisé, lorsqu’il peut gérer de manière autonome un cycle de travail préétabli qui se décompose en séquences ou étapes et qui exécute toujours le même travail pour lequel il a été programmé.

Un système automatisé est un moyen d’assurer l’objectif primordial de production d’une entreprise et de la qualité de ses produits. Il peut ajouter une valeur aux produits entrants.

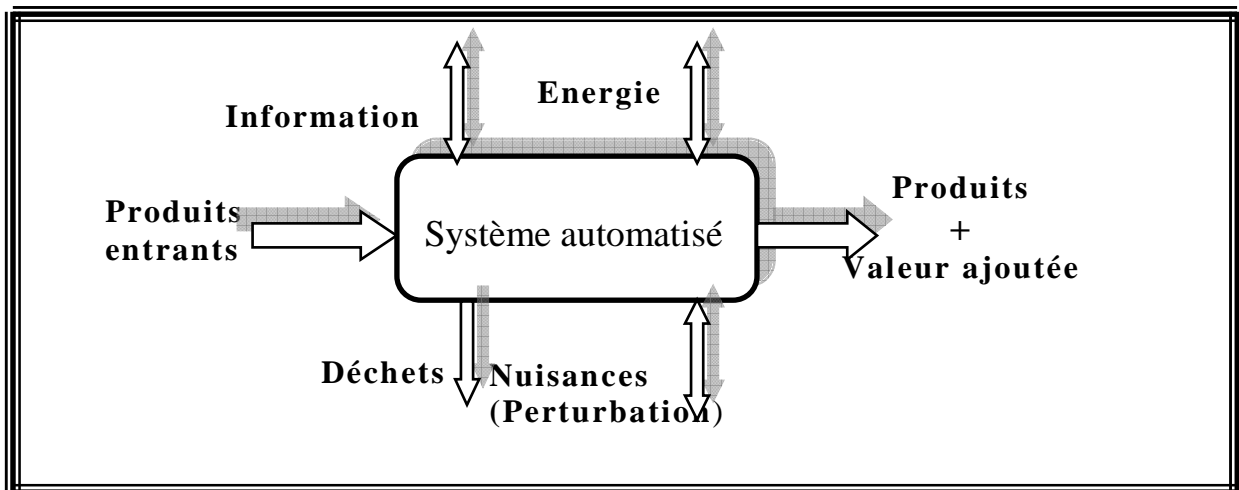


Figure I- 1: Environnement d'un système automatisé de production (SAP).

I-2 Modélisation d'un SAP

La modélisation est un principe ou technique qui permet d'établir un modèle explicatif d'un phénomène ou comportement en recensant les variables ou facteur explicatifs et l'importance relative de chacune de ces variables.

Pour modéliser une machine ou un système il faut :

- Définir les points essentiels à étudier
- Définir la frontière d'isolement de système
- Définir la matière d'œuvre et son état entrant et sortant
- Définir la valeur ajoutée
- Définir les flux secondaires entrants et sortants
- Définir les entrées de contrôle

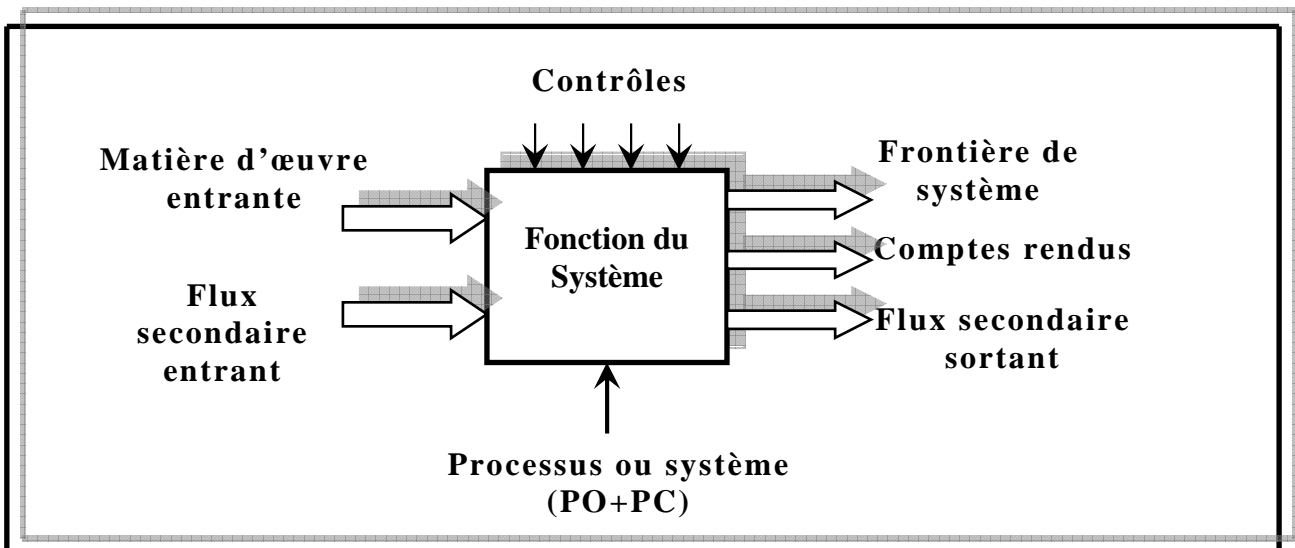


Figure I -2 : Modélisation d'un SAP

I-3 Fonction globale d'un système

La fonction globale de tout système automatisé est de conférer une valeur ajoutée à un ensemble de matières d'œuvres dans un environnement ou un contexte donné.

I-3-1 Matière d'œuvre

Une matière d'œuvre peut se présenter sous plusieurs formes.

Par exemple :

- Un **produit**, c'est-à-dire de la matière, à l'état solide, liquide ou gazeux, et sous une forme plus ou moins transformée.
- De **l'énergie**
 - Sous forme : électrique, thermique, hydraulique.
 - Soit produire, soit stocker, soit transporter, soit convertir, soit utiliser...
- De **l'information** :
 - Sous forme : écrite, physique, audiovisuelle
 - Qu'il faut : produire, stocker, transmettre, communiquer, décoder, utiliser...
- Des **êtres humains**
 - Pris individuellement ou collectivement
 - Qu'il faut : former, informer, soigner, transporter, servir...

I-3-2 Valeur ajoutée

La valeur ajoutée à ces matières d'œuvre est **l'objectif global** pour laquelle elle a été définie conçue, réalisée, puis éventuellement modifier le système. Cette valeur ajoutée peut résulter par exemple :

- D'une **modification physique** des matières d'œuvres
 - Traitement mécanique : usinage, formage, broyage, impression...
 - Traitement chimique ou biologique
 - Conversion d'énergie
 - Traitement thermique : cuisson, congélation...
 - Traitement superficiel : peinture, teinture...
- D'un **arrangement particulier**, sans modification des matières d'œuvres
 - Montage, emballage, assemblage...
 - Couture
 - Collage...

- D'une **mise en position** particulière, ou d'un **transfert**, de ces matières d'œuvre :
 - Manutention, transport, stockage
 - Commerce
 - Communication
- D'un **prélèvement d'information** sur ces matières d'œuvres.
 - Contrôler, mesurer, exploitation des examens.

I-3-3 Contexte et valeur ajoutée

La **nature**, la **quantité** et la **qualité** de la valeur ajoutée peuvent varier pour tenir compte de l'évolution des besoins de la société dans laquelle s'insère le système. Ceci peut conduire à modifier le système, voire l'abandonner pour en construire un nouveau.

L'environnement, c'est-à-dire le **contexte** physique, social, économique, politique,...joue un rôle essentiel dans le fonctionnement du système et influe sur la qualité et/ou la quantité de la valeur ajoutée.

I-4 Structure général d'un système automatisé de production

On peut décomposer fonctionnellement un système automatisé de production en deux parties :

- Une partie opérative (PO) : C'est la partie de puissance
- Une partie commande (PC) : c'est la partie faible puissance qui commande la partie opérative.

Les émissions d'ordres ou de signaux de commande vers la partie opérative sont transmises par les pré-actionneurs, les comptes rendus sont fournis à la partie commande par les capteurs.

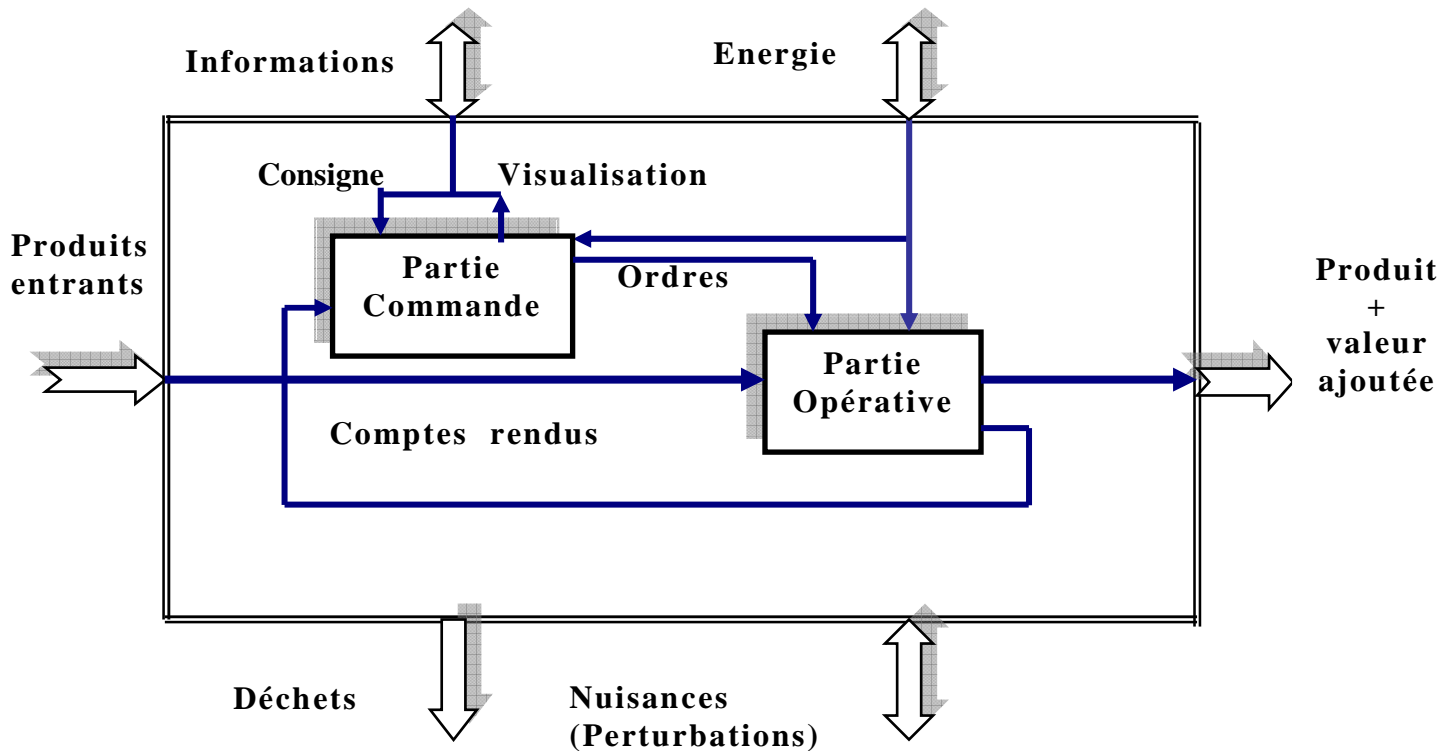


Figure I-3 Décomposition fonctionnel de SAP

I-4-1 Partie opérative (PO)

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

- Des pré-actionneurs (distributeurs-contacteurs), lesquels reçoivent des ordres de la partie commande ;
- 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

Ils se présentent sous différentes formes comme :

- Moteurs : hydrauliques, pneumatiques, électriques
- vérins : linéaires (1 ou 2tiges) rotatifs, sans tige.
- D'une détection (capteur) qui informe la partie commande de l'exécution du travail.

Ils existent sous différents types comme :

- Capteurs mécaniques pneumatiques ou électriques,
- Capteurs magnétiques montés sur les vérins,
- Capteurs pneumatiques à chute de pression.

Dans un SAP, ce secteur représente le service de surveillance et de renseignement des mécanismes. Il contrôle, mesure, surveille et informe la partie commande (PC) sur l'évolution du système.

I-4-2 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 les restitue vers cette même PO en direction des pré-actionneurs (distributeurs).

I-4-3 Partie relation (PR)

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

I-5 Chaîne fonctionnel d'un SAP

La chaîne fonctionnelle constitue l'unité élémentaire de conception et d'étude du fonctionnement d'un système automatisé.

Elle se caractérise par un agencement fonctionnel de constituants sous forme de chaîne, en regroupant tous les éléments de la partie opérative et de la partie commande du système concourant à la réalisation d'une fonction opérative. C'est parce que tous ces éléments sont liés fonctionnellement que le regroupement s'appelle chaîne fonctionnelle.

CHAINE D'ACTION

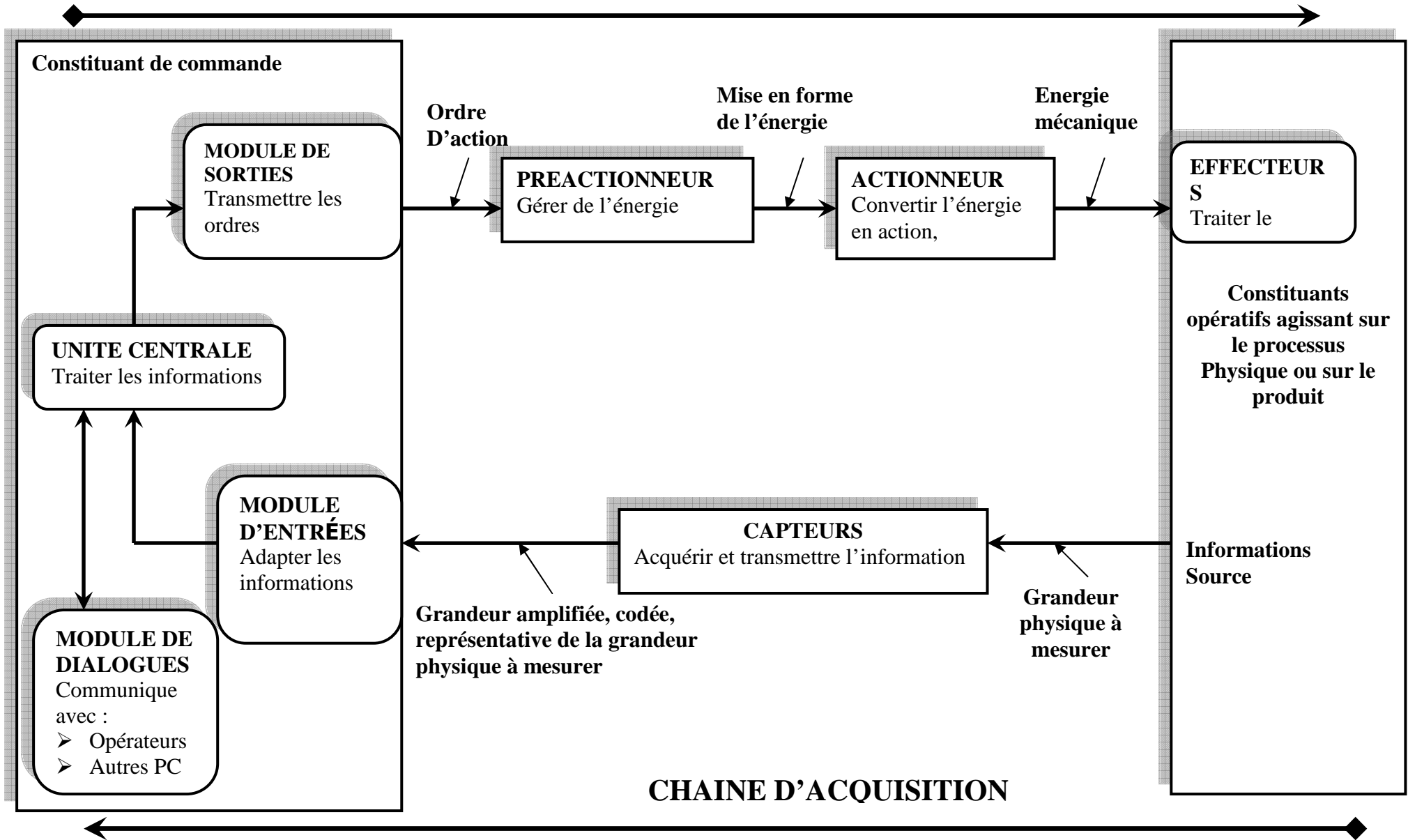


FIGURE I-4 : Organisation générale d'une chaîne fonctionnelle

I-5-1 Propriétés d'une chaîne fonctionnelle

Elle comporte en générale 3 parties :

I-5-1-1 Chaîne d'action

Elle assure, à partir de l'élaboration des ordres au sein du constituant, les animations de la partie opérative nécessaire aux actions sur la matière d'œuvre .Elle est constituée de:

- **Pré-actionneurs**

Interface entre la partie commande (PC) et la partie opérative (PO). Sa fonction est de transmettre un ordre de la PC à la PO.

Généralement, ils sont utilisés pour commander des puissances en fonction d'un signal de commande de faible puissance.

Il existe deux catégories principales :

- **Distributeur ou commande tout ou rien (TOR)** : il permet d'établir ou de couper un circuit c'est-à-dire. l'alimentation des actionneurs.
- **Conversion amplification** : elle permet d'adapter les caractéristiques (nature, puissance, pression...) de l'énergie du signal de commande du pré-actionneurs à celle de l'énergie de puissance nécessaire à l'alimentation des actionneurs.

- **Actionneurs**

Ils convertissent l'énergie d'entrée en énergie de sortie adaptée à l'exécution de la tâche opérative par l'effecteur.

- **Effecteur**

C'est un élément terminal de la chaîne d'action d'une chaîne fonctionnelle. Il agit directement sur le produit et concrétise la valeur ajoutée recherchée par l'action ou la tâche opérative. Il est, en général, lié à l'actionneur par une chaîne cinétique.

La chaîne cinétique est une structure composée d'élément de transmission, de transformation, de guidage, qui permettent de rendre exploitable par l'effecteur, l'énergie de sortie de l'actionneur.

I-5-1-2 Chaîne d'acquisition

Elle regroupe l'ensemble des composants permettant d'élaborer et de transmettre les informations exploitables par l'unité centrale et réalise la fonction « acquérir l'information ». Elle est constituée en générale par des :

- **Capteurs**

Ils ont pour fonction d'acquérir une information. Cela consiste à mesurer un phénomène physique et à donner une image informationnelle de ce dernier.

I-5-1-3 Partie traitement

La partie traitement de la chaîne fonctionnelle, qui traite les informations des chaînes d'acquisition pour élaborer les ordres à destination de la chaîne d'action.

I-6 Domaines d'application de SAP

L'automatisation en générale est devenue très vaste et utilisée dans plusieurs domaines tel que :

- Commande des machines et d'installations,
- Robotique,
- Domaine machine outil (perçage),
- Mise en forme de produit finis (fabrication mécanique poinçonnage),
- Domaine du conditionnement et de la préhension,
- Domaine de l'industrie automobile,
- Le contrôle des produits (situé toujours au bout de la chaîne) ,
- L'automatisation de service.

I -7 Objectif de l'Automatisation

La compétition économique que nous connaissons impose à l'industrie de produire en qualité et en quantité pour répondre à la demande dans un environnement très concurrentiel. En termes d'objectifs, il s'agit :

- **Personnel** : améliorer les conditions de travail en supprimant les tâches les plus pénibles et en augmentant la sécurité.
- **Produit** : Améliorer la faisabilité, la qualité et la fiabilité dans le temps par rapport au cahier des charges.

- **Entreprise** : amélioré sa compétitivité (en diminuant les coûts de production), sa productivité, la capacité de contrôle, de gestion et de planification.

I-7-1 Avantages des SAP

Ils sont nombreux et citons principalement :

- La capacité de produire rapidement dans tous les domaines, industriels en gardant un produit de qualité,
- La suppression de certaines tâches fatigantes, répétitives ou nocives pour l'homme,
- Les SAP s'adaptent facilement (commande de puissance) à tous les milieux de production (industries de l'automobile, du verre, du bois ...),
- La souplesse d'utilisation qu'ils représentent peut répondre aux problèmes simples comme aux problèmes extrêmement complexes,
- La création des métiers nouveaux.

I-7-2 Inconvénients des SAP :

Ils existent et sont à prendre en considération comme :

- Le coût assez élevé du matériel, principalement dans les systèmes hydrauliques,
- La maintenance doit être parfaitement structurée et réalisée par un personnel spécialisé (automaticiens, électroniciens).
- Il faut cependant noter que les systèmes automatisés peuvent être la cause de suppression d'emplois.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit d'une façon générale les Systèmes Automatisés de Production (SAP), sa constitution, son fonctionnement, les domaines d'emploi, ses objectifs, ses avantages et inconvénients. Le chapitre suivant sera consacré à l'étude de la chaîne de fabrication de portes de réfrigérateur.

II-1 Bref historique

Cette machine a été mise en place par la firme TOSHIBA CORPORATION en 1987 pour la fabrication de porte de réfrigérateur.

En 2003, L'ENIEM a commencé de fabriquer le nouveau model de ces portes de réfrigérateur (porte bombée). Depuis elle a gardé la même chaîne mais quelques machines sont devenues des tables de stockages.

II-2 Description générale de la chaîne

La chaîne comporte 2 blocs (figure II-1). A la sortie du 1^{er} bloc, la tôle est déjà emboutie puis transférer vers le second bloc où elle est soudée à l'arc plasma, ensuite viennent l'opération de bordage N°01 et N°02. Après le bordage, on poinçonne la tôle puis elle est soudée par la machine à souder par points multiples, finalement elle sort par un transporteur de sortie (tapis roulant).

Les différents postes sont :

➤ **Bloc N°01** (figure II-2)

- Poste N°01 : chargeur
- Poste N°02 : matrice mécanique
- Poste N°03 : déchargeur

➤ **Bloc N°02** (figure II-3)

- Poste N°01 : dispositif de positionnement et de renversement
- Poste N°02 : machine à souder à l'arc plasma
- Poste N°03 : machine de bordage N°01
- Poste N°04 : machine de bordage N°02
- Poste N°05 : machine à poinçonner de charnière
- Poste N°06 : machine à souder par points multiples
- Poste N°07 : table rotative
- Dispositif de transfert
- Transporteur de sortie.

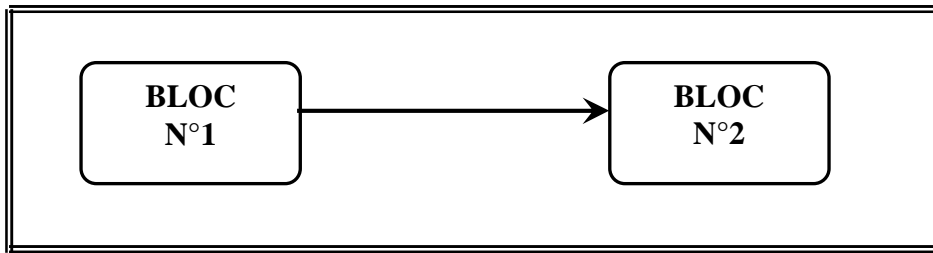


Figure II-1: synoptique général de la chaîne de production

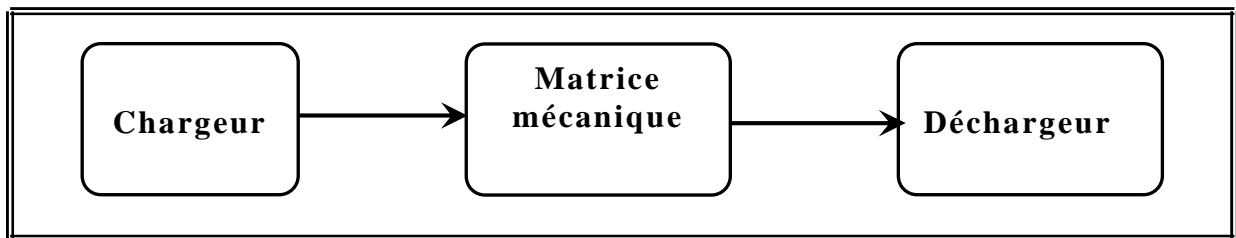


Figure II-2 : synoptique général du 1^{er} bloc

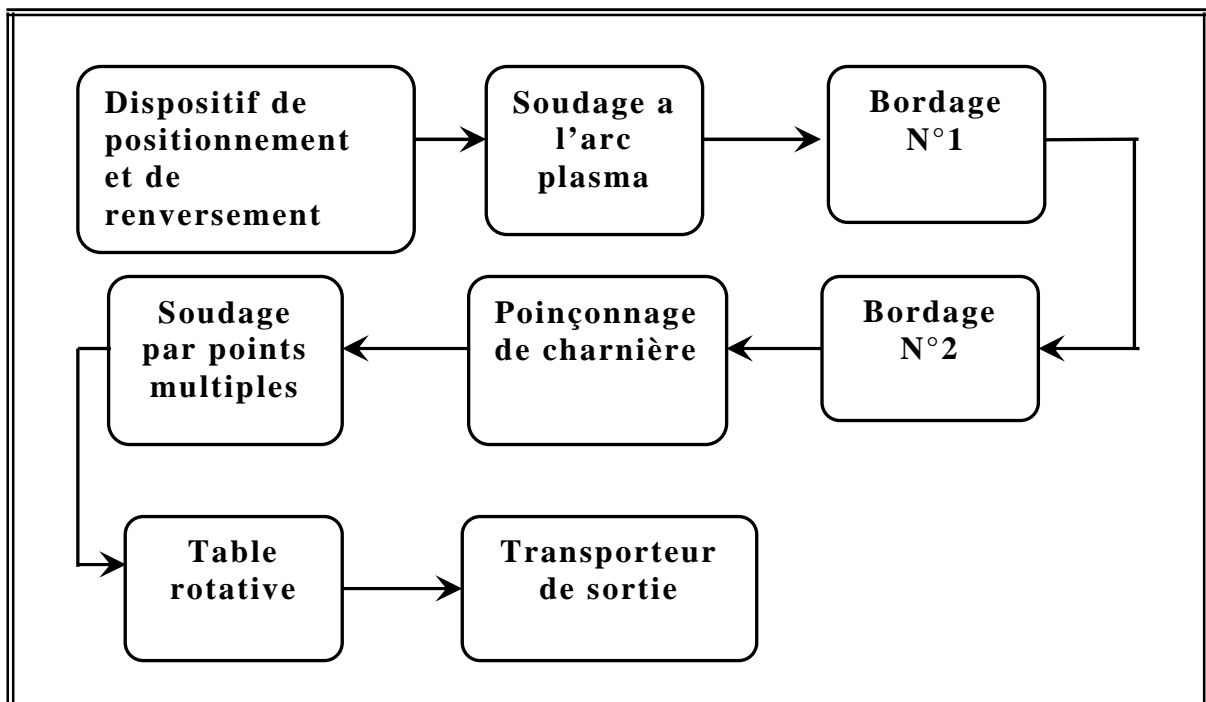


Figure II-3 : synoptique général du bloc N°2

Chaque machine de chaque bloc est dotée d'une table de commande individuelle pour les opérations manuelles, mais toutes ces tables sont guidées par une table principale.

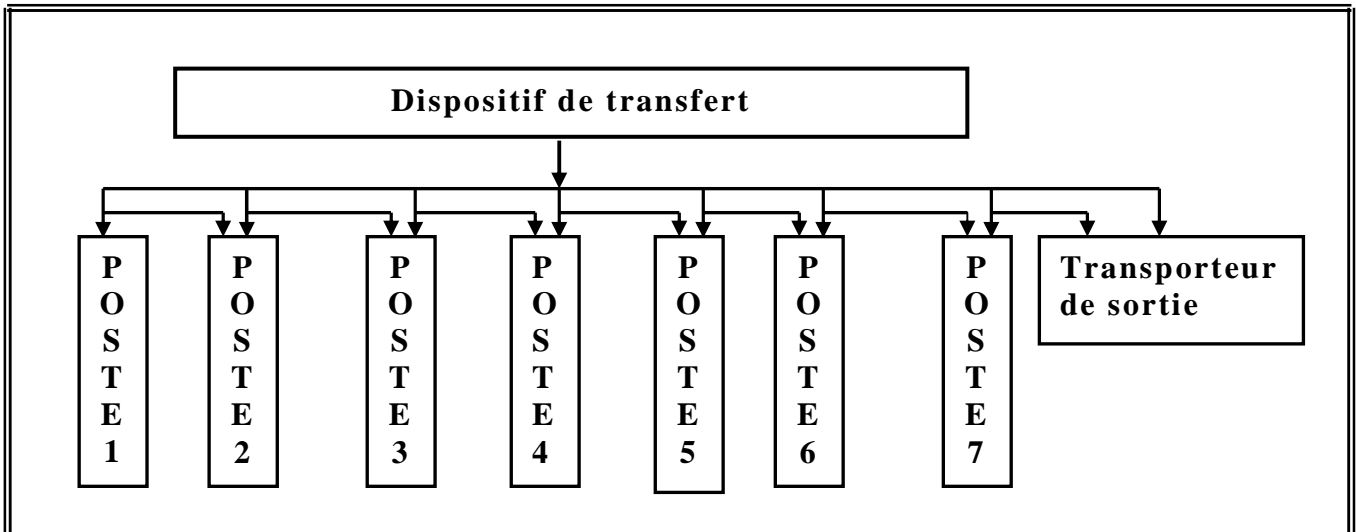


Figure II-4 : Synoptique général du dispositif de transfert.

II-3 Description des différentes unités de chaque bloc

II-3-1 Bloc N°1

- **Chargeur** : ce dispositif a pour fonction d'alimenter en tôle d'acier la presse de centrage de la chaîne de fabrication de portes.
- **Presse mécanique** : cette presse de 150 tonnes est prévue pour le centrage en forme L des portes de réfrigérateurs.
- **Déchargeur** : sa fonction est le déchargement des tôles de la presse de centrage dans la chaîne de fabrication des portes.

II-3-2 Bloc N°02

- **Dispositif de positionnement et de renversement**

Positionnement : ce dispositif a pour fonction de recevoir une pièce venant de la presse et de la transférer jusqu'à la position déterminée avant la machine de renversement

Renversement : ce dispositif a pour fonction de prendre grâce à la ventouse, une pièce apportée à l'extrémité du dispositif de positionnement, de la renverser 180° avec le bras de renversement et de déterminer les positions droite et gauche sur la table (chariot) pour transférer la pièce jusqu'à la position déterminée dans le procédé suivant.

➤ **Machine de soudage à l'arc plasma**

Ce dispositif a pour fonction de souder bout à bout le joint en coin des parties formées en cuves par la matrice de la presse.

➤ **Machine de bordage N°01**

Cette machine a pour fonction de plier vers l'intérieur les deux côtés de rebords.

➤ **Machine de bordage N°2**

Cette machine a pour fonction de plier vers l'intérieur les deux côtés de rebords et de former les coins.

➤ **Machine à poinçonner de charnières**

Cette machine est utilisée pour le poinçonnage des emplacements des charnières dans une porte.

➤ **Machine à souder par points multiples**

Cette machine a pour fonction de souder par points les parties à recouvrement d'un rebord en coin.

➤ **Table rotative (tournante) :**

Elle a pour fonction de faire un tour de 90° en présence de la tôle pour permettre au système de manutention 07 d'évacuer la tôle sur le transporteur de sortie.

➤ **Dispositif de transfert :**

Ce dispositif a pour fonction de transférer et distribuer une pièce dans la machine à façonner.

➤ **Transporteur de sortie :**

Ce transporteur a pour fonction de recevoir du dispositif de transfert les produits formés et les transférer jusqu'au banc de finition.

II-4 Poste opérateur :

Tout processus nécessite un système de contrôle de commande permettant à l'homme d'intervenir dans le processus.

Dans le système, chaque élément démarre ou s'arrête par l'intermédiaire d'un commutateur situé sur le poste d'opération. Ce poste comporte des indicateurs montrant l'état de fonctionnement, et un bouton d'arrêt d'urgence arrêtant immédiatement le processus, ce poste comporte une armoire dite de commande.

Pour sélectionner le mode de fonctionnement, manuel ou automatique on doit agir sur le bouton de sélection de mode, qui se trouve sur l'armoire de commande.

II-4-1 Tableau de commande

Le tableau de commande est un ensemble, comprenant l'appareillage de commande, de contrôle, de réglage et de sécurité du dispositif électrique.

- **Bouton poussoir (BP)** : arrêt d'urgence, mise en marche et arrêt.
- **Voyants lumineux** : indiquant l'état du fonctionnement du système.
- **Sélecteur en mode de fonctionnement** : soit en mode automatique ou manuel.

II-4-2 Mode manuel

Pour pouvoir commander le système manuellement, on utilise l'armoire de commande qui comporte toutes les commandes (boutons) nécessaires pour un cycle de fonctionnement complet, (Descente et montée du bloc porte ventouse, avance et recul du chariot, rotation, AU,...etc.)

Elle est utilisée dans le cas d'un essai à vide, dans la phase de test et de simulation des actionneurs ainsi que la remise du système dans les conditions initiales après un dysfonctionnement d'un composant de la partie opérative ou pour travailler entièrement en mode manuel.

II-4-3 Mode automatique

Après avoir sélectionné le mode marche automatique, l'opérateur doit appuyer sur le bouton poussoir (START) de l'armoire commande.

II-5 Partie puissance de la machine

Le système est alimenté par deux réseaux d'énergie, pneumatique et électrique.

II-5-1 Bloc d'alimentation électrique

Il reçoit à l'entrée une tension de **380 volts** triphasée alternative, et délivre en sortie trois tensions différentes :

- Tension **380v** alternative triphasée pour alimenter les moteurs asynchrones.
- Tension **24v** continue pour alimenter les bobines d'électro-freins.
- Tension **110v** continue pour les capteurs et automate.
- Tension **220v** alternative pour le circuit de commande (pré-actionneurs).

II-5-2 Source de l'énergie pneumatique

L'alimentation des différents actionneurs pneumatiques de la machine est assurée par le réseau interne de l'unité froid, il délivre une pression de **1.5 à 7 bars**. Selon le type d'actionneur utilisé.

II-6 Capteurs et moyens de dialogues

II-6-1 définition

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition dans une chaîne fonctionnelle. Les capteurs prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande.

Une information est une grandeur abstraite qui précise un événement particulier parmi un ensemble d'événement possible. 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.

L'information délivrée par un capteur pourra être logique (2 états), numérique (valeur discrète) ou analogique.

On peut caractériser les capteurs selon deux critères :

- En fonction de la grandeur mesurée ; on parle alors de capteurs de position, de température, de vitesse, de force, de pression...
- En fonction du caractère de l'information délivrée ; on parle alors de capteurs analogiques ou numériques (figure II-5)

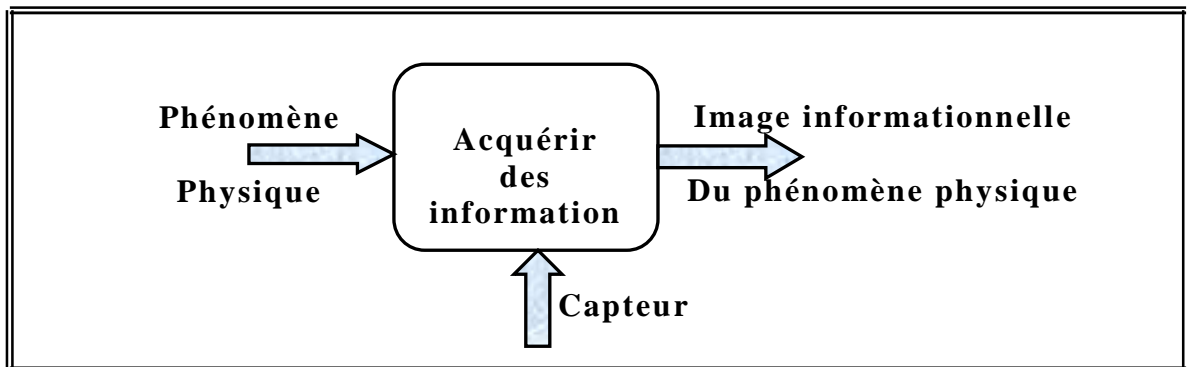


Figure II-5 : Schéma synoptique d'un capteur.

II-6-2 Principales caractéristiques des capteurs

- a- **Etendu 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.
- b- **Sensibilité** : c'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur.
- c- **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.
- d- **Précision** : c'est la capacité de répétitivité d'une information position, d'une vitesse...

II -6-3 Etude des principaux capteurs

II-6-3-1 Capteurs tout ou rien (TOR)

L'acquisition de l'information se fait par un contact entre l'objet à détecter et un élément mobile du capteur. Ils sont les plus répandus en automatisation.

Dés qu'une grandeur physique est détectée (ou non détectée), ils délivrent un signal de sortie sous la forme d'une pression pneumatique ou d'une tension électrique.

Cette famille peut se diviser en plusieurs groupes :

a- Capteur à commande manuelle

Dans ce premier groupe, on trouve tous les matériels destinés à l'équipement des pupitres ou postes de commande comme les boutons poussoirs, les boutons à 2 ou 3 positions, les arrêts (coups de poing). La commande est fournie par l'opérateur (**Figure II-6**).

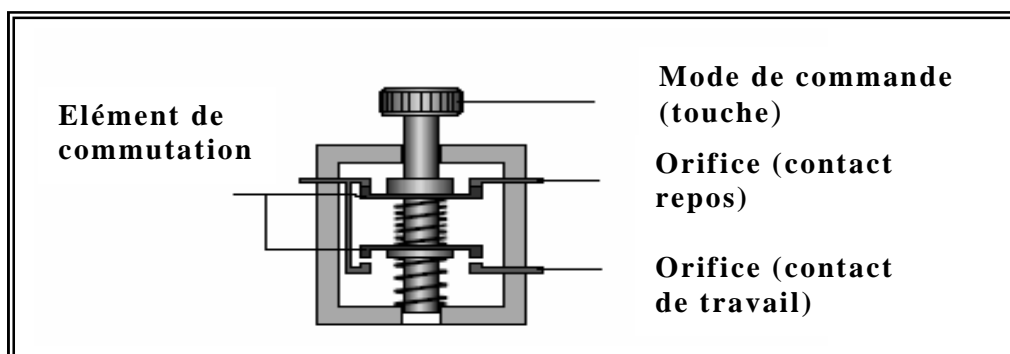


Figure II-6 : capteur à commande manuelle (bouton poussoir).

b- Détecteur de présence à action mécanique

Encore appelés interrupteur de fin de course, interrupteur de position, détecteur de position ou capteurs de fin de course. Ce sont des commutateurs commandés par le déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve). Lorsqu'ils sont actionnés, ils ouvrent ou ferment un ou plusieurs circuits électriques ou pneumatiques.

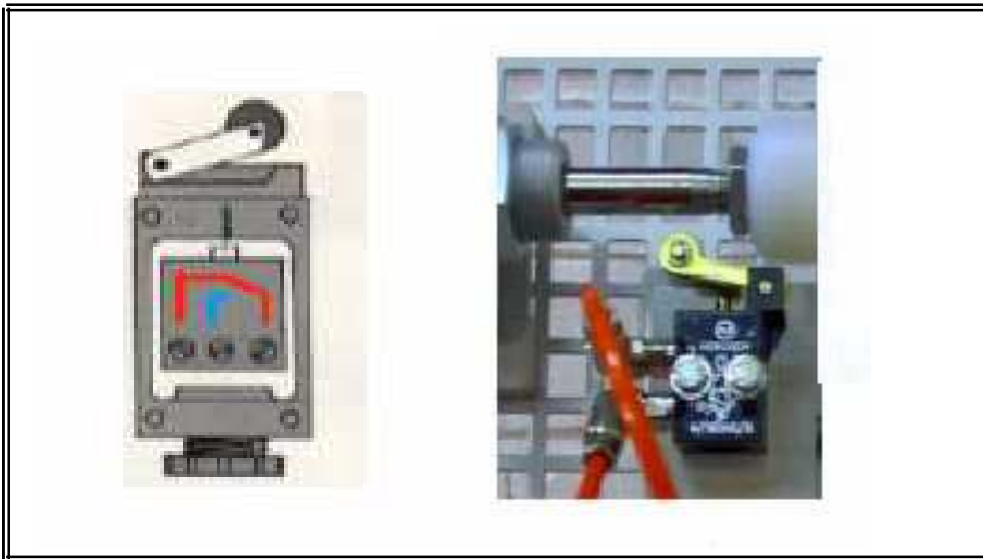


Figure II-7 : Détecteur de présence à action mécanique

c- Détecteur de proximité :

Un détecteur de proximité délivre une information logique de présence de l'élément à détecter sans contact avec celui-ci.

En distingue les technologies suivantes :

- Les détecteurs électriques inductifs et capacitifs,
- Les détecteurs électriques optoélectroniques,
- Les détecteurs magnétiques,
- Les détecteurs pneumatiques.

C-1 Domaines d'emploi

Les détecteurs de proximité sont plus adaptés que les contacts mécaniques en cas :

- D'ambiances agressives ou poussiéreuses (inductifs et capacitifs) ;
- De force de manœuvre insuffisante ou interdite (pièce fragile, peinture de frais, etc..) ;
- De vibrations ou chocs ;
- De nécessité d'une grande durée de vie.

C-2 Caractéristique d'un détecteur

a- Portée : nominale ou maximale, elle correspond à la distance (nominale ou maximale) à laquelle l'élément peut être détecté. (Figure II-8)

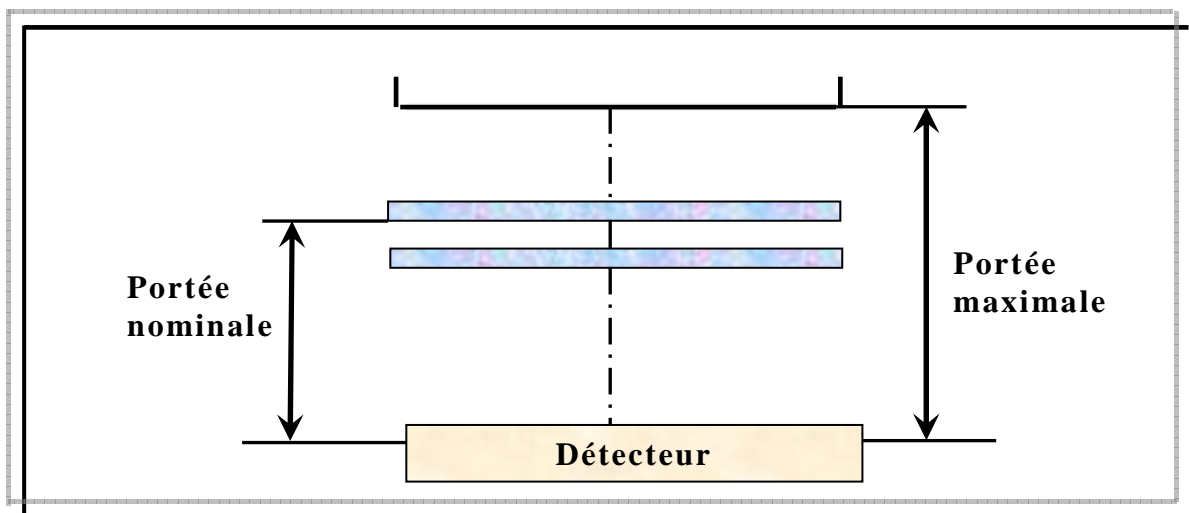


Figure II-8 : Portée d'un détecteur

b- Fréquence maximale de commutation : c'est le nombre maximum de commutation par seconde : de quelque Hertz (HZ) ou à plusieurs KHertz selon le détecteur.

Ils existent principalement deux formes des détecteurs :

- **Cylindrique :** qui permet l'insertion dans un logement d'où ils peuvent affleurer au plus près de l'objet à détecter.
- **Prismatique :** qui permet leurs fixation sur le plan.

D- Détecteur de proximité photoélectrique

Un capteur photo électrique est un capteur de proximité. Il se compose d'un émetteur de lumière qui est généralement une diode électroluminescente associée à un récepteur de lumière généralement un phototransistor qui peut être intégrés ou non dans le même constituant. La détection d'un objet se fait par coupure d'un faisceau lumineux. Le signal est amplifié pour être exploité par la partie commande. Trois modes d'utilisation se côtoient.

D-1- Système barrage

L'émetteur et le récepteur sont séparés (**Figure II-9**). Ce système à une grande portée (jusqu'à 30m), il permet une détection fiable, il est Particulièrement adapté pour :

- la détection des matériaux opaques ;
- les environnements pollués (pluie, poussière...)
- les longues distances.

Contrainte

- détection de matériaux non transparents ;
- Nécessite un alignement rigoureux.

D-2 Système reflex

L'émetteur et le récepteur sont dans le même boîtier, le réflecteur renvoie le rayon infrarouge émis suivant une direction parallèle, la détection aura lieu quand la cible bloque le faisceau entre l'émetteur et le récepteur (**Figure II-10**), il a une portée de (10m). Adapter pour :

- les applications ou la détection ne sont possible que d'un côté ;
- les environnements relativement propres.

Contrainte

- ne convient pas pour les objets réfléchissants.

D-3 Système de proximité (Réflexion directe)

L'émetteur et le récepteur sont dans le même boîtier, le faisceau lumineux est réfléchi par l'objet qui pénètre dans la zone de détection (**Figure II-11**), il a une portée de 1.5m, Adapter pour :

- les applications ou la détection n'est possible que d'un côté ;
- les objets transparents et translucides.

Contrainte :

- les portées dépendent de la capacité des objets à réfléchir la lumière ;
- à éviter dans les environnements pollués.

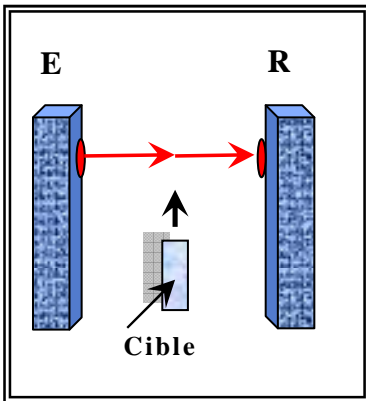


Figure II-9 : système barrage.

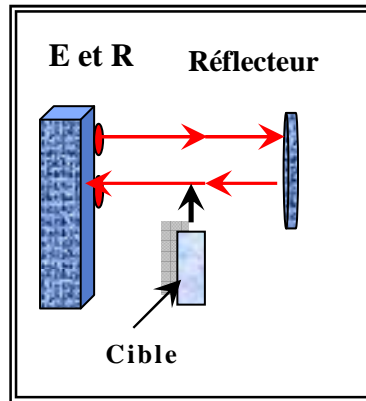


Figure II-10 : système reflex.

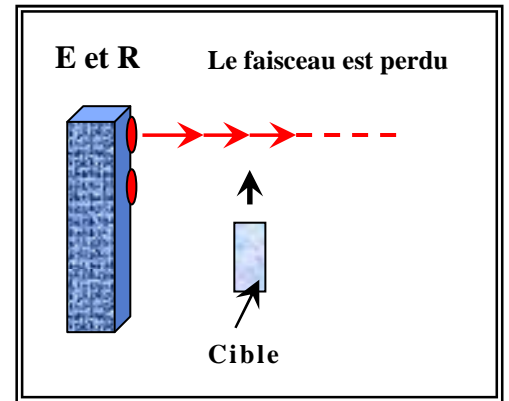


Figure II-11 : système de proximité (réflexion directe)

E- Détecteur magnétique de fin de course

L'application la plus courante concerne la détection des fins de course des vérins. Ils sont alors fixés directement sur le corps d'un vérin spécial à piston avec élément magnétique : un détecteur magnétique sans contact est conçu pour détecter la fin de course ou le passage du piston. Ils sont connus sous le nom de « ILS : Interrupteur à Lame Souple » (Figure II-12).

ILS : est un capteur de proximité composé d'une lame souple sensible à la présence d'un champ magnétique mobile.

Lorsque le champ se trouve sous la lame, il ferme le contact de circuit provoquant la commutation du capteur. Son symbole est :

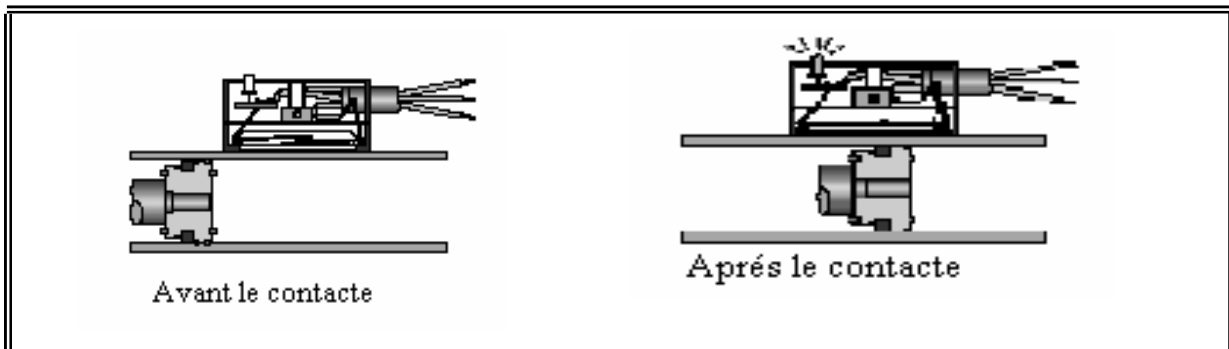


Figure II-12 : Détecteur magnétique sans contact

Pour utiliser ce type de capteur, il est nécessaire d'utiliser un vérin comportant un aimant monté sur le piston (**Figure II-13**).

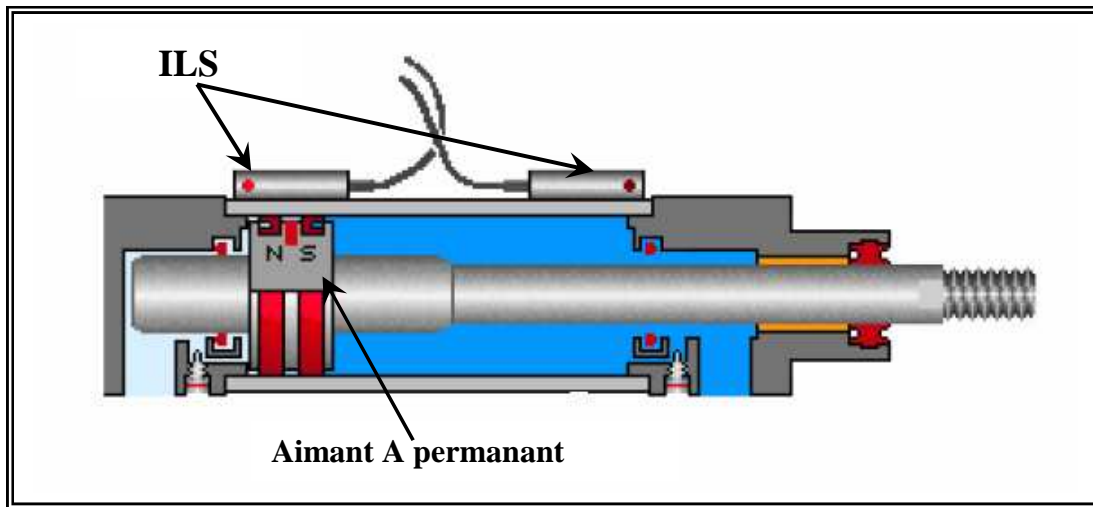


Figure II-13 : Principe de fonctionnement.

Fonctionnement

Un aimant permanent A, monté sur le piston du vérin pneumatique, actionne l'interrupteur à lame souple du détecteur magnétique, fixé à l'intérieur du tube magnétique du vérin. Ce principe de détection apporte aux SAP de nombreux avantages comme :

- Élimination des problèmes mécaniques (capteurs à galet) ;
- Encombrement réduit (détection sur les vérins) ;
- Endurance élevée (10^7 manœuvres) ;
- Possibilité de monter plusieurs capteurs côte à côte.

Dans notre étude de la chaîne, les capteurs disponibles font partie de la famille TOR, mais dans l'industrie on retrouve d'autres types de capteurs:

- Les capteurs analogiques,
- Les capteurs numériques,
- Les capteurs infrarouges,
- Les capteurs de proximité pneumatiques.

II-7 Partie électrique

II-7-1 Chaîne d'énergie électrique

Quel que soit l'actionneur électrique utilisé, il est toujours nécessaire d'avoir une source d'énergie adaptée dont on peut disposer en toute sécurité, un pré-actionneur permet de commuter ou de moduler l'énergie à partir d'un ordre issu de la partie commande.

La constitution d'une chaîne électrique d'énergie est schématisée par la figure (II-14).

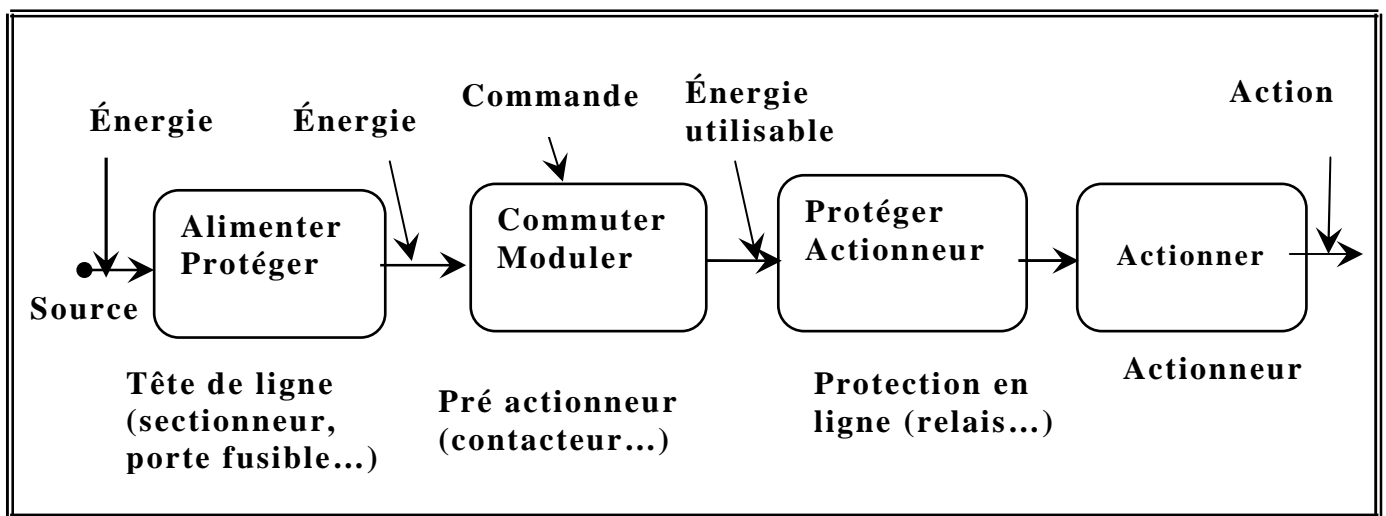


Figure II-14 : Structure fonctionnelle d'une chaîne d'énergie électrique

II-7-2 Actionneurs

Un actionneur est un constituant qui convertit l'énergie d'entrée (énergie de puissance transmise, en général par le pré-actionneur) en énergie de sortie à l'exécution de la tâche opérative par l'effecteur.

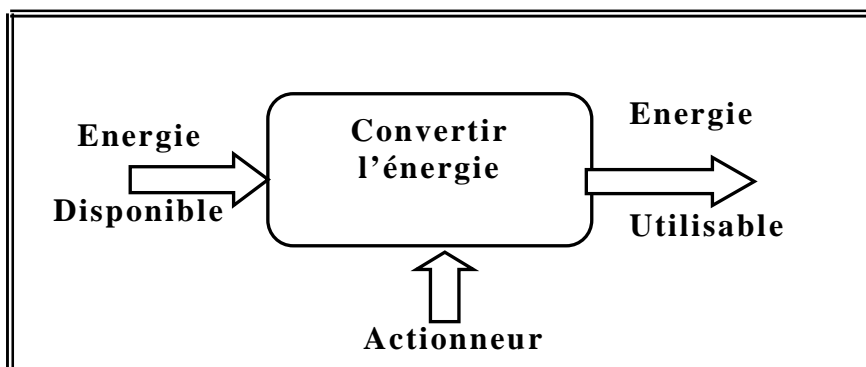


Figure II-15 Schéma synoptique d'un actionneur

II-7-3 Actionneurs électriques

La nature de l'énergie utilisée est électrique. L'actionneur le plus utilisé dans les équipements automatiques est le moteur asynchrone triphasé, il transforme l'énergie électrique en un travail mécanique.

Dans notre chaîne on trouve uniquement les moteurs triphasés asynchrones.

a- Moteur triphasé asynchrone :

Il fonctionne avec une tension alternative triphasé, il peut avoir deux sens de rotation, son circuit de commande comporte une protection contre les courts circuits par fusible et un relais thermique (contre la surchauffe), ainsi qu'un contacteur pour la commande.

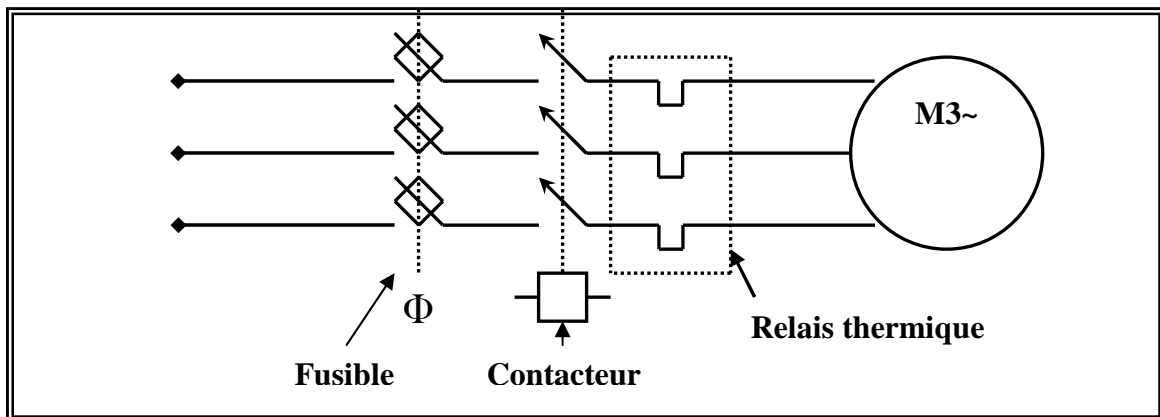


Figure III-16 : Schéma de commande d'un moteur triphasé asynchrone à un seul sens de rotation

b- Electrofrein

C'est un organe électromécanique, composé d'une bobine et d'un dispositif de freinage. Lorsque le moteur est en marche, la bobine est désexcitée, c'est-à-dire que l'Electrofrein est en repos, lorsqu'on coupe l'alimentation du moteur la bobine excitatrice est alimentée automatiquement et actionne le dispositif de freinage.

Selon la nature de l'action sur l'effecteur ou la matière d'œuvre elle-même, il existe plusieurs types d'action électrique :

- **les moteurs rotatifs**, qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation,
- **les moteurs linaires ou électro-aimant**, qui transforment l'énergie électrique en énergie mécanique de translation,
- **les résistances chauffantes**, qui transforment l'énergie électrique en énergie calorifique.

II-7-4 Commande et protection des moteurs électrique

Pour alimenter un moteur électrique il est nécessaire de disposer d'un organe de commutation commandable, manuellement (commutateur) ou électriquement, par courant basse tension (contacteur).

L'installation électrique d'un moteur doit satisfaire :

- Protection électrique du moteur,
- Sécurité des personnes,
- Prévention des démarrages intempestifs (arrêt sûr),
- Arrêt sur maintenance (consignation).

II-8 Pré actionneurs électriques

II-8-1 Contacteur et relais

Ils représentent la manière la plus élémentaire et la plus ancienne de commuter un circuit électrique éventuellement à plusieurs conducteurs, dans lequel doit circuler un courant important.

a- Relais

Le relais est constitué d'une bobine alimentée par le circuit de commande, dont le noyau mobile où la palette provoque la commutation de contacts pouvant être placés dans un circuit de puissance.

La construction d'un relais peut être très différente dans la pratique tandis que son fonctionnement reste en principe identique:

- Lorsqu'une tension se produit sur la bobine de relais via les contacts **A1** et **A2**, un courant électrique circule dans les bobinages. Un champ magnétique se crée et place l'induit contre le noyau de la bobine.
- L'orifice de commutation **1** est relié à l'orifice de commutation **4**.
- En l'absence de tension, l'induit est mis en position de sortie via un ressort.
- L'orifice de commutation **1** est relié à l'orifice de commutation **2**.

Un relais peut posséder plusieurs contacts de commutation qui sont activés simultanément.

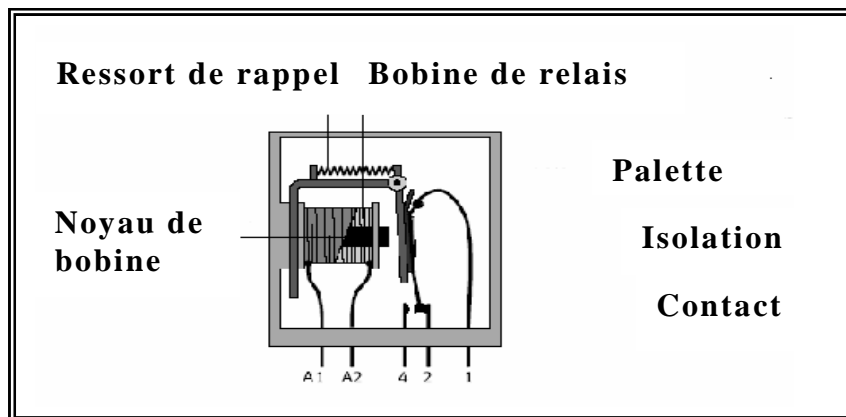


Figure II-17 : Structure d'un relais

b- Contacteur

Le contacteur est un appareil mécanique de connexion qui n'est pas commandé manuellement.

Le contacteur est un relais particulier, pouvant commuter de forte puissance grâce à un dispositif de coupure d'arc électrique, qui comporte un ou plusieurs contacts auxiliaires et qui peut être associé à d'autres éléments d'une installation de moteur (relais thermiques,etc.).

L'actionneur électrique fonctionne avec une énergie particulièrement puissante. Deux types de protection sont indispensables :

- **Un dispositif de relais thermique** qui protège l'actionneur en cas de sur demande de la charge. Ce défaut se traduit par une augmentation du courant qui peut produire des échauffements destructeurs.
- **Un dispositif à fusible ou relais magnétiques** qui protège l'installation en cas de court-circuit. Ce phénomène peut générer des incendies.

II-9 Partie pneumatique

II-9-1 Introduction

L'air atmosphérique est le gaz généralement utilisé comme fluide moteur dans les équipements pneumatiques par rapport à tout autre gaz, l'air atmosphérique est à priori doublement économique, d'une part son prélèvement dans l'atmosphère est libre et gratuit et d'autre part après usage, il n'est pas nécessaire de le canaliser et de le ramener dans le réservoir. Il est rejeté à l'atmosphère dès qu'il n'est pas utilisé, sous réserve que sa pollution le permette.

II-9-2 structure générale d'un circuit de puissance pneumatique

Tous les circuits de puissance ont la même organisation :

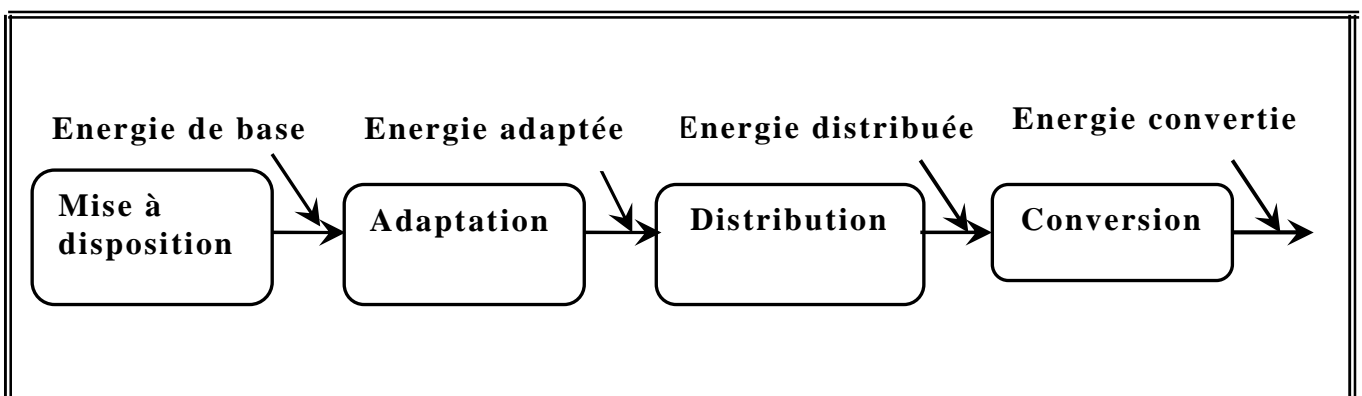


Figure II-18 Circuit de puissance pneumatique

Dans le cas de l'énergie pneumatique la mise à disposition est effectuée par un réseau de distribution d'air comprimé. L'adaptation sera réalisée par une unité de conditionnement d'air et la distribution par des distributeurs.

La conversion par des actionneurs pneumatiques (vérins les plus souvent). L'énergie finale sera une énergie mécanique (déplacement.....)

II-9-3 La production de l'énergie pneumatique

La plupart des ateliers industriels sont équipés d'un réseau de distribution d'air comprimé par un compresseur. La pression d'utilisation est souvent de 6 bars environs ($1 \text{ bars} = 10^5 \text{ Pascals} = 1 \text{ daN/cm}^2$).

Avantage de l'air comprimé : énergie propre est facile à mettre en œuvre, puissance développée élevée, grande vitesse, sécurité pour les interventions humaines, simplicité et fiabilité des composants.

II-9-4 Conditionnement de l'air

a- Unité FRL (Filtre, Régulateur et Lubrificateur)

Avant d'utiliser l'air, il faut le filtrer, l'assécher, le graisser et réguler sa pression. Ainsi, avant chaque SAP, on place une unité de conditionnement FRL (appelées aussi « tête de ligne ») qui adapte l'énergie pneumatique au système. Cette unité FRL est constituée d'un **Filtre**, d'un **manorégulateur** et d'un **Lubrificateur**.

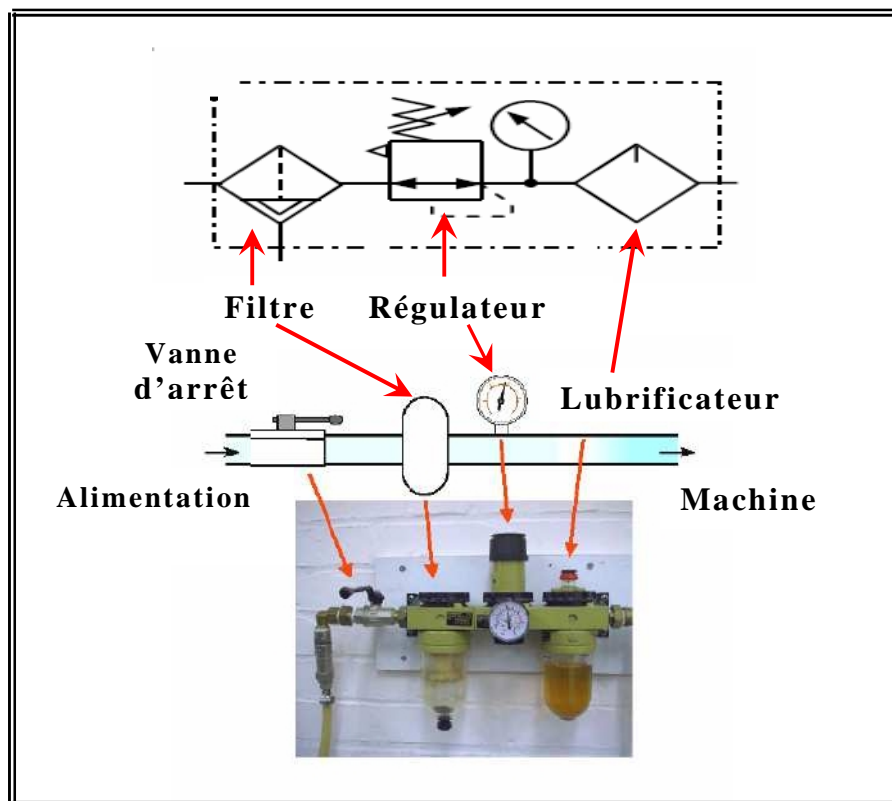


Figure II-19 : Unité de conditionnement FRL et ses symboles

- **Le filtre** sert à assécher l'air et filtrer les poussières.
- **Le mano régulateur** sert à régler et réguler la pression de l'air.
- **Le lubrificateur** sert à éviter la corrosion et à améliorer le glissement.

L'air près à être utilisé, une fois stockée dans des réservoirs d'où on peut le laisser s'échapper, en passant par un filtre. Ensuite sa pression est fixée par un réducteur de pression dans lubrificateur avant d'atteindre des distributeurs et les vérins. Ce qui confère à un bon fonctionnement pour les actionneurs.

La **figure II-20** illustre une installation pneumatique

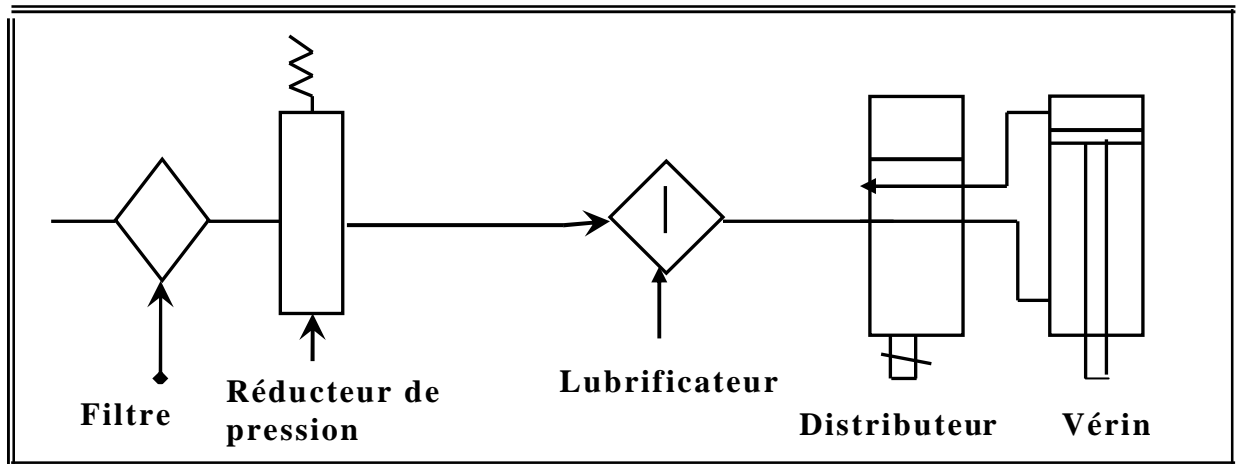


Figure II-20 : Installation pneumatique.

II-10 Actionneurs pneumatiques

Les actionneurs pneumatiques convertissent l'énergie de puissance pneumatique en énergies mécanique de translation, de rotation ou d'aspiration.

Leurs principes caractéristiques sont : la course, la force et la vitesse. Parmi les actionneurs pneumatiques, on retrouve principalement les vérins, les moteurs et les ventouses.

II -10-1 Vérins

II-10-1-1- Définition d'un vérin

Un vérin pneumatique est un actionneur qui permet de transformer l'énergie de l'air comprimé en un travail mécanique. Un vérin pneumatique est soumis à des pressions d'air comprimé qui permettent d'obtenir des mouvements dans un sens puis dans l'autre. Les mouvements obtenus peuvent être linéaires ou rotatifs.

Leur classification tient compte de la nature du fluide, **pneumatique** ou **hydraulique**, et du mode d'action de la tige : **simple effet** (l'air comprimé admis sur une seule face du piston), **double effet** (air comprimé admis sur les deux faces du piston)...

Les vérins pneumatiques utilisent l'air comprimé, de 2 à 10 bars en usage courant. Du fait de la simplicité de mise en œuvre, ils sont très nombreux dans les systèmes automatisés industriels.

II-10-1-2 Constitution d'un vérin

De nombreux fabricants produisent des vérins. Le principe de fonctionnement ainsi que la base de construction restent identiques dans les différentes marques. Ils sont constitués de :

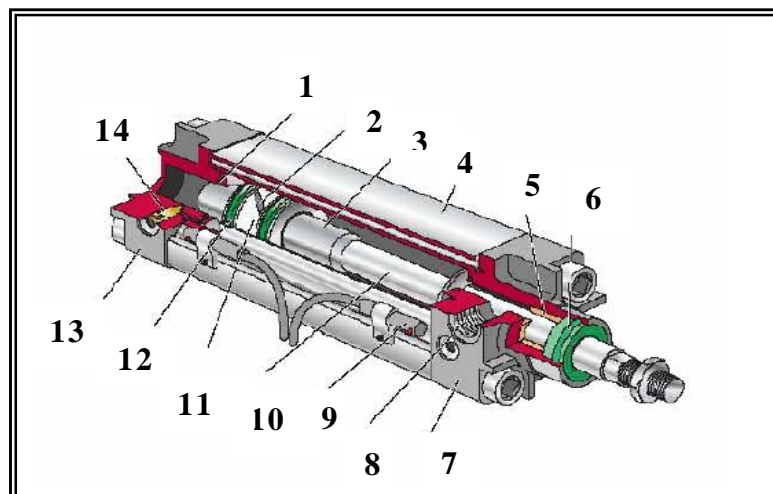


Figure II-21 : Constitution d'un vérin.

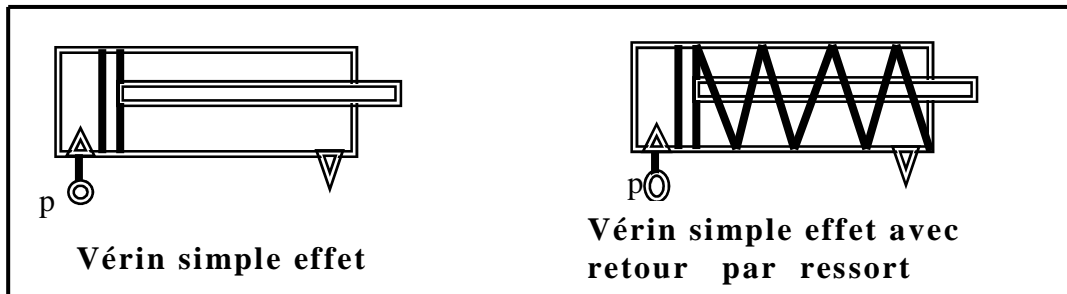
- | | |
|------------------------------|---------------------------------------|
| 1- Joint de l'amortisseur ; | 8-Orifice avant ; |
| 2-Aimant permanent ; | 9-Interrupteur magnétique ; |
| 3-Manchon de l'amortisseur ; | 10-Tige du vérin ; |
| 4-Cylindre, corps du vérin ; | 11-Bague porteuse ; |
| 5-Bague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

II-10-1-3 Vérin simple effet (VSE)

Ce sont des vérins qui effectuent un travail dans un seul sens. Ils permettent soit de pousser soit de tirer une charge. Seules les positions extrêmes sont utilisées dans ce type de vérin.

Un vérin simple effet n'a qu'une seule entrée d'air sous pression et ne développe un effort que dans une seule direction. La course de retour à vide est réalisée par la détente d'un ressort de rappel incorporé dans le corps d'un vérin.

- **Schématisation**



- **Avantage**

Les vérins simples effets sont économiques, et la consommation de fluide est réduite.

- **Inconvénients**

A course égale, ils sont plus longs que les vérins double effet, la vitesse de la tige est difficile à régler en pneumatique et les courses proposées sont limitées (jusqu'à 100mm).

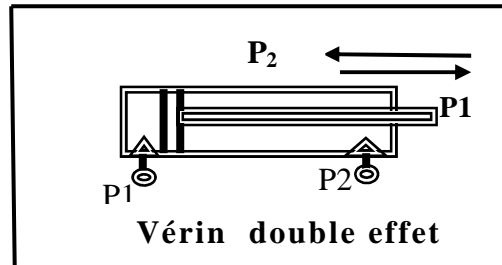
- **Utilisation**

Travaux simples (serrage, éjection, levage, emmanchement,...).

II-10-1-4 Vérin double effet (VDE)

Contrairement à la version à simple effet, ce type de vérin développe une force disponible à l'aller comme au retour pour produire un travail, ces vérins comportent 2 orifices d'admission de l'air comprimé.

- **Schématisation**



- **Avantage**

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

- **Inconvénient**

Ils sont plus coûteux.

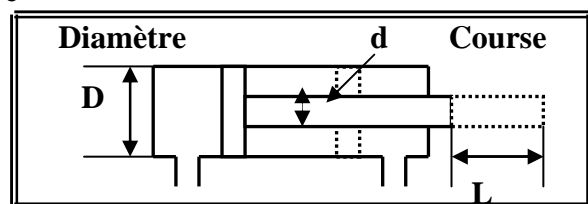
- **Utilisation**

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

II-10-1-5 Caractéristiques et effort axial exercé

➤ **Principales caractéristique d'entrée**

- Diamètre du piston
- Diamètre de la tige
- Pression de l'alimentation



➤ **Calcul de l'effort axial en sortie de tige**

Avec :

$$F = p \times S$$

F : Force exercée par la tige en Newton (N)

S : Surface d'action de l'air sur le piston en (m²)

P : Pression de l'air à l'alimentation ;

Lorsqu'on alimente la chambre avant, la surface d'action de l'air est faible que lorsqu'on alimente la chambre arrière du fait de la présence de la tige. Pour une même pression d'alimentation, la tige exerce donc une force plus grande en sortant que en entrant.

➤ **L'effort développé**

- Etat de sortie de la tige : $F_{sp} = \pi /4 \times D^2 \times p$
- Etat de l'entrée de la tige : $F_{st} = \pi /4 \times (D^2 - d^2) \times p$

Avec :

D : diamètre de piston (cm).

d : diamètre de la tige (cm).

P : pression d'alimentation.

F_{sp} : effort statique développé en poussant (daN).

F_{st} : effort statique développé en tirant (daN).

II-10-2 Notion de rendement et taux de charge

a- Taux de charge

Pour être certain d'utiliser le vérin dans de bonne conditions, on définit le taux de charge 't', c'est un paramètre qui tient compte à la fois des effets de contre pression et des frottements internes ; son emploi élimine les risques de broutements.

$$t = \frac{F_{\text{charge}}}{F_s}$$

Avec :

F_{charge} : effort à vaincre pour déplacer la charge ;

F_s : pousser théorique (**p**×**S**)

b- Rendement

Les frottements internes au vérin (joints d'étanchéité et bagues de guidage) amènent une perte d'énergie et une baisse de rendement (perte de 5 à 12% pour les vérins pneumatiques de bonne construction).

II-10-3 Contre pression dans un vérin

Elle employée pour régler et réguler (maintenir constante) la vitesse de la tige ; le réglage est obtenu par des régleurs placés à l'échappement. Cette contre pression, de 30 à 40% de la valeur de la pression de démarrage en pneumatique, amène un effort antagoniste supplémentaire.

II-10-4 Amortissement

Les masses déplacées par les vérins pneumatiques à double effet et l'importance des vitesses atteintes engendrent des efforts d'inertie élevés. Il est nécessaire de réduire ces efforts en fin de course afin d'éviter les chocs des pistons sur les corps des vérins.

II-10-5 Ventouses

Ce sont des éléments de préhension souple destinés à être utilisés avec un générateur de vide.

De matière, de forme et de diamètre différents elles permettent de répondre pratiquement à tous les cas d'application de manutention.

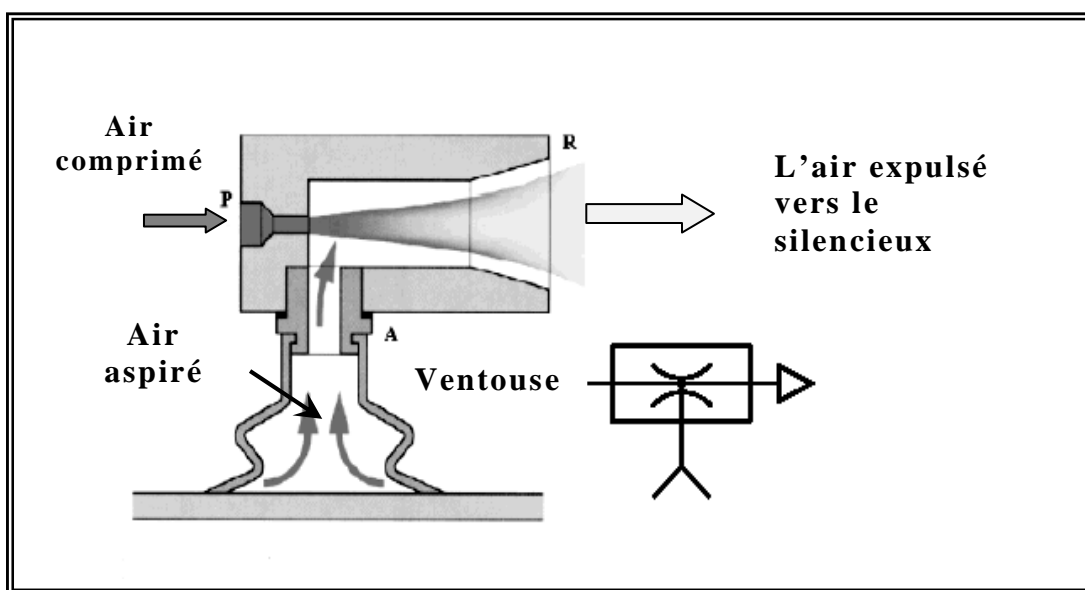


Figure II-22 : Ventouse et effet venturi.

a- Générateur de vide ou « Venturi »

Le générateur de vide a pour fonction de transformer la pression de l'air comprimé en une pression inférieure à la pression atmosphérique.

Un tuyau branché sur la prise de vide transmet cette dépression à l'effecteur (les ventouses).

Cette dépression permet aux ventouses de saisir les objets à déplacer en les aspirants. Les ventouses plaquent (lâchent) ainsi les objets contre elles.

b -Fonctionnement

Un étranglement prévu à l'intérieur de l'éjecteur provoque une accélération du flux d'air (P) vers l'orifice de sortie R qui entraîne l'air ambiant de l'orifice A (**Figure II.24**) et provoque ainsi une aspiration des pièces. Lorsque l'orifice A est bouché, il y a dépression.

Basé sur le principe de l'effet Venturi ces appareils permettent d'obtenir à partir d'une source d'air comprimé à 5 bars, un vide correspondant à 87% de la pression atmosphérique.

c - Domaines d'application

Les ventouses sont utilisées dans :

- Les industries de l'agro alimentaire, du verre, du bois ;
- La prise des pièces en sortie de presse à injecter ;
- L'imprimerie pour le brochage et le retournement des feuilles ;
- Le conditionnement de produit et le chargement de petit transfert rotatifs ;
- Le collage d'étiquettes sur des bouteilles ou flacons

II-11 Pré actionneurs

L'énergie pneumatique destinée aux actionneurs pneumatiques doit être distribuée en pression et en débit de façon constante par des composants adaptés. Ils sont situés à la source d'énergie et les organes moteurs.

II-11-1 Distributeurs

Les distributeurs sont les équipements qui déterminent le trajet.

On classe les distributeurs dans la catégorie des pré actionneurs ou des interfaces de sortie que doit suivre l'air comprimé dans les canalisations.

Le distributeur pneumatique a pour fonction essentielle de distribuer le fluide (ici l'air) dans les canalisations qui aboutissent aux chambres du vérin.

II-11-1-1 Constitution d'un distributeur

Un distributeur classique comprend 3 éléments principaux comme l'indique la figure suivante :

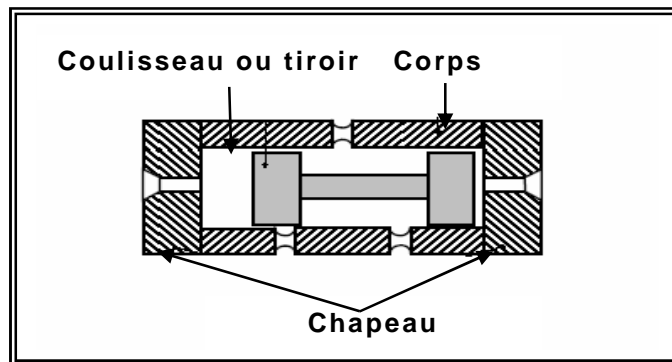


Figure II-23 : Eléments d'un distributeur

II-11-1-2 Principe de fonctionnement

Schématiquement, un distributeur sera constitué d'un tiroir percé de canalisations. Ce tiroir pourra occuper (en glissant) deux positions différentes à l'intérieur du corps.

Le corps est, lui même, percé d'orifices qui sont mis en communication deux à deux selon la position occupée par le tiroir.

II-11-1-3 Caractéristiques d'un distributeur

Les distributeurs sont définis par deux caractéristiques fonctionnelles :

- Les **nombre d'orifices** principaux nécessaires au fonctionnement des différents types d'actionneurs, ces orifices sont :
 - Entrées de pression ;
 - Orifices utilisables pour la mise en mouvement de l'actionneur ;
 - Orifice d'échappement.

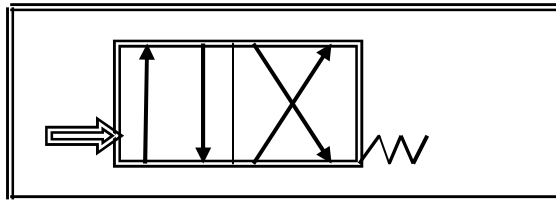
- Le **nombre de positions**, généralement 2, définissant l'état repos et l'état de travail.

Il est possible d'avoir 3 positions, donc 2 positions de travail et une position de repos.

Les distributeurs peuvent se classer en deux catégories :

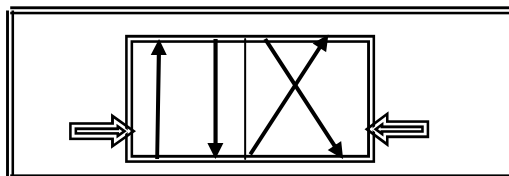
a- Distributeurs monostables

Si le distributeur possède un pilotage par ressort, il est monostable. C'est-à-dire que seule la position obtenue grâce au ressort est stable : absence de signal de commande extérieur, le tiroir se place automatiquement dans la position ressort.



b- Distributeurs bistables

Si le distributeur possède deux pilotages de même nature, c'est-à-dire que les deux positions sont des positions stables : en absence de signal de commande extérieur, le tiroir ne bouge pas et reste dans la position qu'il occupe.



d- Principaux distributeurs et principal dispositif de pilotage

Les pilotages des distributeurs permettent de commander le déplacement du tiroir. Le pilotage est commandé par la consigne opérative issue de la partie commande.

Le tableau suivant montre les différents distributeurs et leurs pilotages.

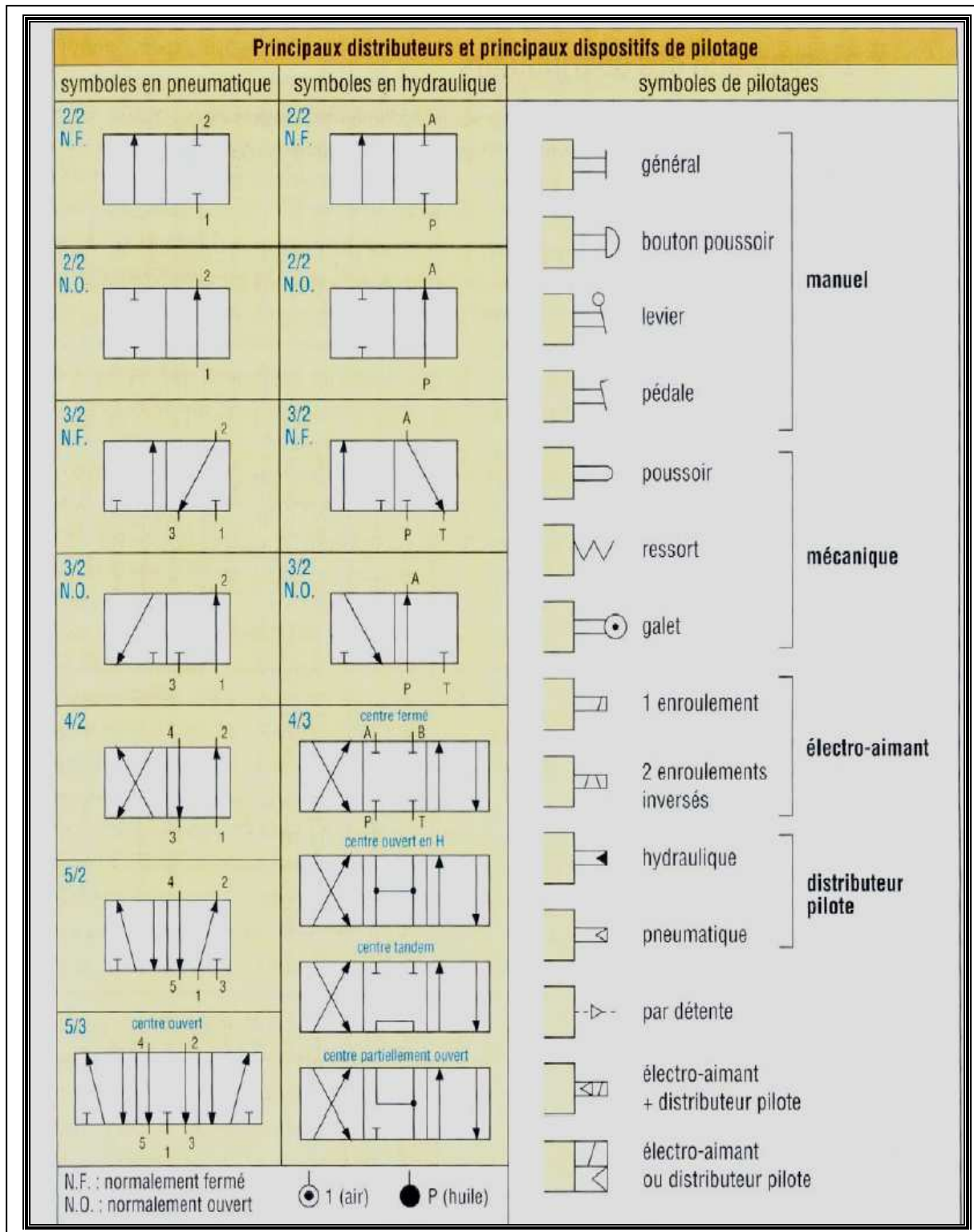


Figure II -24 : Les différents symboles de distributeurs et leurs pilotages.

II-11-2 Electrovanne

Une électrovanne est un genre de distributeurs, son fonctionnement et le suivant : le signal de sortie pneumatique S apparaît lorsque le signal de pilotage électrique alimente la bobine. Le noyau se déplace sous l'effet de champ magnétique ainsi créé.

II-12 Accessoires et fonctions particulières

II-12-1 Alimenter le circuit

En vue d'assurer l'arrêt d'urgence et la sécurité il est souvent nécessaire de placer un sectionneur en entrée de tout circuit pneumatique.

II-12-1-1 Sectionneur (Figure II-25)

C'est une vanne de type 3/2 qui peut être manœuvrée manuellement ou électriquement. Son rôle est d'isoler le circuit pneumatique du système par rapport à la source, et de vider ce circuit lors de la mise hors énergie.

Dans le cas où certains actionneurs aient des mouvements brusques indésirables, il est utile de placer un démarreur progressif en entrée du circuit.

II-12-1-2 Démarreur progressif

Il assure une montée progressive de la pression dans l'installation en agissant sur la vitesse de remplissage du circuit. Monté en sortie du FRL et avant le sectionneur général (Figure II-26)

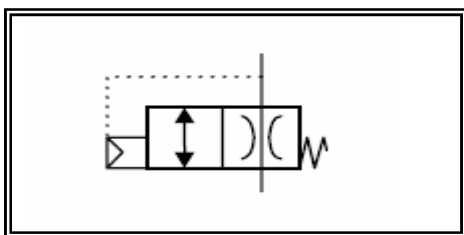


Figure II-26 : symbole d'un Démarreur progressif

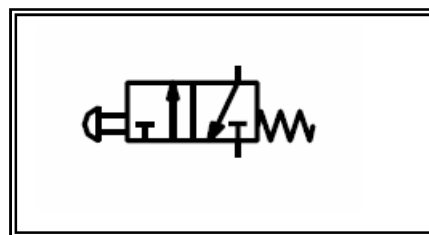


Figure II-25: symbole d'un Sectionneur

II-12-2 Sécurité - arrêt d'urgence

Il est parfois nécessaire d'arrêter des actionneurs en bloquant leur position pour assurer la sécurité. On utilise dans ce cas des bloqueurs (distributeur 2/2) situés au plus près de l'actionneur (**Figure II -27**).

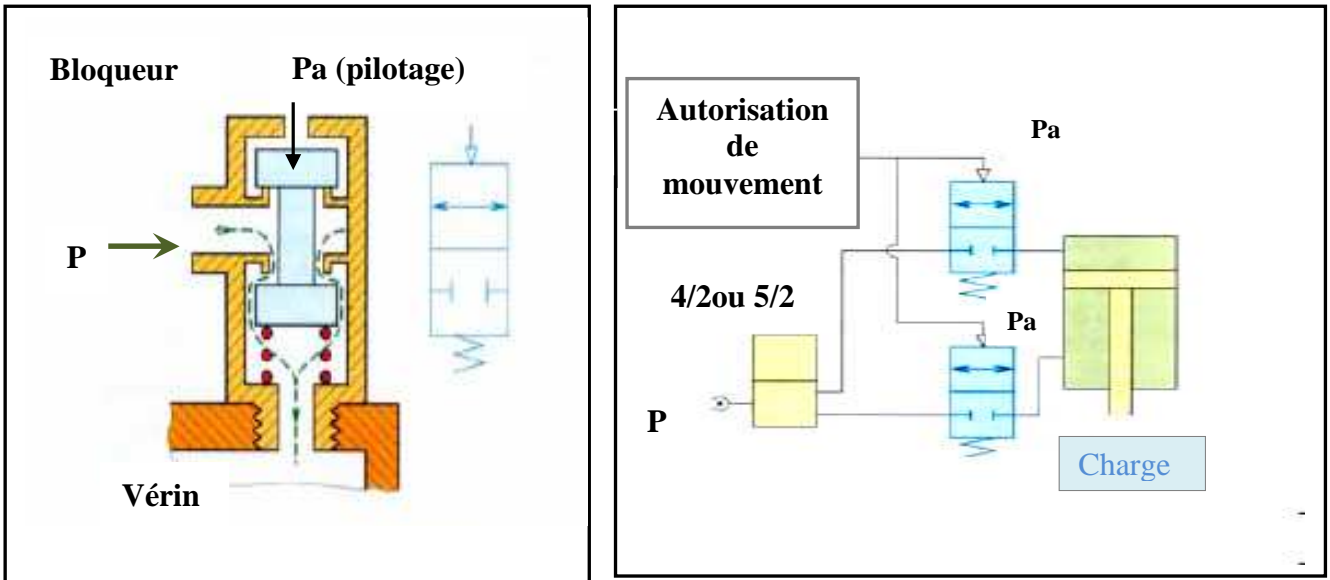


Figure II-27 : Bloqueur 2/2 et un exemple d'implantation.

II-12-2-1 Régler la vitesse

Le réglage des cadences de fonctionnement nécessite un dispositif de réglage de la vitesse des vérins. Le dispositif le plus utilisé consiste à limiter le débit d'échappement. On utilise des réducteurs de débit unidirectionnelles (RDU). Monté directement sur le corps des vérins, ces dispositifs sont simples d'utilisation (Figure II-28).

II-12-2-2 Silencieux d'échappement

Les silencieux sont chargés d'atténuer les bruits d'échappement de l'air comprimé, ils peuvent être constitués soit de chicanes, soit de filtre de mousse, (Figure II-29).

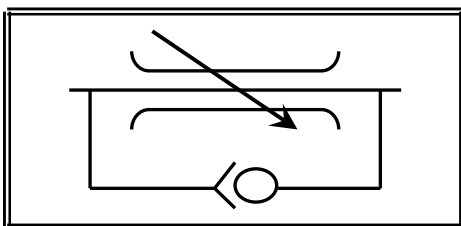


Figure II-28 Réducteur de vitesse.

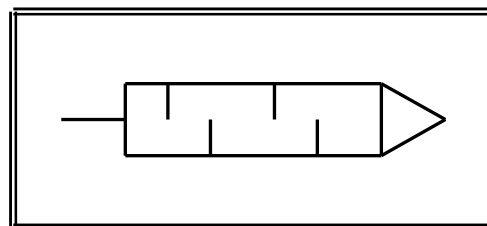


Figure II-29 Silencieux

II-13 Partie hydraulique

Toute installation hydraulique se compose essentiellement d'un réservoir d'huile alimentant une pompe entraînée par un moteur, celle-ci fournit à une pression fixée par le limiteur de pression, l'huile filtrée pour servir les pré-actionneurs qui commanderont les actionneurs.

Le principe de fonctionnement et le concept mécanique d'une installation hydraulique sont quasi identiques à ceux d'une installation pneumatique.

On trouve les mêmes vérins à la différence, les vérins hydrauliques sont plus robustes et la pression est plus importante que dans le cas de l'air comprimé.

Pour les distributeurs, les principes sont les mêmes ; ils doivent par contre permettre de récupérer l'huile refoulée à la sortie des actionneurs.

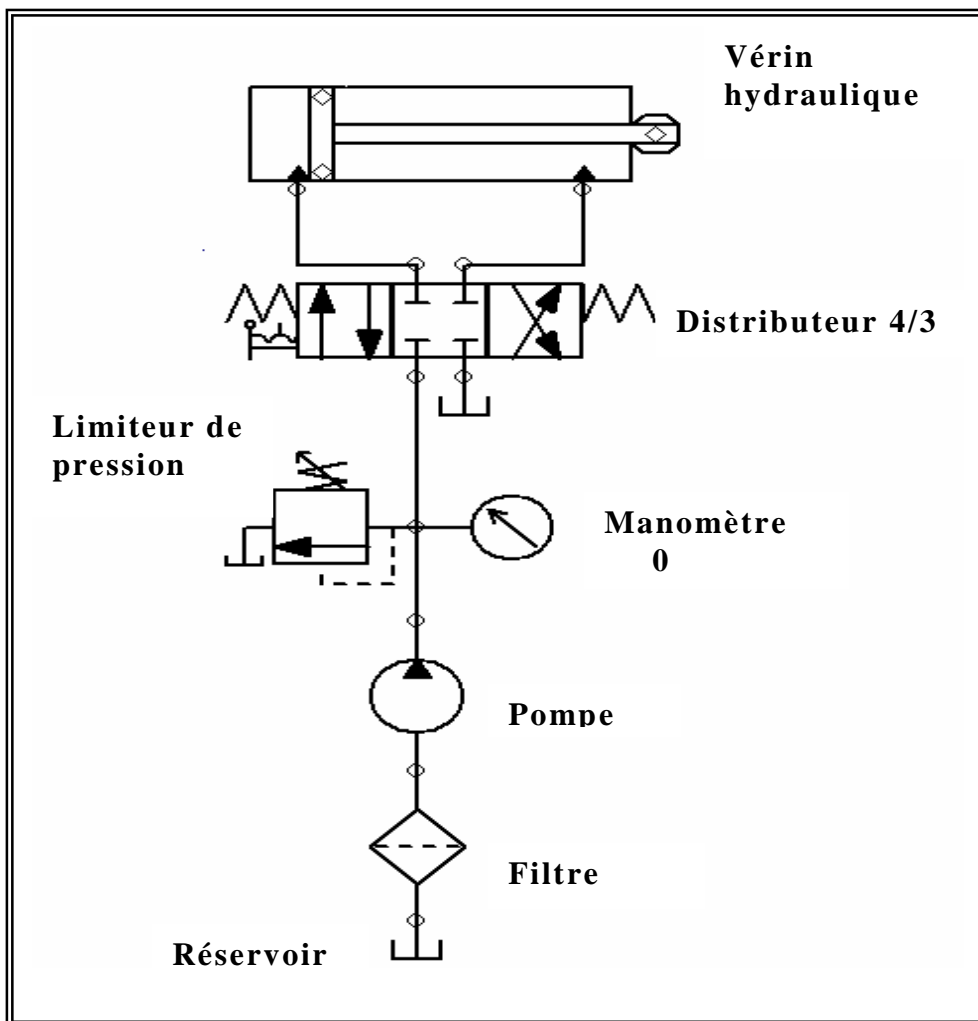


Figure II-30 Exemple de circuit hydraulique

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit la chaîne de production de porte de réfrigérateur et ses composants essentiels qui la constituent, ainsi que son principe de fonctionnement.

Dans le chapitre suivant, nous allons exposer la problématique traitée et la solution proposée.

Introduction

Pour des raisons économiques et de concurrence commerciale sur le marché des réfrigérateurs, le bureau d'études de l'unité froid au niveau de L'ENIEM, a conçu un nouveau modèle de porte dénommée : « porte bombée » (**figure III-1**) dont la réalisation se fait sur la même chaîne de production décrite dans le chapitre II.

Pour cette raison, des modifications sur la chaîne de production s'imposent pour l'adapter au nouveau modèle de portes.

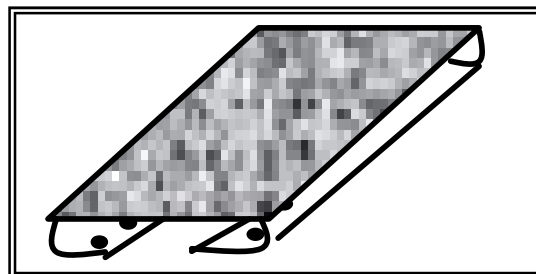
III-1 Les changements portés

Pour ce nouveau modèle quelques machines de la chaîne de production qui sont :

- Machine à souder à l'arc plasma ;
- Machine de bordage N°2 ;
- Machine à poinçonner de charnière ;
- Machine à souder par points multiples.

sont devenues inutiles, les opérations correspondantes sont arrêtées, les tables des machines sont devenues des tables de stockage telle que la capacité de stockage est limitée à une seule tôle (**Figure III-2**).

D'après l'encombrement, la grande place qui occupe les tables de stockage, la consommation d'énergie élevée par ces dernières, et la grande perte de temps causée par ces tables, on constate que les tables de stockage ne sont pas la meilleure solution pour ce nouveau modèle.



**Figure III-1 : Le nouveau modèle des portes
« porte bombée »**

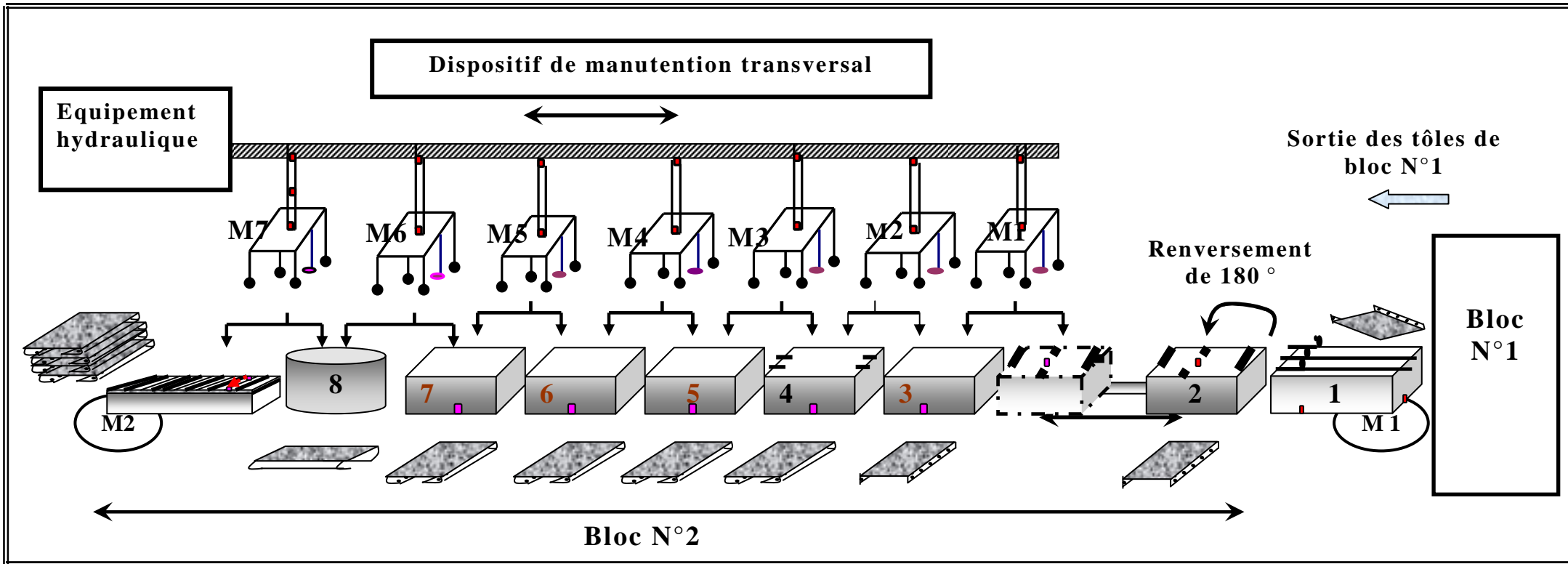


Figure III-2 : Schéma synoptique de la chaîne de production de portes nouveau modèle

Avec :

1 et 2 : dispositif de renversement et de positionnement ;

3 : machine à souder à l'arc plasma (table de stockage) ;

4 : machine de bordage N°1 ;

5 : machine de bordage N°2 (table de stockage) ;

6 : machine de poinçonner de charnière (table de stockage)

7 : machine à souder par points multiples (table de stockage ;

8 : table rotative ;

9 : transporteur de sortie (tapis roulant) ;

M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 : des systèmes du manutentions.

■ : capteurs sertes à détecter la pièce dans différentes machine.

III-2 Position de problème

Après avoir décrit les différentes tables d'usinage (chapitre II) dans la chaîne de production et étudié les différents éléments de la partie opérative (actionneur, pré actionneur ...etc.), ainsi que la partie commande (API) et les différents moyens de dialogue PC-PO et l'outil de modélisation (GRAFCEP) des S.A.P.

Notre travail consiste à étudier et modéliser la chaîne réadapter du nouveau modèle de portes de réfrigérateur après avoir supprimé les tables qui ont été avant dans la chaîne des table de stockages (leurs fonction avant c'est indiqué seulement la position initiale) afin d'arriver à établir le programme de gestion du nouveau modèle qui sera implanté dans l'automate.

III-3 Solution proposée :

1- La fabrication de porte de réfrigérateur du nouveau modèle (portes bombées) se déroule sur la même chaîne que l'ancien modèle, mais pour le nouveau modèle quelques machines cités précédemment sont devenues des tables de stockage, la tôle passe par ces tables sans subir des modifications. C'est pour cela, dans notre étude on a opté à supprimer toutes ces tables (les tables de stockages) ainsi que la table rotative pour pouvoir produire plus en un temps minime et que la solution apportée sera moins coûteuse et aussi pour économiser de l'énergie : électrique, pneumatique et hydraulique.

Pour la chaîne réadaptée, on a fait avancé la machine de bordage N°1 à la place de la machine à souder à l'arc plasma, les machines supprimées sont remplacées par un tapis roulant et pour ce dernier, on a fait augmenter sa largeur (à la dimension de la largeur de la tôle) et sa hauteur à la même hauteur des tables (la table du chariot et la table de bordage N°1)

- Sa largeur, parce que dans la chaîne qui fabrique l'ancien modèle il existe une table rotative qui fait un tour de 90° afin d'évacuer les tôles à la même largeur que le tapis.
- Sa hauteur, pour que le bras porte ventouse (vérin double effet) aura seulement deux positions (descente et montée) au lieu de trois positions (descente, position intermédiaire et montée).

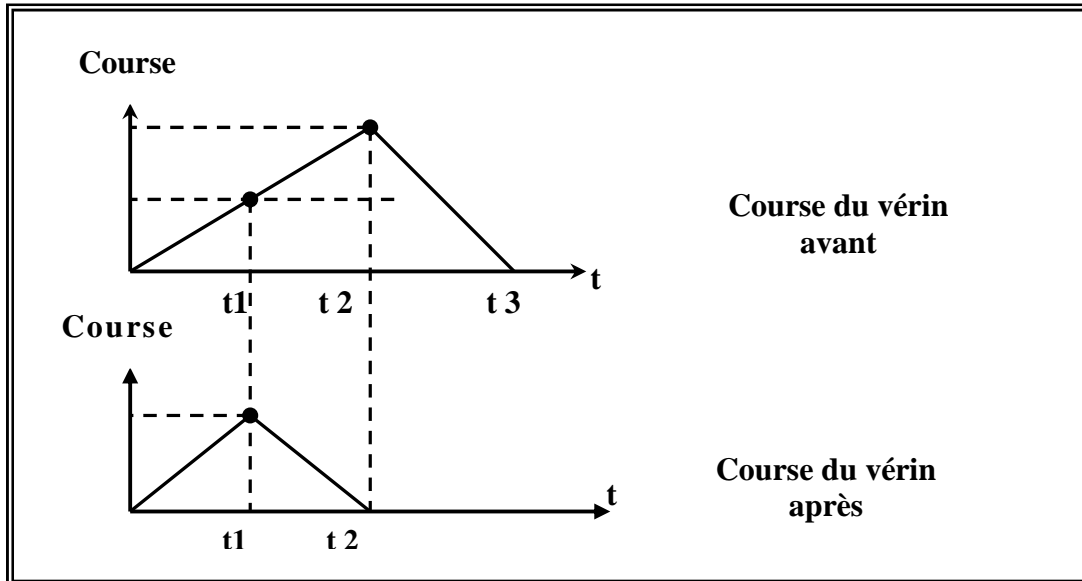


Figure III-3 : La course du vérin porte ventouse.

2- Pour le dispositif de transfert qui contient 7 systèmes de manutention dans l'ancienne chaîne, dans la chaîne réadaptée, on a besoin que de 2 systèmes de manutention, le premier sert à déplacer la tôle de la table du chariot à la table de bordage N°1 et le deuxième pour la déplacer de cette dernière au transporteur de sortie (tapis roulant) (**Figure III-4**).

3- Pour la chaîne réadaptée, on a choisi d'utiliser un automate de la famille SIEMENS (S7-300) pour ses performances variées au lieu de l'automate TOSHIBA que commence à perdre sa place dans le milieu industriel.

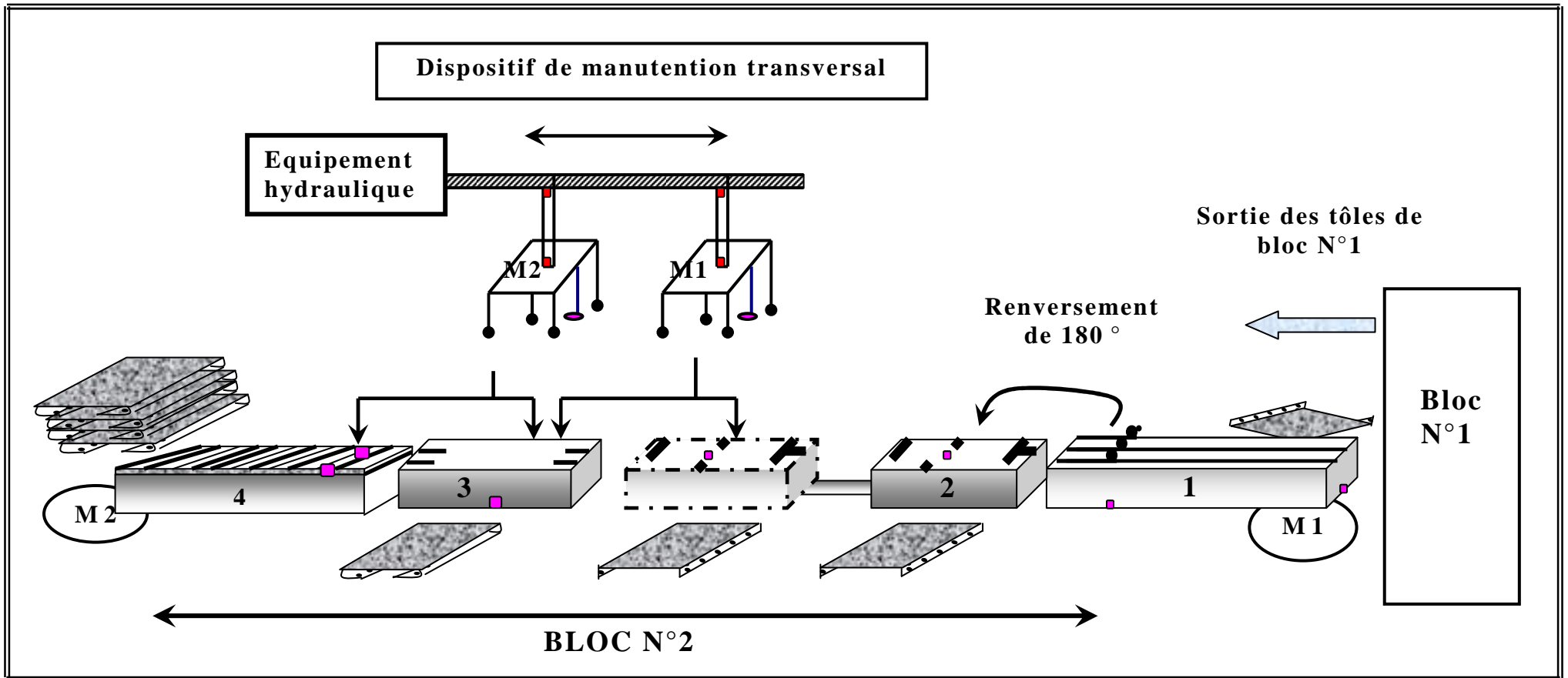


Figure III-4 : Schéma synoptique de la chaîne de production des porte bombée réadapter

Avec :

1 et 2 : dispositif de renversement et de positionnement

3 : machine de bordage N°1 ;

4 : transporteur de sortie (tapis roulant) ;

M1 et M2 : systèmes des manutentions ;

■ : capteurs sertes à détecter la pièce dans différentes machine d'usinage.

III-4 Description du nouveau modèle

Les dimensions de la porte bombée d'un réfrigérateur 290C 290 litres sont : Porte supérieure : $741 \times 693.8 \times 0.6$ (mm³)

Porte inférieure : $749 \times 693 \times 0.6$ (mm³)

Les différentes tables d'usinages maintenues pour ce modèle sont :

➤ **Bloc N°01** : c'est le même bloc que dans l'ancienne chaîne (pas de modification), il contient :

- Poste N°01 : chargeur
- Poste N°02 : matrice mécanique
- Poste N°03 : déchargeur

➤ **Bloc N°2**

- **Le dispositif de positionnement et de renversement**

Renversement

Ce dispositif a pour fonction de recevoir une pièce venant de la presse et de la transférer jusqu'à une position déterminée puis moyennant le système de ventouses, la pièce sera renversée (angle de 180°) sur la machine de positionnement.

Positionnement

Ce dispositif a pour fonction de déterminer les positions droite et gauche sur la table (chariot) et de la centrer pour la transférer dans le poste suivant.

- **La table de bordage N°01**

Cette machine a pour fonction de plier vers l'intérieur les deux côtés de rebords à la dimension H.

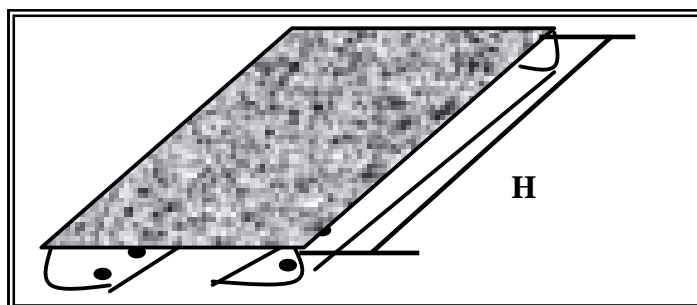


Figure III-5 La porte du réfrigérateur après le bordage N°1 en dimension H.

- **Le dispositif de manutention (transfert)**

Ce dispositif a pour fonction de transférer et distribuer une pièce dans la machine à façonner.

- **Le transporteur de sortie (tapis roulant)**

Ce transporteur a pour fonction de recevoir du dispositif de transfert les produits formés et les transférer jusqu'au banc de finition.

III-5 Cahier des charges

III-5-1 Définition

Le cahier des charges d'un automatisme est la description de son comportement en fonction de l'évolution de son environnement. Le cahier des charges analyse :

- La relation entre la partie commande (**PC**) et partie opérative (**PO**)
- Le conditionnement d'utilisation et le fonctionnement de l'automate.

III-5-2 Cahier des charges fonctionnel de la chaîne de production de portes de réfrigérateur réadaptée

Avant la mise en marche en mode automatique solidaire, on doit passer par la phase de préparation de la chaîne qui consiste à mettre sous alimentation les différents organes électriques, pneumatiques et hydrauliques de la chaîne. Une fois la préparation faite, on vérifie toutes les positions initiales de chaque bloc de la chaîne qui nous permettent d'enclencher le démarrage de la chaîne en Mode Automatique Solidaire « MAS ». Cette phase de préparation étant réalisée et visualisée au niveau de la table de commande principale (pupitre).

Après la mise en mode automatique solidaire par un bouton poussoir, les opérations suivantes s'effectuent en parallèles :

- **Mise en marche de transporteur de sortie.**
- **Au niveau de dispositif de positionnement et de renversement**

La pièce étant à l'entrée du dispositif, on a les opérations suivantes :

- Position initiale du dispositif du renversement et de positionnement ;
- Transporteur d'entrée en marche (moteur) ;
- Arrêt du moteur ;

- Aspiration de la pièce à l'aide du bloc ventouse disponible au niveau de dispositif de renversement (3 secondes),
- Renversement de la pièce à l'aide du bras (180°) vers la gauche,
- Expiration de la pièce au niveau de la table du chariot (3 s),
- Retour du bras de renversement,
- Centrage de la pièce (arrêteur, poussoir, poussoir latéral) sur la table de chariot,
- Déplacement du chariot vers la gauche,
- retour de l'arrêteurs, poussoir et poussoir latéral,
- Aspiration de la pièce par le dispositif de manutention N°1,
- Retour de la table du chariot à sa position initiale.

➤ **Au niveau de bordage N°1**

- Position initiale de bordage N°1
- Détection de la pièce,
- Serrage de la pièce (calibre de serrage pousser),
- Avance de déviateur matrice femelle,
- Avance de la pince,
- Avance de Démouleuse,
- Retour de Démouleuse,
- Retour de la pince,
- Retour de déviateur matrice femelle,
- Desserrage de la pièce (la table étant en position initiale).

Rappelons que les opérations réalisées au niveau des tables suivantes :

- Soudage à l'arc plasma,
- Bordage N°02,
- Poinçonnage de charniers,
- Soudeuse par points multiples,
- Table rotative.

Sont éliminées selon le nouveau cahier des charges.

➤ **Au niveau de dispositif de transfert (manutention)**

Au retour des différentes tables à leurs positions initiales, ce qui permettra aux 02 dispositifs de manutention de fonctionner en parallèle comme suit :

Après détection de la pièce au niveau des tables (chariot, bordage N°01,). On distinguera les mêmes opérations au niveau des 02 dispositifs de manutention qui se succèdent comme suit :

- Descente du bras (longitudinal) ;
- Aspiration de la pièce ;
- Montée des bras.

Une fois tous les bras des 02 dispositifs de manutention sont en haut, le déplacement transversal du bras principal du dispositif de transfert est enclenché.

L'arrivée du bras principal à sa fin de course permettra aux 02 dispositifs de manutentions de procéder d'une façon parallèle comme suit :

- Descente du bras (longitudinal) ;
- Expiration de la pièce ;
- Montée du bras.

Une fois tous les bras longitudinaux des 02 dispositifs de manutention sont en position haute, le retour transversal du bras à sa position initiale est réalisé.

III-6 Les positions initiales de chaque bloc

Les positions initiales de chaque bloc sont détectées par les détecteurs suivants :

➤ **Au niveau de dispositif de positionnement et de renversement**

- Fin de retour du dispositif de renversement : LS03
- Fin de retour du roulement du chariot : LS05
- Fin de retour de l'arrêteoir sur le chariot : LS07
- Fin de retour du poussoir : LS08
- Fin de retour poussoir latéral : LS09

- Au niveau de la table de Bordage N°01 :
 - Fin de retour du serrage de pièce : LS62
 - Fin de retour du serrage de pièce : LS64
 - Fin de retour de la démouleuse : LS66
 - Fin de retour du poinçon : LS68

- Au niveau du dispositif de transfert :
 - Fin de montée du M1 : LS20
 - Fin de montée du M2 : LS23

III-7 Gestion de l'arrêt d'urgence

Lors du fonctionnement en mode automatique solidaire, il peut y avoir des situations délicates qui mettent en danger l'utilisateur ou la matière entrante (la pièce), par exemple défaut sur le produit de mauvaise qualité.

L'arrêt d'urgence est déclenché par appui sur l'un des boutons poussoirs disponibles au niveau de la chaîne (dans chaque table de commande individuelle) et sur le pupitre principal.

L'activation de l'arrêt d'urgence provoque :

- L'arrêt de toutes les opérations au niveau de toutes les tables ;
- Déclenchement de l'alarme et allumage du voyant d'arrêt d'urgence « rouge ».

Pour reprendre le fonctionnement normal de la machine, il faut :

- Appuyer sur le bouton poussoir de réarmement après urgence,
- Le voyant s'éteint,
- L'alarme s'éteint.

Et on procède manuellement pour mettre les tables à la position initiales et ensuite reprendre le « MAS ».

III-8 Gestion de l'arrêt de cycle

Lors du fonctionnement en « MAS », et pour éteindre la chaîne, on procède à l'arrêt de cycle qui se présente comme suit :

Une consigne (bouton poussoir) est donnée sur le pupitre principal qui provoque :

Du point de vue Grafcet le verrouillage de toute évolution provoque :

- L'allumage du voyant sur le pupitre ;
- Les opérations au niveau de chaque table s'arrêteront à la fin de cycle de chacune d'elle (reprise de sa position initiale) ;
- Le dispositif de transfert prend les tôles disponibles sur chaque table et s'arrête dès que les 02 dispositifs de manutention sont en position haute ;
- Les opérations au niveau de chaque table s'arrêteront à la fin de cycle de chaque opération.

L'appui sur le bouton poussoir du MAS débloquera la situation comme suit :

- Le voyant s'éteint ;
- Le déplacement du bras principal du dispositif de transfert horizontalement, ainsi pour déposer les tôles dans les tables suivantes et il revient à sa position initiale puis, s'arrête.

Comme dans l'arrêt d'urgence pour reprendre le fonctionnement MAS, on procède manuellement pour mettre les tables à leurs positions initiales et ensuite reprendre le « MAS » par un appui sur un bouton poussoir.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit la chaîne de production de porte de réfrigérateur réadaptée afin de procéder à sa modélisation qui sera l'objectif du chapitre suivant nous allons étudier dans le chapitre suivant en plus une description générale des API.

IV-1 GRAFCET

Cette partie est consacrée à la présentation de l'outil de modélisation GRAFCET, et quelques définitions, concepts et éléments de base nécessaires pour élaborer un système de commande industrielle,

IV-1-1 Bref historique

Le GRAFCET est né au 1977 des travaux de L'AFCECT (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique), en tant que synthèse théorique des différents outils existants à cette époque (organigramme, réseaux de Pétri, etc...) Mise sous sa forme graphique actuelle par L'ADEPA (Agence national pour le Développement de la Production Automatisée) en 1979 normalisé sur le plan français en 1981 (norme NF C03 -190), il est aujourd'hui normalisé sur le plan international (norme CEI 848).

IV-1-2 Définition de GRAFCET

Le GRAFCET (**GRA**phe de **Com**mande **É**tapes **T**ransitions) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel, il est à la fois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de diagramme entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.

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

Le model est définie par un ensemble constitue :

- **Elément graphique de base comprenant** : les étapes, les transitions, les liaisons orientées.
- **D'une interprétation** traduisant le comportement de la partie commande vis-à-vis de ses entrées et sorties, et caractérisée par les réceptivités associées aux transitions et les actions associées aux étapes.

- De 5 règles d'évolution définissant formellement le comportement dynamique de la partie commande.
- D'hypothèse sur la durées relatives aux évolutions.

IV-1-3 Symbolisation du GRAFCET

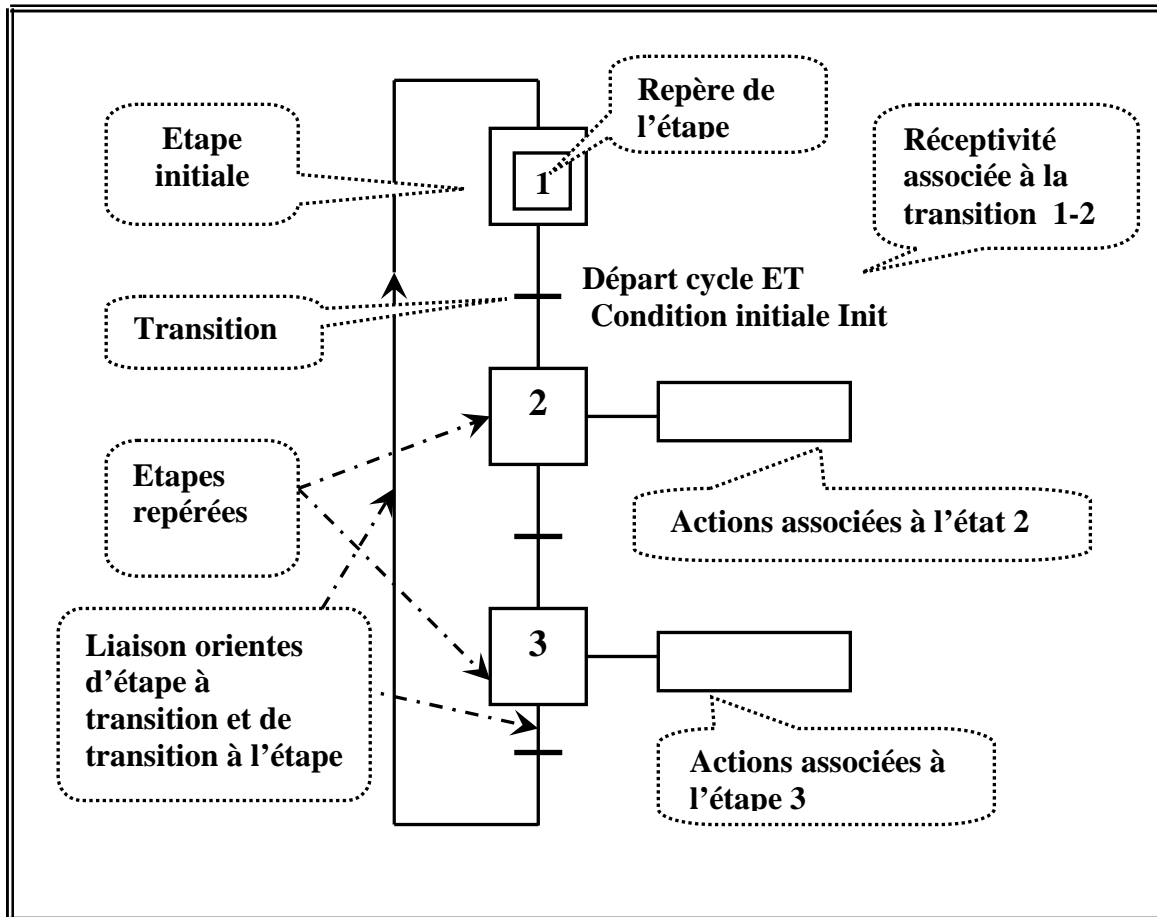


Figure IV-1 Symbolisation du Grafcet

IV-1-4 Eléments graphiques de base

IV-1-4-1 Etapes

L'étape symbolise un état ou une partie de l'état du système. Elle caractérise un comportement invariant (dans le sens de reproductible) du système considéré. On symbolise l'étape par un carré, identifié par un repère (en général un nombre).

L'étape possède deux états distincts : active (en général se représente par un jeton dans l'étape) et inactive. Une variable d'étape est associée à chaque étape (en général repéré par X^* , ou $*$ est l'identificateur de l'étape).

Cette variable (booléenne) à pour valeur le 1 logique lorsque l'étape associée est active, et pour valeur le 0 logique lorsque celle-ci est inactive.

L'ensemble des étapes actives d'un Grafcet constitue la situation de ce Grafcet à l'instant considéré. Une étape peut être initiale, et est alors active au début du processus de commande (les étapes non initiales sont alors inactives). On repère une étape initiale grâce à un doublement du symbole d'étape. L'ensemble de ces étapes caractérise le comportement initial de la partie commande.

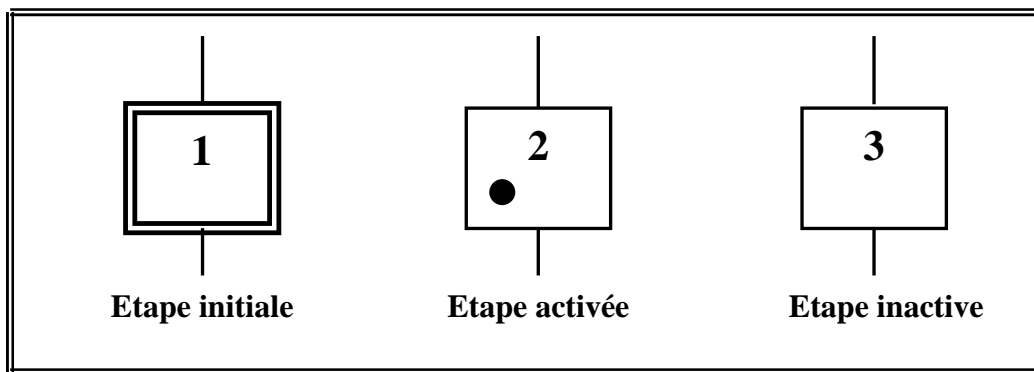


Figure IV-2 Les étapes d'un Grafcet.

IV-1-4-2 Liaisons orientées

Elles relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Le sens général d'évolution et de haut vers le bas. Dans le cas contraire les flèches doivent être employées.

IV-1-4-3 Transition

Une transition indique la possibilité d'évolution entre plusieurs étapes, cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition qui provoque un changement d'activité des étapes.

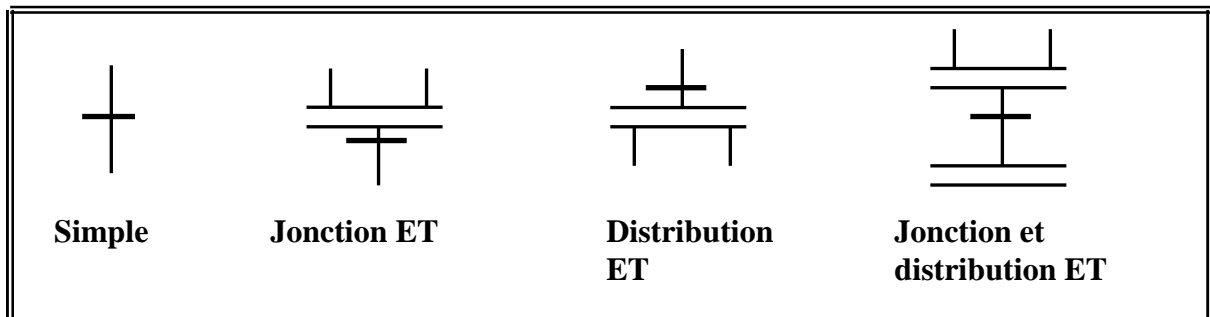


Figure IV-3 : Représentation d'une transition.

IV-1-4-4 Réceptivité

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

On peut associer une interprétation à une transition grâce à une réceptivité (ou condition de transition), c'est une information provenant de la partie opérative et ou de l'état du système qui détermine si l'évolution correspondante à la transition est possible ou non. Si la réceptivité n'est pas précisée, alors cela signifie qu'elle est toujours vraie (équivalente à "=1" au sens logique)

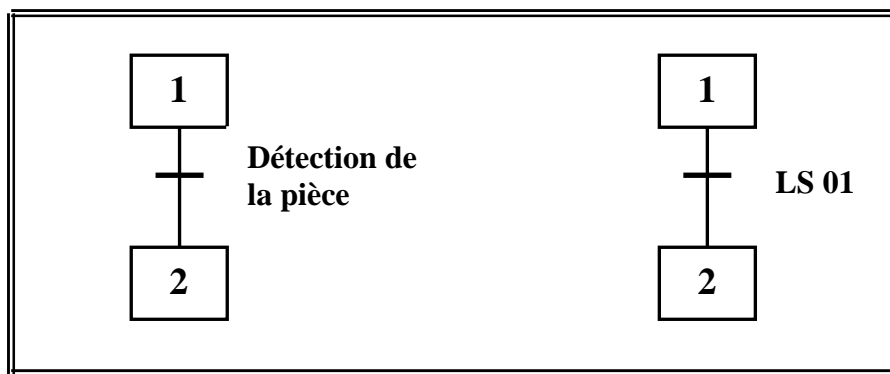


Figure IV-3 Représentation graphique d'une réceptivité

IV-1-4-5 Temporisation :

La temporisation est une réceptivité permettant une prise en compte du temps, il implique l'utilisation d'un temporisateur. Elle est notée comme suit :

$T/X_i/q$ Ou $\overline{T/X_i/q}$ avec :

i : numéro de l'étape correspondante l'action de temporisation.

q : la durée écoulée depuis l'activation de l'étape X_i

IV-1-4-6 Actions

Aux étapes sont associées les actions qui sont les sorties du Grafcet, une ou plusieurs actions peuvent être associées à une étape.

Ces actions peuvent correspondre à des émissions d'ordre vers la partie opérative du système. Lorsqu'une étape est active alors l'action associée est exécutée, lorsque l'étape est inactive l'action associée ne s'exécute pas.

Les actions sont décrites de façon littérale ou symbolique.

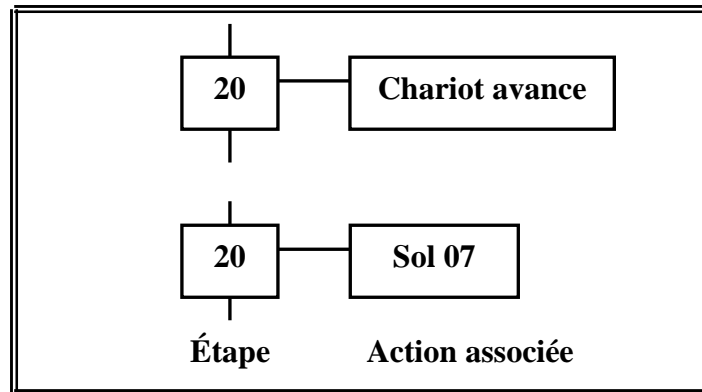


Figure IV-4 Action associée à des étapes.

Ces actions peuvent être de trois types :

- Les actions continues,
- Les actions conditionnelles, qui peuvent être classées en :
 - actions conditionnelles simples,
 - actions conditionnelles retardées,
 - actions conditionnelles limitées dans le temps.
- Une action mémorisée.

a- Les actions continues

La sortie S correspondante est vraie tant que l'étape associée est active. Lorsque l'étape devient inactive la sortie est émise à faux.

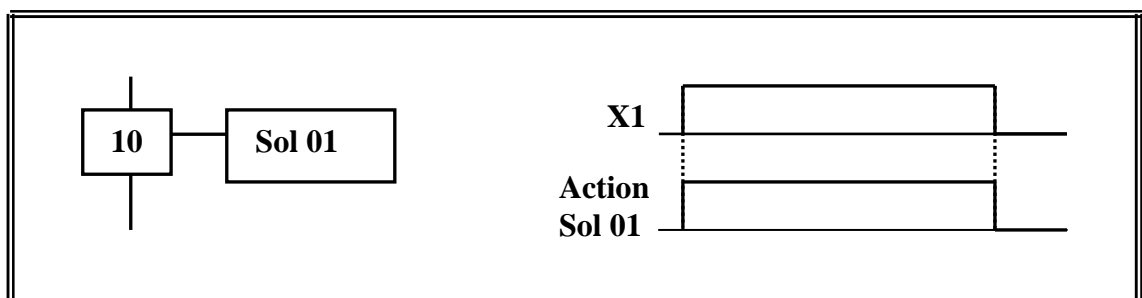


Figure IV-5 Action continue.

b- Les actions conditionnelles

Une action conditionnelle n'est exécutée que si l'étape n associée est active et si la condition associée est vraie. Cette condition est une expression dont le résultat est booléen. On fait apparaître dans le cadre de l'action attaché à l'étape, le caractère conditionnel qui peut être de trois types :

- **Type C (Condition)** : Une action conditionnelle simple dont l'exécution de l'action est soumise à une condition

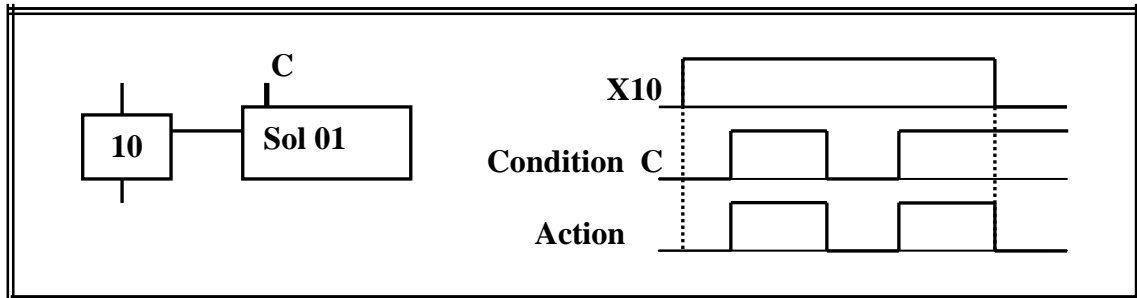


Figure IV-6 Action conditionnelle de type C

- **Type D (Delay)** : Une action conditionnelle retardée sur l'étape n est une action conditionnelle où la condition s'écrit : $t/Xn/d$ avec d délai associé au retard

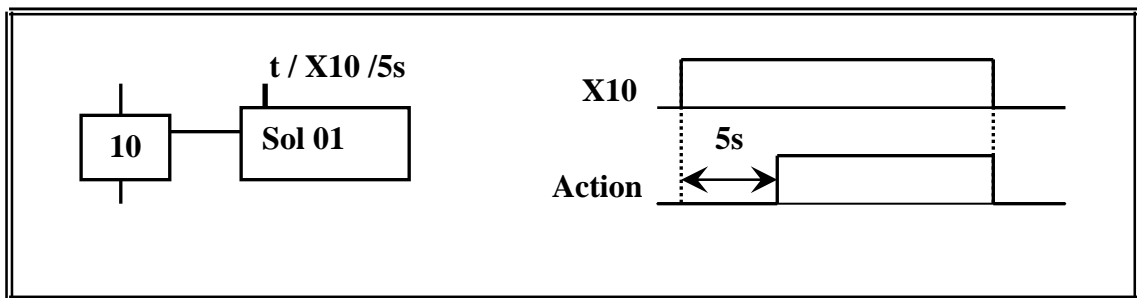


Figure IV-7 Action conditionnelle de type D

- **Type L (Limité)** : Une action conditionnelle limitée dans le temps sur l'étape n est une action conditionnelle où la condition s'écrit avec : "non ($t1/Xn/d$)" avec d, durée associée à la limitation temporelle

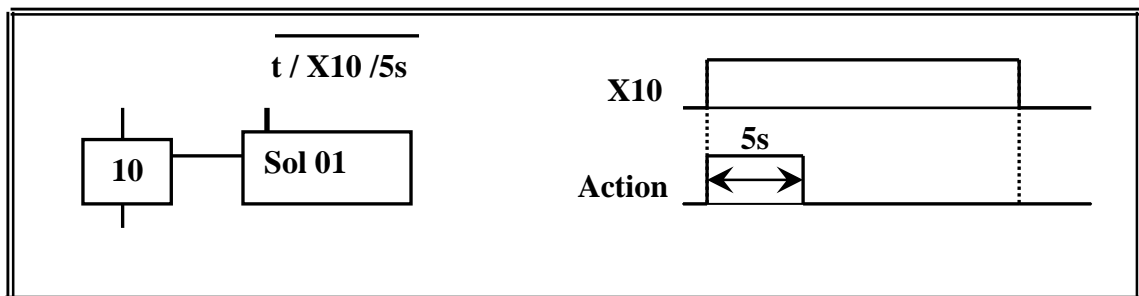


Figure IV-8 Actions conditionnelles de type L

c-Les actions mémorisées :

Une étape à action mémorisée permet de mettre la sortie correspondante dans un état spécifié lors de son activation. Sa désactivation ne remet pas la sortie associée à son état d'origine : le passage dans un autre état de cette sortie devra être décrit explicitement par une autre étape.

Ainsi la mémorisation à l'état vrai d'une sortie se symbolise par la lettre S (set) et la mémorisation à l'état faux par la lettre R (reset) dans le cadre de l'action attachée à l'étape.

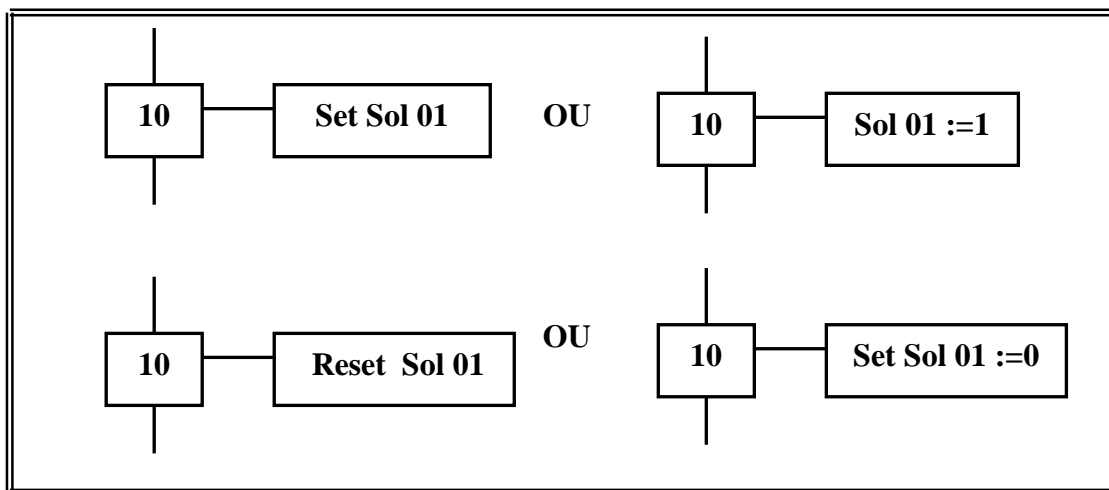


Figure IV-9 Les actions mémorisées.

IV-1-5 Règles d'évolution du GRAFCET

Un Grafcet possède un comportement dynamique dirigé par cinq règles, elles précisent les causes et les effets du franchissement des transitions.

IV-1-5-1 Règle 1 : Situation initiale

La situation initiale d'un Grafcet caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative, de l'opérateur et/ou des éléments extérieurs. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement : ces étapes sont les étapes initiales (doublement du symbole d'étape).

IV-1-5-2 Règle 2 : Franchissement d'une transition

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes amont (immédiatement précédentes reliées à cette transition) sont actives.

Le franchissement d'une transition se produit :

- Lorsque la transition est validée.
- **ET** que la réceptivité associée à cette transition est vraie.

IV-1-5-3 Règle 3 : Evolution des étapes actives

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

IV-1-5-4 Règle 4 : Evolution simultanée

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

IV-1-5-5 Règle 5 : Activation et désactivation simultanée d'une étape

Si au cours du fonctionnement la même étape est simultanément activée et désactivée elle reste active.

L'activation doit être prioritaire sur la désactivation au niveau d'une même étape.

IV-1-6 La structure de base

L'alternance étape transition et transition étape doit être toujours respectée quelque soit la séquence parcourue, la liaison orientée relie obligatoirement une étape à une transition ou une transition à une étape.

a- Convergence en ET

Si plusieurs étapes doivent être reliées vers une même transition, alors on regroupe les arcs à l'aide d'une double barre horizontale appelée « Convergence en ET »

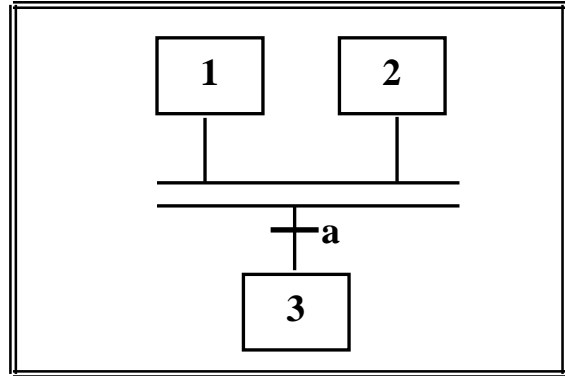


Figure IV-10 Convergence en ET

b- Divergence en ET

Si plusieurs étapes doivent être issue d'une même transition, alors on regroupe les arcs à l'aide d'une double barre horizontales appelée « divergence en ET »

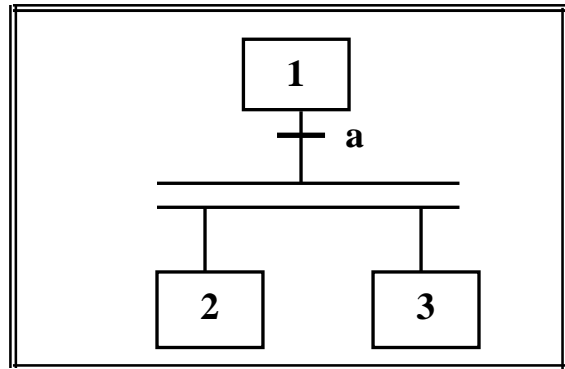


Figure IV-11 Divergences en ET

c- Convergences en OU :

Si plusieurs transitions sont reliées à une même étape, on regroupe les arcs par un simple trait.

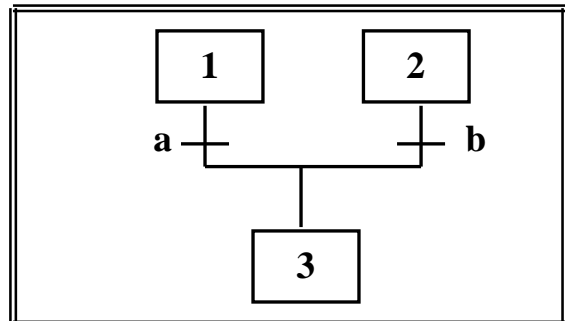


Figure IV-12 Convergences en OU

d- Divergences en OU

Si plusieurs transitions sont issues d'une même étape, on regroupe les arcs par un simple trait

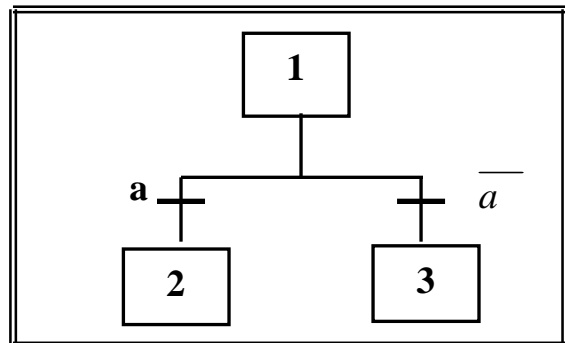


Figure IV-13 Divergences en OU

IV-1-7 Saut d'étapes et Reprise de séquence

Le saut d'étapes en avant permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées à ces l'étapes deviennent inutiles (figure a).

Le saut en arrière permet de reprendre une séquence lorsque les actions à réaliser sont répétitives ou par exemple une condition fixe n'est pas obtenue (figure b).

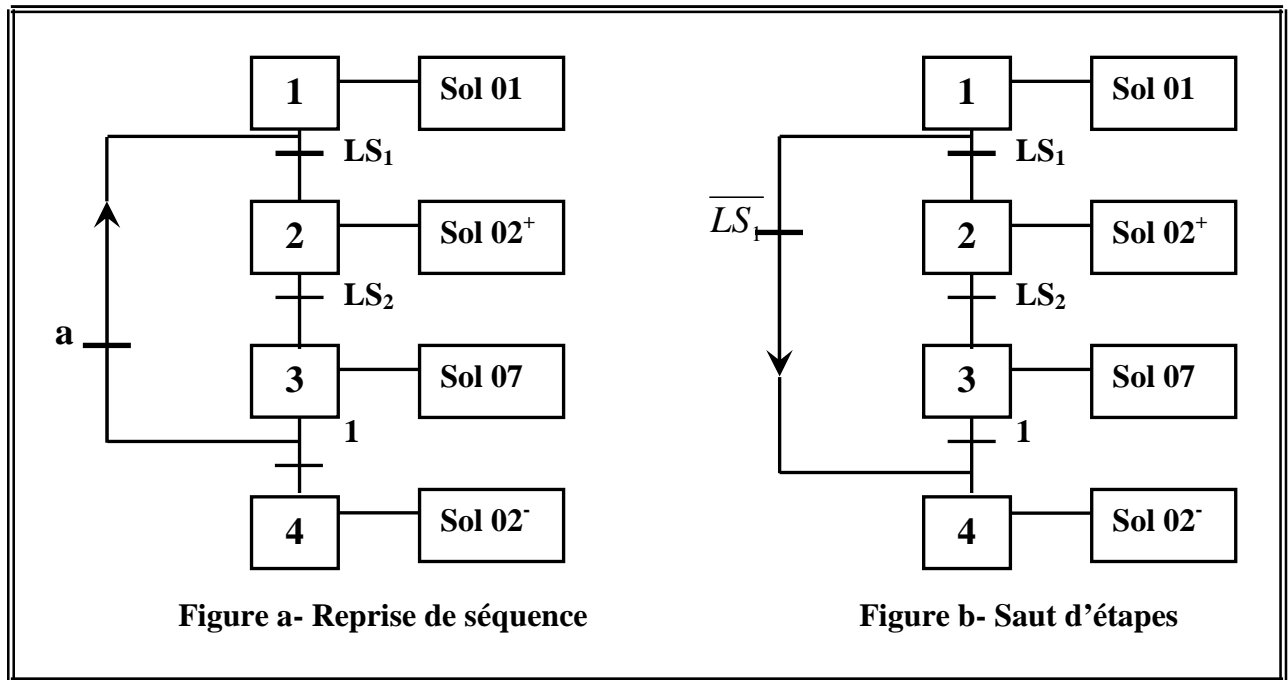


Figure IV-14 : Saut d'étapes et Reprise de séquence

IV-1-8 Macro-Etapes

Une macro-étape est l'unique représentation d'un ensemble unique d'étapes et de transitions nommé macro-expansion. L'expansion de la macro-étape commence par une seule étape d'entrée et se termine par une seule étape de sortie. On représente une macro-étape à l'aide de double barre dans le symbole d'étape. On repère une macro-étape à l'aide d'un identificateur commençant par la lettre M.

L'expansion de la macro étape commence par une seule étape d'entrée E et se termine par une seule étape de sortie S.

Il n'y a pas d'action associée à une macro étape, cependant on peut faire figurer un commentaire donnant une indication de la fonction réalisée par la macro-étape.

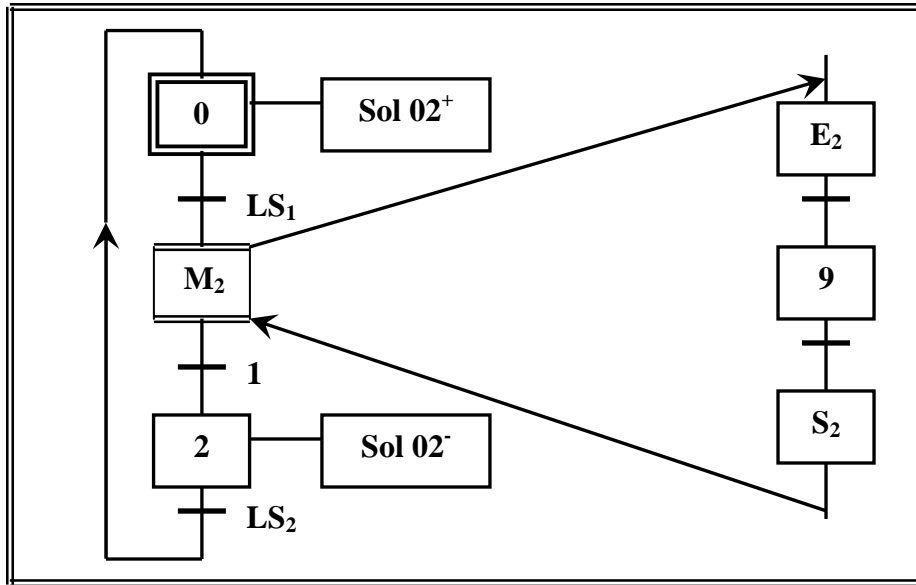


Figure IV-15 Structure de déroulement d'une macro étape.

IV-1-9 Gestion de sécurité par un GRAFCET

La sécurité doit s'analyser à travers un concept global de sûreté de système automatisé, C'est son aptitude à fonctionner:

- Sans danger vis-à-vis des personnes et des biens (sécurité)
- Sans arrêt de production consécutif à une défaillance (Disponibilité).

L'obtention d'un niveau de disponibilité élevé peut s'avérer incompatible avec l'assurance d'une sécurité satisfaisante, c'est pourquoi la sécurité doit être analysée globalement pour aboutir au meilleur compromis.

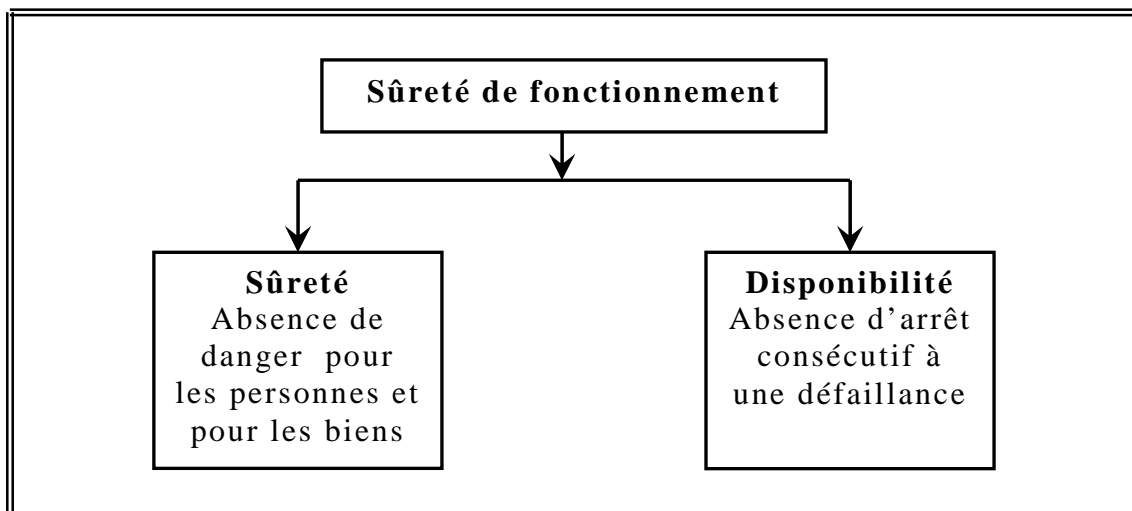


Figure IV-16 : Gestion de sécurité par un GRAFCET.

Si le fonctionnement de sécurité assuré par la partie commande est exclusivement logique et ne comporte que des entrées / sorties tout ou rien, elles peuvent être alors spécifiées en GRAFCET

Remarque :

Se sont les fonctions qui sont « de sécurité » et non le GRAFCET.

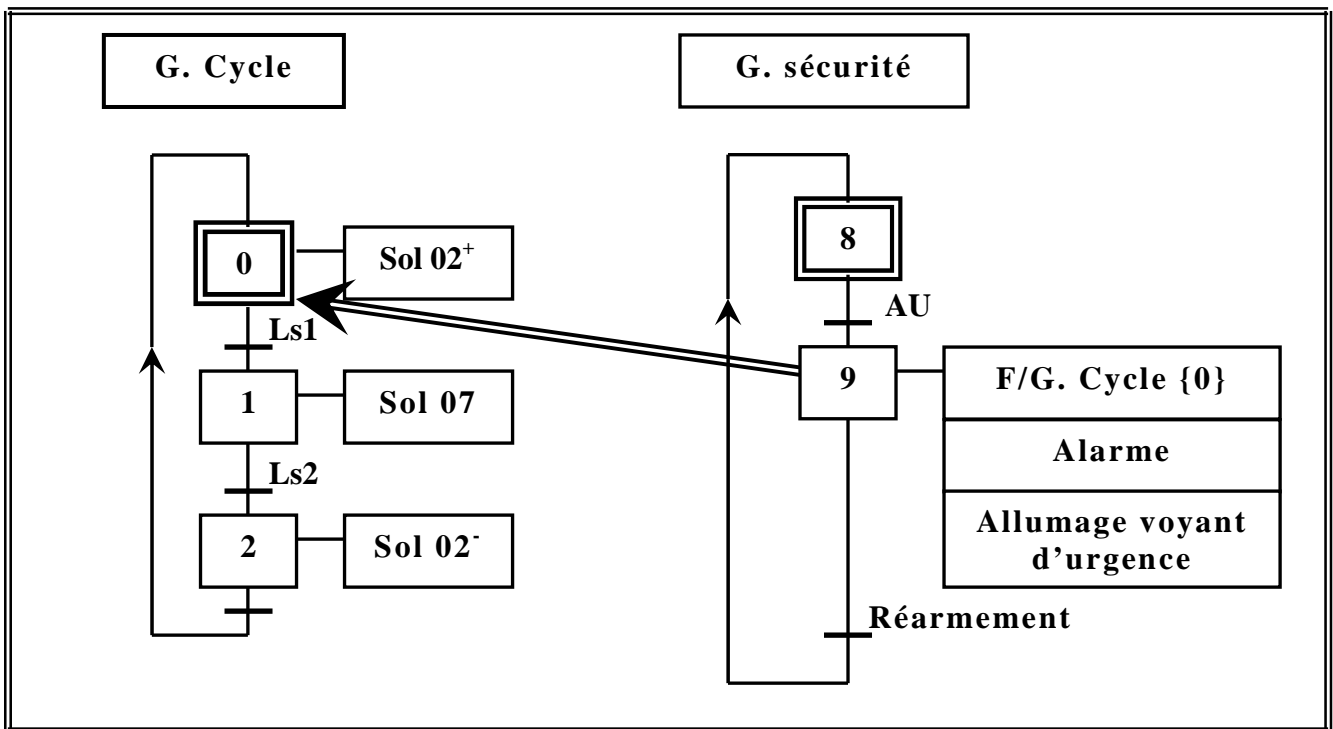


Figure IV-17 Exemple d'arrêt d'urgence géré par un Grafcet.

Dans la figure précédente le Grafcet globale est décomposé en deux Grafcet partiels hiérarchisés. Le Grafcet « G. sécurité », hiérarchiquement supérieur prend en compte l'appuis sur le bouton d'arrêt d'urgence « AU » par l'activation de l'état {9} qui provoque simultanément :

- Le forçage de Grafcet « G.cycle » à la situation initial {0} ;
- Le déclenchement de l'alarme et l'allumage d'un voyant d'arrêt d'urgence.

IV-1-10 Mise en équation de Grafcet

Afin de pouvoir programmer le Grafcet, il est nécessaire de procéder à sa mise en équation.

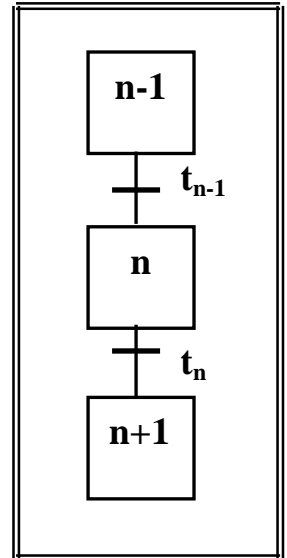
IV-1-10-1 Objectif

Soit la partie de Grafcet représentée par la figure ci-contre, Pour décrire l'activité de l'étape **n**, nous utilisons la notation Suivants :

- $X_n = 1$ si l'étape **n** est active ;
- $X_n = 0$ si l'étape **n** est inactive,

La réceptivité t_n étant une variable binaire, a pour valeur :

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



Les règles d'évolution du GRAFCET sont les points de départ des équations logiques (**1^{ère} règle**).

Mise en équation d'une étape :

➤ 2^{ème} règle :

Une transition est soit **validée**, soit **non validée** lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives elle ne peut être franchie que :

- Lorsqu'elle validée ;
- ET que la réceptivité associée à la transition est **VRAIE**

La traduction de cette règle donne la **Condition d'Activation** de l'étape **n** :

$$CA X_n = X_{n-1} \cdot t_{n-1}$$

➤ 3^{ème} règle :

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

La traduction de cette règle donne la condition de désactivation de l'étape **n** :

$$CD X_n = X_n \cdot t_n = X_{n+1}$$

➤ Si la **CA** et la **CD** de l'étape **n** sont fausses, l'étape **n** reste dans son état, c'est ce qu'on appelle l'effet mémoire. C'est-à-dire que l'état de **X_n** à l'instant **t+Δt** dépend de l'état précédents de **X_n** à l'instant **t**.

D'après ces trois points précédents, on peut donc écrire :

$$X_n = f (CAX_n, X_n, CDX_n)$$

IV-1-10-2 Gestion des modes Marche / Arrêts d'urgence

a- Les étapes initiales :

A l'initiation de GRAFCET, toutes les étapes autres que les étapes initiales sont désactivées et seules sont activées les étapes initiales.

Soit les variable Init telle que :

- Init= 1 : Initialisation du GRAFCET : Mode **ARRÊT**.
- Init =0 déroulement du cycle : Mode **MARCHE**.

b- Les variables de l'arrêt d'urgence :

➤ De type doux « AU doux »

- Il provoque l'annulation de tous les ordres de commande. Cependant certains actions peuvent être maintenues ou il peut y avoir enclenchement d'autres actions suivant le sens de sécurité.
- Les étapes restent actives.

➤ De type dur « AU dur »

- Remise à zéro du ou des cycles : désactivation de toutes les étapes actives
- Réinitialisation de cycle si cette opération ne s'avère pas dangereuse pour la partie opérative. La machine doit dans certains cas être ramenée à sa position initiale manuellement ou à partir d'un cycle de dégagement.

IV-1-11 Niveau d'un GRAFCET

Lors de l'établissement d'un Grafcet, il peut être intéressant de procéder en trois temps.

IV-1-11-1 GRAFCET de niveau 1

Il décrit le comportement de la partie commande par rapport à la partie opérative en tenant compte du choix de technologie des pré-actionneurs, des interfaces d'entrées et de sorties, des boutons pupitres, ainsi que des fonction spécifiques : comptage, temporisation, mémoire, synchronisation, etc.

Les actions et les réceptivités sont écrites littéralement.

IV-1-11-2 GRAFCET de niveau 2

Il tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs, la représentation des actions et réceptivités est écrite en abréviation et non littéralement.

IV-1-11-3 GRAFCET de niveau 3 ou de point de vue automate :

Il reprend le Grafcet de niveau 2, en affectant les informations aux étiquettes d'entrées de l'automate et les ordres aux étiquettes de sortie de l'automate. Il s'adapte aux caractéristiques de traitement d'un automate programmables industriel donné, de façon à pouvoir élaborer le programme, procéder à la mise en œuvre, assurer son évolution et aider la maintenance.

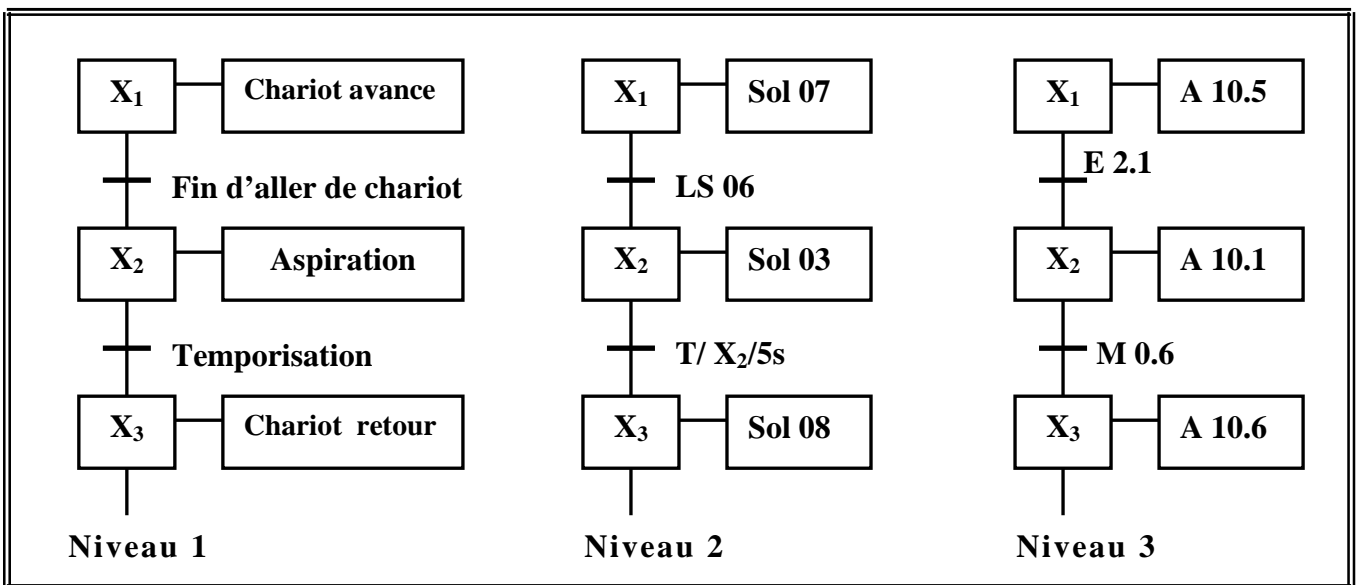


Figure IV-18 : Les différents niveau d'un Grafcet.

Le Grafcet de notre chaîne (niveau 1 et niveau 2) sont par les figures IV-A et la figure IV-B.

IV-2 Les Automates Programmables Industriels (API)

Le but de toute automatisation est de trouver une solution aux problèmes posés. A l'époque les concepteurs ont utilisé la logique câblée.

Le développement de la macro électronique a donné naissance aux calculateurs, microprocesseurs qui ont ouvert le chemin à la logique programmée comme une bonne solution de commande pour les procédés simple et complexes.

IV-2-1 Bref historique

Les automates programmables industriels (API) sont apparus aux Etats - Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués. Du fait de l'évolution des microprocesseurs, des mémoires et des périphériques. L'automate trouve sa place dans les domaines les plus variés comme dans la chaîne de fabrication, il assure les fonctions les plus complexes comme la régulation des systèmes.

IV-2-2 Définition des API

Un automate programmable industriel est une machine électronique capable d'assurer la commande d'un processus industriel.

Son rôle dans un système automatisé de production (SAP) est de gérer et d'assurer la commande d'un système, il se compose de plusieurs parties et notamment d'une mémoire programmable dans laquelle l'opérateur écrit dans un langage d'application propre à l'automate, des directives concernant le déroulement du processus à automatiser. Donc son rôle consiste à fournir des ordres à la partie opérative en vue d'exécuter un travail précis.

IV-2-3 Architecture des API**IV-2-3-1 Architecture externe d'un API**

Il existe généralement deux types d'architecture externe d'API, les architectures modulaires et les architectures non modulaires.

a- Les API non modulaire

La CPU, les modules d'entres sortie, alimentation ...etc, sont intègres dans un seul boîtier.

b-Les API modulaire

Ce type d'automate se présente sous forme de modules indépendants montés sur le même rack et reliés entre eux par un bus. Ces API sont constitués d'une alimentation, d'une CPU et des modules d'entrées /sorties.

IV-2-3-2 Architecture interne d'un API

La structure interne d'un API comporte principalement les parties suivantes :

- L'unité centrale (CPU) ;
- Les module d'entrées / sorties ;
- Les modules de communication ;
- Les coupleurs.

Ces parties sont reliées entre elles par des bus (ensemble des fils autorisant le passage des informations entre ces secteurs de l'automate).

Alors, on peut représenter ces parties dans le schéma synoptique suivant :

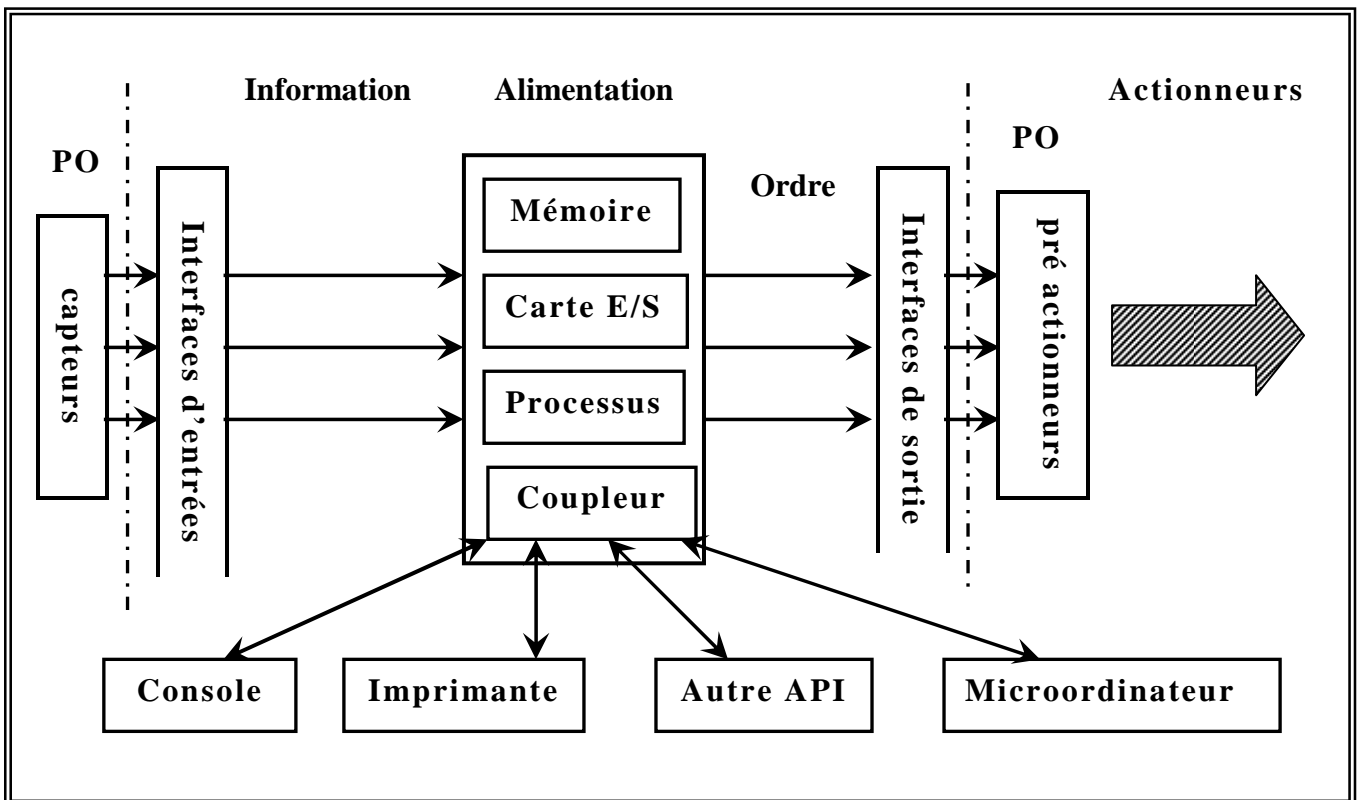


Figure IV-19 : Architecture d'un Automate Programmable Industriel

IV -2-4 Description des éléments d'un API**IV-2-4-1 Unité centrale**

Elle constitue le cerveau de l'automate, elle commande l'interprétations et l'exécution des instructions programmes, elle repartie comme suit :

IV-2-4-2 La mémoire

Elle est conçue pour recevoir, gérer, stoker des informations issues des différents secteurs du système qui sont :

- Le terminale programmation : introduction du programme
- Le processeur qui gère et exécute le programme.

Elle reçoit également des informations en provenances des capteurs.

Il existe dans les automates plusieurs types de mémoire qui remplissent des fonctions différentes.

a- RAM (Random Access Memory)

Mémoire vive dans laquelle on peut lire et écrire, elle s'efface automatiquement à l'arrêt de l'automate (nécessite d'une batterie de sauvegarde).

b- ROM (Read Only Memory)

Mémoire morte dans laquelle on ne peut que lire.

c- EEPROM (Electric Erasable PROM)

Seul la lecture est possible, ces mémoires sont mortes, reprogrammables, en utilisant l'effaceur électrique.

d- EPROM (Erasable PROM)

Mémoire morte, reprogrammable en utilisant l'effaceur aux rayons ultraviolets.

La capacité mémoire se donne en mots de 8bits (binary digit) ou octet.

IV-2-4-3 Le processeur

Son rôle consiste d'une part à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'entrées et des sorties et d'autre part à gérer les instructions du programme.

1V-2-4-4 Les bus : on distingue deux types :

Le bus d'entrée /sortie appelé aussi le bus de panier, relie les modules d'entrées-sorties à l'unité centrale

Les bus système : est interne à l'unité centrale, il permet au processeur d'accéder aux différentes ressources.

IV-2-4-5 Modules d'entres /sorties :

Les modules d'entres /sorties sont équipés de connecteurs de raccordement qui permettent un montage rapide.

a- Les modules d'entrées :

Les modules d'entrées comportent des adresses d'entrées capteurs. Ils sont repartis en deux modes qui sont :

➤ Les modules d'entrée TOR :

Ils permettent de raccorder à l'automate les différentes capteurs logique tels que :

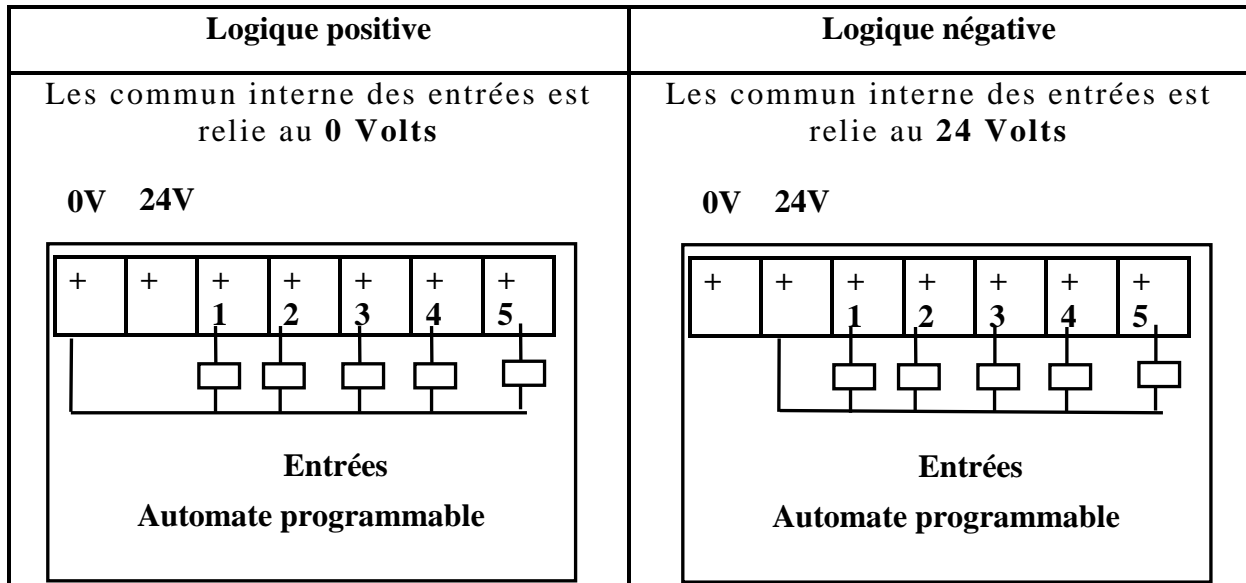
- Bouton poussoir ;
- Fin de course ;
- Capteur de proximité inductif ou capacitif ;
- Capteur photoélectrique.

Les nombres d'entrées sur un module sont de 4, 8,16 ou 32. Les tensions d'entrées sont de 24, 48,110 et 220 volts en courant continu ou alternatif.

➤ Branchement des entres TOR :

Le principe de raccordement consiste à envoyer un signal électrique à l'entrée choisie sur l'automate dès que l'information est se présente.

L'alimentation électrique peut être fournie par l'automate ou par une source extérieur. Un API peut être à logique positive ou négative.



➤ **Les modules d’entrés analogiques**

Ils permettent de gérer des grandeurs analogiques et les transformer en valeurs numériques.

➤ **Les modules de sorties**

Les modules de sorties sont équipés de connecteurs de raccordement pour faciliter leurs montages .Ils peuvent accepter les informations en courant ou en tension alternatif ou continu. On trouve la même répartition pour les modules de sortie, c’est-à-dire qu’ils sont divisés en deux parties selon la nature de signal.

b- Les modules de sortie TOR

Ils permettent de raccorder à l’automate les différents préactionneurs comme :

- Vanne, électrovanne,
- Contacteur,
- Voyant,
- Relais.

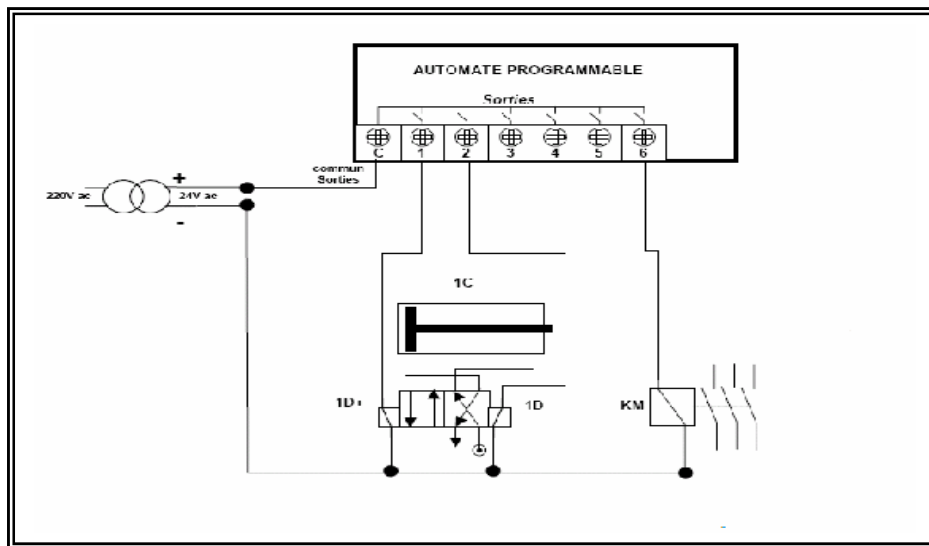
Les tensions usuelles sont de 0.5 volts en continu, ou de 24, 48, 110,120 volts en alternatif.

➤ Les modules de sortie analogiques

Ces modules permettent de générer des grandeurs analogiques envoyées à la partie opérative.

➤ Branchement de sorties

Le principe de raccordement consiste à envoyer un signal électrique vers les préactionneurs connectés à la sortie choisie de l'automate dès que l'ordre est émis. L'alimentation électrique est fournie par une source extérieure à L'AP.

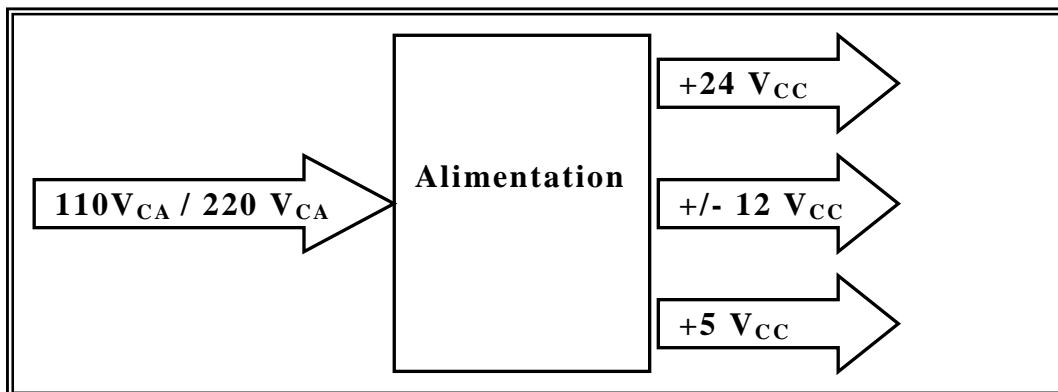


FigureIV-20 Branchement de sortie.

IV-2-4-6 Les modules d'alimentation

Tous les automates actuels utilisent la tension de 24 volts.

- Une alimentation 240 V_{CA} fournit un courant 24 V_{CC} aux capteurs.
- Les entrées sont également en 24 V_{CC} .
- Une mise à terre doit être prévue.



FigureIV-21 : Module d'alimentation.

IV-2-4-7 Modules de communication**➤ Consoles**

Ce composant est un module de communication, il existe deux types de console l'une permet le paramétrage et les relevés d'informations (modification des valeurs et visualisation), l'autre permet en plus la programmation, le réglage et l'exploitation. Cette dernière s'effectue dans la phase de programmation :

- L'écriture,
- La modification,
- L'effacement,
- Le transfert d'un programme dans la mémoire de l'automate ou dans une mémoire REPRON.

Dans la phase de réglage et d'exploitation elle permet :

- D'exécuter le programme pas à pas ;
- De le visualiser ;
- De forcer ou de modifier des données telles que les entrées, les sorties, les bits internes, le registre de temporisation, les coupleursetc.

La console peut également afficher le résultat de l'autotest comprenant les modules d'entrées /sorties, l'état de la mémoire, de la batterieetc.

Elles sont équipées (la plus part) d'un écran à cristaux liquides .certaines consoles ne peuvent être utilisés que connectés à un automate (l'automate fournit l'alimentation à la console), d'autre peuvent fonctionner de manière autonome grâce à la mémoire interne et à leur alimentation.

➤ Boîtiers de Tests

Ils sont destinés aux personnels d'entretiens, ils permettent de visualiser le programme ou les valeurs des paramètres,

Exemple :

- Affichage de la ligne de programme à contrôler,
- Visualisation de l'instruction (code opératoire et adresse de l'œuvre),
- Visualisation de l'état des entrées,
- Visualisation de l'état des sorties.

➤ Unités de dialogue en ligne

Ils sont destinées aux personnels spécialistes de procédé, et leurs permet d'agir sur certains paramètres :

- Modification des constantes, compteurs et temporisations,
- Exécution de parties de programme,
- Chargement de programme en mémoire.

➤ Coupleurs

Ce sont des cartes électroniques assurent la communication entre les entrées/sorties et l'unité centrale, l'échange d'information entre l'unité centrale et les modules d'entrées/sorties s'effectue par l'intermédiaire d'un bus interne (liaison parallèle).

Entre l'unité centrale et les périphériques de l'automate (ex : console, lecteur et disque, etc...), se fait par un bus externe (liaison parallèle ou série).

IV-2-5 Différentes phases du fonctionnement d'un API**Phase A : lecture des entrées**

Lorsque l'automate est en mode Run (Exécution du programme), système d'exploitation (O.S) de l'automate commence d'abord à lire l'état de toutes les entrées physiques. Cette phase n'est pas à programmer par l'utilisateur, elle s'exécute de façon automatique. Ces états sont copiés un à un dans la MIE (Mémoire Image des Entrées) : à chaque état correspond une image. Cette MIE se situe à l'intérieur de l'U.C.

Ces informations transitent par le coupleur des entrées qui réalise l'adaptation et filtrage des signaux.

Phase B**• Teste des entrées par le programme utilisateur**

Lors de l'exécution du programme utilisateur, les états des entrées doivent être testés

• Ecriture de sorties par le programme utilisateur

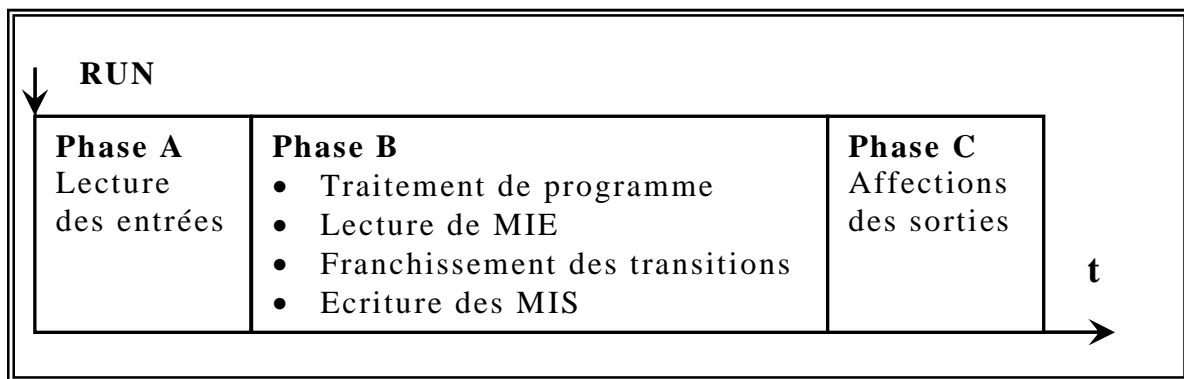
Certaines instructions de programme utilisateur concernent l'affectation de sorties. Ces instructions consistent à positionner à la sorties l'état 0 ou l'état 1 en fonction des états des étapes.

Phase C : affectation des sorties

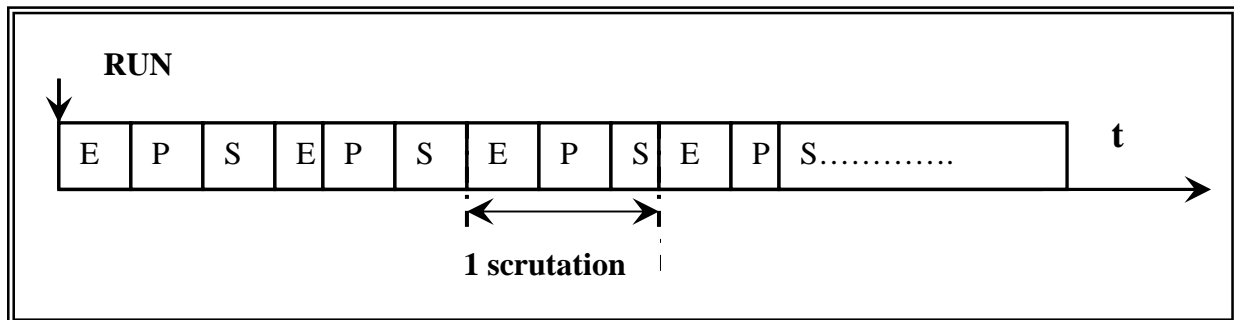
Lorsque toutes les instructions du programme utilisateur ont été exécutées, le programme système copie les états de la mémoire image de sorties sur les sorties physiques.

IV-2-6 Notion de scrutation

On peut visualiser les différentes phases par chronogramme (axe horizontale=temps (t))



Des que la phase C d'affectation des sorties est terminée, le programme système provoque une nouvelle exécution de la phase A, puis de la phase B sans arrêt. On parle d'une scrutation cyclique.



La durée d'une scrutation est la somme :

- Du temps nécessaire à la lecture des entrées et de la copie de leurs états dans la MIE,
- Du temps nécessaire au traitement de toutes les instructions du programme utilisateur,
- Et du temps nécessaire à l'affectation des sorties

A titre indicatif, le teste d'une mémoire image d'entrée dure 0.19µsec, l'ordre de grandeur d'une scrutation est de 10 à 100 ms.

IV-2-7 Programmation des API

C'est l'une des atouts majeurs des API puisqu'elle permet une multitude de traitement d'information reçus sans intervenir sur la configuration matérielle, certaines modifications peuvent même s'effectuer alors que l'automate est en marche.

Il faut toute fois comprendre, et choisir le langage le plus approprié dans les cadres de problème à résoudre, car il existe plusieurs langages de programmation, les plus courants sont les suivants :

- Langage à contacts (ladder diagram) ;
- Langage blocs fonctionnels ;
- Langage Grafcet ;
- Langage List ;
- Langage évolué (littéral structuré).

IV-2-7-1 Langage de programmation

L'ensemble des instructions saisies par l'utilisateur lors de la programmation s'appelle le programme. Ce dernier doit être saisi dans un langage compréhensible par l'automate.




a- Langages littéraux

- **Liste d'instruction** : langage puissant nécessite une certaine expérience comme l'assembleur...
- **Littéral structuré** : permet d'utiliser les structures des langages informatiques : If, AND, REPEAT...

b- Langage graphique :

- **Langage à contact (LADDER Diagram)**

Ce langage à été introduit par les américains, très courant, facile à mettre en œuvre grâce à sa ressemblance avec les schémas électriques.

	Symbole
Contact ouvert	
Contacte fermé	
Contacteur (bobine)	

- **Langage SFC : Séquentiel Function Chart (Grafcet)**

Sa structure en programmation est structurée en trois parties :

Traitement préliminaire (PRE)

- Initialisation du Grafcet,
- RAZ du Grafcet (AUD)
- Mise à zéro des sorties (AUD)

Traitement séquentiel (SEQ)

On trouve les étapes, les transitions, et les réceptivités associées aux transitions.

Traitement postérieur (POS)

Le traitement postérieur est réservé à la programmation des actions du Grafcet.

IV-2-7-2 Mise en œuvre d'une solution programmable

A partir d'un problème d'automatisme donné, dans lequel on a bien défini :

- Les actions,
- Les capteurs,
- Le processus à réaliser.

La mise en oeuvre d'une solution programmable à base d'API se résume dans les étapes suivantes:

1. Etablir le Grafcet,
2. Ecrire le programme,
3. Transférer le programme dans l'unité centrale de l'API,
4. Tester à vide (simulation),
5. Enfin raccorder l'API à la machine.

IV-2-8 Avantages des API

- L'API est indépendant du procédé ; il est facilement réutilisable ;
- Il présente une grande souplesse de mise en oeuvre ;
- Sa compressibilité conduit à une économie de place et une fiabilité accrue ;

- La maintenance préventive et curative des systèmes est simplifiée ;
- Il facilite la documentation des applications ; donc la maintenance ;
- Il est bien adapté à la surveillance en ligne de fonctionnement de la loi de commande ; visualisation des E/S, des traitements logiques ;
- Les API permettent d'ajuster la disponibilité du système aux besoins ;
- Un personnel de qualification moyen peut le manipuler facilement ;
- Il offre une sécurité totale en cas d'incendie, anomalie sur le processus....

IV-2-9 Inconvénients des API

- L'API ne supprime pas tout le reliage : il reste le câblage du circuit de puissance ;
- Les modules de recherche sont plus coûteux ;
- Sa vitesse peut s'avérer insuffisante dans quelque cas ;
- Le choix d'une machine nécessite une étude préalable approfondie de l'ensemble des matériels et donc la création d'une compétence API au niveau industriel ;

Le déroulement cyclique du programme peut s'avérer un facteur de complexité et limite les possibilités d'organisation des tâches.

Conclusion

Le GRAFCET est utilisé pour la spécification et la conception des comportements souhaités de la partie commande d'un système. Cependant, il n'est que le reflet de la pensée d'un automaticien, il peut donc y avoir une multitude de GRAFCET qui correspond à un cahier des charges fonctionnel donné. Dans ce chapitre on a présenté aussi les A.P.I, en général, qui sont une solution adéquate pour les S.A.P.

Dans le chapitre suivant, nous allons faire l'étude de l'automate programmable industriel S7-300 qui sera implante de la chaîne et son langage de programmation le STEP7.

Introduction

Après avoir établi le cahier des charges de notre chaîne (la chaîne réadaptée), et vu le nombre d'entrées (capteurs, interrupteurs, boutons poussoirs,) et le nombre des sorties (actionneurs : moteurs, vérins, distributeurs, pompes, etc.) ainsi que leurs natures (TOR.), le choix d'un API performant intégrant plus de modules d'entrées/sorties s'impose. On a opté pour l'API S7-300 qui répond parfaitement à cette flexibilité.

Le SIMATIC S7-300 est un calculateur industriel compatible PC. Il s'agit d'un système modulaire sous boîtier utilisé dans presque toutes les branches de l'industrie sa modularité qui lui permet de réaliser des fonctions de l'automatisation. Le SIMATIC S7 désigne un produit de la société SIEMENS, il est synonyme de la nouvelle gamme des automates programmables.

V-1. Présentation de l'automate S7- 300

L'automate S7-300 est un automate modulaire destiné à des tâches d'automatisation moyennes et de haute gamme. Sa capacité d'extension variable permet une adaptation très simple et facile de l'appareil à la tâche considérée. Les tâches d'automatisation qu'il accomplit sont traduites sous forme de programme d'application.

Pour que l'automate puisse exécuter le programme, ce dernier doit être écrit dans un langage exploitable sur l'automate S7-300, le STEP 7 est le langage de programmation développé pour la famille SIMATIC S7.

V-2. Caractéristique de S7-300

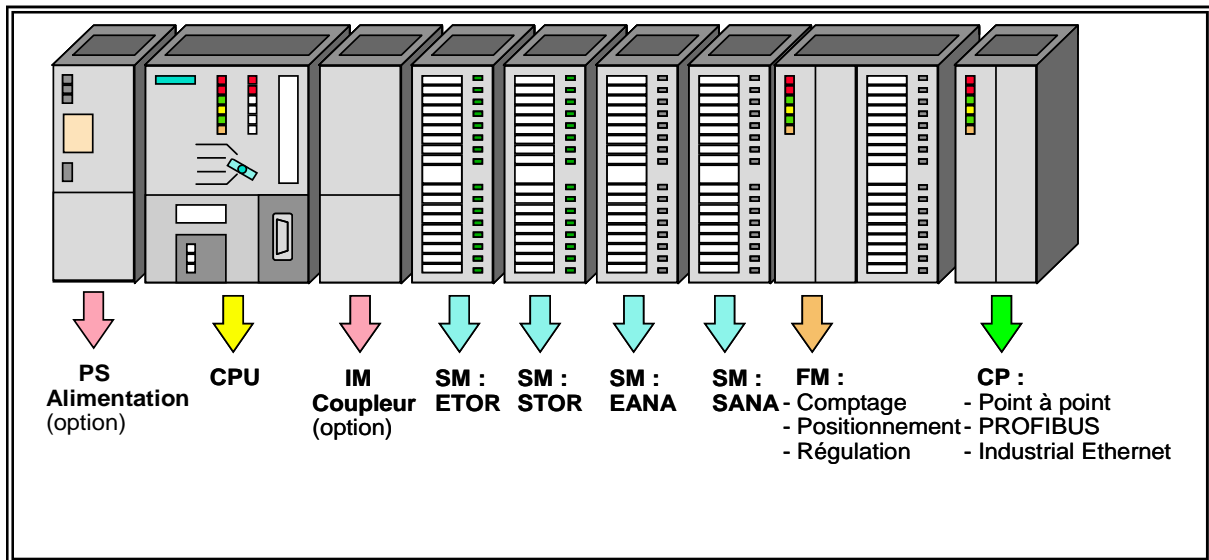
L'automate S7 -300 offre les caractéristiques suivantes :

- Automate très performant, adapté à la résolution des problèmes ;
- Programmation libre,
- Logiciel exploitable en temps réel,
- Traitement des programmes à caractère événementiel,
- Intégration totale dans les systèmes SIMATIC S7-300,
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules
- Gamme complète de module,
- Raccordement central de la console de programmation.

V-3 Modularité de S7-300

Le S7-300 dispose d'une vaste gamme de modulaire. Ces modules peuvent être combinés selon les besoins lors de la conception d'une solution d'automatisation.

La figure ci- dessous dénombre les différents modules du S7-300.



FigureV-1 : Dispositif des modules de l'automate S7-300.

V-3-1 Modules d'alimentation (PS)

Les modules PS délivrent sous une tension de $24V_{cc}$, un courant de sortie assigné de (2A ,4A et 10A) qui sert à l'alimentation des circuits internes de l'automate, de même que l'alimentation des circuits de capteurs et des actionneurs.

Le PS permet de sauvegarder le contenu des mémoires RAM au moyen d'une pile de sauvegarde ou d'une alimentation externe, il remplit aussi la fonction de surveillance à l'aide des LEDs.

V-3-2 L'unité centrale (CPU)

La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme utilisateur et commande les sorties, elle contient un système d'exploitation, une unité d'exécution d'interface de communication, et permet le pré réglage du comportement au démarrage et le diagnostic des défauts par LEDs.

L'unité choisie pour notre système est une **CPU 314**.

V-3-3 Coupleur (IM)

Les coupleurs (360/361 ou 365) sont des cartes électroniques qui assurent la communication entre les entrées/sorties (périphérique ou autres) et l'unité centrale. Ils permettent de réaliser des configurations à plusieurs châssis.

➤ Châssis

Le châssis supporte les éléments mécaniques de base du S7-300, il remplit les fonctions suivantes :

- Assemblage mécanique des modules,
- Distribution de la tension d'alimentation des modules,
- Acheminement du bus de fond de panier aux différents modules.

V-3-4 Modules d'entrées/sorties (SM)

Les modules d'entrées/ sorties sont des interfaces vers les capteurs et les actionneurs d'une installation. On dispose de différents modules d'entrées-sorties dont :

a. Modules d'entrées/sorties Tout Ou Rien (TOR)

Ces modules constituent les interfaces d'entrées et de sorties pour les signaux tout ou rien (TOR) de l'automate. Ils permettent d'accorder à l'automate S7-300 des capteurs et des actionneurs TOR les plus divers, en utilisant si nécessaire des équipements d'adaptation (conversion ...).

Les modules d'entrées/ sorties convertissent les signaux TOR externe du S7-300 au niveau du signal interne de l'automate.

Les modules de sorties transposent le niveau du signal interne du S7-300 au niveau du signal requis par les actionneurs.

b. Modules d'entrées/sorties analogiques

Les modules analogiques sont des interfaces pour des signaux analogiques en provenance et destination des processus commandés. Les modules d'entres analogiques transforment les signaux mesurés analogiques (courant, tension, pression,...) en valeurs numériques.

V-3-5 Modules de simulation FM

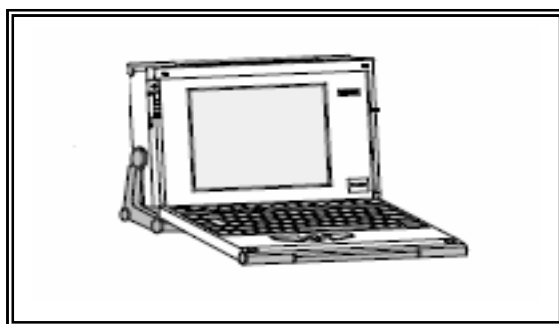
Ces modules réduisent la charge de traitement de la CPU en assurant des tâches lourdes de calcul, comme ils assurent aussi les fonctions spéciales telles que le comptage, le positionnement et la régulation.

V-3-6 Modules de communication

Les modules chargés des tâches de communication permettent d'établir la liaison Homme-machine, ces liaisons s'effectuent à l'aide d'interfaces de la communication point à point, profibus et industriel Ethernet.

V-3-7 Console de programmation PG ou PC SIMATIC

Les consoles de programmation SIMATIC sont des outils pour la saisie, le traitement et l'archivage des données et les données du processus ainsi que la suppression du programme. Actuellement les consoles de programmation tendent à être remplacées par des PC avec des environnements standard.



FigureV-2 : Console de programmation (PG).

V-4 Capacité d'extension du S7-300

La configuration initiale d'un S7-300 admet jusqu'à 32 modules, configuration maximum sur 4 châssis. Il n'existe pas de degré d'emplacement s'appliquant aux modules des signaux, aux modules de fonction et aux processeurs de communication. Ils peuvent donc être montés à un emplacement quelconque.

V-5 Langage de programmation du S7-300

L'automatisation des systèmes de plus en plus fréquents dans les industries a donné naissance à une multitude de langage de programmation. Les systèmes d'automatisation SIMATIC utilisent le logiciel STEP 7 comme outil de base pour la configuration de la programmation (STEP7-micro

Win/Win32 pour le SIMATIC S7-200 et le SIMATIC Manager pour le S7-300 et S7-400).

Le STEP 7 offre les fonctions suivantes pour l'automatisation d'une installation :

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

Le logiciel STEP 7 offre trois modes de programmation et assure la conversion d'un mode à un autre, ces modes sont :

- Schéma à contacts « CONT » ;
- Logigramme « LOG » ;
- Liste d'instruction «LIST ».

a. Schéma à contact (CONT)

La représentation, en mode de programmation CONT, s'inspire des schémas de circuit à contact, ils sont rassemblés dans des réseaux, un ou plusieurs réseaux ou segment formant un bloc de code.

b. Logigramme (LOG)

Le Logigramme est une représentation graphique ayant recours aux symboles de la logique, les différentes fonctions y sont représentées par un symbole avec indicateur de fonction. Les entrées sont disposées à gauche du symbole, les sorties à droite de ce dernier

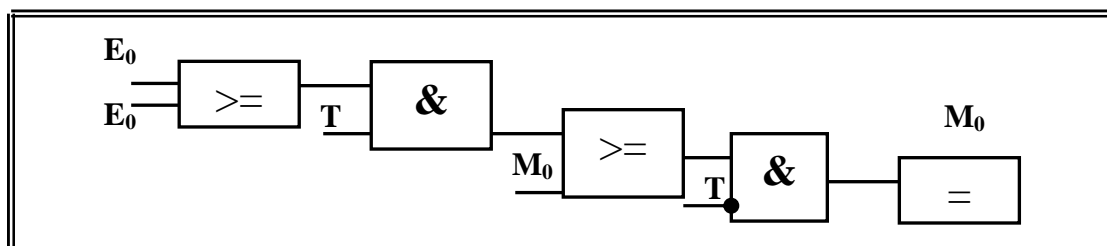


Figure V-3: Mode de programmation : Logigramme

c. Liste d'instruction (LIST)

C'est un langage de programmation textuel proche au langage machine les différentes instructions correspondent aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme.

V-6 Bloc S7

Ils contiennent le code programme et les données du programme utilisateur.

V-6-1 Bloc d'organisation (OB)

Les blocs d'organisations (OB) constituent l'interface entre le système d'exploitation de la CPU et le programme utilisateur. Ils permettent de gérer le traitement de programme cyclique, déclenché par une alarme ainsi que le comportement de mise en route de l'automate programmable et le traitement des erreurs.

L'OB1 est un exemple de bloc d'organisation pour le traitement de programme cyclique, il est appelé cycliquement par le système d'exploitation et déclenche ainsi le traitement de programme utilisateur.

Les blocs d'organisation sont traités selon la priorité qui leur est effectuée.

V-6-2 Bloc de données (DB)

Les blocs de données sont dessinés au stockage des données nécessaire au traitement du programme.

On distingue des blocs de données d'instance et des blocs de données globaux.

V-6-3 Blocs fonctionnels (FB)

C'est un bloc programmable, rémanent, subordonné à un bloc d'organisation afin qu'il puisse être traité par la CPU. Un bloc de données d'instance est associé à ce dernier qui en constitue la mémoire. Il intervient dans des programmes spéciaux (programmation des régulateurs, fonction de signalisation, de calcul, de saut à l'intérieur d'un bloc, etc.).

V-6-4 Fonctions (FC)

Une fonction FC, est un bloc de codes programmable, sans mémoire. Des blocs de données globaux lui sont associés pour sauvegarder des données.

Les programmes sont exécutés quand cette fonction est appelée par d'autres blocs de code. Ce dernier se fait pour renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant, ou pour l'exécution d'une fonction technologique (commande individuelle avec combinaison binaire).

V-6-5 Blocs système

Sont appelés par le programme utilisateur en cas de besoin.

V-6-6 Blocs fonctionnels (SFB)

Ce sont des blocs intégrés à la CPU S7, possédant les mêmes propriétés que (FB), ils ont pour rôle la régulation, et le comptage.

V-6-7 Blocs de données système :

Ces blocs sont générés par des applications spécifiques lors de la configuration matérielle, ils servent à stocker les adresses et les paramètres des modules.

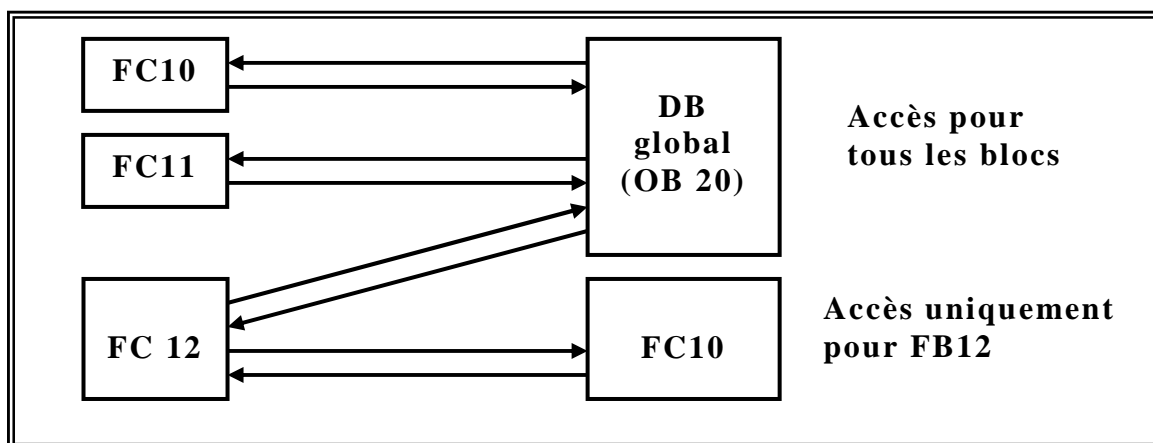


Figure V-4 : Appel des blocs.

V-7 Structure de programme

L'écriture du programme utilisateur complet se fait dans le bloc d'organisation OB1 (programmation linéaire). Cela n'est recommandé que pour les programmes de petites tailles.

Pour les automatismes complexes, la subdivision en parties plus petites est recommandée.

Celle-ci correspondent aux fonctions technologiques du processus, et sont appelées blocs (programmation structurée). Cette structure offre les avantages suivants :

- Ecriture des programmes importants mais clairs ;
- Organisation simple du programme ;
- Standardisation certaines parties du programme ;
- Facilité de modification ;
- Teste facile de programme ;
- Facilite de mise en services.

V-8 Création d'un projet S7

Les procédures suivantes nous permettre la création du projet sous le logiciel STEP7 sont comme suit :

1-Localiser l'item programmes du menu **Démarrer** puis l'item **SIMATIC** du menu programme et enfin on clique sur l'item **SIMATIC Manager**, la figure ci-dessous montre la structure de ces menus

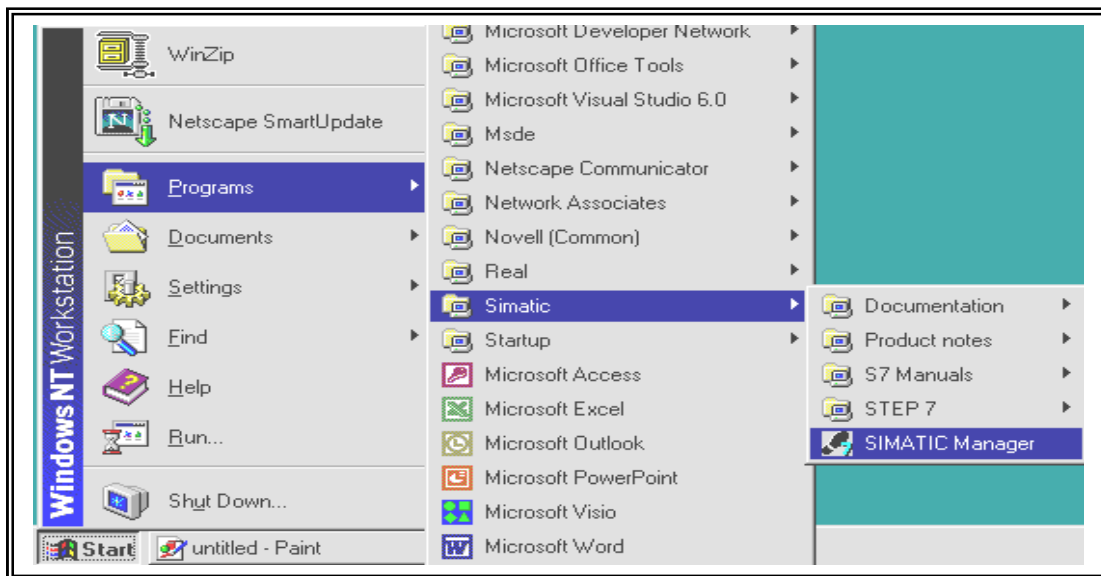


Figure V-5 : Fenêtre de lancement d'un projet SIMATIC.

2- Le logiciel « SIMATIC Manager » étant maintenant en marche, on clique sur l'item **Fichier** pour ouvrir le menu déroulant. Ensuite, on clique sur l'item **Assistant Nouveau Projet** pour lancer l'assistant aidant à la création d'un nouveau projet. La **figureV-6** suivante montre l'environnement du «SIMATIC Manager ».

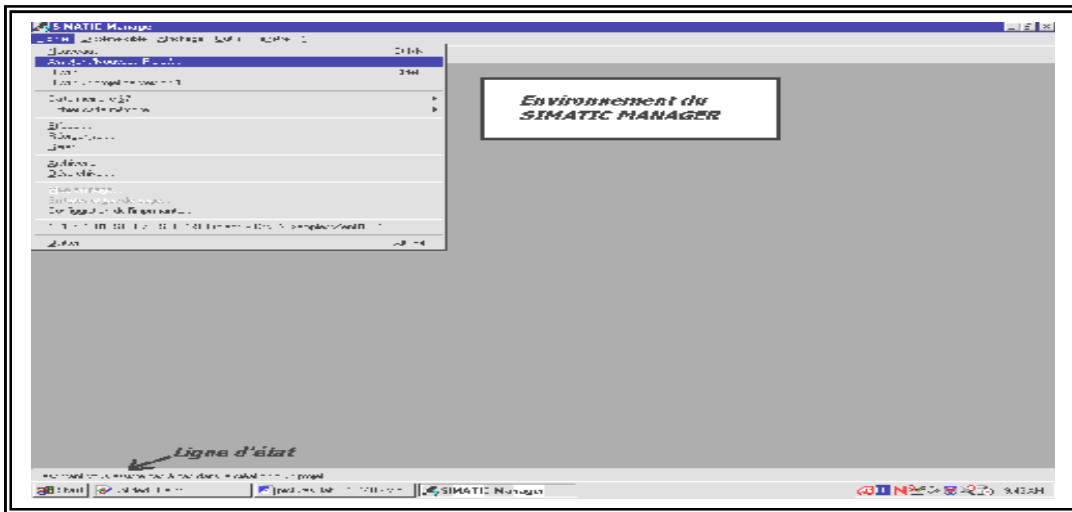


Figure V-6: fenêtre de lancement d'assistant.

3- L'assistance étant lancé, cette première fenêtre s'ouvre à l'écran. C'est la fenêtre d'introduction de l'assistant.



Figure V-7 : Fenêtre lancement de création du projet

4- On clique sur suivant, la fenêtre suivant nous permet de choisir la CPU



Figure V-8: Sélection du type de la CPU.

5- Après validation de la CPU, la fenêtre qui apparaît permet de choisir les blocs à insérer

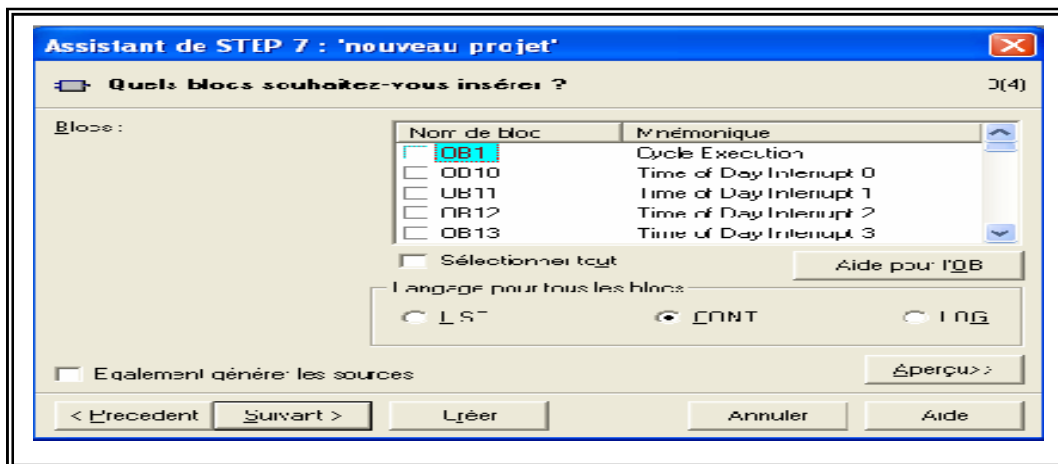


Figure V-9 : Sélection des blocs.

6- En cliquant sur suivant, une dernière fenêtre pour la création du projet apparaît pour le nommer.

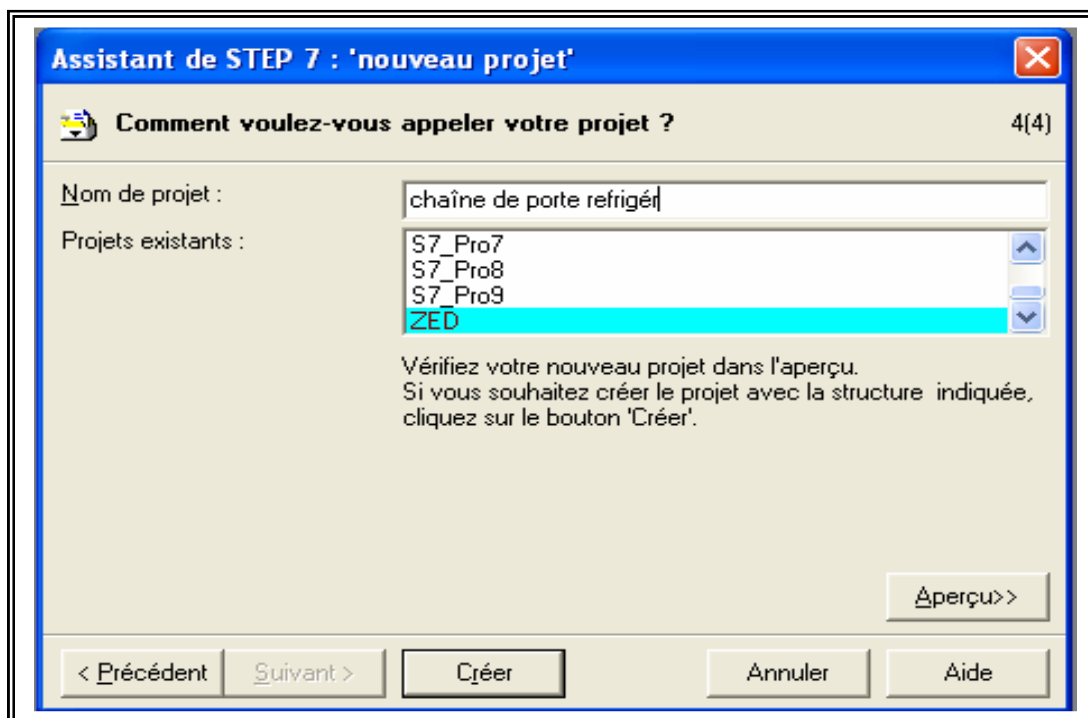


Figure V-10 : Affectation du nom pour le projet.

7- On clique sur créer, les fenêtres suivantes apparaissent :

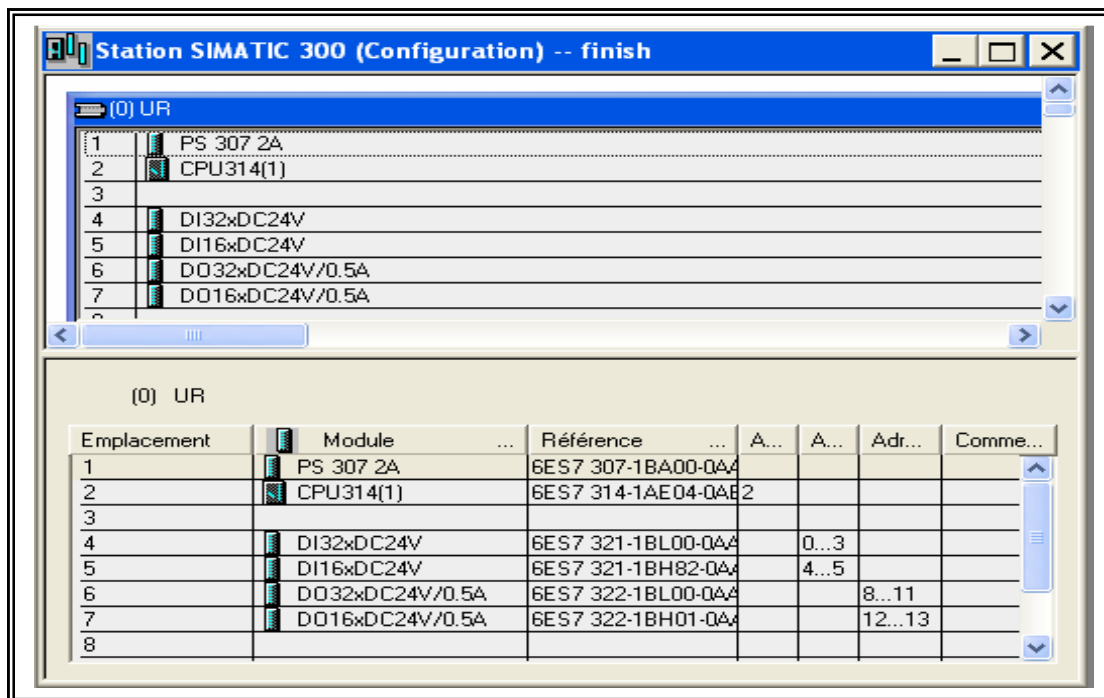


Figure V-11 : Configuration matériel.

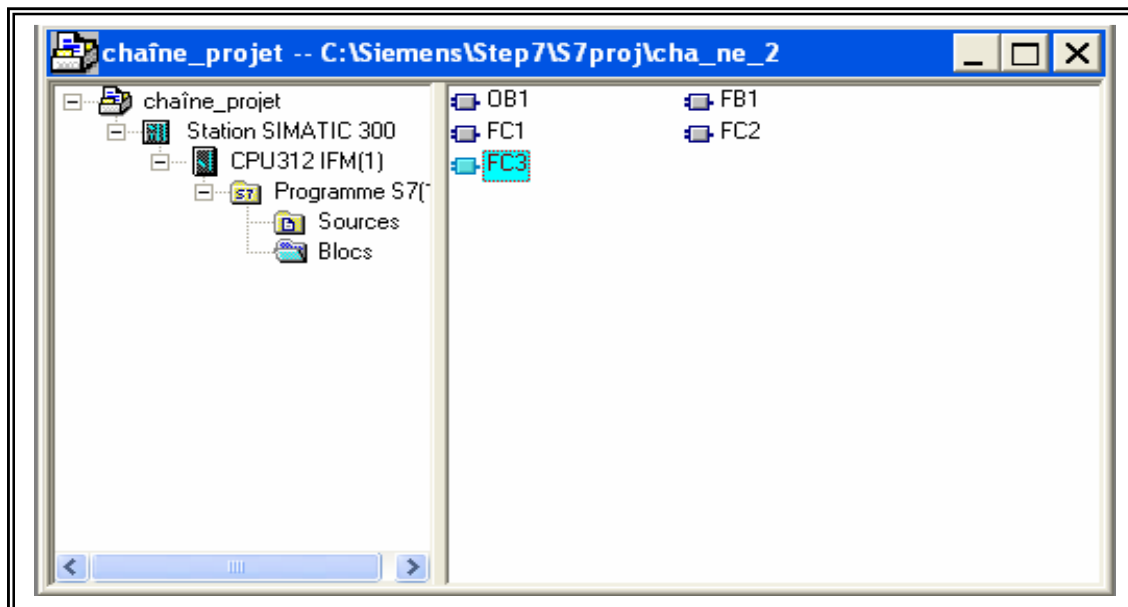


Figure V-12 : Vue des composants d'un projet S7

V-9 Structure du programme de la chaîne réadaptée

La figure V-13 représente la structure du programme de la chaîne de réfrigérateur réadaptée.

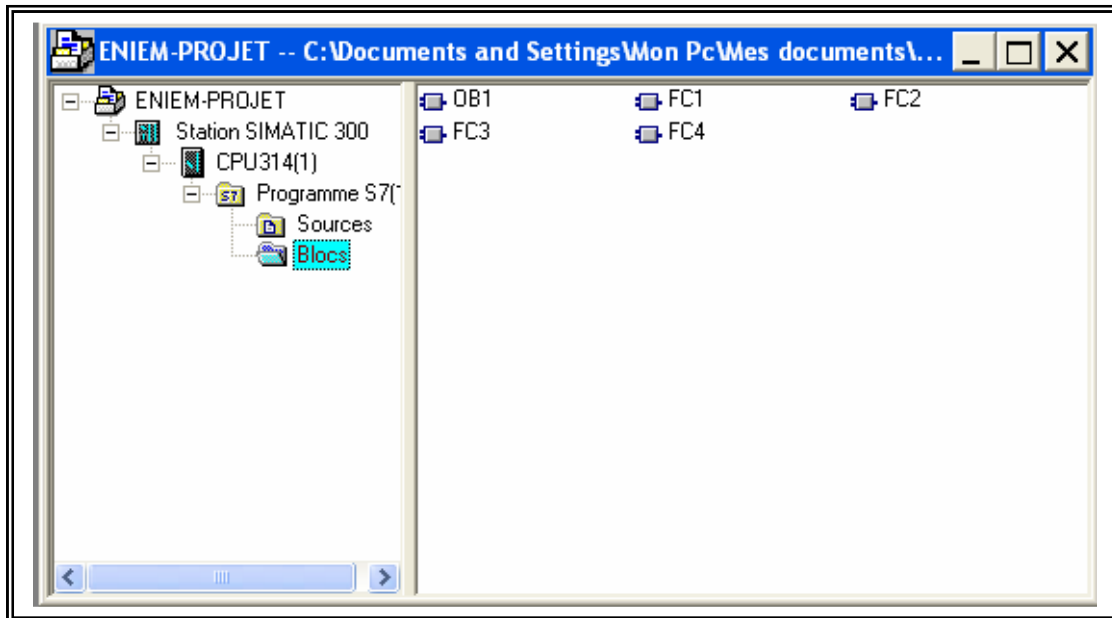


Figure V-13: Structure du programme de la chaîne

Quant à la structure hiérarchique des blocs de la chaîne elle est illustrée dans la figure suivante :

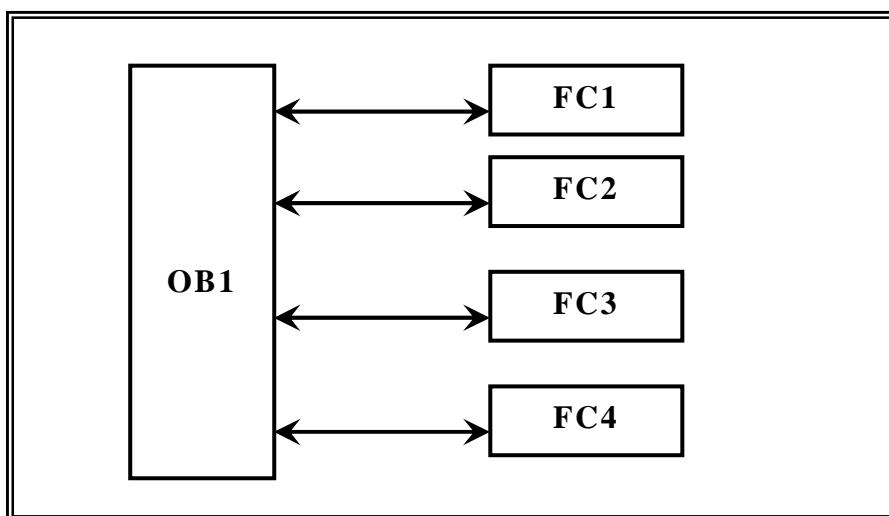


Figure V-13 : Structure hiérarchique des blocs de la chaîne.

Le programme utilisateur que nous avons écrit pour commander la chaîne est composé d'objets définis dans l'environnement de STEP7.

Le bloc **(OB1)** contient le programme principal.

Le bloc **(FC1)** contient le programme de mise en marche de la chaîne.

Le bloc **(FC2)** contient le programme de dispositif de renversement et de positionnement.

Le bloc **(FC3)** contient le programme de la machine de bordage N°1.

Le bloc **(FC4)** contient le programme de dispositif de transfert.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'automate programmable industriel S7-300, choisi comme solution adéquate, vu sa capacité d'extension et sa modularité qui lui permet de réaliser diverses fonctions, mais aussi la simplicité de câblage avec une énorme possibilité d'exploitation.

Le S7-300 présente un autre avantage qui est son langage de programmation le STEP7, celui-ci est très évolué vu ses interfaces faciles, il présente les possibilités suivantes :

- Possibilité de programmation en trois modes (CONT, LOG, LIST) adapté à chaque application ;
- Configuration et paramétrage du matériel.
- Une console de programmation permet de le compiler et de le transférer à l'automate mais aussi de l'exécution pas à pas et visualiser l'état des entrées/sorties.

Enfin il permet de tester, de simuler le programme grâce aux logiciels de simulation.

On a opté pour une programmation structurelle afin que l'opérateur puisse avoir les informations, nécessaires pour une bonne prise de décisions.

Notre prochain chapitre sera consacré à la simulation de la solution développée grâce au logiciel de simulation le S7 PLC-SIM.

Introduction :


Après l'élaboration du programme dans l'automate S7, nous arrivons à l'étape décisive du travail effectué, cette étape est la validation du programme par simulation, et vérification du bon fonctionnement de notre automatisme.

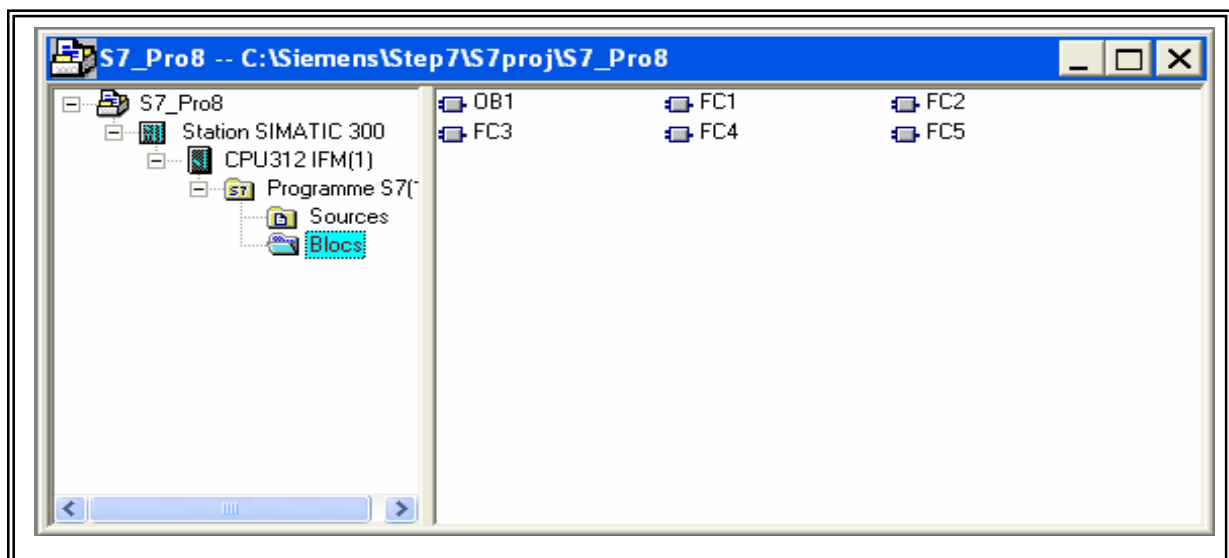
La simulation est faite avec le logiciel simulateur des modules physiques PLCSIM qui est un logiciel optionnel de STEP7, son utilisation impose l'installation de la version de la base de STEP7.

Le domaine d'application de logiciel S7-PLCSIM est le teste de programmations STEP7 pour les automates programmable S7-300 et S7-400, que l'on ne peut pas tester immédiatement sur le matériel, ceci peut avoir différente raisons :


- Petits blocs de programme qui ne peuvent pas encore être testés dans une séquence unique sur la machine ;
- L'application est critique, car il peut occasionner de dommage matériel ou blessure corporel en cas d'erreurs de programmation. La simulation permet de supprimer ces erreurs dès la phase de teste.
- Et dans le cas où on ne disposerait pas d'un automate physique.


VI-1. Etape de simulation d'un projet :

1. On lance le SIMATIC Manager par un double cliquer sur son icône 
2. Ouvrir la fenêtre qui contient le projet à simuler






FigureVI-1 : Fenêtre de l'environnement STEP7.

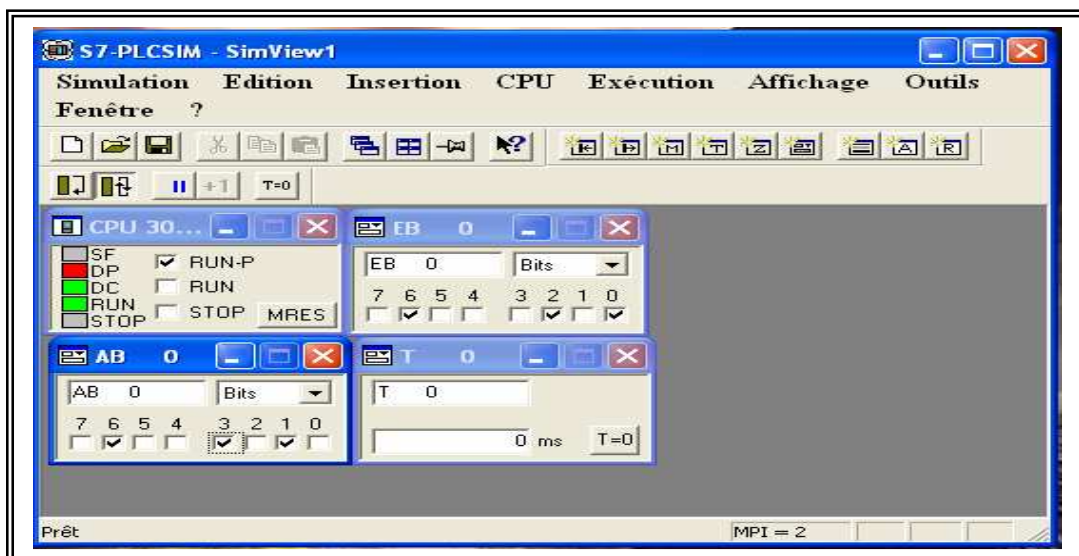
3. Activer le logiciel de simulation en cliquant sur l'icône  ou sélectionner la commande outils (simulation de modules). Cela lance l'application « S7-PLCSIM » et ouvre une fenêtre « CPU ».

4- Charger les blocs dans l'API de simulation en cliquant sur l'icône  ou choisir la commande de système cible (charger).

Après avoir exécuté le logiciel « S7-PLCSIM », et charger les blocs dans le simulateur, on crée des fenêtres d'affectations d'entrées et celles de visualisations de sortie de la manière suivante :


- Choisir le menu « CPU » dans S7-PLCSIM et vérifier qu'un noir apparaît à côté de (mettre sous tensions) ;
- Choisir la commande d'exécution (mode d'exécution) et vérifier qu'un point noir apparaît à côté de cycle continu ;
- Mettre la CPU de simulation en cliquant sur l'icône de case à cocher « RUN » ou « RUN-UP » ;
- Cliquant sur  ou sélectionner la commande insertion (entrée) pour afficher une fenêtre de module d'entrée E ;
- Cliquer sur  ou sélectionner la commande insertion (sortie) pour afficher une seconde fenêtre de module de sortie A ;
- Cliquer sur  ou sélectionner la commande insertion (temporisation) pour afficher une fenêtre de temporisation T.

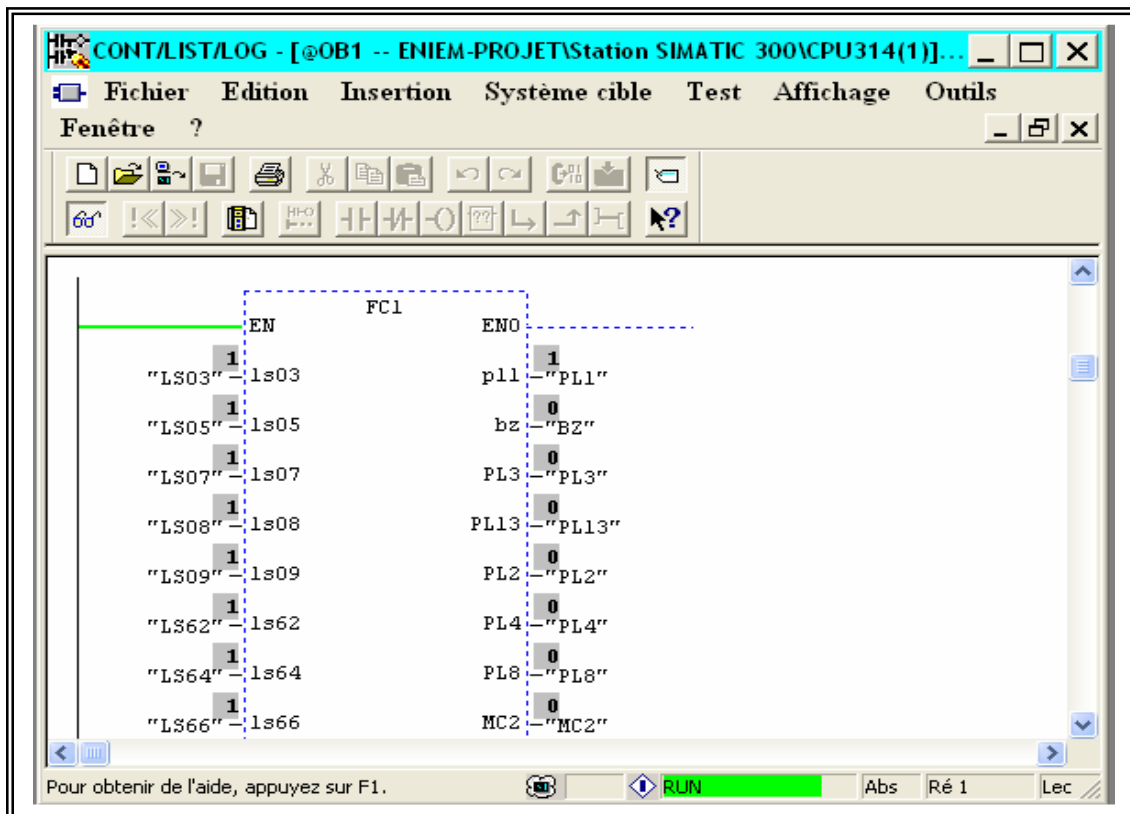
Une fois que toutes les fenêtres d'entrées et de sorties sont prêtes, on active les entrées pour lire l'état des sorties.



FigureVI-2 : Exemple de simulation avec S7- PLCSIM

VI-2 Visualisation de l'état de programme

Après avoir chargé le programme dans la CPU du simulateur et avoir mis cette dernier en mode RUN-P, le logiciel STEP7 nous permet de visualiser, avec la fonction Test (visualiser), ou en cliquant sur l'icône  les étapes des variables et les bits d'entrées et ceux de sorties comme le montre la figure ci-dessous. Les bits à 1 sont actifs et ceux à 0 sont inactifs.



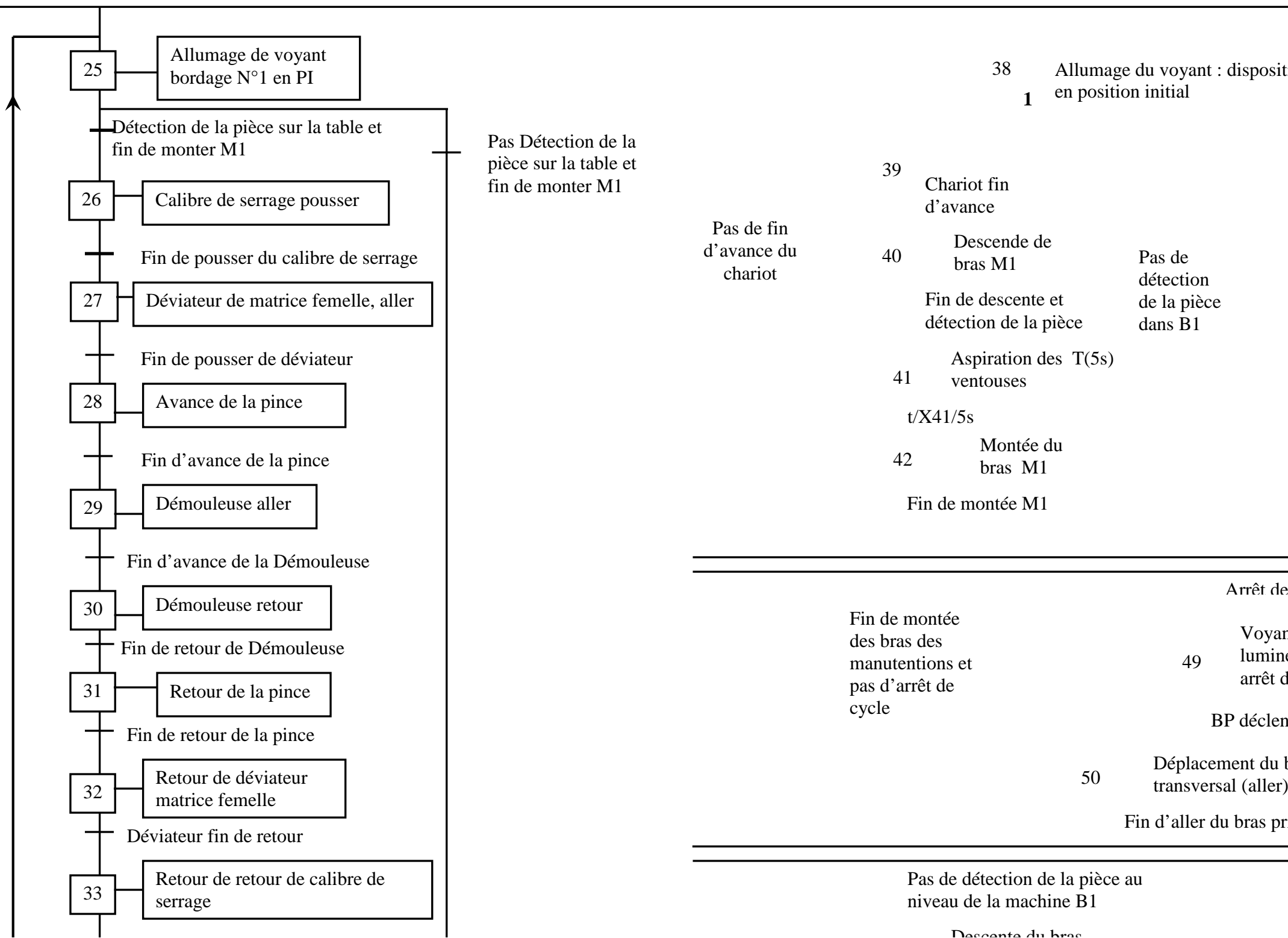
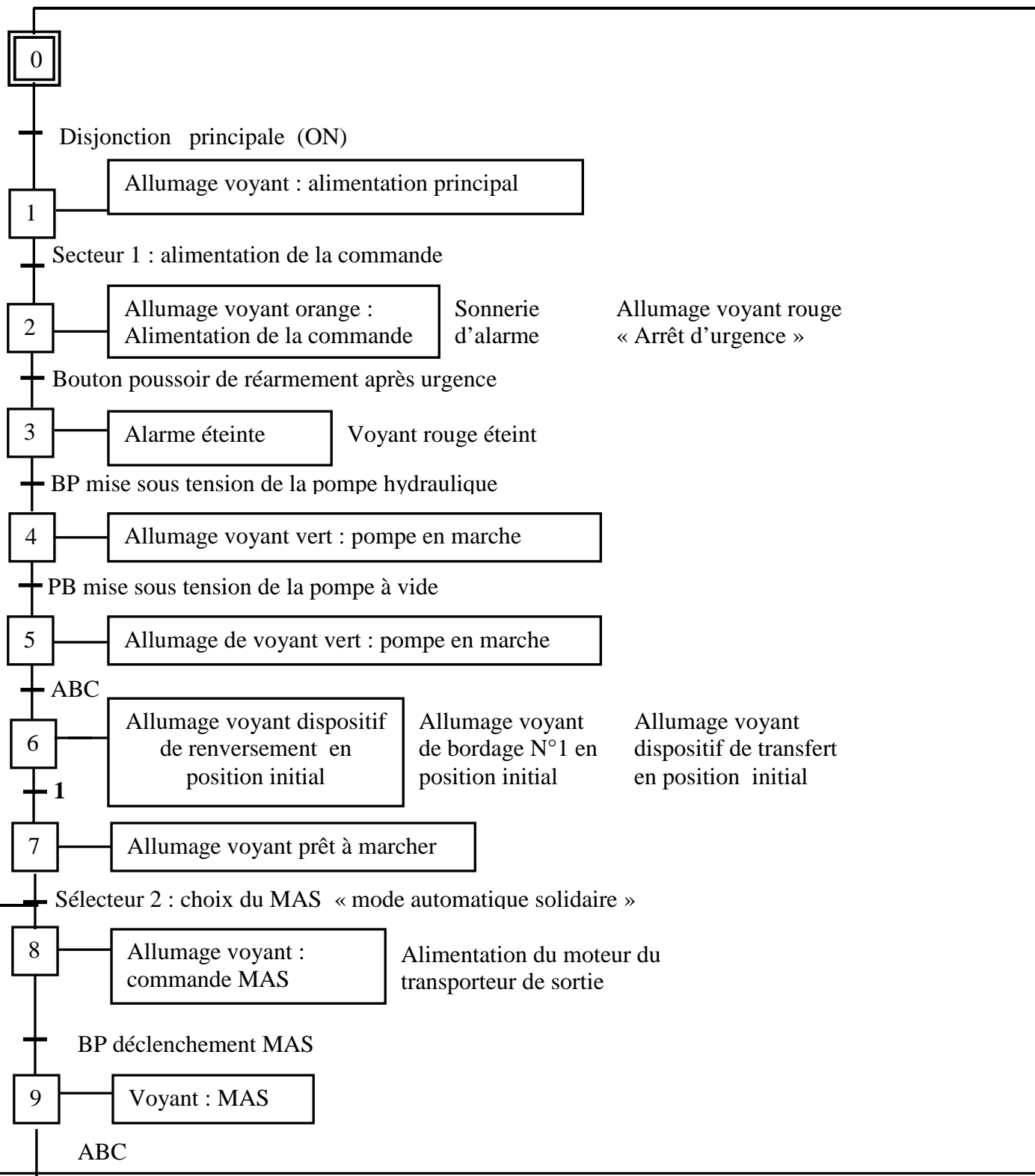
FigureVI-3 : Teste avec la fonction de visualisation

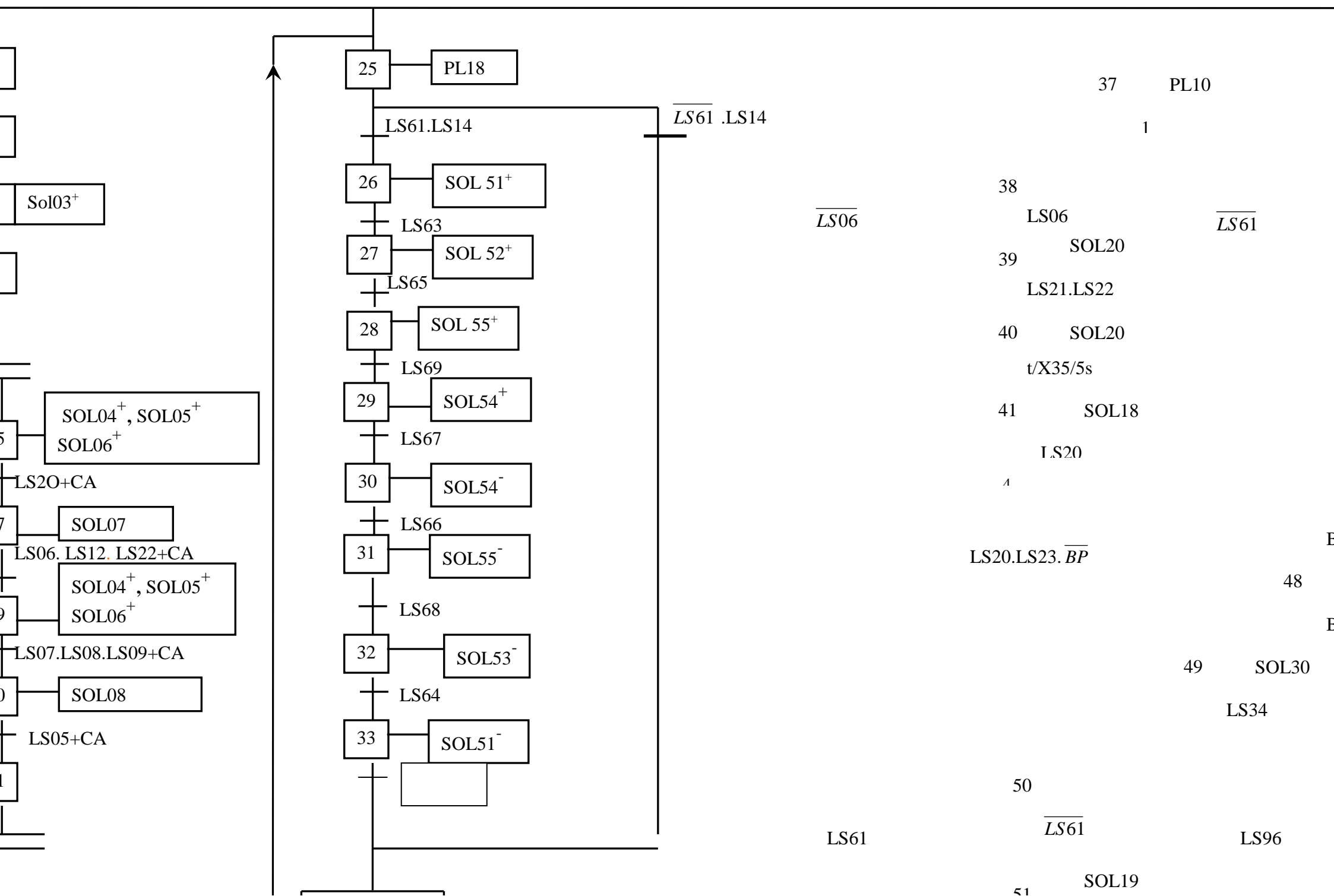
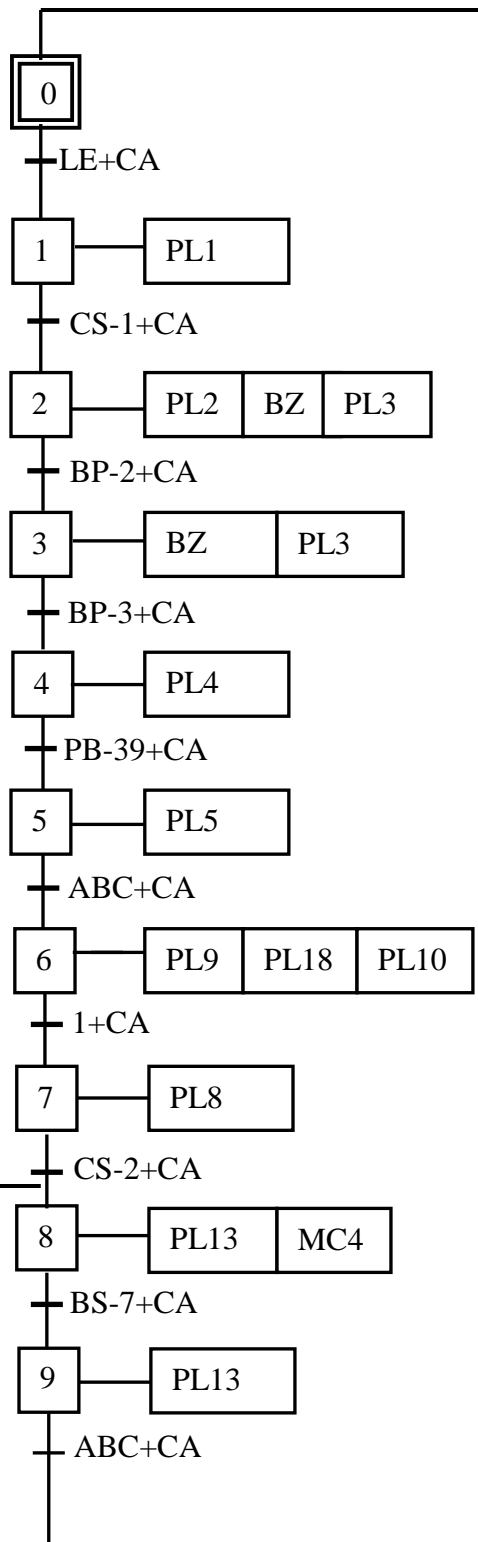
Conclusion

En absence d'un automate réel, le logiciel S7-PLCSIM devient l'outil indispensable pour la simulation des programmes et des concepts de commandes automatisé avant leurs implantations sur un système réel.

Ce logiciel nous a permet de corriger toutes les erreurs commises, et d'apporter les modifications sur le programme avec une très grande facilité. Il nous a permet aussi de valider et de visualiser le comportement des sorties et de simuler le programme.

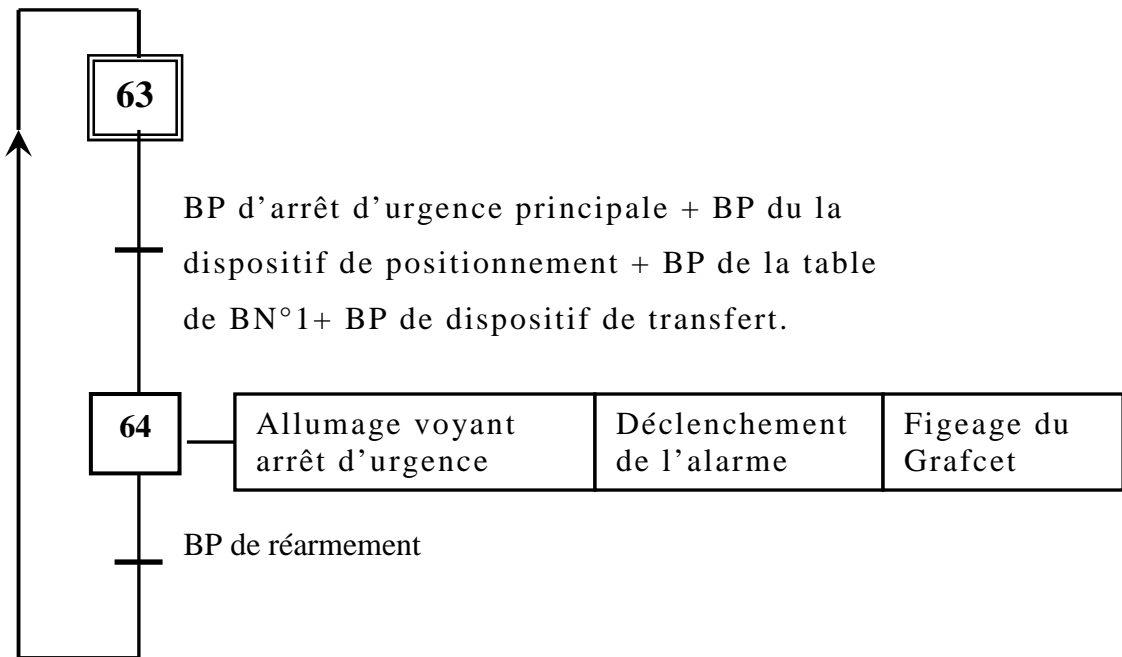
Porte bombée de réfrigérateur



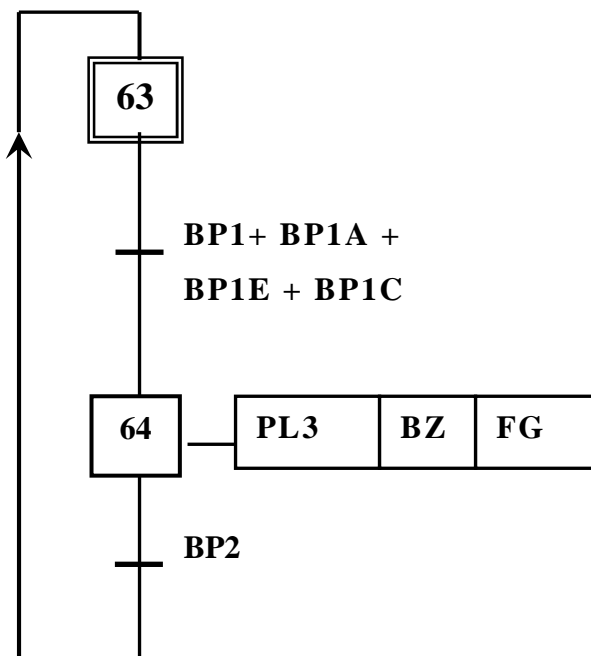


Grafcet de Gestion d'Arrêt d'urgence :

Grafcet Niveau 1 :



Grafcet Niveau 2 :



Conclusion générale

Dans une démarche structurée que nous avons entamée notre travail. Par une étude de la chaîne à automatiser, suivie d'une modélisation de fonctionnement de la chaîne par l'outil Grafcet, puis on a passé à la représentation de l'automate programmable industriel (API) S7-300 et son langage de programmation (STEP 7) et on a terminé par élaboration du programme de la chaîne. Pour valider le programme, on a simulé ce dernier à l'aide de logiciel de simulation (S7-PLCSIM) qui nous a permis de visualiser le comportement de la chaîne.

On constate que les visites effectuées dans le cadre de notre stage à l'entreprise « ENIEM » ont un grand apport en terme d'information et des 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 formation au domaine du travail. C'est dans cet environnement de diversités technologiques des différentes installations que nous avons élaboré ce travail, en profitant de l'expérience des travailleurs de l'entreprise (que se soit ingénieurs ou techniciens) pour mieux comprendre les procédés industriels.

On conclut aussi, que pour réussir un projet d'automatisation, il est très important, voire obligatoirement de bien modéliser le procédé qui conduit directement à l'élaboration d'un bon programme.

Après avoir étudié les API (S7 300) et consulté la documentation disponible sur eux, on peut affirmer que ce produit est la solution pour le pilotage des procédés industriels vu leurs supériorités sur le plan matériel et le logiciel comparés à d'autres A.P.I de la même gamme.

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

Finalement, nous souhaitons que ce travail, servira par la suite de support pour les étudiants des promotions à venir.

Bibliographie et Références

- (1)**: J-M BLEUX, J-L FACHON : « automatisme Industriels“ édition Nathan, 96 »
- (2)**: D-Blin, J-Danicn, F-Trolez, J-C Siéte « Automatique et Informatique Industrielle »édition CASTEILLA 1999
- (3)**: CHRISTIAN MERLAUD, JACQUE PERRIN, JEAN PAUL TRICHARD « Automatique, Informatique Industrielle » DUNOD, Parix 1995
- (4)** : RENE David, Hassan ALLA, « Du Grafcet aux réseaux de Petri »Edition HERMES, Parix1997
- (5)** : Y-LECOURTIER, B-SAINT-JEAN « Introduction aux Automates Industriels » édition MASSON, 1989
- (6)** PDF : Documentation technique SIEMENS 2004
- (7)** PDF : GUY Gauthier ing (Juillet 2001) modifié par Pascal Côté (Décembre 2003)
- (8)** : Documentation ENIEM
- (9)** : Source Internet.