

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



# Mémoire

de fin d'études

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

## Thème

*Automatisation de la station de préparation  
de l'isolant thermique  
« La mousse » à base d'API S7-300*

**Proposé par :**

Mr H.HAMITOUCHE (E.N.I.E.M)

**Présenté par :**

M<sup>elle</sup>. Yacine Hakima

M<sup>elle</sup>. Oukacine Sadia

**Dirigé par :**

Mr B.SALHI

**Promotion 2008**

# Remerciement

Nous tenons à remercier notre bon dieu, le tout puissant de nous avoir permis de mener à bien ce travail,

On remercie vivement Mr B. SALHI de nous avoir encadrées,

On remercie fortement Mr H. HAMITUOCHE de nous avoir proposées ce travail,

Nos remerciements s'adressent également au président et membres de jurys d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

# Sommaire

## Introduction générale

### Chapitre I : description de la station

introduction.....	01
I.1- composants chimiques utilisés.....	01
I.2-Partie opérative (PO).....	02
I.2.1-Les pré-actionneurs.....	02
I.2.1.1 Distributeurs .....	02
I.2.1.2 Electrovanne .....	03
I.2.1.3 Relais .....	03
I.2.1.4 Relais thermiques .....	03
I.2.2-Les actionneurs .....	03
I.2.2.1 Les moteurs asynchrones.....	04
I.2.2.2 Les pompes à piston.....	04
I.2.2.3 les vérins rotatifs à 2 positions.....	04
I.2.2.4 Les contacteurs .....	05
I.2.3 les capteurs.....	06
I.2.3.1-Les capteurs capacitifs du niveau .....	07
I.2.3.2-Capteur magnétique de position.....	07
I.2.3.3 -Capteur de débit.....	08
I.2.3.4- les pressostats électriques.....	08
I.2.3.5- Le Manomètre .....	09
I.2.4 Le Serpentin.....	09
I.2.5 le régulateur de température.....	09
I.2.6 Le mélangeur statique .....	10
I.2.7 Filtre.....	10
I.2.8 Le Clapet anti-retour à bille.....	10
I.2.9 Détendeur de pression.....	11
I.2.9 Agitateur.....	11
I.2.11 Le DOC.....	12
I.2.12L'armoire de sécurité .....	12
I.2.13 Les réservoirs.....	12
I.3 Le nouveau système .....	12
I.4 Cahier de charge .....	13
I.4.1Cahier de charge fonctionnel.....	15
I.5 Conclusion .....	16

## **Chapitre II : Modélisation de la station**

### **Partie1 : Modélisation par l'outil GRAFCET**

Introduction.....	17
II.1- Outil de modélisation GRAFCET.....	17
II.2- Composition du GRAFCET.....	17
II.2.1- Les étapes et actions associées .....	18
II.2.2 les transitions et les réceptivités associées .....	18
II.2.3 Les liaisons orientées .....	18
II.3 Les règles de construction d'un GRAFCET.....	18
II.3.1 Convergence et divergence en ET.....	18
II.3.2 Convergence et divergence en OU.....	19
II.3.3 La macro-étape.....	19
II.3.4 Action temporisée.....	20
II.3.5 action mémoire.....	21
II.4 les niveaux du GRAFCET.....	21
II.4.1-GRAFCET niveau 1.....	21
II.4.2- GRAFCET niveau 2 .....	21
II.4.3- GRAFCET niveau 3 .....	21
II.5 Règles d'évolution du GRAFCET.....	21
II.6 Mise en équation d'un Grafcet.....	22
II.7 Réalisation de Grafcet de la station.....	24
II.8 conclusion.....	40

### **Partie 2 modélisation par l'outil GEMMA**

Introduction .....	41
II-2-1 Le GEMMA.....	41
II-2 -2 Utilisation pratique du GEMMA.....	41
II-2 -3 Sélection des modes de marche et d'arrêt.....	42
II-2-4 Description du GEMMA.....	43
II-2 -5 Structure de GEMMA.....	43
II-2-6 Conditions d'évolution entre Modes de Marches et d'Arrêts.....	44
II-2-7 Notion de boucle opérationnelle.....	45
II-2-7 -1 Boucle PC hors énergie.....	45
II-2 -7 -2 Boucle marche normale.....	45
II-2-7 -3 Marche de réglage .....	46
II-2-7 -4 Arrêt de sécurité.....	46
II-2 -8 Passage du GEMMA au GMMA.....	47
II-2-9 Conclusion.....	53

## **Chapitre III : développement de la solution programmable**

introduction.....	54
III-1- Définition d'un API.....	54
III .2- Rôle d'un automate.....	54
III-3- Structure interne d'un API.....	55

III-4- Choix d'un automate.....	55
III-5- Structure de la programmation par automate.....	56
a) Traitement interne.....	56
b) Lecture des entrées.....	57
c) Exécution du programme.....	57
d) Ecriture des sorties.....	57
III-6 Langage de programmation des automates programmables.....	57
III-7 Présentation de l'automate S7-300.....	57
III-8 caractéristique de S7-300.....	58
III-9 Programmation des automates S7-300.....	59
III-10 Création d'un projet S7.....	59
III-11 Bloc du programme utilisateur.....	61
III-12 Fonction (FC).....	62
III-13 Simulation du programme.....	62
III-14 S7-PLCSIM.....	63
III.15 Conclusion.....	67

## **Chapitre IV**

Introduction.....	68
IV-1 Supervision automatique.....	68
IV-2 Intérêts de la supervision automatique.....	68
IV-3 WinCC.....	68
IV-4 Constitution d'un système de supervision.....	69
IV-4-1 Module de visualisation.....	69
IV-4-2 Module d'archivage.....	69
IV-4-3 Module de traitement.....	69
IV-4-4 Module de communication.....	70
IV-5 Applications disponible sous WinCC.....	70
IV-5- a Graphic designer.....	70
IV-5- b Tag logging.....	71
IV-5-c Global script runtime.....	73
IV-5-d Report designer.....	71
IV-5- e User administrator.....	71
IV-6 Procédure de programmation avec application.....	71
IV- 6 Conclusion.....	76

## **Conclusion générale**

### **Bibliographie**

### **Annexe**



# Introduction générale

L'Automate Programmable Industriel. API est devenu le constituant le plus répandu de l'automatisation. Il occupe une place de choix non seulement dans l'industrie mais aussi dans plusieurs secteurs, dans le but de remplir des rôles de commande et de communication, et répondre aux besoins d'adaptation et de flexibilité des activités économiques actuelles.

Dès son implantation, l'E.N.I.E.M (entreprise nationale des industries de l'électroménager) n'a cessé de chercher à automatiser ces différentes installations pour concurrencer les leaders mondiaux de l'électroménager. Elle a signé des contrats de travail avec des firmes internationales en vue d'améliorer la qualité de ses produits et de former une classe travailleuse qualifiée. C'est en 1987 que l'ENIEM a débuté l'expérience des installations automatisées avec la firme japonaise TOSHIBA puis elle s'est équipée d'une nouvelle installation automatique pilotée par SIEMENS.

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, nous avons effectué un stage pratique au niveau de l'unité froid. Notre travail consiste à automatiser la station de préparation de l'isolant thermique « la mousse » qui fonctionne actuellement par commande électrique. Il s'agit d'implanter un automate S7-300 de la firme Siemens.

Pour ce faire, notre travail est reparti en quatre chapitres :

- ✓ **chapitre I** : ce chapitre décrit le fonctionnement de la station ainsi que la présentation des différents composants de la partie opérative.
- ✓ **chapitre II** : dans ce chapitre nous procédons à la modélisation de la station, ceci est réalisé sur deux parties :
  - ◆ Partie I : modélisation par outil GRAFCET
  - ◆ Partie II : modélisation par l'outil GEMMA.
- ✓ **chapitre III** : ce chapitre est consacré à l'automate programmable industriel, en particulier l'automate S7-300 et son langage de programmation Step7.
- ✓ **chapitre IV** : dans ce dernier on s'intéresse au développement de la solution de supervision sur WinCC.



**Introduction**

Le système est un équipement qui permet d'obtenir un isolant thermique « la mousse » utilisé dans la fabrication des portes et des cuves des réfrigérateurs. En vue de l'automatiser nous allons présenter ces différents composants.

**L'ECOMIX :**

L'Ecomix est l'ensemble des éléments (pompes, réservoirs, mélangeur statique...) permettant sous certaines conditions (température, pression, débit) le mélange du pentane et polyol pour obtenir le premier produit nommé « R » envoyé au Serbato.

**I.1- Les produits chimiques utilisés :**

L'isolant « la mousse » réalisé par la station est constitué de :

- 1) Polyol : un produit alcoolique qui doit être à 21° c
- 2) Pentane : un gaz explosif en haute température. Sa température doit être maintenue à 19°C . Dans cette station ce gaz est soumis à la pression de l'azote qui le transforme de l'état gazeux à l'état liquide.
- 3) Isocyanate : est un produit qui doit être à 21°C.

Les réactions qui se déroulent dans la préparation :



- 4) L'azote : est un gaz qui est utilisé dans cette station pour :
  - la neutralisation quand le pentane se trouve dans une proportion bien déterminée dans l'air (en %), alors ce danger est réduit avec l'apport de l'azote.
  - La compression du gaz du pentane.

## I.2-Partie opérative (PO) :

Est l'ensemble des moyens matériels opérant physiquement sur les matières d'œuvre en vue d'assurer la production. On peut la décomposer en partie pneumatique : (distributeur, vérin) et en partie électrique (capteur, moteur , relais..).[1]

Elle est constituée de :

- Pré actionneurs (distributeurs , électrovanne...).
- Actionneurs (vérin , moteur...).
- Capteurs

### I.2.1- Pré-actionneurs

Les pré-actionneurs sont des composants permettant :

- ✓ d'adapter le faible niveau d'énergie disponible en sortie de la partie commande
- ✓ de distribuer ou de moduler l'énergie délivrée aux actionneurs (contacteurs, distributeur, variateur de vitesse...)

### I.2.1- Distributeurs :

#### a- Les distributeurs 5/2 à commande électrique :

Les distributeurs 5/2 sont des pré-actionneurs consistant à distribuer l'énergie pneumatique destinée aux actionneurs de façon constante. Sont situés entre la source d'énergie et les organes à actionner (vérin...).

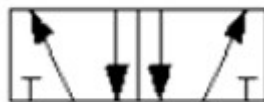


Figure I.1 : distributeur 5/2

Ces distributeurs sont définis par deux caractéristiques fonctionnelles:

- \* 5 orifices nécessaires au fonctionnement d'actionneurs.
- \* 2 positions définissant : l'une l'état de repos l'autre l'état de travail.

**b- distributeur 2/2 à commande électrique et retour à ressort :**

Le distributeur 2/2 est caractérisé par deux positions et deux orifices, l'enclenchement de ce distributeur se fait électriquement par contre le retour se fait par un ressort de rappel.

**Choix d'un distributeur**

Le choix se fait selon des paramètres comme la notion du taux de charge, la pression d'alimentation, le diamètre et la course du vérin

**I.2.1.2 – Electrovanne**

L'électrovanne est un élément d'interface. Elle Convertit un signal d'entrée électrique en information de sortie (commande électrique d'un distributeur). L'excitation d'une bobine déplace par l'effet magnétique un noyau qui assure directement la commutation pneumatique désirée.[2]

**I.2.1.3 Relais :**

Un relais est un composant électromagnétique permettant la transition entre un faible courant et un courant très important. Il possède plusieurs contacts de commutation qui sont activés simultanément pour la commande de différents circuits.

La construction des relais peut être très différente tandis que leur fonctionnement reste en principe identique :

- Lorsqu'une tension est exercée sur la bobine du relais via les contacts, un courant électrique circule dans les bobinages. Un champ magnétique se crée et place l'induit contre le noyau de la bobine.
- En présence de la tension le contacteur de commutation se ferme.
- En l'absence de tension le contacteur de commutation s'ouvre. [3]

**I.2.1.4- Relais thermiques :**

Les relais thermique sont destinés à la protection des circuits et des moteurs contre les surcharges, les coupures de phase, les démarrages trop longs. Ils informent la partie commande grâce à des contacts à ouverture ou à fermeture.

### I.2.2- Actionneurs :

Réalisent les actions et les interventions physiques que le système de commande impose au processus industriel ; ces actionneurs appartiennent à trois technologies : électrique (moteur, ...), pneumatique (vannes, vérins...), hydraulique (vérins, moteur hydraulique, ...).

#### I.2.2.1- Moteur asynchrone :

Le moteur asynchrone triphasé est un transformateur à champs tournant (champ électrique en rotation), il est constitué essentiellement du rotor et du stator.

Les courants triphasés alimentant le stator donnent naissance à un champ tournant qui induit les courants dans les conducteurs du rotor. L'action du champ tournant sur les courants génère des forces électromagnétiques qui font tourner le rotor.

La machine asynchrone est une machine à courant alternatif dont la vitesse du rotor est différente de celle du champ magnétique du stator.

#### Caractéristiques des moteurs utilisés

- une tension de 380 V.
- puissance :
  - \_ 58 KW pour la pompe du déchargement du polyol.
  - \_ 1.5KW pour la pompe du déchargement du pentane.
  - \_ 0.35KW pour l'agitateur du Serbato.
- Fréquence : 50Hz.

#### I.2.2.2- pompe à piston : *dite aussi volumétriques*

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Le mouvement de cet élément permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement. Le fonctionnement repose sur le principe suivant :

Exécution d'un mouvement cyclique. Pendant un cycle, un volume déterminé de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé à la fin.

**Les pompes volumétriques alternatives:** la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif. Le réglage du débit s'effectue en agissant sur la fréquence ou la course du piston.

### **I.2.2.3- vérins rotatifs à 2 positions :**

Est un actionneur pneumatique rotatif à double effet à deux positions qui permet de transformer l'énergie pneumatique en un travail mécanique (mouvements rotatifs). La course de ce vérin est déterminée par des détecteurs magnétiques.

### **Choix d'un vérin**

Les vérins pneumatiques sont choisis généralement en fonction de l'effort à exercer et de la pression disponible avec d'autres notions qui s'ajoutent tel que le taux de charge, les amortissements, débit et consommation d'air. Ceci constitue les critères de choix statique; par contre les choix dynamiques optimisant les temps du cycle nécessitent l'étude des mouvements du vérin pour tous ces modes de fonctionnement et l'analyse du comportement dynamique.

### **Le taux de charge :**

Pour être certain d'utiliser le vérin dans de bonnes conditions, on définit le taux de charge  $\zeta$  : qui est un paramètre qui tient compte à la fois des effets de la contre pression et des frottements internes ; son emploi élimine les risques de broutement.

$$\zeta = F_{\text{charge}} / F_s$$

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

$F_s$  : poussée théorique (P.S).

### I.2.1.3- Les contacteurs :

Sont des composants de puissance électrique permettant l'alimentation électrique d'un actionneur à partir d'une commande électrique à distance.

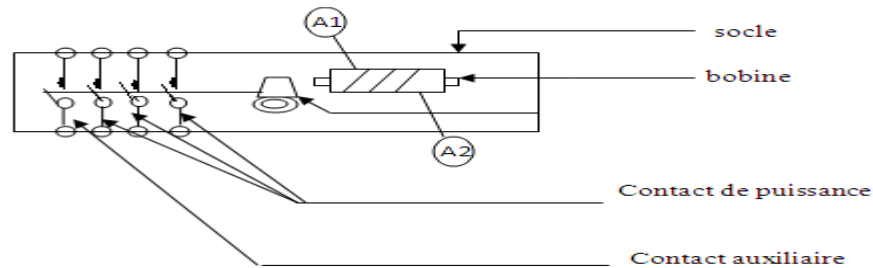


Figure I.2 : schéma d'un contacteur

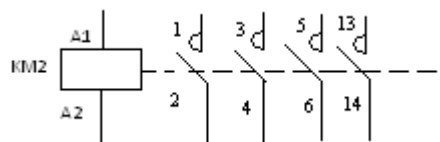


Figure I.3 Symbole générale du contacteur

#### Principe de fonctionnement :

L'excitation d'une bobine par un circuit de commande entraîne la fermeture ou l'ouverture d'un circuit de puissance par déplacement simultané d'un contact NO ou NF.

La tension de commande : continue ou alternative, de 24V à 380V.

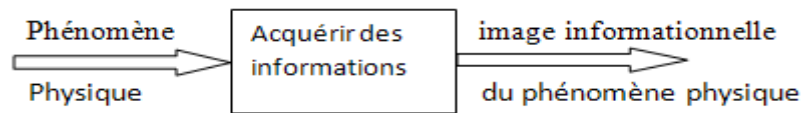
#### – Critères de choix d'un contacteur :

- Courant d'emploi
- Tension d'emploi
- Durée de démarrage

Il est caractérisé par son Installation aisée, Faible coût...

### I.2.3- Capteur

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



**Figure I.4** : schéma fonctionnel d'un capteur.

Les informations ainsi produites sont classées suivant leurs natures :

- ❖ Informations de type **logique** : Une information qui n'a que deux états distincts « 0 ou 1 », vrai ou faux, présence ou absence ...
- ❖ Information de type **analogique** : information dont l'état peut varier de manière continue.
- ❖ Information de type **numérique** : transmet des valeurs numériques précisant des positions, des pressions,..., pouvant être lus sur 8, 16,32 bits :
  - soit en parallèle sur plusieurs conducteurs.
  - soit en série sur un seul conducteur.

#### **Le choix d'un capteur :**

Dépend de multiples critères :

- En fonction de la grandeur mesurée (type d'événement à détecter) : capteur de position, de température, de vitesse de pression...etc.
- En fonction de l'information délivrée : capteur logique Tout Ou Rien (TOR), capteur analogique ou numériques.
- Ses performances (précision, Ambiance industrielle : Poussiéreuse, humide...)
- Sa fiabilité.
- Son prix et sa disponibilité.

#### **1.2.3.1- Capteurs capacitifs de niveau :**

Le fonctionnement des capteurs capacitifs est basé sur la variation d'un champ électrique à l'approche d'un objet.

Il est caractérisé par :

- Pas de contact physique avec l'objet détecté.
- Pas d'usure.

### 1.2.3.2- Capteur magnétique de position :

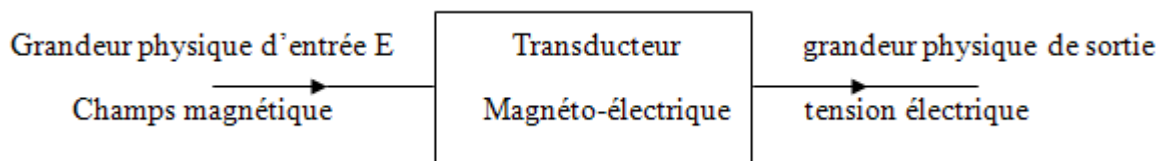
Baser sur la variation d'un champ magnétique à l'approche d'un objet.

### 1.2.3.3 - Capteur de débit :

Les capteurs de débit utilisés sont des Transducteurs **magnéto-électriques**

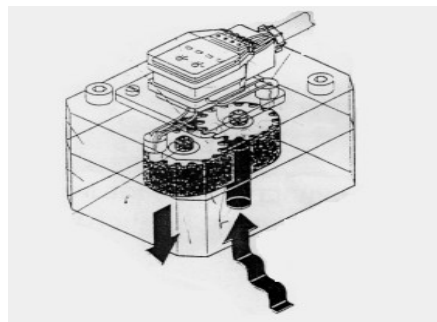
#### Principe

Ces transducteurs convertissent l'intensité d'un champ magnétique, grandeur physique d'entrée  $E$ , en une tension électrique, grandeur physique de sortie  $S$  comme c'est indiqué sur la figure :



**Figure I.5 :** principe du fonctionnement d'un transducteur.

La grandeur à mesurée est le débit qui fait tourner les engrenages du transducteur apportant une variation du champ magnétique qui se traduit sous forme de tension.



**Figure I.6 :** transducteur de débit.



### I.2.3.4- pressostat électrique :

Les pressostats électriques sont des capteurs fonctionnant en tout ou rien, transforment une information pneumatique en un signal électrique. Ils peuvent être équipés d'un manomètre qui permet le contrôle de la pression régnante dans un circuit.

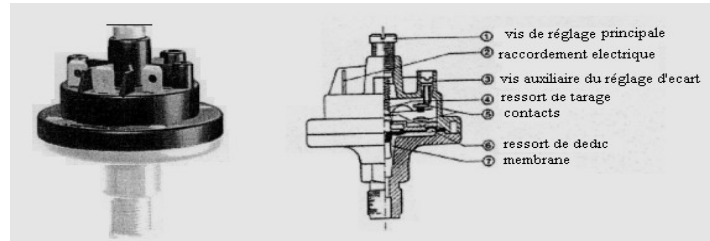


Figure I.7 : pressostat

### I.2.3.5- Le Manomètre

Le manomètre est un appareil utilisé pour l'indication de la valeur de la pression par affichage sur le cadran de cet indicateur.

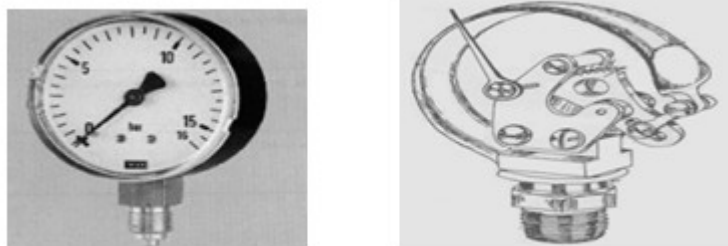


Figure I.8 : manomètre

### I.2.4 serpentin :

Le serpentin est un tuyau enroulé entre les armatures verticales des réservoirs d'une manière spirale, son rôle est de garder la température voulue du contenu des réservoirs par la circulation de l'eau qui peut être chaude ou froide selon la température désirée.

#### Fonctionnement :

La température est maintenue constante en faisant l'échange de chaleur entre le contenu d'un réservoir et l'eau du serpentin.

Pour avoir  $\Delta T$  avantageux il conviendrait d'avoir de l'eau froide à  $+7^{\circ}\text{C}++10^{\circ}\text{C}$  environ et de l'eau chaude de  $50^{\circ}\text{C}$ .

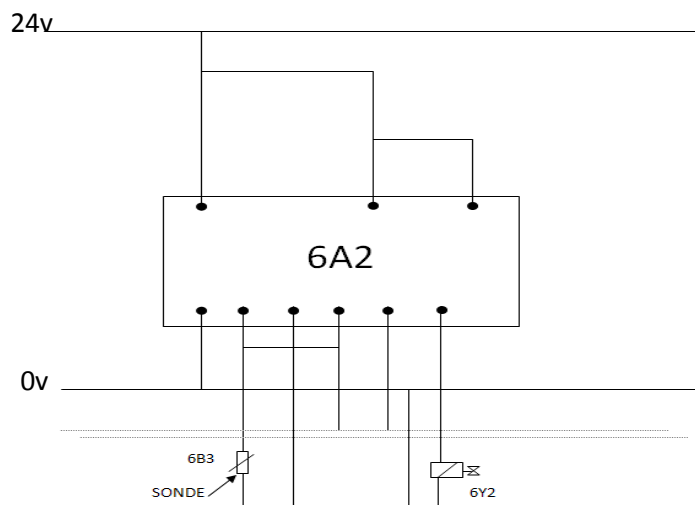
### I.2.5- Le régulateur de température :

Est un régulateur qui commande une vanne 2/2 qui permet le passage de l'eau froide ou chaude suivant l'information provenant de la sonde de température qui détecte deux valeur ;

Valeur positif : la température est en dessus de la valeur désirée  $\Rightarrow$  ouverture de la vanne de refroidissement, puis la fermer quand on attient la température désirée.

Valeur négative : la température est en dessous de la valeur désirée  $\Rightarrow$  actionnement des résistances de chauffages du l'eau circulant dans le serpentin et ouverture de la vanne qui se ferme dès l'atteinte de la température désirée.

Le circuit électrique de branchement a ce régulateur :



**Figure I.9:** thermorégulateur.

### I.2.6 Le mélangeur statique :

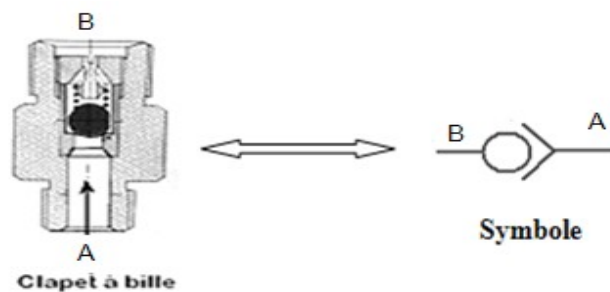
Le mélangeur statique est un tube métallique équipé d'un piston hélicoïdal permettant le mélange des produits.

**I.2.7- Filtre :**

Le filtre est utilisé Pour se débarrasser de toute substance non accomplie au mélange de production (éliminer les impuretés).

**I.2.8 - Le Clapet anti-retour à bille:**

Est un dispositif qui permet la circulation d'un fluide dans un seul sens et de bloquer le flux si celui-ci venait à s'inverser. Son fonctionnement se base sur une bille libre qui assure la fermeture par contact sur un siège conique. Ces clapets anti-retour sont des Systèmes simples et idéals pour les fluides agressifs. Cet élément peut être utilisé pour maintenir un circuit sous pression en cas de coupure d'alimentation.



**Figure I.11:** clapet anti-retour à bille

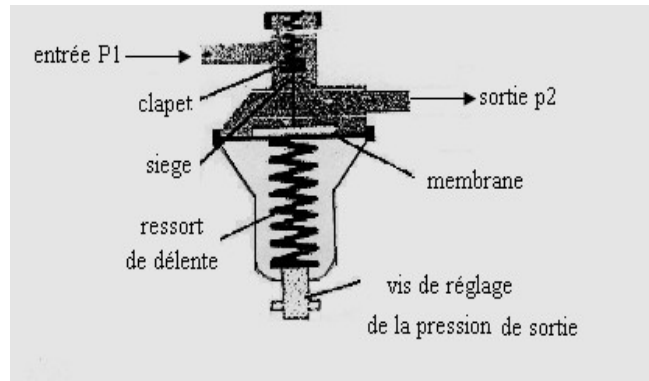
Le fonctionnement est comme suit :

1. L'arrivée du liquide de a vers b : le liquide ouvre le clapet et passe vers b.
2. de b vers a : l'arrivée du liquide provoque la fermeture du clapet.

**I.2.9 - détendeur de pression :**

Les détendeurs de pression sont des appareils qui abaissent la pression d'un gaz à une pression de détente stabilisée. De plus cette pression de détente doit être maintenue constante même si la pression de la source de gaz est variable.

L'influence de la pression d'entrée sur la pression de sortie est atténuée par le rapport de la section de l'orifice du siège à la surface de la membrane.



**Figure I.12** : détendeur de pression

### I.2.10- L'agitateur

L'agitateur est entraîné mécaniquement au moyen d'un moteur, il est fixé sur la paroi supérieure du réservoir de telle sorte que son axe soit en position verticale. L'axe de l'agitateur porte à sa partie inférieure une forme hélicoïdale qui est utilisée pour mélanger, nettoyer...etc.[1]

### I.2.11- Le DOC :

Le DOC est un afficheur qui permet d'avoir le rapport entre le débit du polyol et le débit du pentane afin de garder la même qualité du produit résultant « R ». Comme il est équipé d'un voyant qui s'allume en cas de défaillance.

### I.2.12 - L'armoire de sécurité :

La sécurité et le fonctionnement de la station sont assurés par cette armoire suivant les informations reçues des transducteurs (signal de débit) et du capteur de fuite (fuite de gaz du pentane).

### I.2.13- Les réservoirs : la station contient 4 réservoirs :

- deux réservoirs de 1000L (Polyol, Isocyanate).
- Réservoir de l'Ecomix de 100L (Pentane).
- le Serbato de 500L(R).

**Le nouveau système :** les modifications apportées au système sont au niveau de la commande et de la chaîne d'acquisition :

- Attribution des distributeurs et électrovanne commandant les vannes de chargement du polyol et d'Isocyanate qui sont actuellement commandées manuellement.
- Insertion des capteurs de niveau aux réservoirs du polyol et d'Isocyanate pour :
  - Le déclenchement des alarmes (capteurs niveau min et niveau max) .
  - La commande de chargement (capteurs niveau bas et niveau stop).
- Insertion des capteurs de position pour les vannes de chargement du polyol et de l'Isocyanate pour le retour de l'information qui détermine l'état de ces vannes.
- Insertion des capteurs de débit pour le chargement du polyol, pour le chargement et le déchargement d'Isocyanate afin d'assurer une protection des pompes contre le fonctionnement à vide.
- Insertion d'un capteur de pression pour le chargement du pentane pour déterminer le cas de défaillances (cas de fuite).
- Surveillance du moteur agitateur pour éviter la sédimentation du produit « R ».
- Commande à distance de la station à l'aide des vues de la supervision qui permet à une commande plus parfaite.

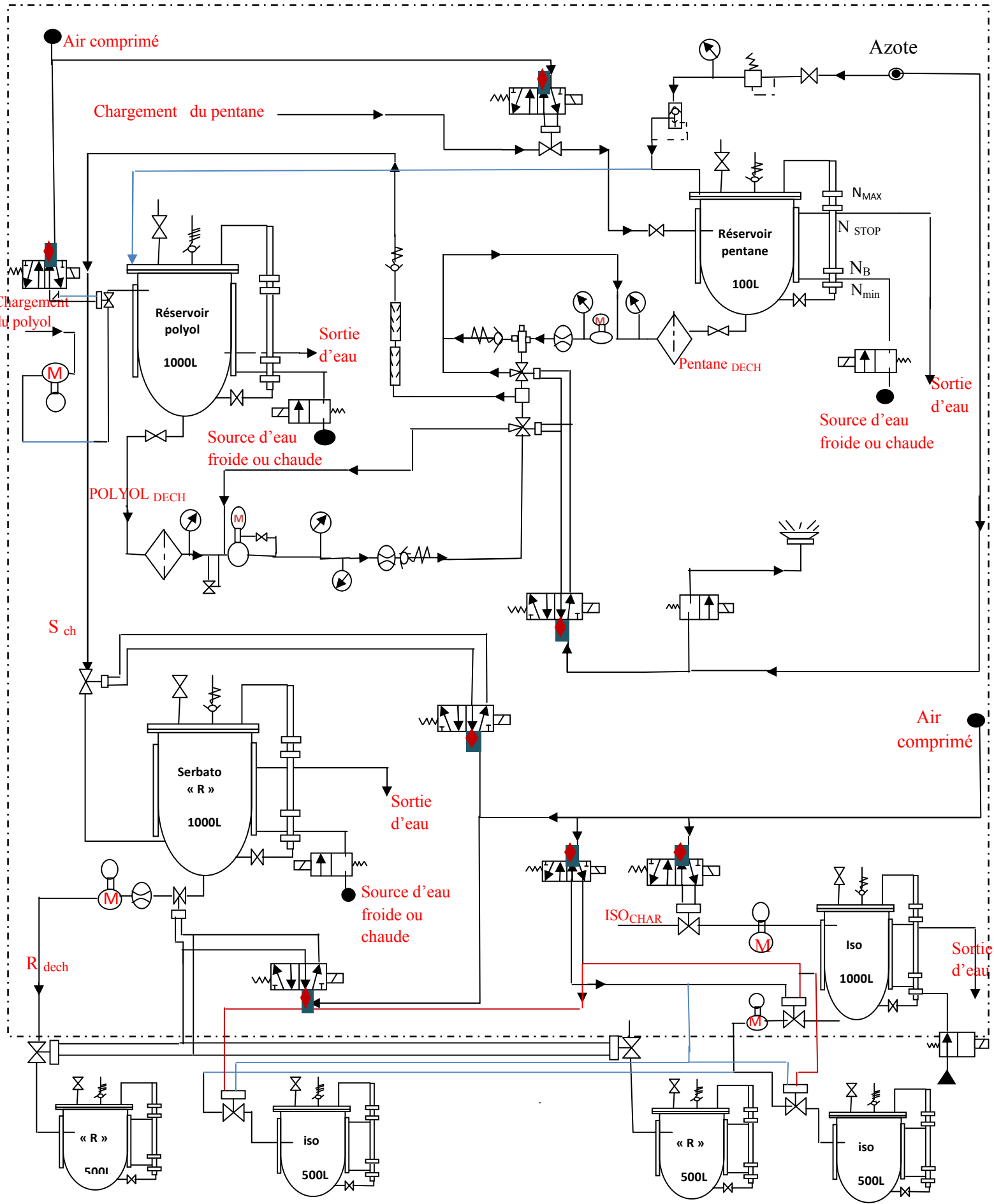


Figure I.13 Schéma fonctionnel du nouveau système.

### I.3 - Cahier de charge fonctionnel

Le cahier de charge d'un système automatisé est une description du comportement fonctionnelle désiré de ce système. Il permet d'analyser les relations entre la partie commande et la partie opérative et de déterminer les conditions du bon fonctionnement de l'automatisme.

#### **Cahier de charge**

La station fonctionne actuellement par une commande électrique (par relais) qui nécessite un câblage important ou toute modification est difficilement réalisable. Afin de réduire le câblage et de permettre des modifications futures sur le système, on propose une solution à base d'automate programmable industriel S7-300.

Le fonctionnement de la station se base essentiellement sur :

- ✓ Le fonctionnement de l'ECOMIX.
- ✓ Le fonctionnement du SERBATO.
- ✓ Le fonctionnement du réservoir de l'ISOCYANATE.

#### ***le fonctionnement de l'ecomix :***

A la présence du pentane et du polyol et la vérification des condition du bon fonctionnement (température, pression, niveau) et suivant la demande du Serbato , les pompes et les vannes de déchargement du pentane et polyol peuvent être actionnées par mode automatique ou manuel pour refouler les deux produits vers le mélangeur statique permettant l'obtention du produit noté « R » destiné au Serbato.

#### ***Fonctionnement de l'ensemble Serbato :***

Ce récipient est destiné à recevoir le produit « R » résultant, et de le distribuer vers l'atelier de production au cas de la demande. Il est équipé d'un agitateur qui sera actionné à la détection de la présence du produit dans ce réservoir (signal de capteur de niveau minimum).

Le Serbato est équipé d'une vanne de chargement qui s'ouvre ou se ferme suivant les signaux de ses capteurs de niveaux :

- ✓ L'ouverture se fait à la détection de niveau bas du Serbato.
- ✓ La fermeture se fait à la détection de niveau stop de chargement ou à la détection de niveau Max du Serbato.

***Le fonctionnement de l'ensemble du réservoir d'Isocyanate :***

Le fonctionnement de cet ensemble comporte le chargement et le déchargement du réservoir d'Isocyanate :

- Le chargement se fait suivant les signaux des capteurs de niveaux (niveau bas du réservoir d'Isocyanate).
- Le déchargement se fait suivant la demande par l'atelier de moussage.

Une fois que le « R » est produit, il se mélange avec l'Isocyanate au niveau de la tête d'injection pour obtenir l'isolant thermique (la mousse) destiné à la production.

**Remarque :**

- ◆ Les modes de chargement et de déchargement peuvent être simultanés.
- ◆ Les capteurs du niveau min et max sont utilisés pour l'enclenchement des alarmes.
- ◆ Chaque réservoir est équipé d'un serpentin ou circule de l'eau de refroidissement ou de chauffage selon la température désirée du contenu des différents réservoirs.

**Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté la station de production de la mousse à automatiser ainsi que son fonctionnement. Dans la perspective d'un développement d'une commande programmable, le chapitre suivant sera consacré à la modélisation du procédé par l'outil de GRAFCET afin de définir toutes entrées et sorties, puis par le graphique GEMMA pour étudier les différents modes de marche et d'arrêt.



## PARTIE I

### Introduction

Un système automatisé est un dispositif assurant le bon fonctionnement avec un minimum d'intervention humaine sur une machine ou une installation de production. Dans le but d'assurer la commande d'un système, nous devons trouver un moyen capable de vérifier le cahier de charge fonctionnel, qui sera simple à comprendre et à concevoir.

Le fonctionnement d'un automatisme peut être représenté graphiquement par l'outil de modélisation « **GRAFCET** » qui est considéré l'outil le plus répandu à la transmission de l'information entre les différentes parties d'un automatisme.

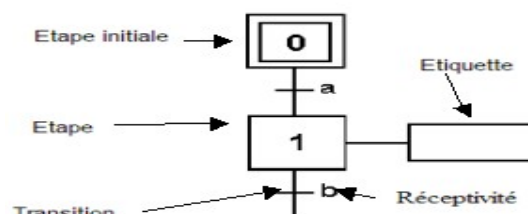
#### II.1.1- Outil de modélisation GRAFCET :

Le GRAFCET (**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande par **E**tapes et **T**ransitions) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier de charge, les différents comportements et l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance d'un système à automatiser. Il décrit les relations à travers la frontière d'isolement de la Partie Commande et de la Partie Opérative d'un système automatisé. L'établissement d'un grafcet suppose la définition préalable :

- du système
- de la frontière PO-PC, spécifiant la Partie Commande. [3]

#### II.1.2- Composition du GRAFCET:

Nous pouvons dire que le grafcet est un graphe cyclique composé alternativement d'étapes auxquelles sont associées des actions, et transitions auxquelles sont associées des réceptivités, reliées entre elles par des liaisons orientées(ou arcs orientés)



**Figure II.1** : composition du GRAFCET.

### **II.1.2.1- Les étapes et actions associées :**

Une étape caractérise une situation dans laquelle le comportement d'une partie ou de la totalité de l'automatisme est invariant.

A un instant donné et en fonction de l'évolution du système : une étape peut être active ou inactive

La situation de l'automatisme est définie par l'ensemble de toutes les étapes actives.

A chaque étape sont associées une ou plusieurs actions externes (sorties pour commander l'automatisme) ou internes (temporisation, comptage, traitement ou transformation d'information, calcul...) qui se réalisent lors de l'activation de l'étape à laquelle elles sont associées.

### **II.1.2.2- les transitions et les réceptivités associées :**

Une transition indique la possibilité d'une évolution entre une étape et une autre. Qui sera accomplie par le franchissement de cette transition.

On associe à chaque transition une proposition (ou une condition) logique appelée réceptivité qui, a un instant donné, peut être vérifiée ou non.

### **II.1.2.3- Les liaisons orientées**

L'alternance Etape-Transition et Transition-Etape doit être réalisée quelle que soit la séquence parcourue. [1]

## **II.1.3- Les règles de construction d'un GAF CET**

### **II.1.3.1- Convergence et divergence en "ET"**

Si plusieurs étapes doivent être reliées vers une même transition, alors on regroupe les arcs issus de ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale appelée convergence en "ET". Des étapes de synchronisation sont souvent indispensables avant la convergence, car la durée des différentes branches est très rarement synchrone. Si plusieurs étapes doivent être issues d'une même transition, alors on regroupe les arcs vers ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale appelée divergence en "ET".

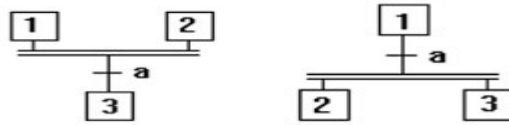


Figure II.2 : convergence et divergence en ‘et’.

**II.1.3.2-Convergence et divergence en “OU”**

Lorsque plusieurs transitions sont reliées à une même étape dans le sens vers étape (respectivement dans le sens d’étape), on regroupe les arcs par un simple trait horizontale et l’on parle de convergence en “OU” (respectivement de divergence en ou). les transitions lors d’une divergence en “OU” doivent avoir un caractère exclusif. Cela peut apparaître, dans la réceptivité ou sur la partie opérative elle même.

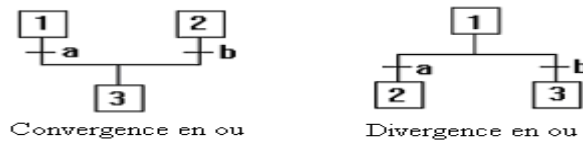


Figure II.3 : Convergence et divergence en ‘OU’.

**II.1.3.3-La macro-étape**

Une macro-étape est une représentation unique d’une succession d’étapes et de transitions. Elle est assimilable, par son fonctionnement, à un déroutement de programme sur interruption.

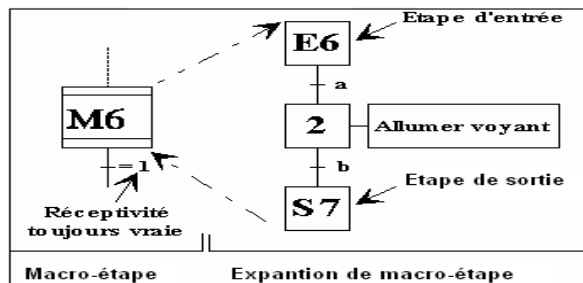


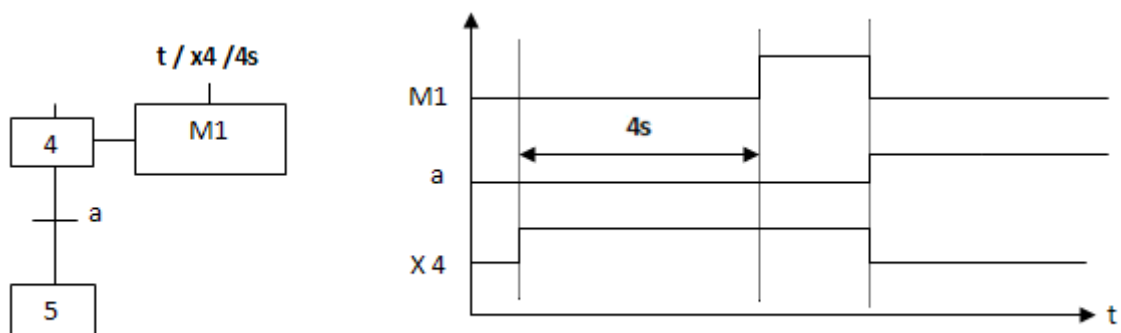
Figure II.4 : macro-étape

**II.1.3.4-Action temporisée :**

La durée du temps dans le grafcet peut être traitée soit au niveau de la description des actions ou dans l'écriture des réceptivités. On distingue deux types d'actions temporisées ; les actions retardées et les actions à durée limitée.

**Action retardée :**

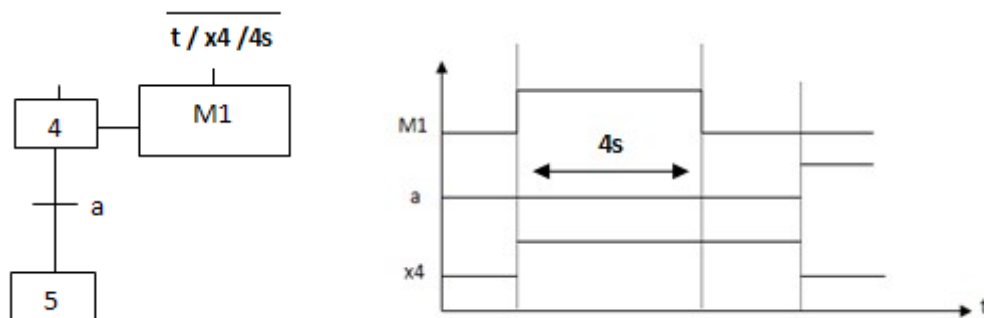
L'action M1 ne débute que 4s à partir du début de l'étape X4; cette action est toujours exécutée après la fin de la temporisation.



**Figure II.5 :** action retardée.

**Action à durée limitée :**

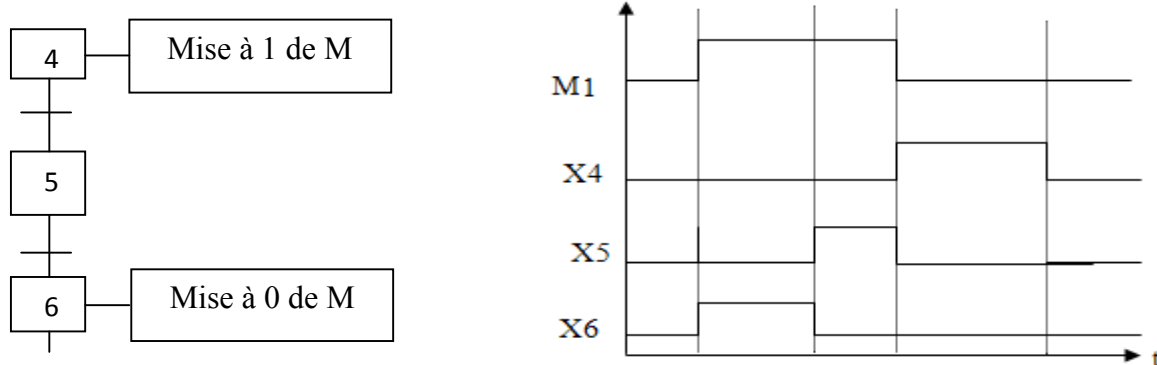
L'action M1 ne dure que 4s à partir du début de l'étape X4 ; cette action est exécutée tant que la durée de la temporisation n'est pas terminée.



**Figure II.6 :** Action à durée limitée.

**Action mémoire :**

Une fois l'action M est mise à 1 elle reste en état de marche tant qu'elle n'est pas mise à 0. Si l'état d'arrêt est vérifié on perd l'état mémoire précédent.



**Figure II.7 :** Action mémoire.

**II.1.4.1-GRAFCET niveau 1**

Le premier niveau, celui des spécifications fonctionnelles décrivant le fonctionnement du système automatisé indépendamment de la technique utilisée

**II.1.4.2- GRAFCET niveau 2 :**

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

**II.1.4.3- GRAFCET niveau 3 :**

Le grafcet niveau 3 reprend le GRAFCET niveau 2 avec une affectation des étiquettes aux informations d'entrée de l'automate et les étiquettes de sorties aux ordres. Il permet de s'adapter aux caractéristiques de traitement d'un automate programmable industriel donné.

**II.1.5 - Règles d'évolution du GRAFCET :**

Ces règles définissent les conditions pour lesquelles les états peuvent être actifs ou inactifs.

**Règle 1 :** situation initiale

La situation initiale caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative et correspond à l'étapes actives au début de fonctionnement.

**Règle 2** : franchissement d'une transition

Une transition est soit validée ou non, elle est validée si toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives et elle sera franchissable une fois la réceptivité associée est vraie.

**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.

**Règle 4** : Evolutions simultanées

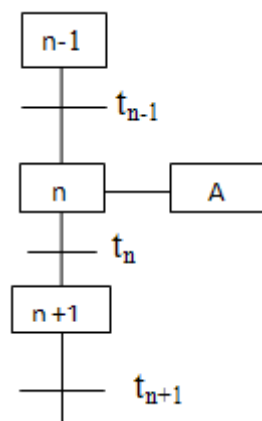
Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

**Règle 5** : Activation et désactivation simultanées d'une même étape

Si, au cours de franchissement de l'automatisme, une même étape doit être activée et désactivée simultanément, elle reste active.

**II.1.6- Mise en équation d'un Grafcet :**

Soit le grafcet de la figure I.8 :



**Figure I.8** : mise en équation du grafcet

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

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

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

De plus, la réceptivité  $t_n$  qui a une valeur binaire peut être :

$t_n = 1$  si la réceptivité est vraie.

$t_n = 0$  si la réceptivité est fausse

Afin de pouvoir programmer le grafcet, il est nécessaire de procéder à la mise en équation. On doit d'abord définir certaines variables importantes au déroulement du grafcet.

### **Les variables d'arrêt d'urgences :**

AU Dur (arrêt d'urgence dur) = 1 : désactivation de toutes les étapes du grafcet.

AU Doux (arrêt d'urgence doux) = 1 : désactivation des actions ainsi que les étapes restent actives.

### **Pour une étape initiale**

Init = 1 initialisation du grafcet (mode arrêt).

Init = 0 : déroulement du cycle, grafcet en marche (mode marche).

Les différentes règles d'évolution du grafcet citées, permettent de déduire les variables intervenant dans l'activation et la désactivation des étapes et les actions déterminé par les équations suivantes :

### **Pour une étape initiale :**

Condition d'activation :  $CAX_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + Init) \overline{AUDur}$ .

Condition de désactivation :  $CDX_n = X_{n+1} * \overline{Init} + AUDur$ .

### **Pour une étape non initiale :**

Condition d'activation :  $CAX_n = X_{n-1} * t_{n-1}$

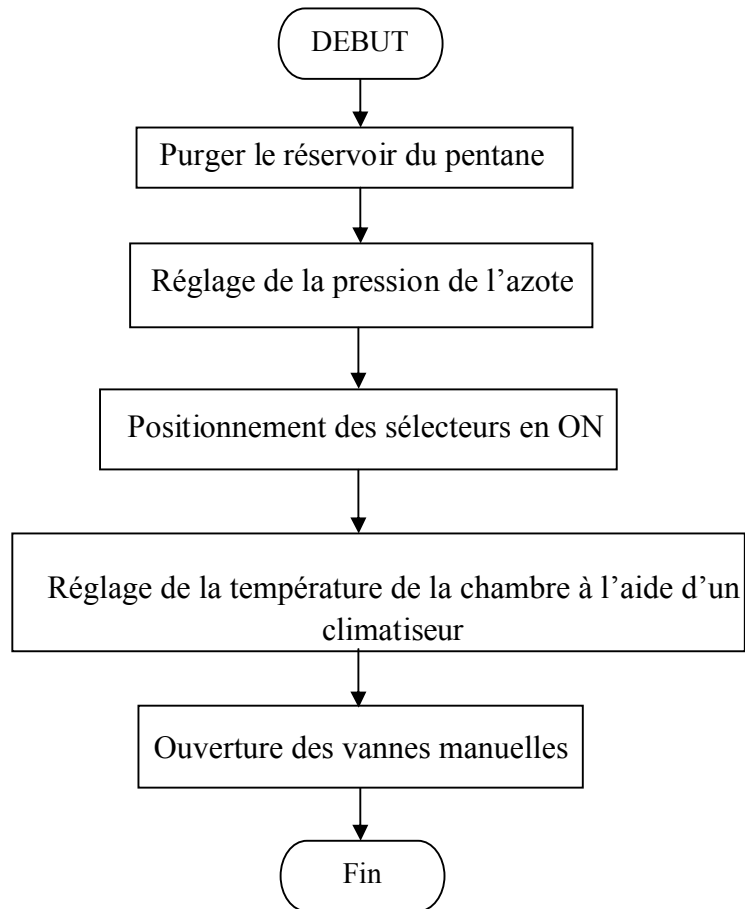
Condition de désactivation :  $CDX_n = X_{n+1} + Init + AUDur$ .

**Pour l'activation de l'action :**

$$A = Xn * \overline{AUDoux}$$

**Réalisation du grafcet de la station**

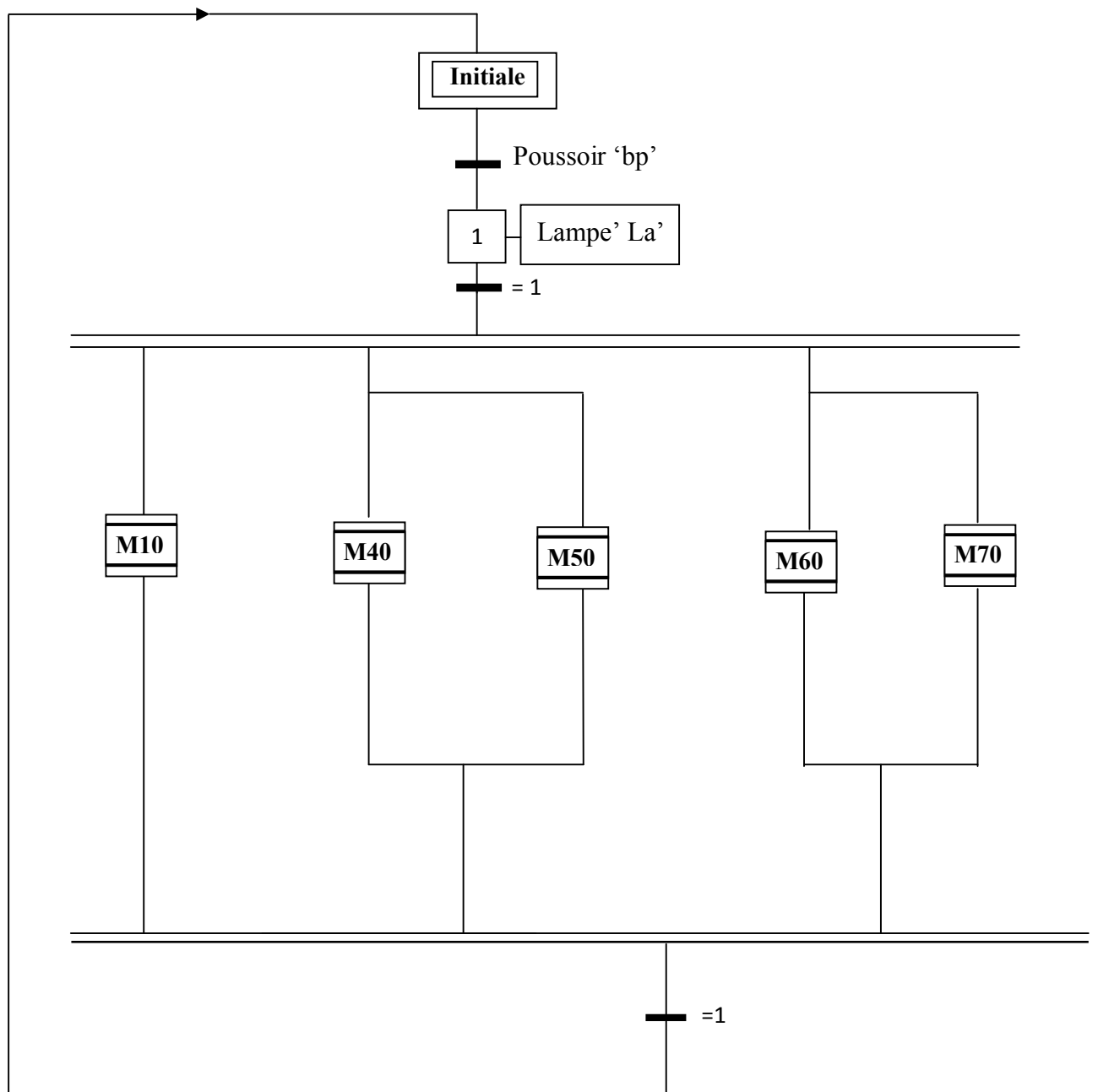
Pour la mise en marche de la station, l'opérateur doit mettre sous tension les différents compartiments, et effectuer d'autres vérifications comme l'indique l'organigramme suivant :



**Figure I.14** : organigramme des vérifications avant production



**Le bloc du grafcet d'ecomix et du Serbato :**



**M 10** : présente le grafcet de régulation de la température.

**M 40** : présente le grafcet de mode automatique de l'ecomix.

**M 50** : présente le grafcet de mode manuel de l'ecomix.

**M 60** : présente le grafcet de mode automatique du serbato.

**M 70** : présente le grafcet de mode manuel du serbato.

**Conditions utilisées dans la réalisation du grafcet :**

Condition initiale de l'ecomix(CI) :

$$\mathbf{CI} = \text{Cp1} * \text{Cp2} * \text{Cp3} * \text{Cp4} * \text{Cp5} * \text{aru} * 2\text{F6} * 2\text{F8}$$

Condition' :

$$\mathbf{C}' = \text{Sauto} * \mathbf{C} * (\text{Rkt5} + \text{Cf5} * \text{Cf6} + \text{Co5} * \text{Co6})$$

Condition de chargement au Serbato :

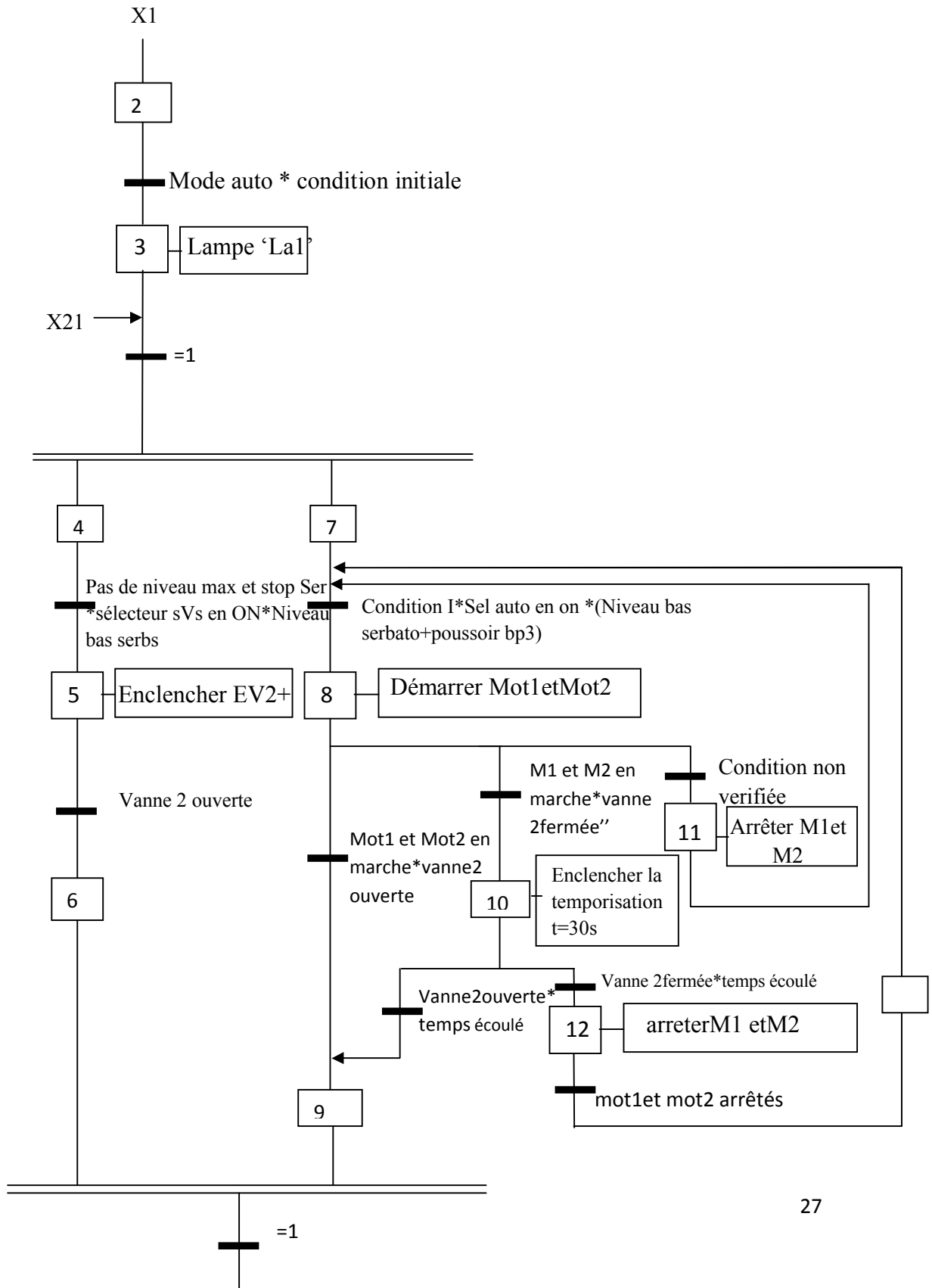
( voir annexe)

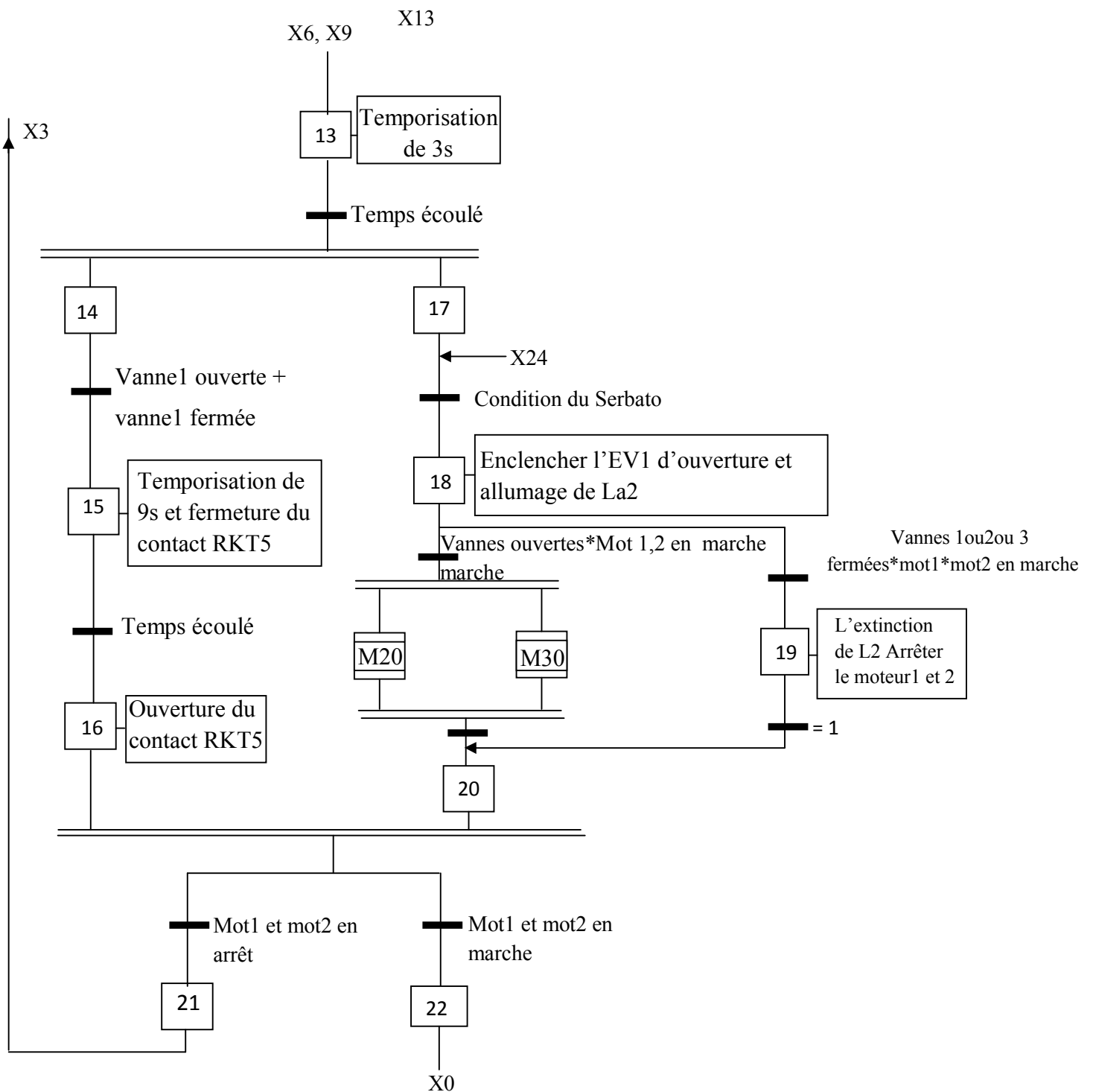
$$\mathbf{C} = \text{S1} * \text{Nbs} * \text{Nss} * \text{NMs}$$

**Application du grafcet pour la modélisation de la station :**

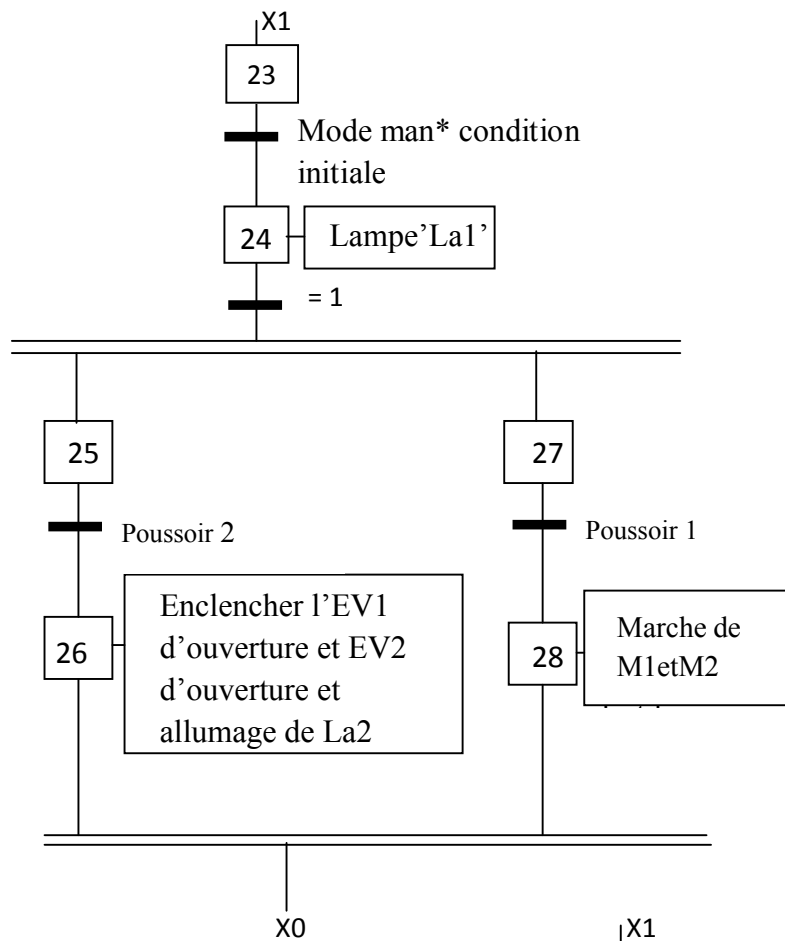
**Grafcet niveau 1 :**

**Grafcet niveau 1 du bloc ECOMIX (mode automatique)**

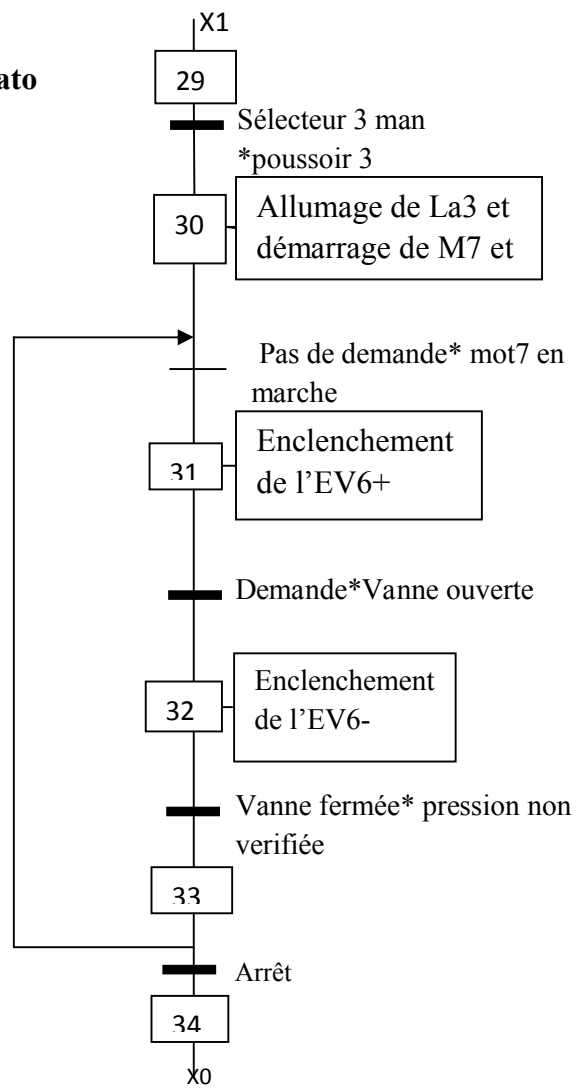




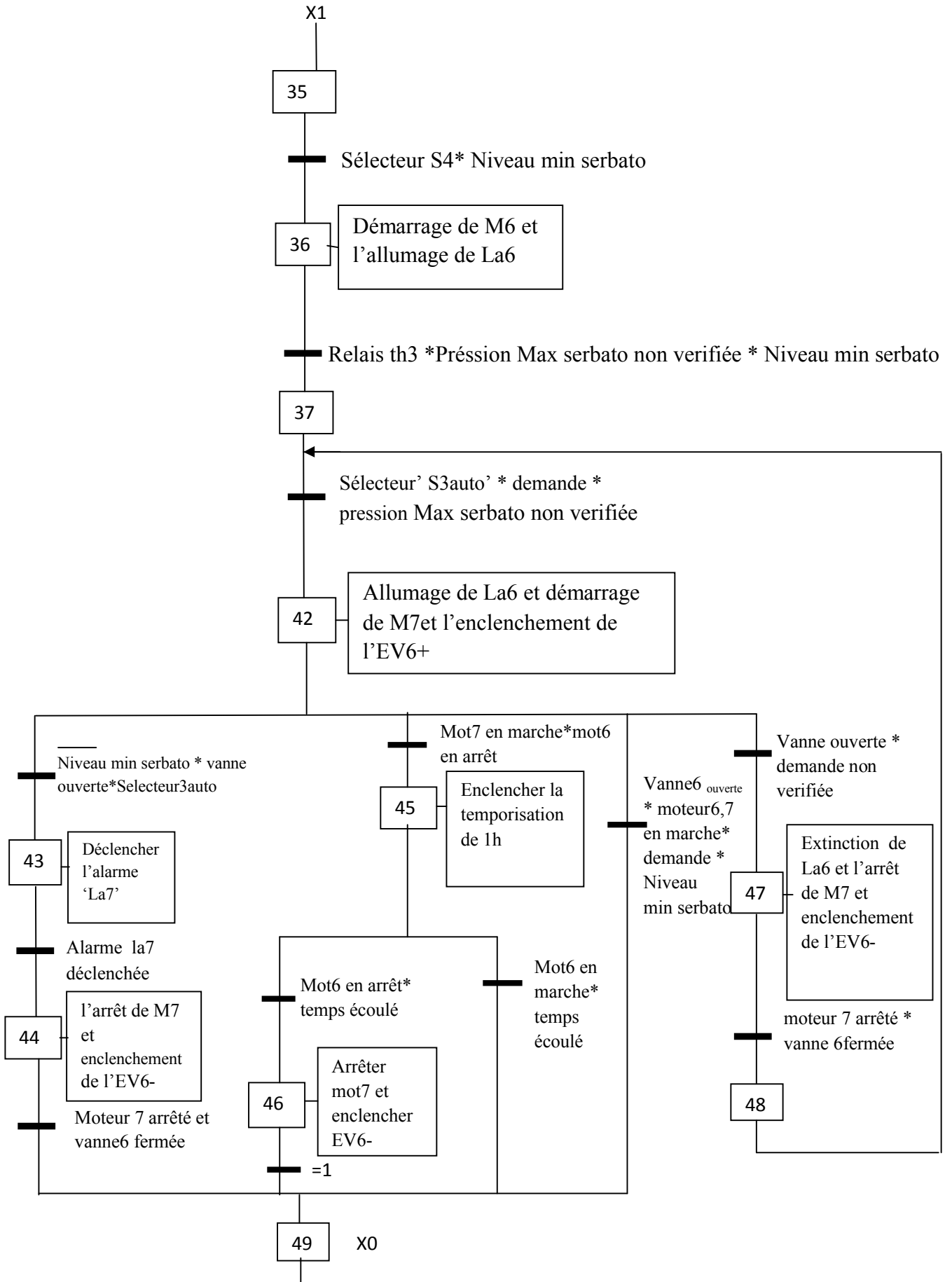
**Grafset niveau 1 du mode manuel d'ecomix**



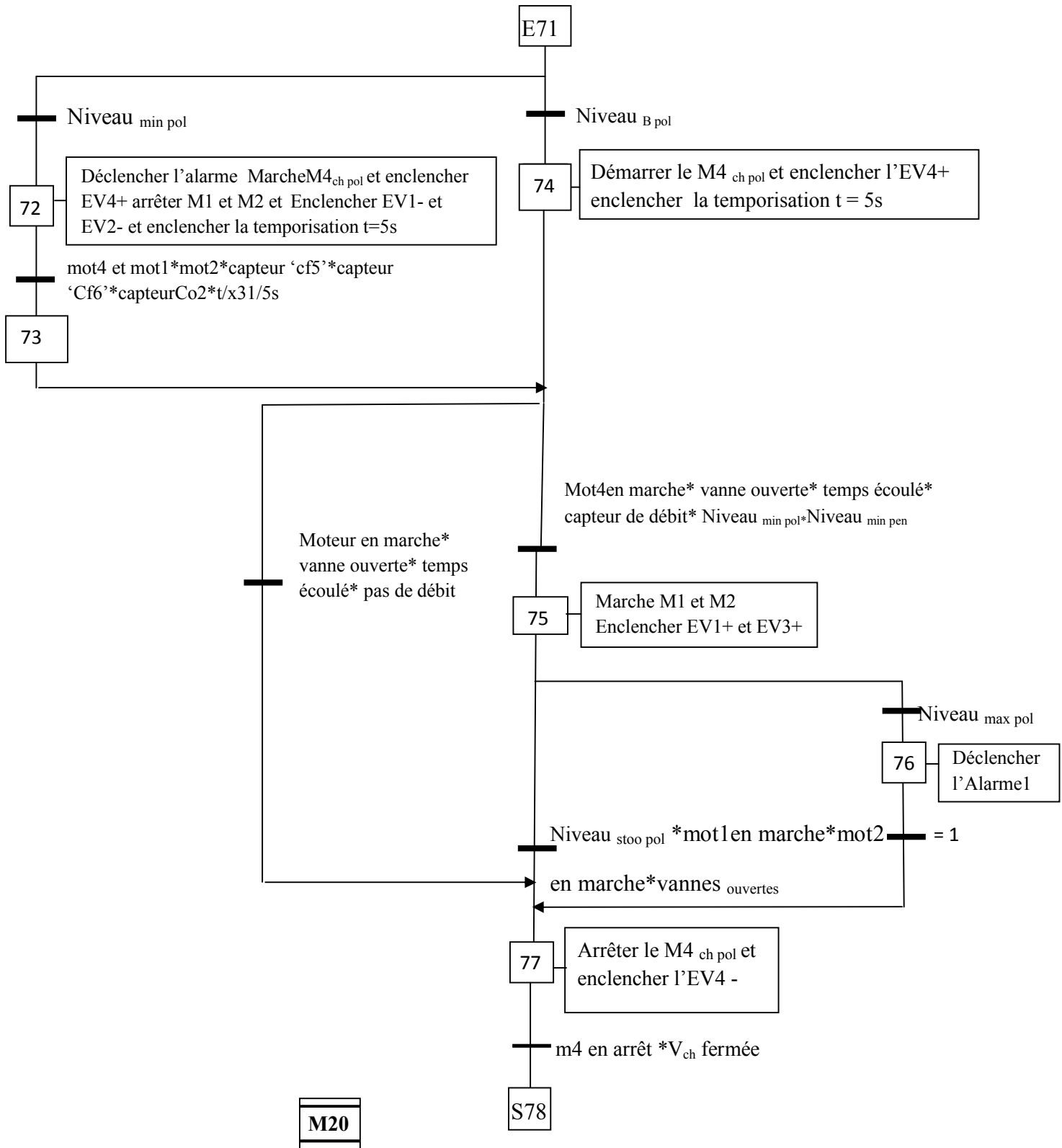
**Grafset niveau1 du Mode manuel du Serbato**



**Grafct niveau1 du bloc de Déchargement du Serbato**

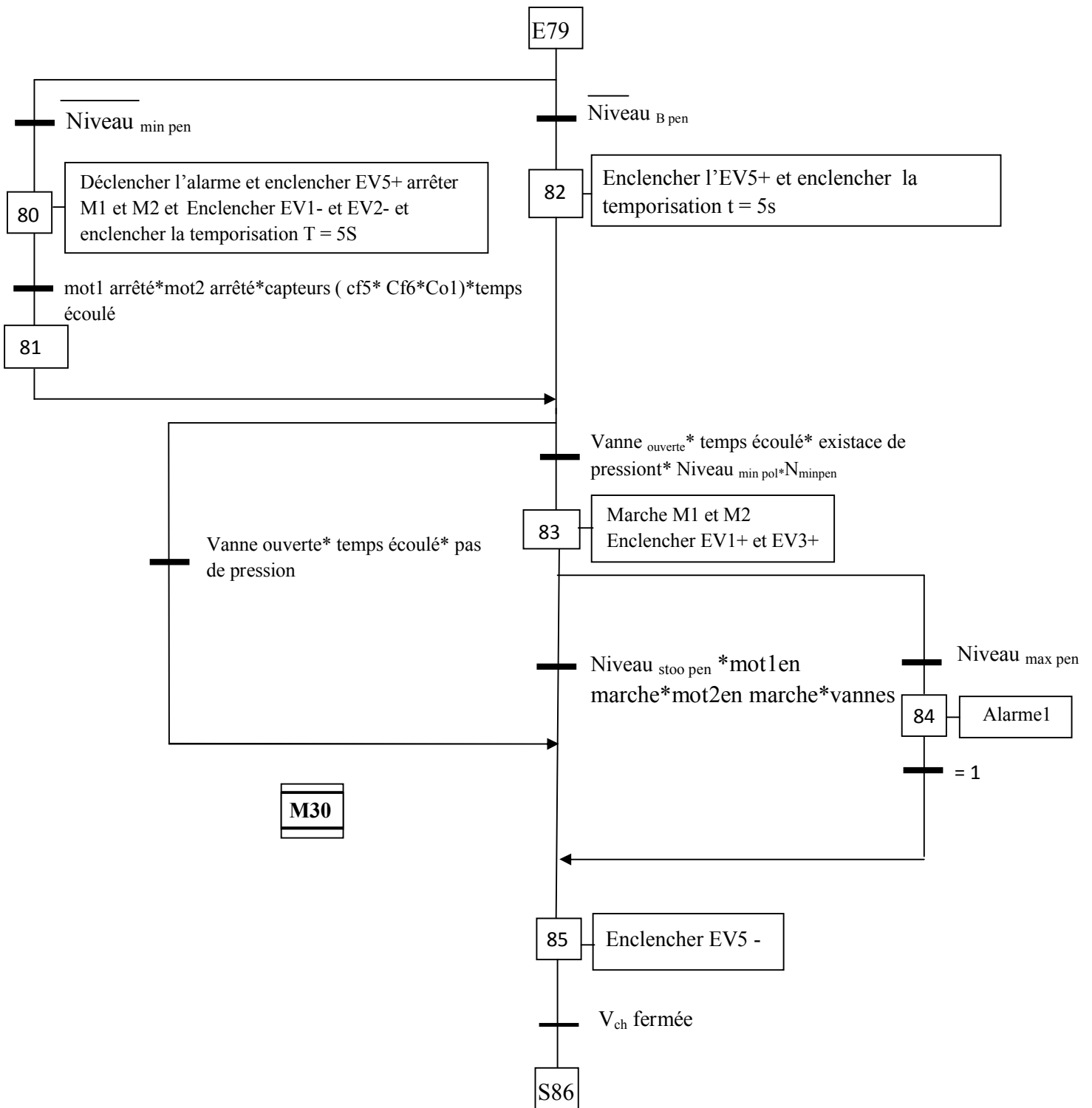


**Grafctet niveau 1 de la macro-étape M20**



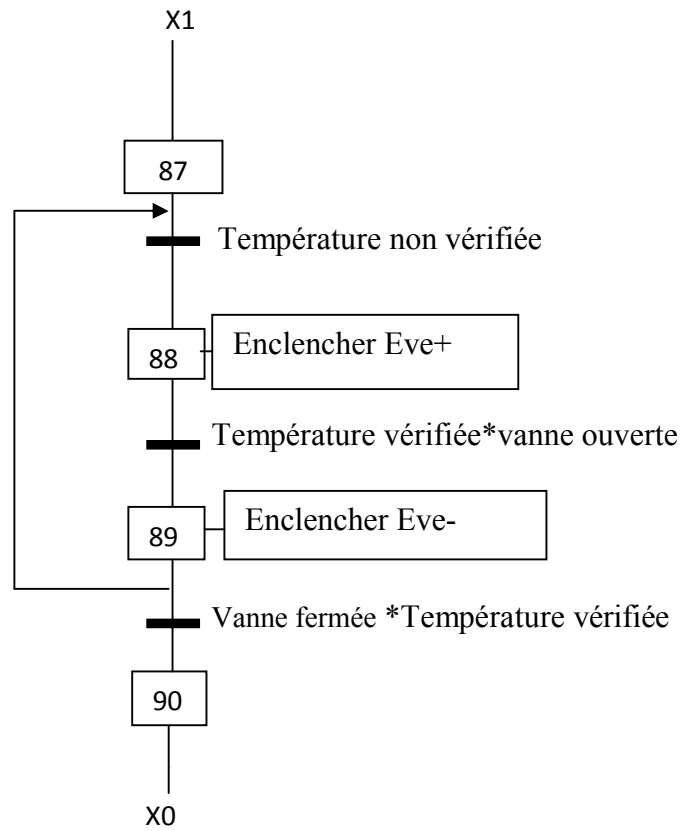
**Figure : macro-étape M20**

**Grafcet niveau 1 de la macro-étape M30:**



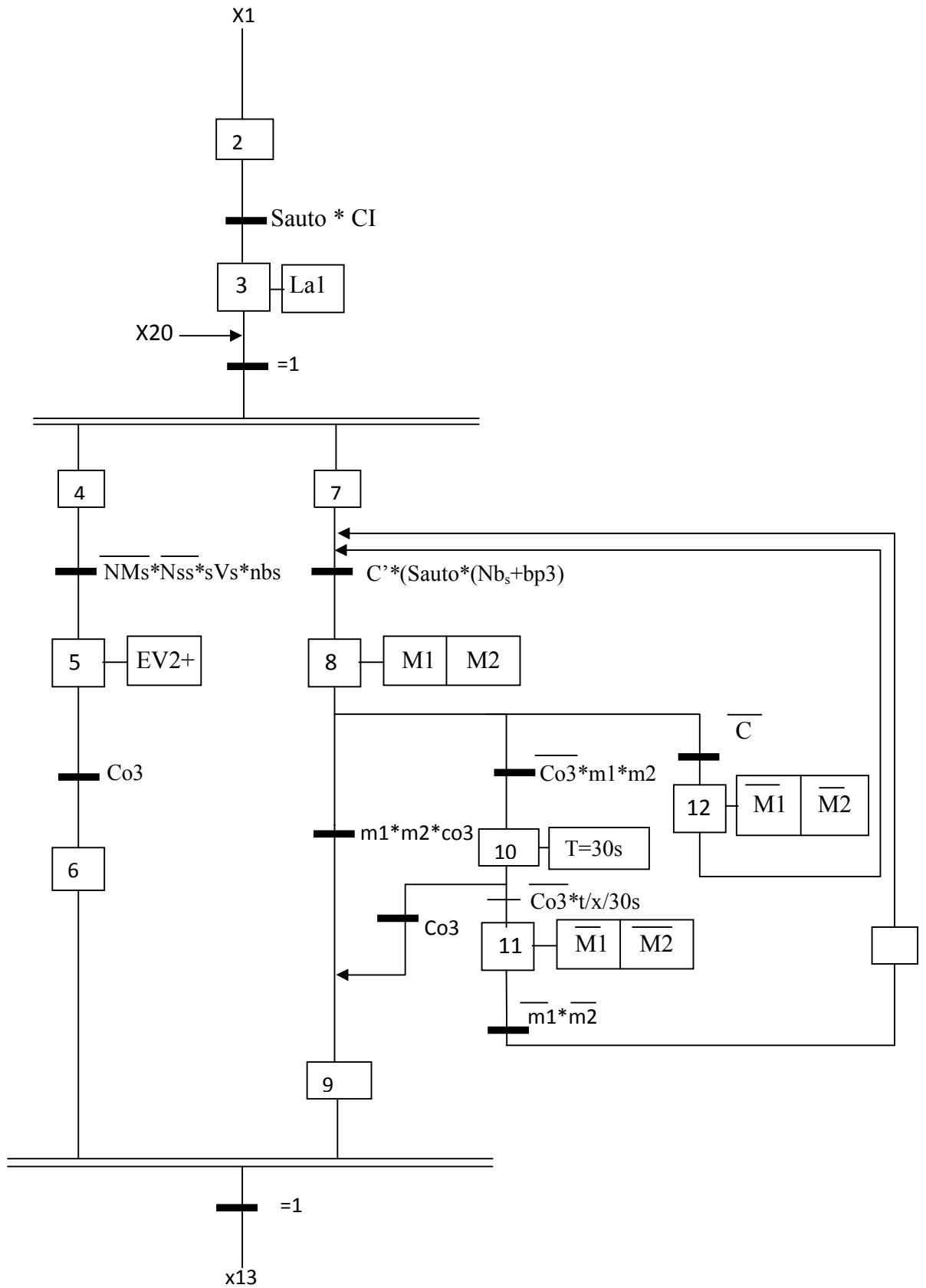


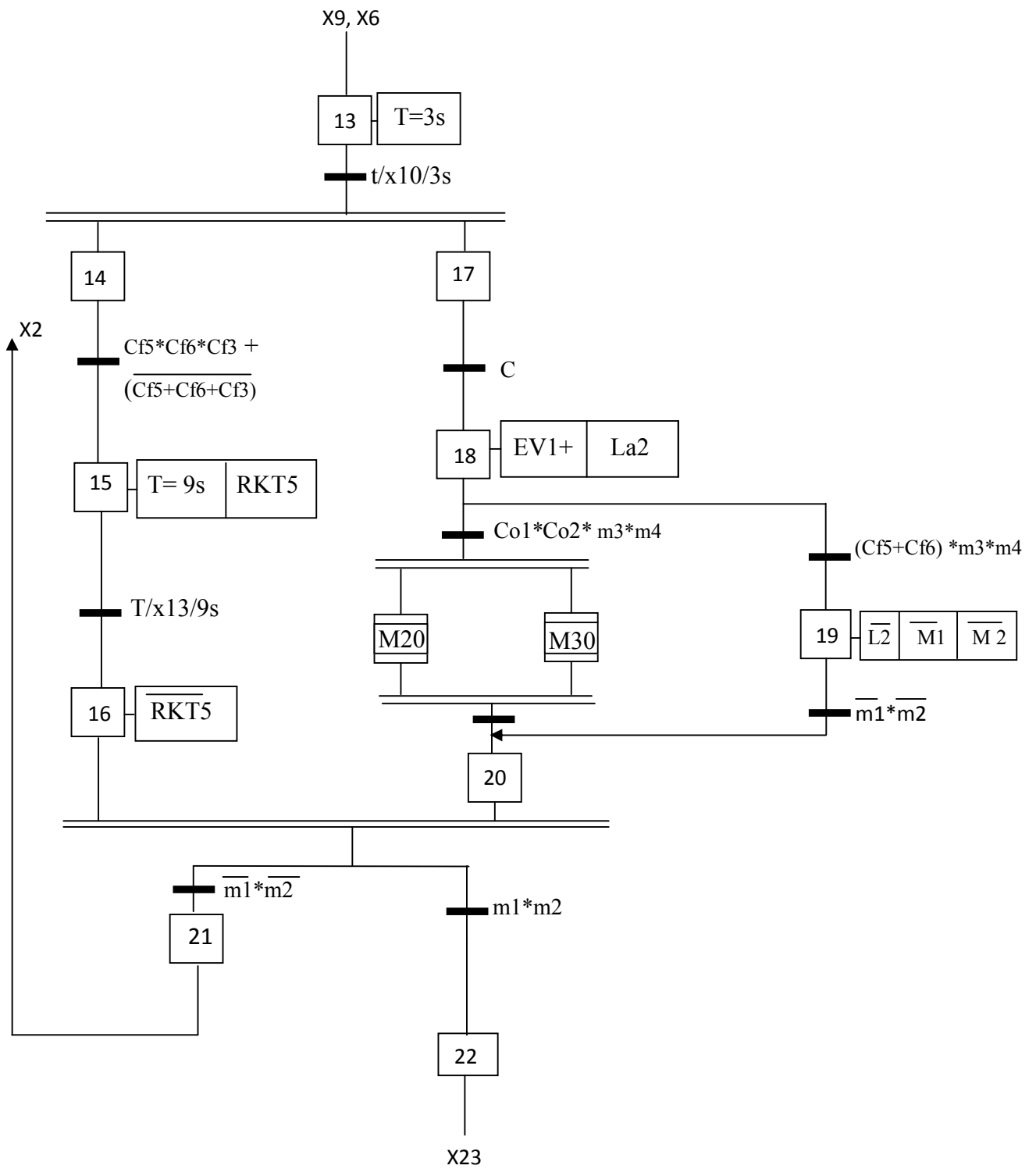
**Grafcet niveau 1 de commande de la vanne de refroidissements et de chauffage**



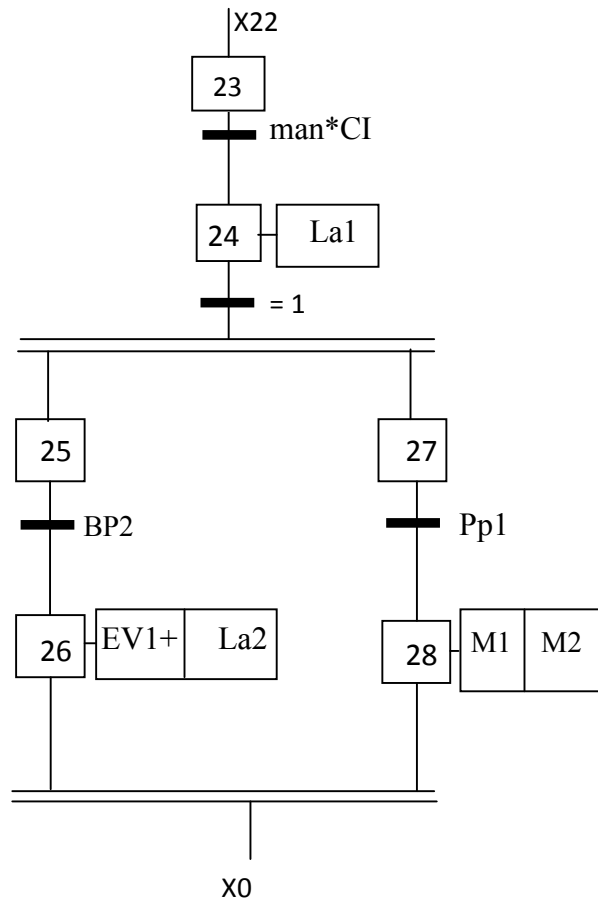
Grafcet niveau 2 :

Grafcet niveau 2 du Bloc Ecomix (mode automatique)

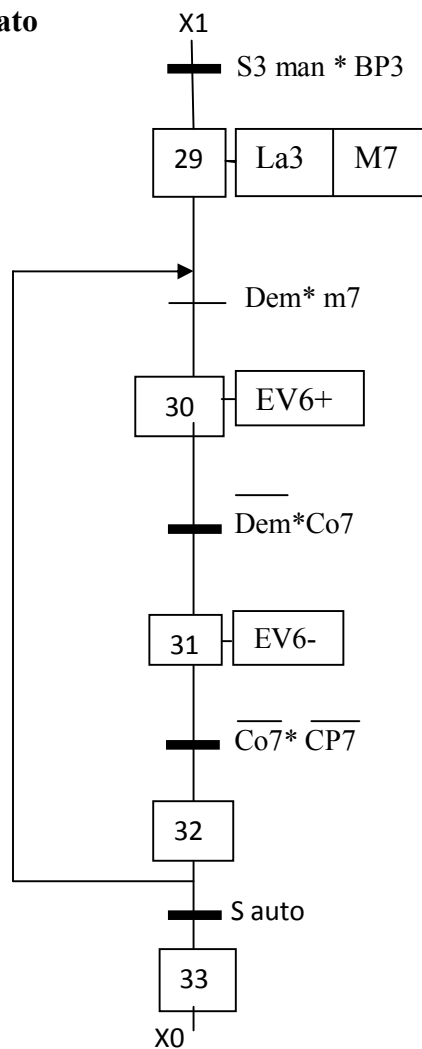




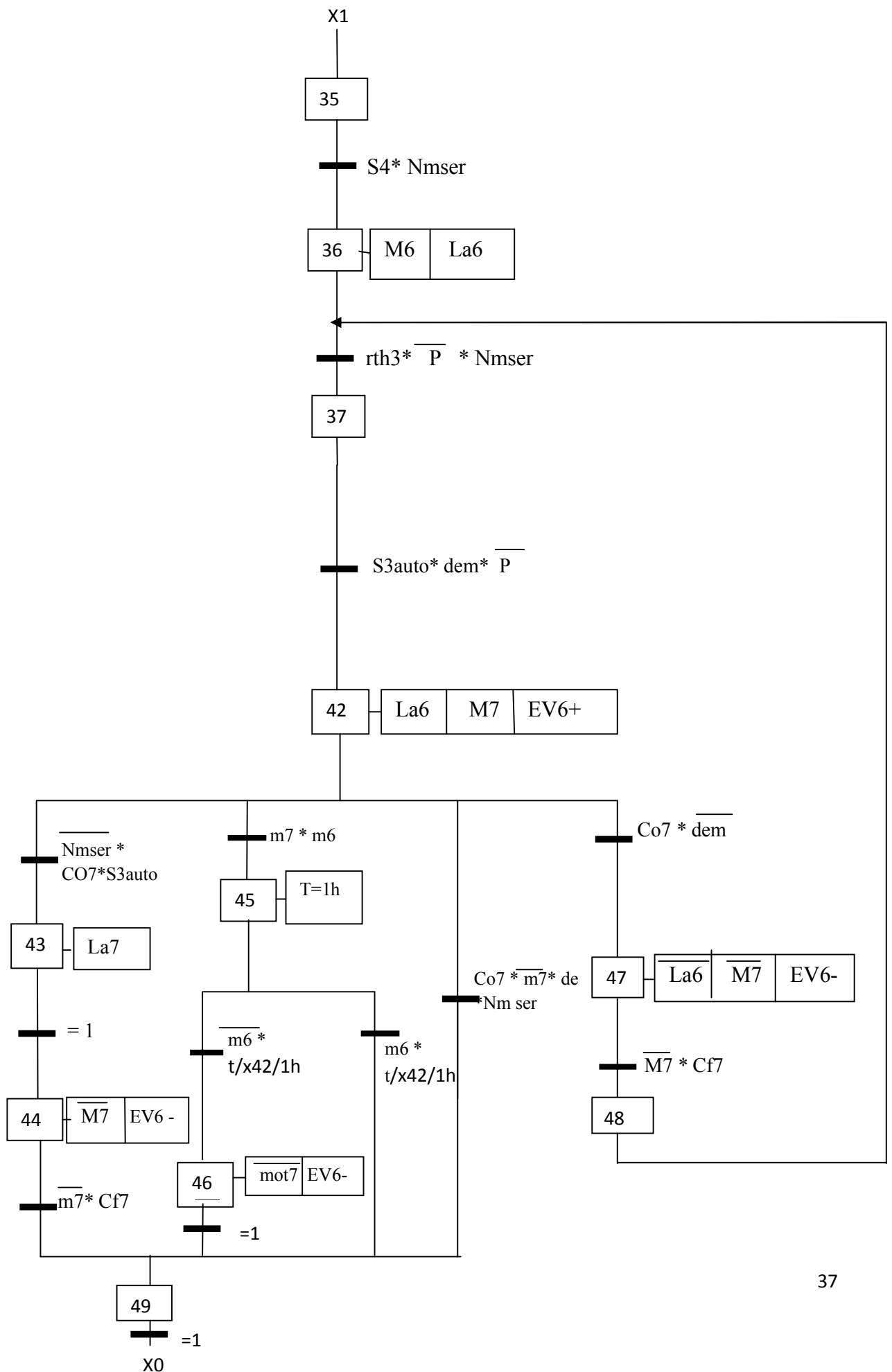
**Grafcet niveau 2 du mode manuel d'ecomix**



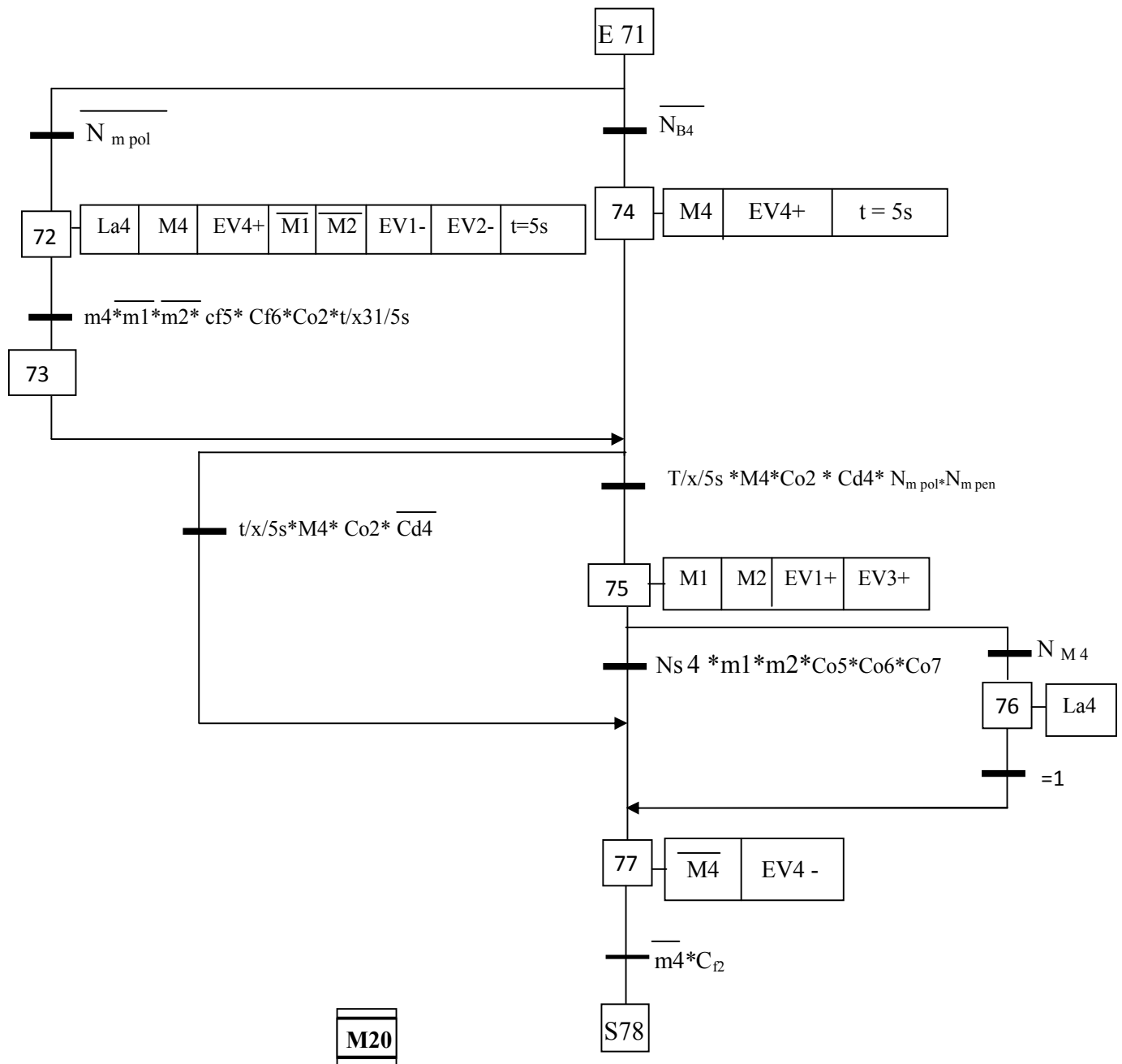
**Grafcet niveau 2 du bloc manuel du Serbato**



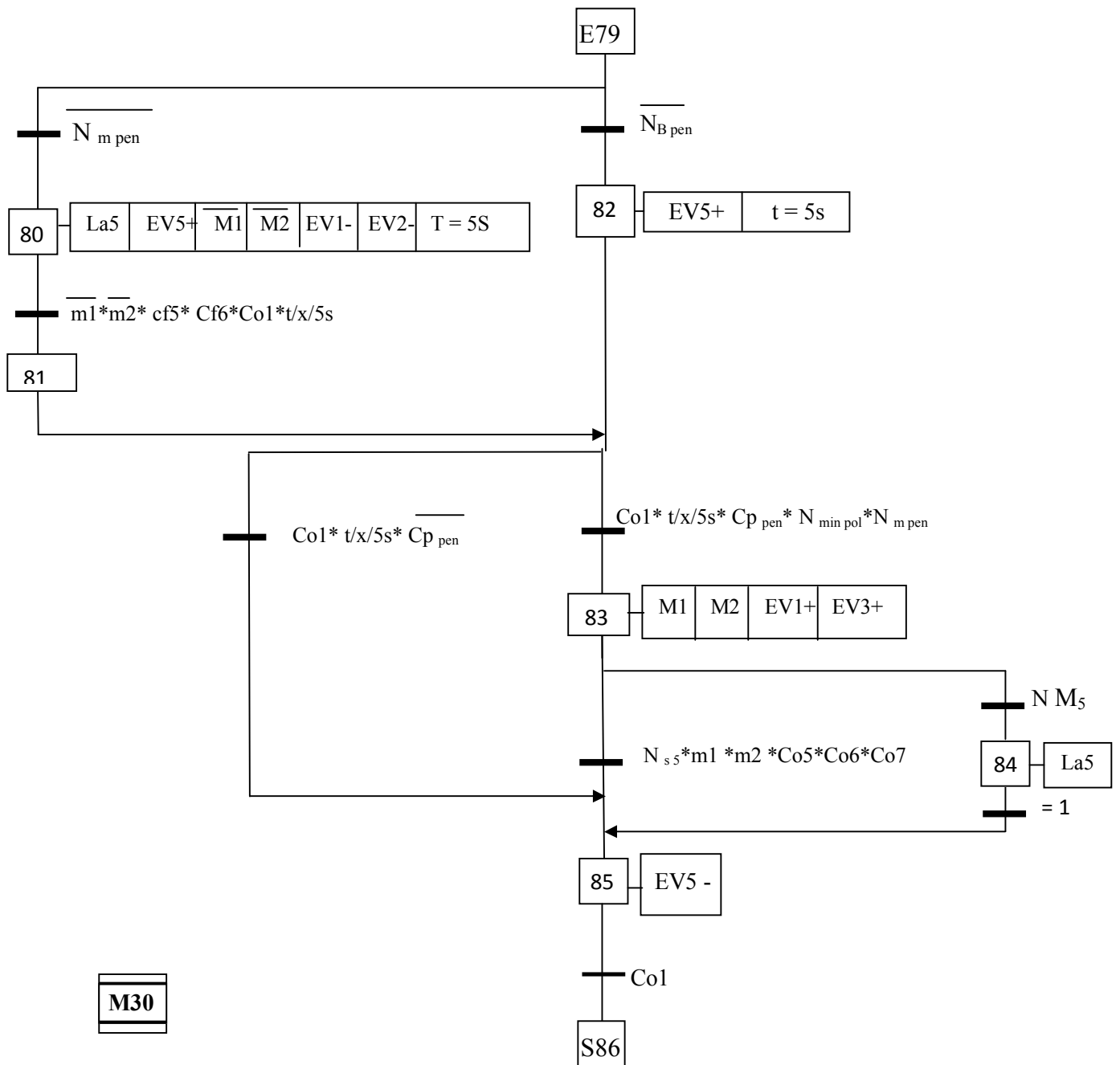
Déchargement du Serbato



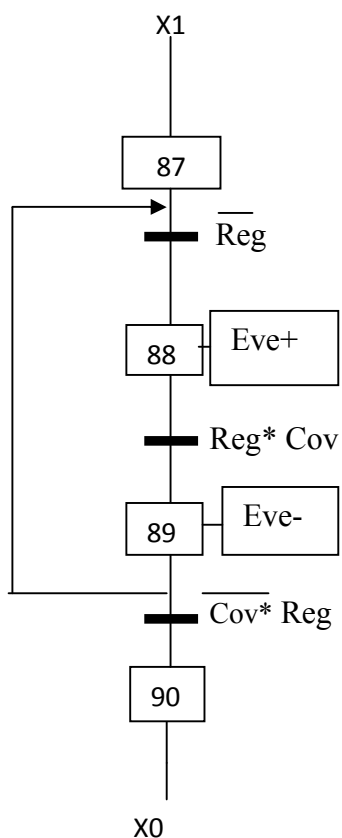
Grafct niveau 2 de Macro-étape M20



Grafcet niveau 2 de la macro-étape M30



### Grafcet niveau 2 de commande de la vanne de refroidissements et de chauffage du Pentane



#### II.1.7- Conclusion

Dans cette partie nous avons modélisé le système par l'outil GRAFCET, qui définit son fonctionnement. Afin de compléter cette modélisation, Une deuxième partie est consacrée pour l'étude des différents états de marche et d'arrêt du système par l'outil GEMMA.



## **Partie II**

### **Introduction**

Comme nous avons vu précédemment, l'outil de modélisation «GRAFCEET» ne nous a pas amené à une étude et une commande parfaite du système à automatiser. Pour mettre en évidence les différents modes de marche et d'arrêt de notre système, on est appelé à le modéliser par le graphique GEMMA.

#### **II-2-1 Le GEMMA**

**Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts**, est un outil graphique permettant d'exprimer clairement dès l'étude, les modes de marches et d'arrêts du système puis de les réaliser. Par un vocabulaire simple, il facilite le dialogue entre tous les techniciens qui auront à intervenir sur le système. C'est un outil d'aide à la synthèse du cahier des charges, à la conduite de la machine, à sa maintenance ainsi qu'à son évolution.

#### **II-2 -2 Utilisation pratique du GEMMA :**

Sur le Gemma, chaque rectangle d'état est caractérisé par son nom et son repère.

L'automaticien va dans un premier temps sélectionner les rectangles d'état nécessaires à la description du système automatisé étudié, puis définir les liaisons entre les rectangles d'état .

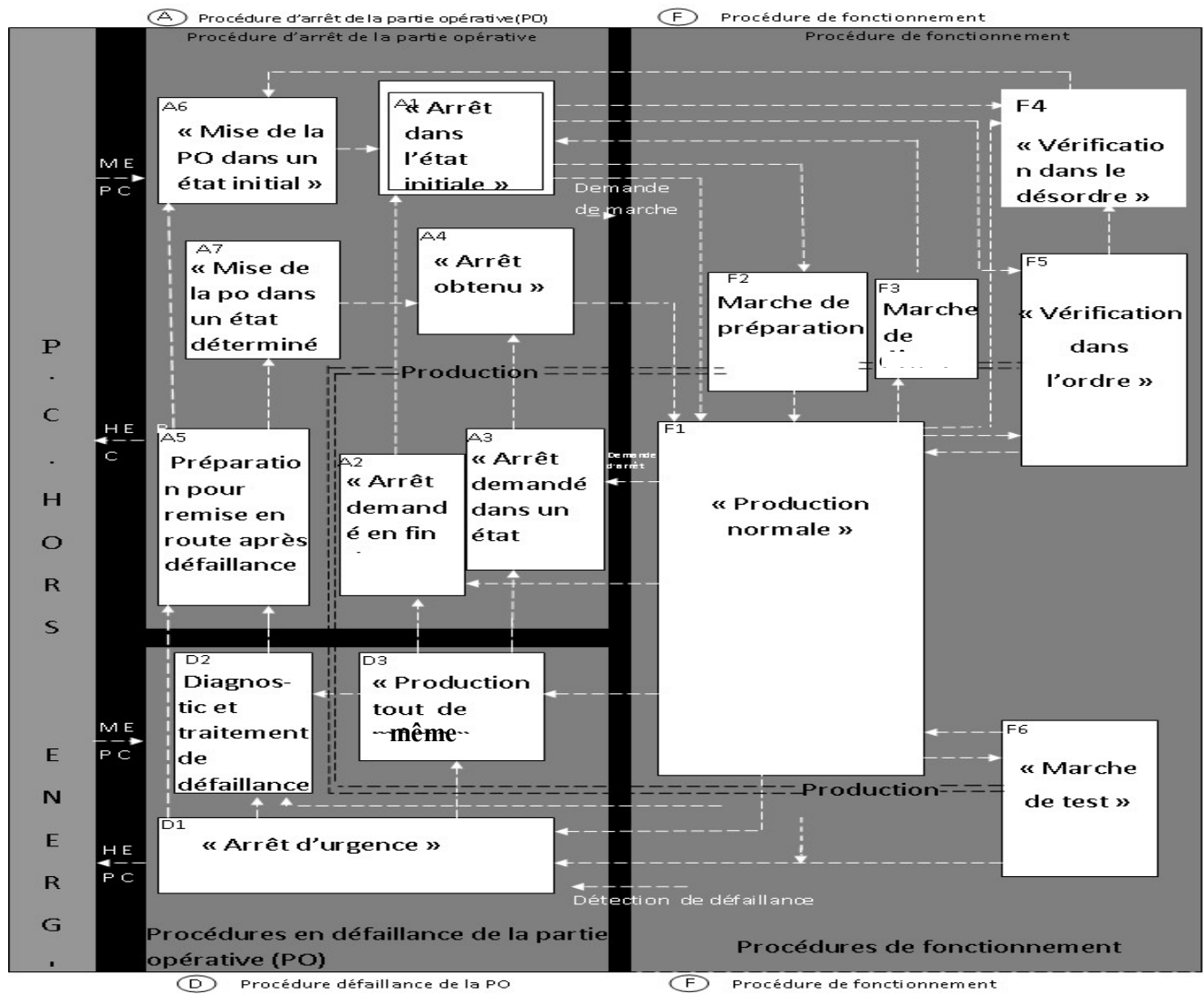


Figure II.9: guide d'étude des modes de marche et d'arrêt.

### II-2 -3 Sélection des modes de marche et d'arrêt

Il est nécessaire d'envisager l'ensemble des "rectangles-états" offerts par le GEMMA.

- Si le mode de fonctionnement est retenu, il doit être explicité conformément à la fonctionnalité de la machine.
- S'il n'est pas retenu dans le cadre de l'étude, une croix est portée dans le rectangle état.

### II-2-4 Description du GEMMA

Comme le montre le schéma ci-dessous, le GEMMA est composé de deux grandes parties :

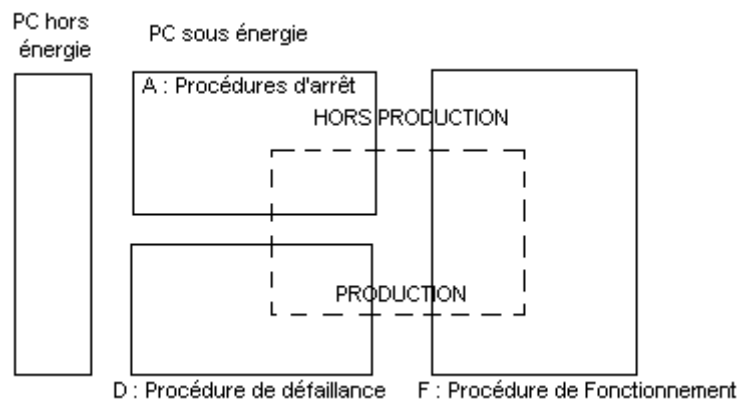
➤ Partie commande hors énergie. Dans cet état la partie opérative n'est pas sous le contrôle de la partie commande. La partie opérative peut être en énergie ou hors énergie.

➤ Partie commande en énergie et active. C'est la partie qui va nous permettre de définir les différents modes de marche et d'arrêt de notre machine ainsi que les conditions de passage d'un mode à l'autre. Cette partie est subdivisée en trois zones ou en trois familles de procédures :

Famille F (procédures de fonctionnement) : on regroupe tous les états du système automatisé qui sont indispensables à la production.

Famille A (procédures d'arrêt) : on regroupe tous les états du système automatisé qui traduisent un arrêt pour des raisons extérieures au système. Ce sont les arrêts normaux.

Famille D (procédures de défaillance) : on regroupe tous les états du système automatisé qui traduisent un arrêt du système pour des raisons extérieures au système. Ce sont les arrêts anormaux.



**Figure II.10** : procédure de GEMMA

### II-2 -5 Structure de GEMMA

Le GEMMA est souvent associé à une Partie Commande hiérarchisée dont la structure peut-être la suivante :

- GRAFCET de sécurité (**GS**) : Il gère les arrêts en cas de défaillance (arrêt d'urgence). Il correspond souvent au cadre D1 du GEMMA
- GRAFCET d'initialisation (**GI**) : Il gère la remise en route après défaillance. Il correspond au passage par les cadres A5 et A6 du GEMMA

- GRAFCET de conduite (**GC**) : Intègre les modes de marches et les arrêts normaux. C'est un GRAFCET sans action, chaque étape correspond à un cadre d'état (Familles F ou A)
- GRAFCET de tâche (**GT, GPN**) : A chaque cadre d'état peut correspondre une tâche sous forme de GRAFCET, notamment le GRAFCET de production normale. Le GRAFCET de tâche est un "sous-programme" appelé par le GRAFCET de conduite

### II-2-6 Conditions d'évolution entre Modes de Marches et d'Arrêts :

La mise en évidence des conditions de passage d'un état à l'autre permet de concevoir le pupitre de commande (actions de l'opérateur), de prévoir essentiellement des capteurs supplémentaires sur la machine, de compléter le Grafcet... etc. On peut passer d'un état à l'autre de deux manières :

- ❖ Avec une condition d'évolution : elle est portée sur la Liaison orientée entre états qui peut être liée à l'action sur un bouton du pupitre de commande, ou l'action d'un capteur situé sur la machine.
- ❖ Sans condition explicite : c'est le cas lorsque la condition est évidente (exemple passage de A2 à A1) ou parce que l'état atteint dépend de l'intervenant.

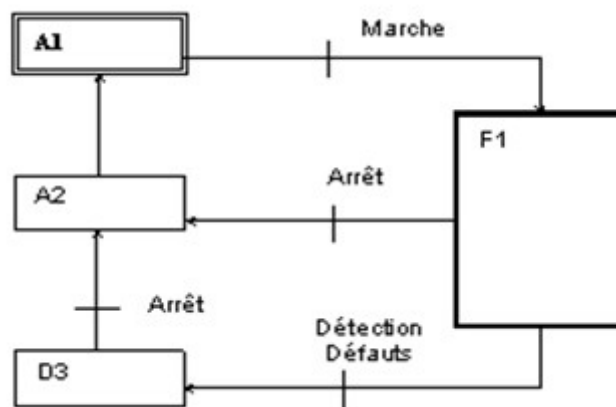


Figure II.11 : conditions d'évolution

## II-2 -7 Notion de boucle opérationnelle :

Une boucle est une succession d'états caractérisant le fonctionnement du système. Sur le GEMMA on caractérise plusieurs, telle que les boucles principales sont les suivantes

### II-2-7 -1 Boucle PC hors énergie

Cette boucle opérationnelle correspond au démarrage de la machine

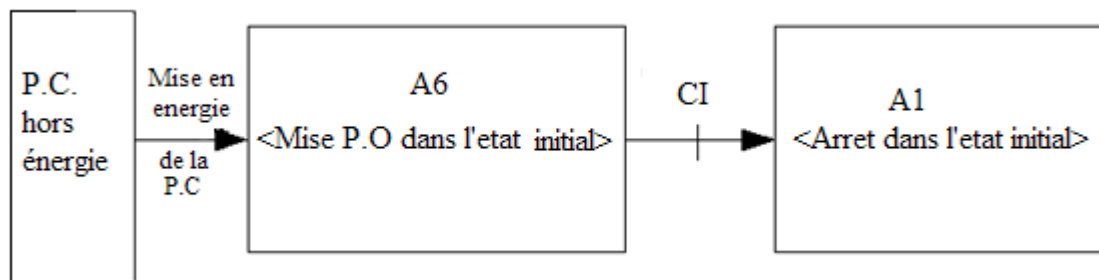


Figure II.12: Boucle PC hors énergie

### II-2 -7 -2 Boucle marche normale :

La boucle A1; F1; A2; A1 est la boucle de marche normale, dont laquelle le système peut fonctionner correctement. Elle décrit le fonctionnement normal du système, puis en fin de cycle lors d'un arrêt du cycle de fabrication, le système vient se remettre en position initiale et sera donc prêt pour un prochain cycle ou série de cycles.

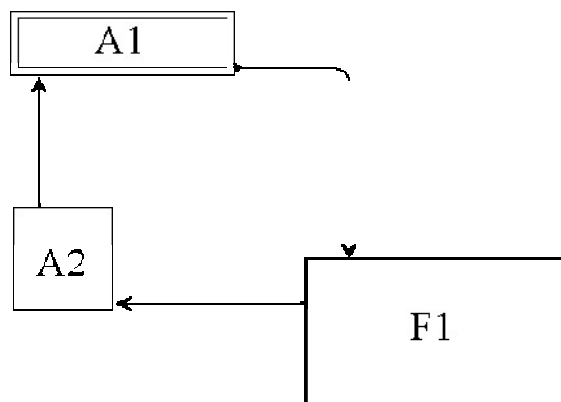
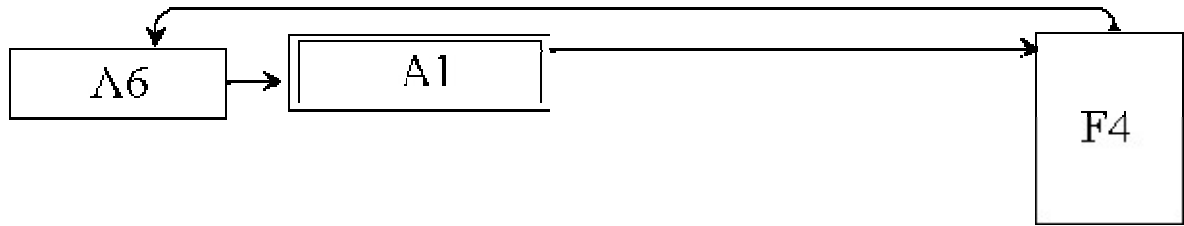


Figure II.13 : Boucle marche normale

**II-2 -7 -3 Marche de réglage :**

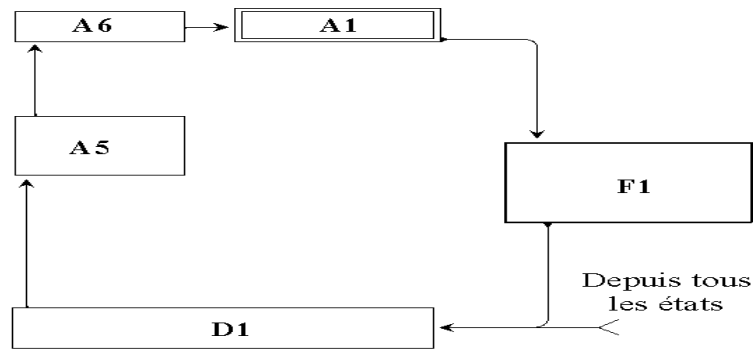
La boucle A1, F4, A6, A1 est la boucle de marche de réglage. Le système quitte l'état A1 et passe en F4 ce qui permet à l'opérateur de pouvoir tester les actionneurs, pré-actionneurs, capteurs, etc., du système, dans le désordre. Une fois les vérifications effectuées, le système passe de l'état F4 à l'état A6 Dans cet état le système va atteindre les conditions initiales puis passe à A1.



**Figure II.14 :** Marche de réglage

**II-2-7 -4 Arrêt de sécurité :**

La boucle F1, D1, A5, A6, A1, F1 est la boucle d'arrêt de sécurité. Cette boucle permet de gérer tous les états successifs d'un système automatisé depuis un arrêt d'urgence lors d'une production normale jusqu'à la reprise de la production normale. Sur la flèche de liaison entre l'état F1 et D1 vient se greffer une extrémité de flèche. Cette flèche associée à son commentaire qui signifie que cette case est accessible depuis tous les états du Gemma.

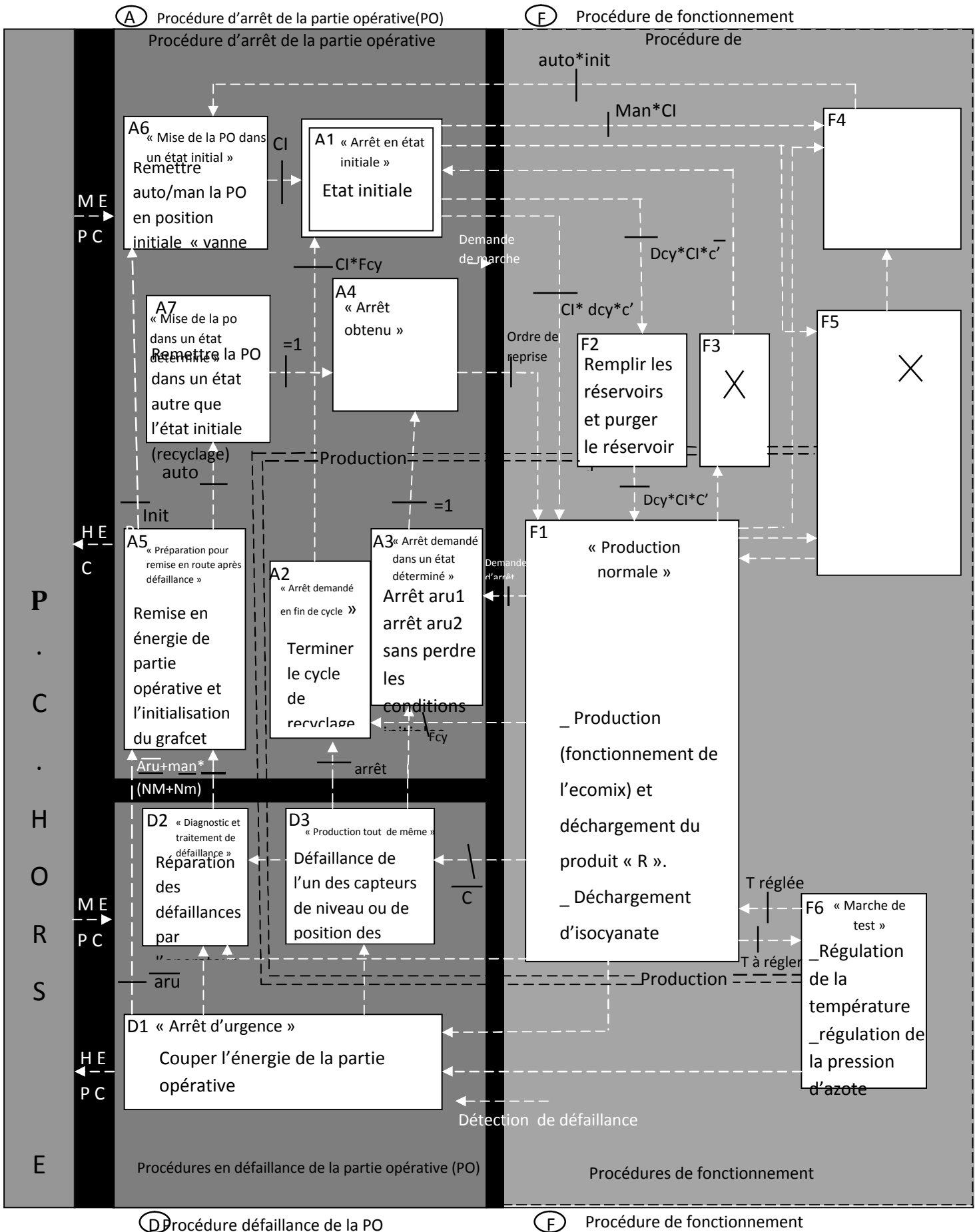


**Figure II.15 :** Arrêt de sécurité

**II-2- 8 Passage du GEMMA au GMMA :**

Lorsqu'un GEMMA est validé, il change de nom et devient **GMMA**. Ce n'est plus un guide d'étude puisque l'étude a été validée, mais un **Guide des Modes de Marche et d'Arrêt**. Il décrit le comportement attendu du système automatisé.

Après avoir fait l'étude des différents modes de marche et d'arrêt de notre système, nous sommes arrivés à introduire son guide de marche et d'arrêt qui est représenté sur la figure suivant :





### Les Conditions utilisé pour la réalisation de GEMMA de la station

Condition initiale (CI) :

$$CI = Cp1 * Cp2 * Cp3 * Cp4 * Cp5 * aru * 2F6 * 2 + S1 * Nbs * \overline{Nss} * \overline{NMs} + \overline{NMiso} * \overline{Nmin} * d2$$

Condition' :  $C' = (NBpen * NBpol) * Pazote * Nmiso$  (voir annexe)

$\overline{C}$  : Les défaillances détectées

$$\overline{c} = (NM + Nm + PM + Pm + Cv)_{Pol, Pen, Iso}$$

### Indications utilisées pour la réalisation de GEMMA

Nm : niveau maximum de chaque réservoir.

Nm : niveau min de chaque réservoir.

PM : pression maximum des produits.

Pm : pression min des produits.

Cv : capteur des vannes.

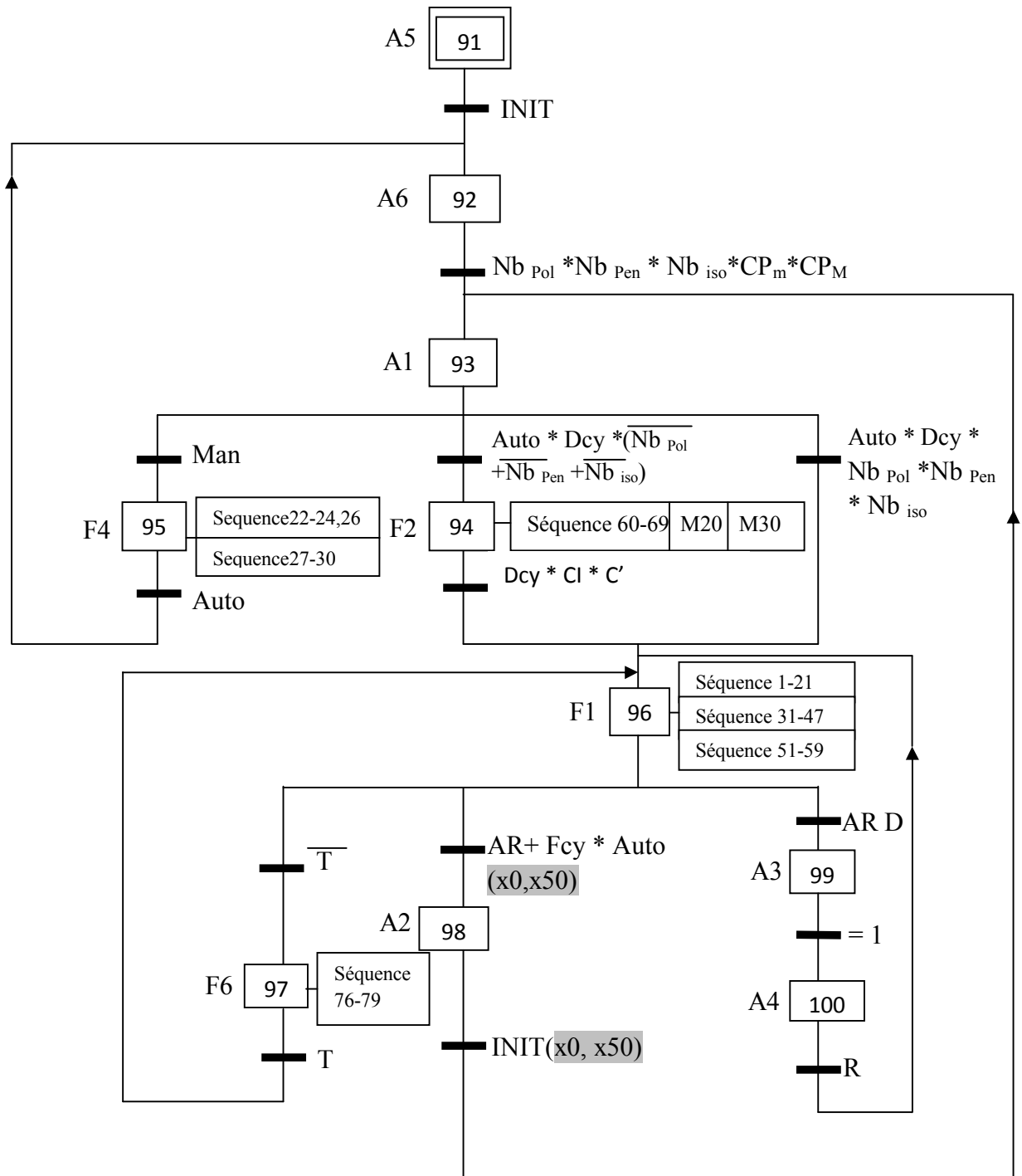
Man : mode manuel.

Auto : mode automatique.

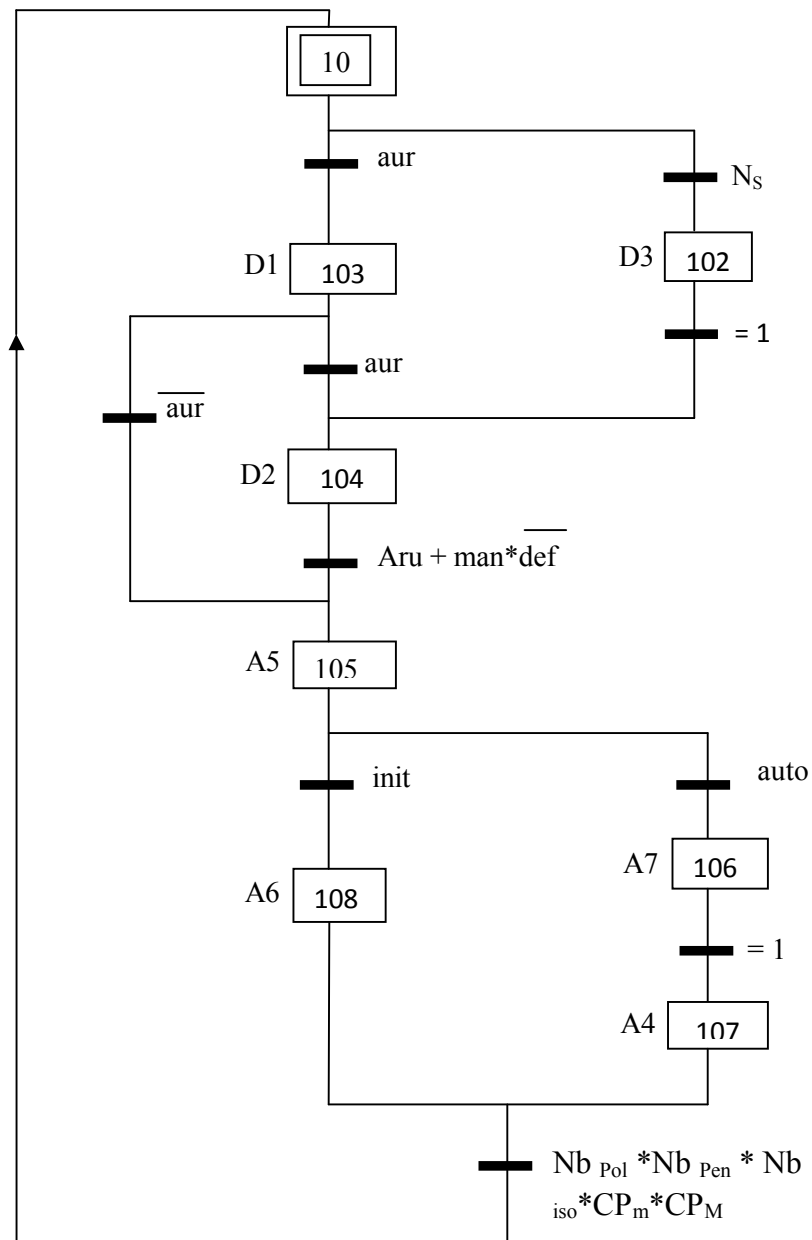
Aru : arrêt d'urgence.

Dcy : démarrage du cycle.

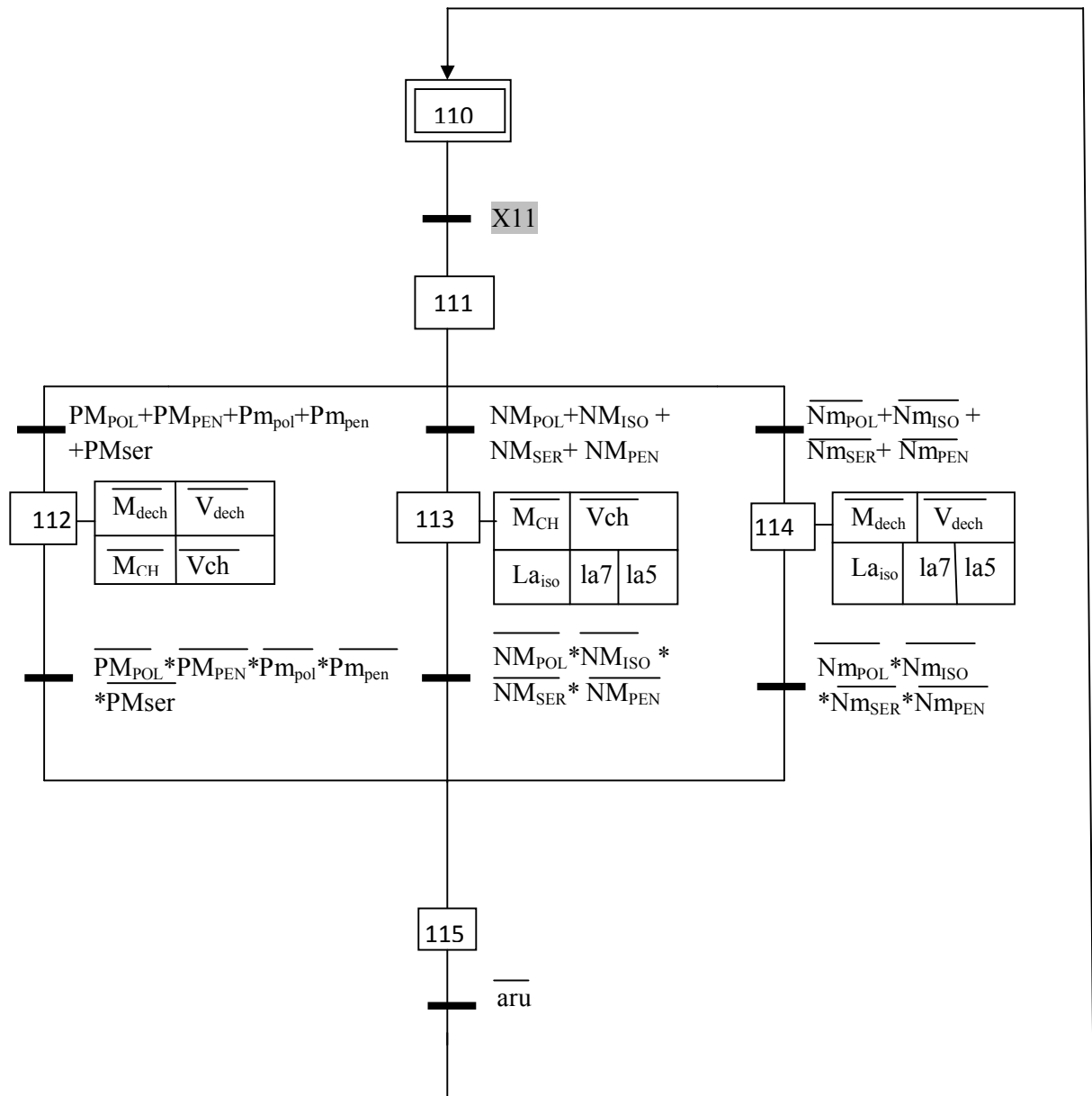
Fcy : fin de cycle.



« Grafcet de conduite »



« Grafcet de sécurité »



« Grafcet de sécurité »

**II-2-9 Conclusion**

Dans ce chapitre on a modélisé le système par l'outil de modélisation GEMMA, ce qui nous a permis de distinguer les différents états du système, comme nous sommes arrivés à avoir son comportement attendu que nous avons réalisé par le GMMA.

## INTRODUCTION

Les automates programmables industriels sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine, qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande. Au début des années 80, l'automate programmable est intégré dans le contrôle des différents processus industriels. Son intégration a renforcé le degré de fiabilité de l'équipement et offre une très grande adaptabilité face aux évolutions de l'environnement, ainsi que sa mise en réseau avec Profibus, Ethernet ... accroît ses possibilités de commande.

Il existe de nombreux fabricants d'automate programmable industriel (Alan, Bradley, Toshiba, Schneider, Siemens...). Dans ce qui suit, on présentera les automates programmables industriels, puis nous nous intéresserons au SIMATIC S7 300 de SIEMENS et son logiciel de programmation Step 7.

### III-1-Définition d'un API :

L'automate programmable industriel est un appareil électronique programmable bien adapté à l'environnement industriel. Destiné au traitement logique d'information dont le programme de fonctionnement est effectué à partir d'instructions établies en fonction du processus à réaliser. Il envoie des ordres vers les pré-actionneurs à partir du traitement des données d'entrées (signaux des capteurs). Il est destiné pour accomplir en temps réel des fonctions d'automatismes logiques, numériques ou de régulation... [2]

### III .2- Rôle d'un automate

Le rôle d'un automate est de réagir aux changements d'état de ses entrées en modifiant l'état de ses sorties selon une loi de contrôle déterminée a priori.

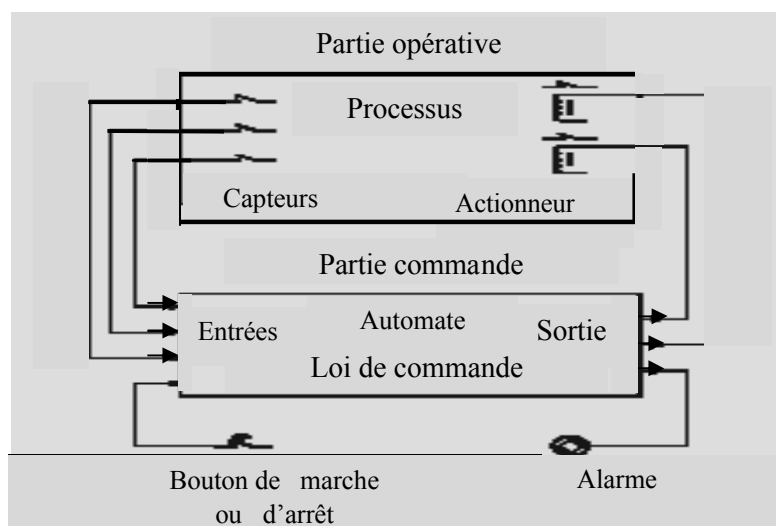


Figure III.1 : emplacement de l'automate

### III-3- Structure interne d' un API

L'API est structurée essentiellement de 5 modules : une unité de calcul ou processeur (CPU), une alimentation (tensions AC ou DC), des modules suivant les besoins de l'application ( modules d'entrées, module de sorties) et Le module de communication.

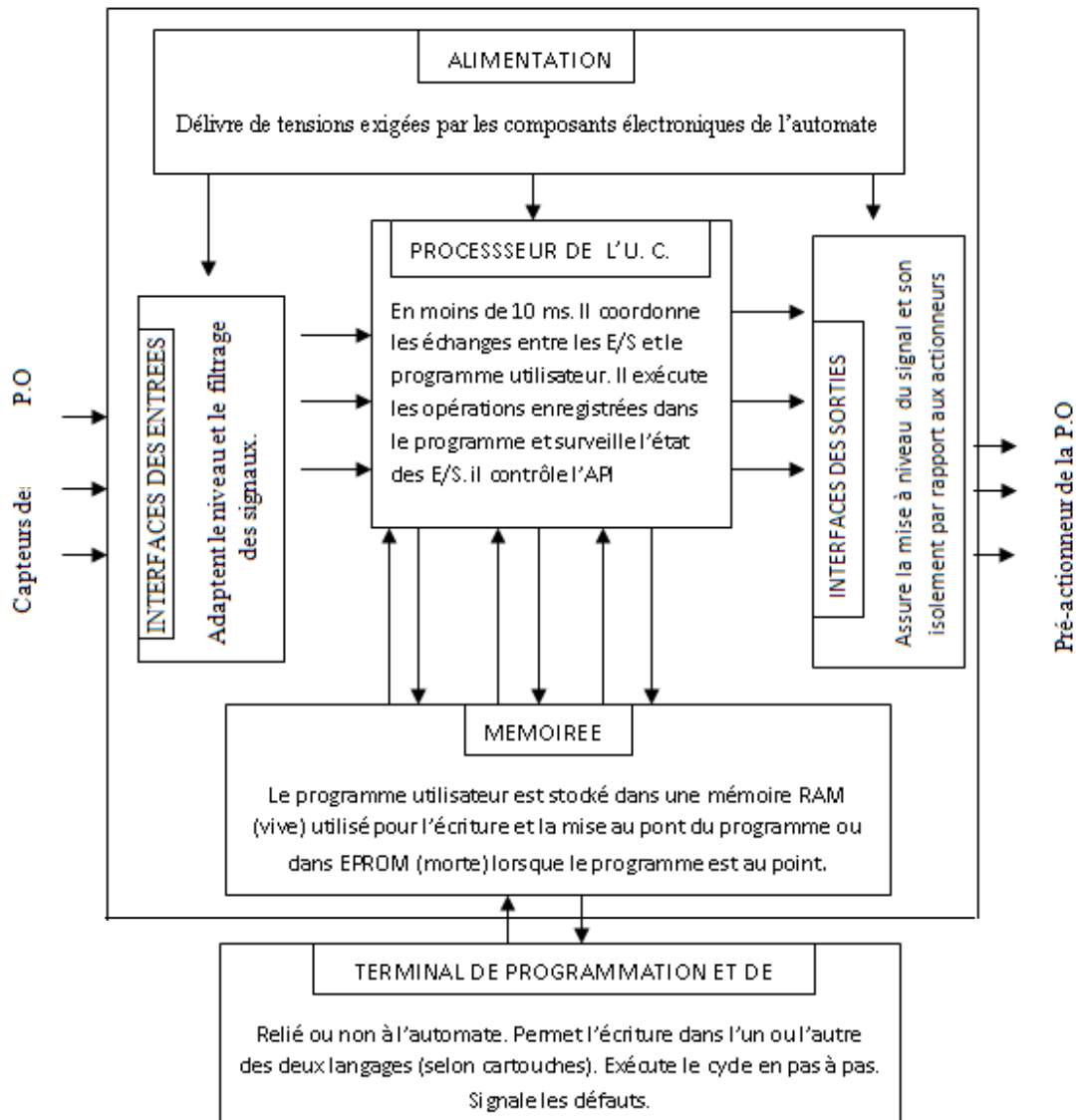


Figure III-2 : la structure interne d'un API.

### III-4- Choix de l'automate

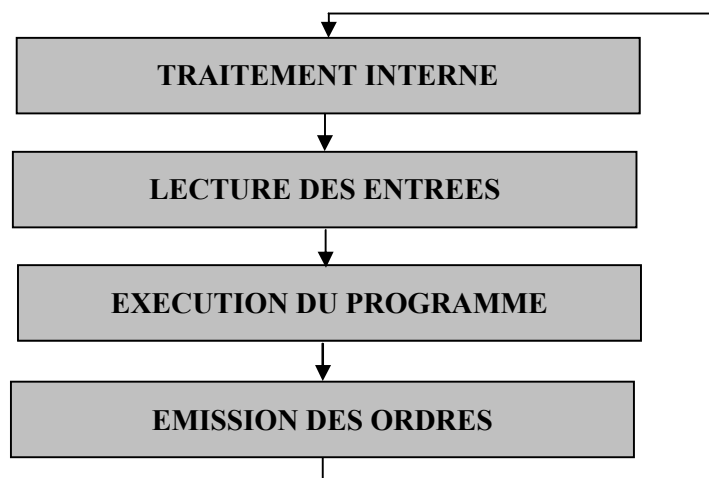
Le choix de l'automate programmable dépend des caractéristiques suivantes:

- La capacité de traitement du processeur.

- Le nombre et la nature d'entrées /sorties.
- La fiabilité.
- La durée de garantie...

### III-5 - Structure de la programmation par automate

Dans un programme des instructions sont exécutées en séquence, et à la fin du cycle le programme se boucle pour entamer un nouveau cycle. [4]



**Figure III-3 :** Structure du programme automate.

#### a) Traitement interne :

L'automate est équipé d'un module de surveillance et de Contrôle cyclique chargé de surveiller et de contrôler le bon fonctionnement du matériel et du logiciel de l'automate, il comporte :

- La Procédure d'autocontrôle des mémoires, de l'horloge, de la batterie, de la tension d'alimentation et des entrées / sorties, le passage en RUN / STOP.
- La Fonction de « chien de garde » (watch dog) qui contrôle le cycle de l'automate se base sur le principe :
  - Obliger l'automate à envoyer à chaque cycle une impulsion au système de surveillance.
  - Vérifier que le temps entre 2 impulsions ne dépasse pas une limite.



- Signalisation de la panne de processeur, bouclage intempestif avec déclenchement d'une alarme...

**b) Lecture des entrées :**

Prise en compte des informations du module d'entrées et écriture de leur valeur dans la RAM (zone DONNEE).

**c) Exécution du programme:**

Lecture du programme (située dans la RAM programme) par l'unité de traitement, lecture des variables (RAM données), traitement et écriture des variables de sortie dans la RAM données.

**c) émission des ordres :**

Lecture des variables de sorties dans la RAM données et les transferts vers le module de sorties.

**III-6- Langage de programmation des automates programmables :**

Les automates programmables industriels peuvent être programmés par différents langages qui sont normalisés au plan mondial. Chaque automate est programmé via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique. Ces langages de programmations sont :

- Liste d'instructions (LIST).
- Langage littéral structuré (ST: Structured Text).
- Langage à contacts(CONT).
- Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram).
- Programmation à l'aide du GRAFCET (SFC : Sequentiel Function Chart).

**III-7 Présentation de l'automate S7-300**

L'automate S7-300 est constitué de tous les modules cités précédemment, à ceux-ci peuvent s'ajouter des processeurs de communication (module de couplage) et des modules de fonction qui réalisent des fonctions spéciales, telles que la commande d'un moteur pas à pas par exemple.

L'automate S7-300 est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme de module suivant :

- ◆ Module d'alimentation (PS) avec 2A, 5A, 10A.

- ◆ Unité centrale.
- ◆ Module des signaux (SM) pour entrée/sortie TOR et analogique.
- ◆ Module d'extension(IM) pour la configuration multi-rangée de S7-300.
- ◆ Module de fonction (FM) pour fonction spéciales (comme le cas du moteur pas à pas).
- ◆ Processeur de communication(CP) pour la connexion au réseau.

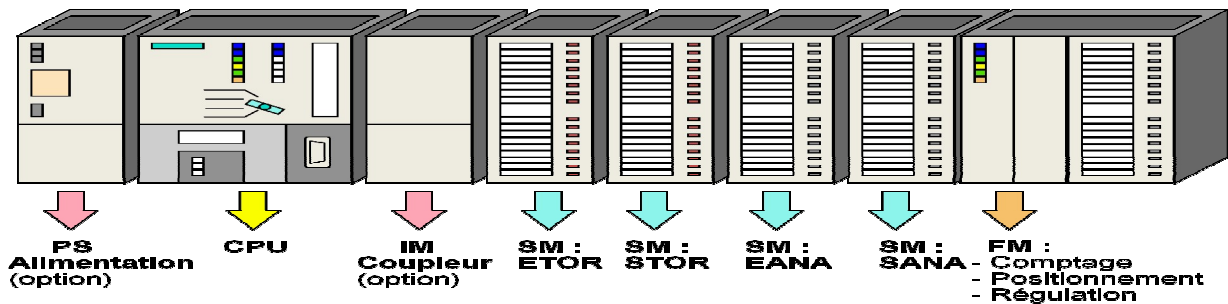


Figure III-4 : constituant de l'automate S7-300

### III-8- caractéristique de S7-300

L'automate S7-300 offre les caractéristiques suivantes :

- Gamme diversité de CPU.
- Gamme complète des modules.
- Possibilité d'exécution jusqu'à 32 modules.
- Possibilité de mise en réseau avec MPI, PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET.
- raccordement centrale de la PG avec tous les modules.
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matérielle des automates S7-300 peuvent communiquer entre eux au moyen d'un câble bus PROFIBUS [4].

En vue d'améliorer les performances de la production, L'unité de froid à poser son choix sur l'automate S7-300.

### III-9 - Programmation des automates S7-300

La programmation des automates de la famille S7-300 s'effectue sur le PC et sous un environnement **WINDOWS** avec un logiciel de programmation appelé **Step7**.

Le logiciel **Step7** est un outil de base pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC. [6]

Les fonctions offertes par ce logiciel pour l'automatisation d'une installation sont :

- ◆ Configuration et paramétrage du matériel et de la communication.
- ◆ Création et la gestion de projet.
- ◆ Gestion des mnémoniques.
- ◆ Création de programme pour système cible S7.
- ◆ Chargement des programmes dans des systèmes cible.
- ◆ Test de l'installation d'automatisation.

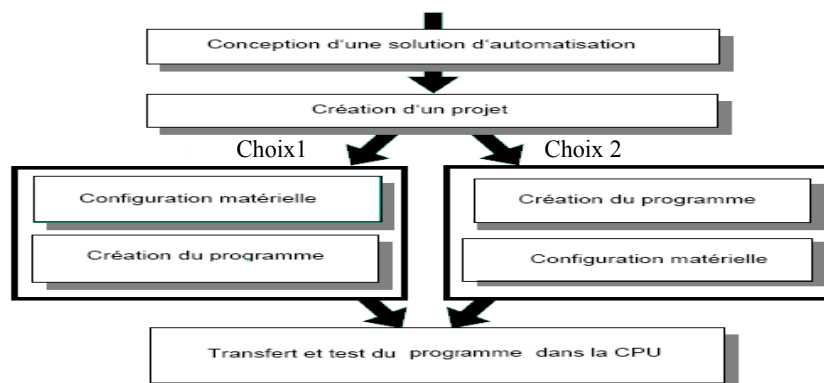
### III-10-Création d'un projet S7

La création d'un projet sur step7 peut être faite par deux manières:

**Choix 1** : Commencer par la configuration matérielle.

**Choix 2** : Commencer par la création du programme.

Le schéma suivant illustre les deux solutions possibles lors de la conception d'une solution d'automatisation :



**Figure III-5** : conception d'une solution d'automatisation

Si le programme contient beaucoup d'entrées et de sorties, il est recommandé de commencer par la configuration matériel, cette application présente l'avantage que les adresses sont sélectionnées automatiquement. [6]

Si le choix est fait tel qu'on commence par la création du programme on ne peut alors pas bénéficier de la fonction d'adressage automatique de STEP 7.



SIMATIC Manager

1. Double clic sur l'icône SIMATIC Manager qui lance l'assistant Step7
2. Configuration matérielle : consiste le choix et la validation de la CPU comme le montre la figure si dessous.

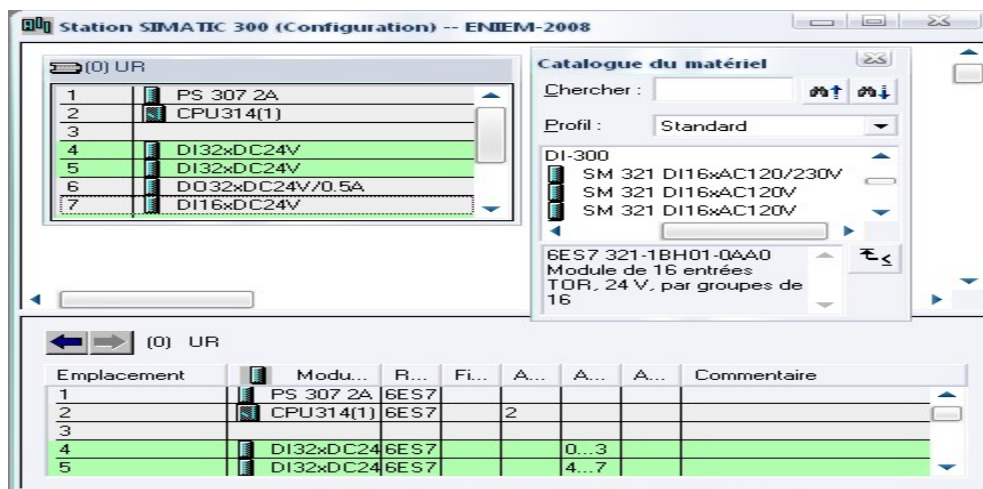


Figure III-6 : configuration matérielle.

### Caractéristique de la configuration matérielle utilisé :

Suivant les entrées /sortie de la station et le type de ces derniers, le choix des modules s'est porté sur :

**Unité centrale** : CPU 314 - 1AE01-0AB0.

Mémoire de travail : 24 Ko; 0.3ms/Kinst.

**Alimentation** : PS 307 /2A.

**Module d'entrée** : on dispose de 57 entrées TO R qui nous impose de choisir pour deux modules de 32 bit de 24 V.

Module : SM DI32 \*DC24v.

**Module de sortie** : on dispose de 23 sorties TOR donc nous avons choisi un module de 32bit.

Module : SM DO32\*DC24v.

3. **La programmation** : insertion des blocs de programmation après avoir choisi le langage à utiliser (CONT). En cliquant sur suivant pour la création du projet nommé.

4. **Création des mnémoniques** : on utilise des opérandes des signaux d'entrée / sortie

### 5. Adressage des modules TOR

L'adressage d'une entrée et d'une sortie est constitué d'une adresse d'octet et une adresse de bit

- L'adressage d'octet dépend de l'adresse de début de module.
- L'adressage de bit est les bits d'E/S de module.

### Les mémentos

Les opérations interne de l'automate sont faites par des mémentos qui sont des bistables considérés comme sorties servant à mémoriser les états logique « 0 » ou « 1 », mais en cas de panne ces mémentos perdent leurs contenu. Chaque automate dispose de grand nombre de mémentos (S7-300 contient 2048 bits de mémentos).

### III-11 Bloc du programme utilisateur

Les Blocs du programme utilisateur correspondent aux différentes parties d'un programme utilisateur structuré qui détermine ces différentes tâches. Donc, il faut avoir l'habitude de subdiviser les procédés en plusieurs bloc afin:

- D'écrire clairement les programmes importants.
- D'organiser le programme, et de simplifier son test.
- De Modifier facilement le programme.

### Le bloc d'organisation OB

Le OB constitue l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur, Il gère le traitement du programme cyclique et déclenche les alarmes ; ainsi que le comportement de la mise en marche de l'automate et le traitement des erreurs. L'exécution d'un OB peut être interrompue par l'appel d'un autre bloc OB.

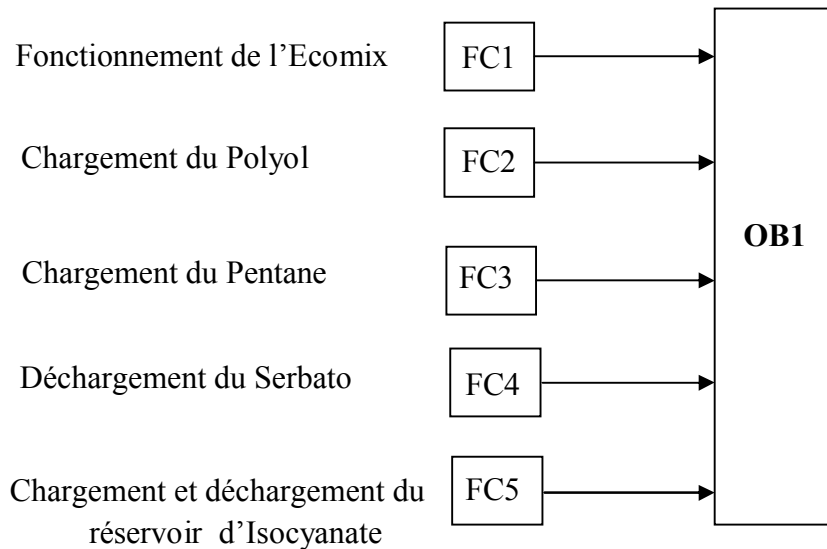
Il existe plusieurs blocs d'organisation :

**OB1** : bloc d'organisation pour le traitement de programme cyclique, qui est appelé cycliquement par le système d'exploitation et déclenche ainsi le traitement du programme utilisateur.

### III-12 Fonction (FC) :

Les fonctions sont des blocs sans mémoire, elles sont programmées par l'utilisateur, elles contiennent des routines de programmes pour les fonctions fréquemment utilisées. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs globaux pour la sauvegarde des données.

Pour la facilité de la programmation, on a partagé le programme en 5 fonctions FC qu'on regroupe sous une solution structurelle dans OB1 comme l'indique la figure III-6.



**Figure III-7** : organisation du programme

### III-13 Simulation du programme

Après avoir défini les différentes étapes de la création d'un programme, l'étape suivante sera destinée à la simulation du programme avec le logiciel S7-PLCSIM (simulation de modules).

### III-14 S7-PLCSIM

Le S7-PLCSIM est le logiciel de simulation du programme crée par l'utilisateur, il permet de visualisé les différents tests du programme. Son installation nécessite le logiciel Step7 pour réaliser le fonctionnement exact d'un automate réel.

#### Simulation des différents blocs

Après avoir réalisé le programme sous step7, l'étape suivante c'est de le simuler sous S7-PLCSIM afin d'assurer la commande du procédé.

#### Simulation de FC1 dans OB1

Préparation et déchargement du 'R'

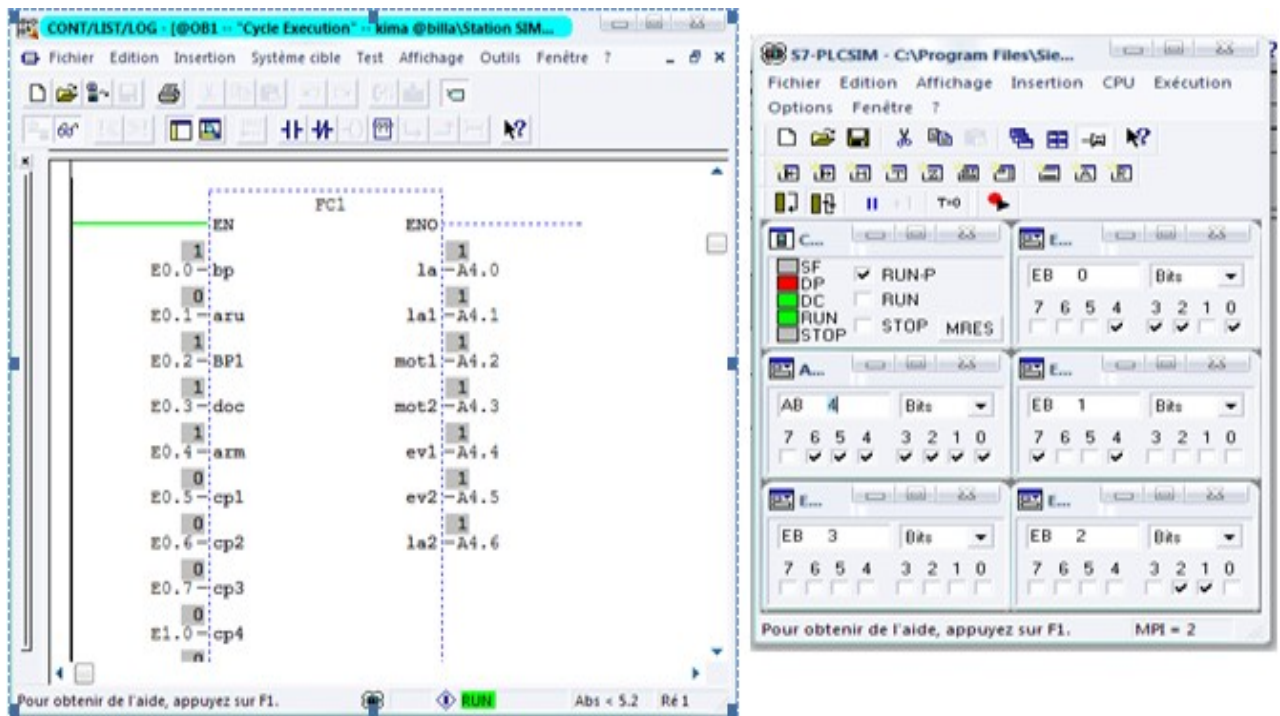


Figure III-8 : Simulation de FC 1

#### Simulation de FC2 dans OB1

Chargement du Polyol

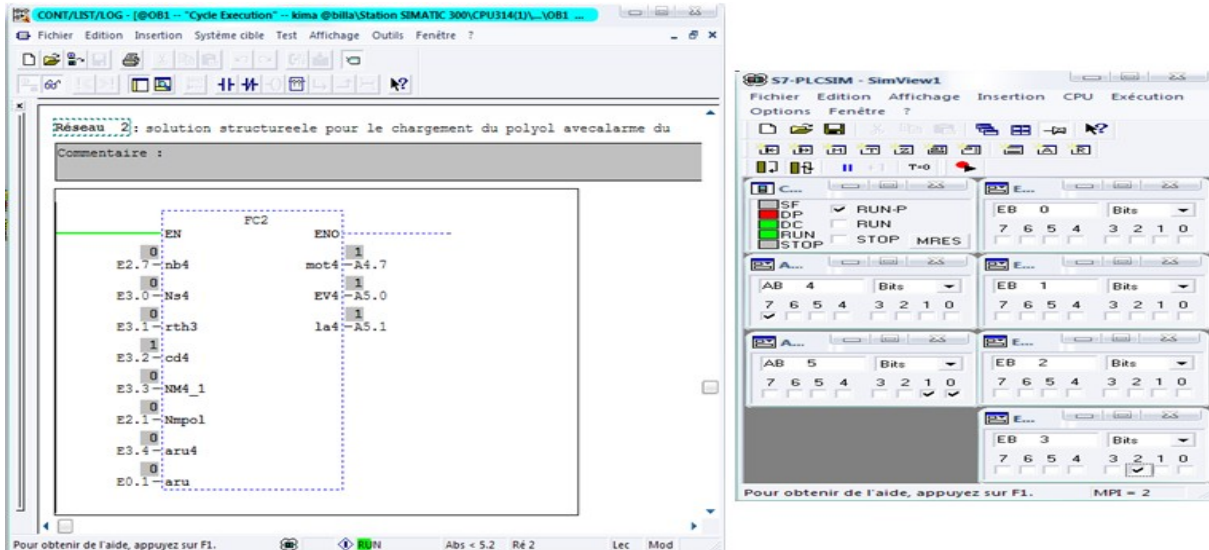


Figure III-9 : simulation de FC2.

Simulation de FC3

Chargement de Pentane

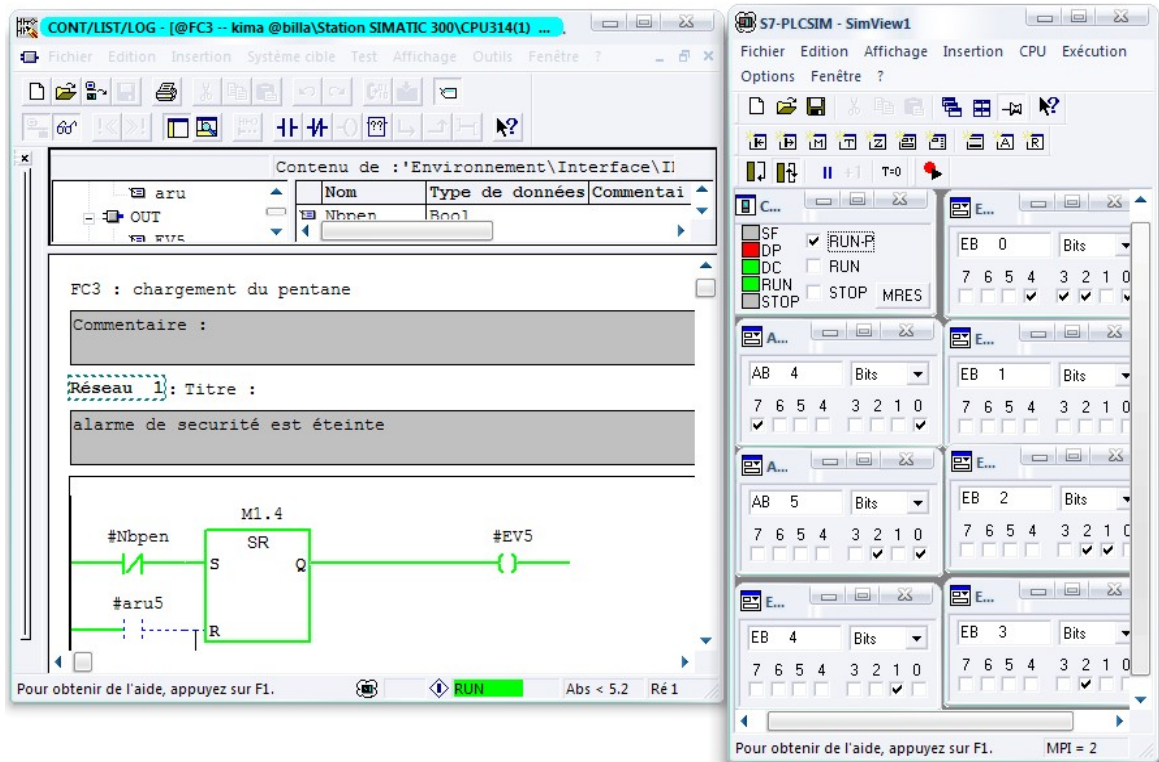


Figure III-10 : simulation de FC3.



### Simulation de FC3 dans OB1

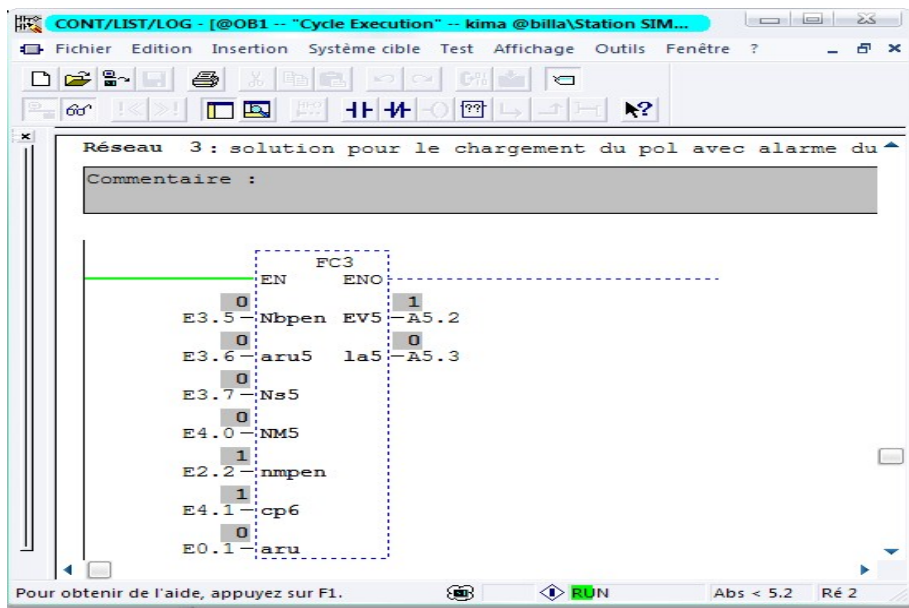


Figure III-11 : simulation de FC3 sur OB1.

### Simulation de FC4

déchargement du Serbato

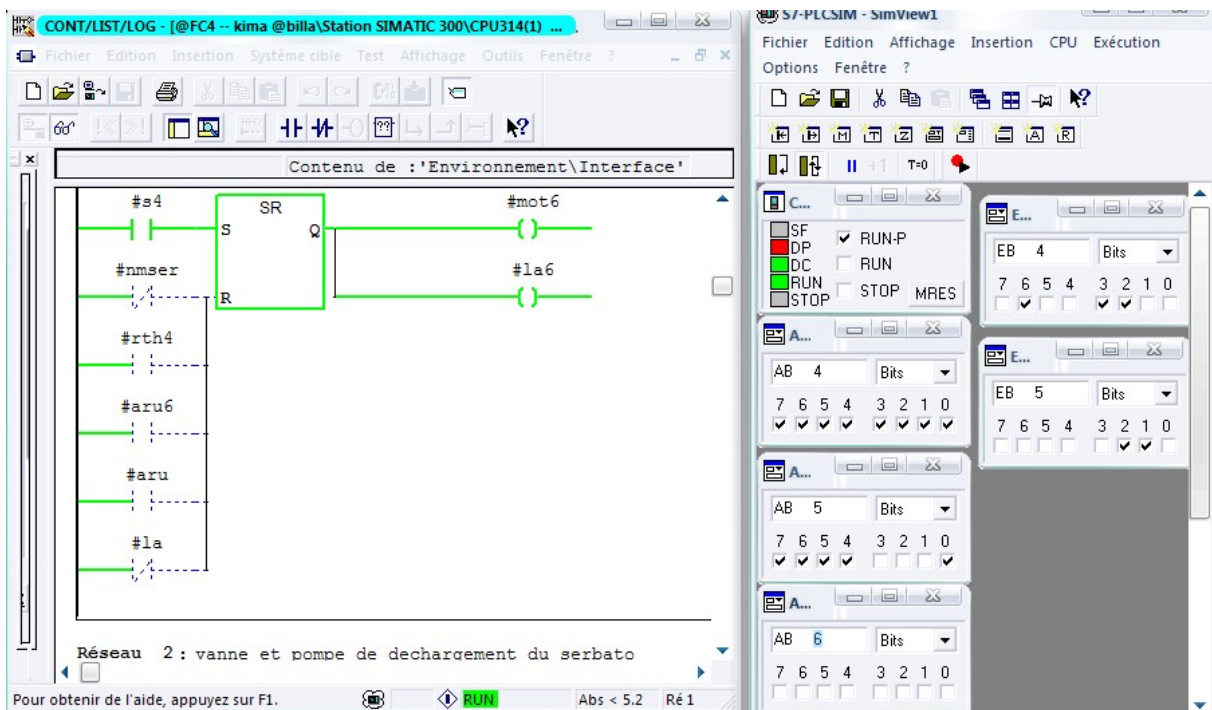


Figure III-12: simulation de FC4.

### Simulation de FC4 dans OB

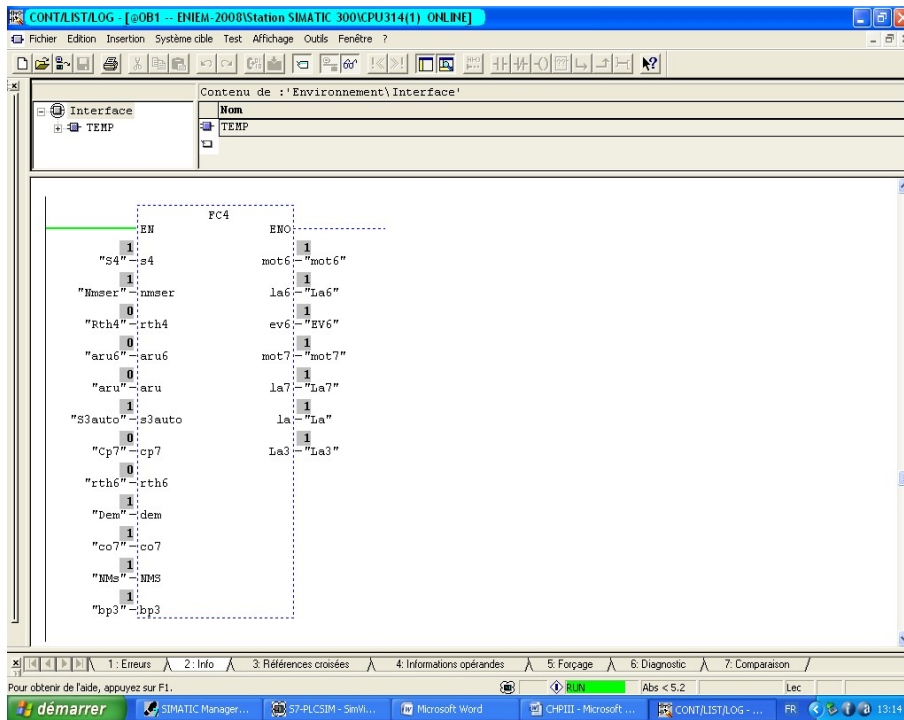


Figure III.13 : le bloc FC1 dans OB.

### Simulation de FC5

chargement et déchargement d'Isocynate

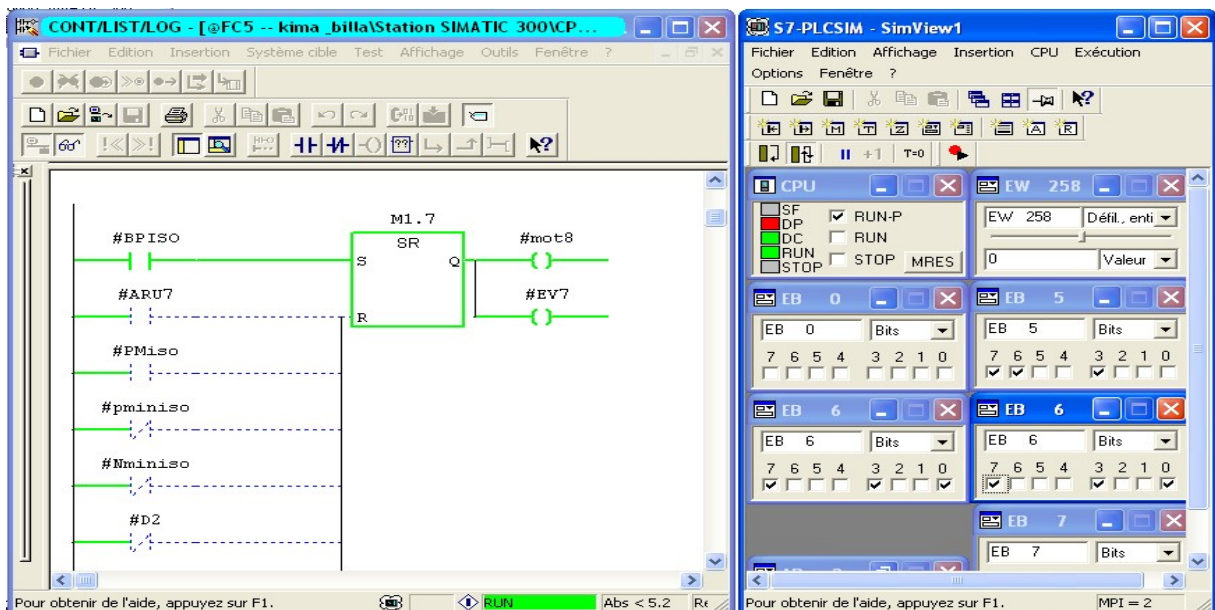


Figure III.14 : Simulation de FC5

### Simulation du chargement et du déchargement d'Isocynate dans OB1

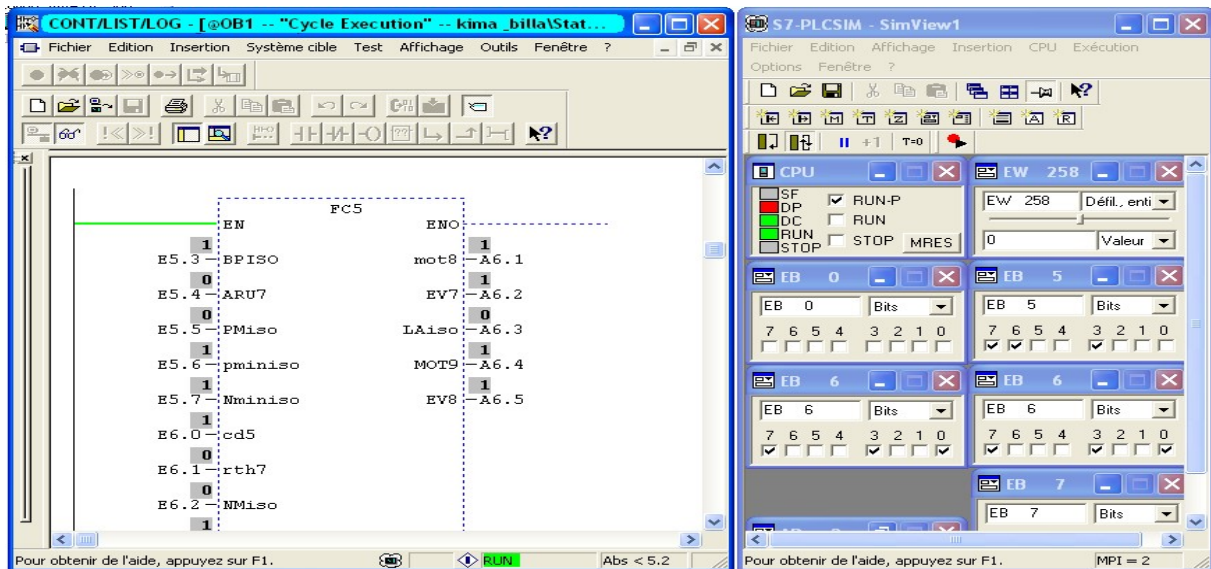


Figure III-15 : simulation de FC5.

### III.15-Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudiés brièvement les automates programmables industriels S7-300 et leur logiciel de programmation Step7 présenté par SIEMENS. Cette étude nous a permis de comprendre leurs fonctionnements et leurs rôles dans un système automatisé ainsi qu'on s'est familiarisé avec le logiciel et le langage de programmation des automates S7-300 après la réalisation de la solution prgrammable que nous avons simulé sous le logiciel **PLCSIM**.



## **Introduction**

Les entreprises d'aujourd'hui recherchent de plus en plus des solutions globales qui regroupent les systèmes individuels au sein d'un même processus et assurent ainsi un flux continu d'informations pour pouvoir suivre chaque phase du procédé et intervenir dans le cas échéant. En effet, avec le développement de l'informatique il est devenu possible de traiter des données dans le domaine industriel, grâce à des vues préalablement créées et configurées, et à l'aide d'un logiciel adéquat.

### **IV-1 Supervision automatique :**

Ensemble des outils et méthodes permettant de conduire des installations industrielles en fonctionnement normal et en présence de défaillances. Outil de référence de l'opérateur pouvant également interagir directement avec le système de contrôle. Il s'agit d'un système qui inclut des fonctions de collectes et de visualisation d'informations, de surveillance, de diagnostic et d'aide à la prise de décision pour l'accommodation, la reconfiguration ou la maintenance.

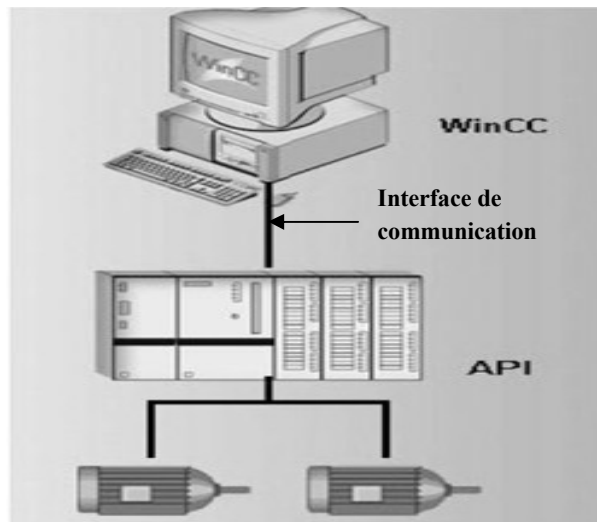
### **IV-2 Intérêts de la supervision automatique :**

Désormais, il est nécessaire de disposer d'une visualisation en temps réel de l'état et de l'évolution d'une installation automatisée, ceci pour que l'opérateur puisse prendre le plus rapidement possible, les décisions permettant d'atteindre les objectifs de production (cadence, qualité, sécurité, etc.). La supervision est une fonction d'informations, de prétraitement de ces informations, dédiée principalement à l'exploitant, mais pouvant rendre de grands services à la maintenance des installations et des équipements.

### **IV-3 WinCC**

WinCC (Windows control center) est un logiciel de supervision développé par SIEMENS, il est caractérisé par sa flexibilité, c'est-à-dire qu'il peut être utilisé par un composant hors Siemens.

WinCC est un système IHM "Interface Homme Machine" Permettant de visualiser le processus et de concevoir l'interface utilisateur graphique destinée à l'opérateur. Le contrôle du processus est assuré par les automates programmables (API), Une communication s'établit donc entre WinCC et l'opérateur d'une part et entre WinCC et les automates programmables d'autre part.[7]



**Figure IV.1 :** communication avec WinCC.

#### **IV-4 Constitution d'un système de supervision**

La plus part des systèmes de supervision se composent d'un moteur central (logiciel), auquel se rattachent des données provenant des équipements (automates). Le logiciel de supervision assure l'affichage, le traitement des données, l'archivage et la communication avec d'autres périphériques.

##### **IV-4-1 Module de visualisation**

Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition des opérateurs des éléments d'évaluation du procédé par ses volumes de données instantanées.

##### **IV-4-2 Module d'archivage**

Il mémorise des données (alarme et événement) pendant une longue période, et permet l'exploitation des données pour des applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de production.

##### **IV-4-3 Module de traitement**

Il permet de mettre en forme les données afin de les présenter via le module de visualisation aux opérateurs sous une forme prédéfinie.

#### IV-4-4 Module de communication

Assure l'acquisition et le transfert de données et gère la communication avec les automates programmable industriels et autre périphériques.

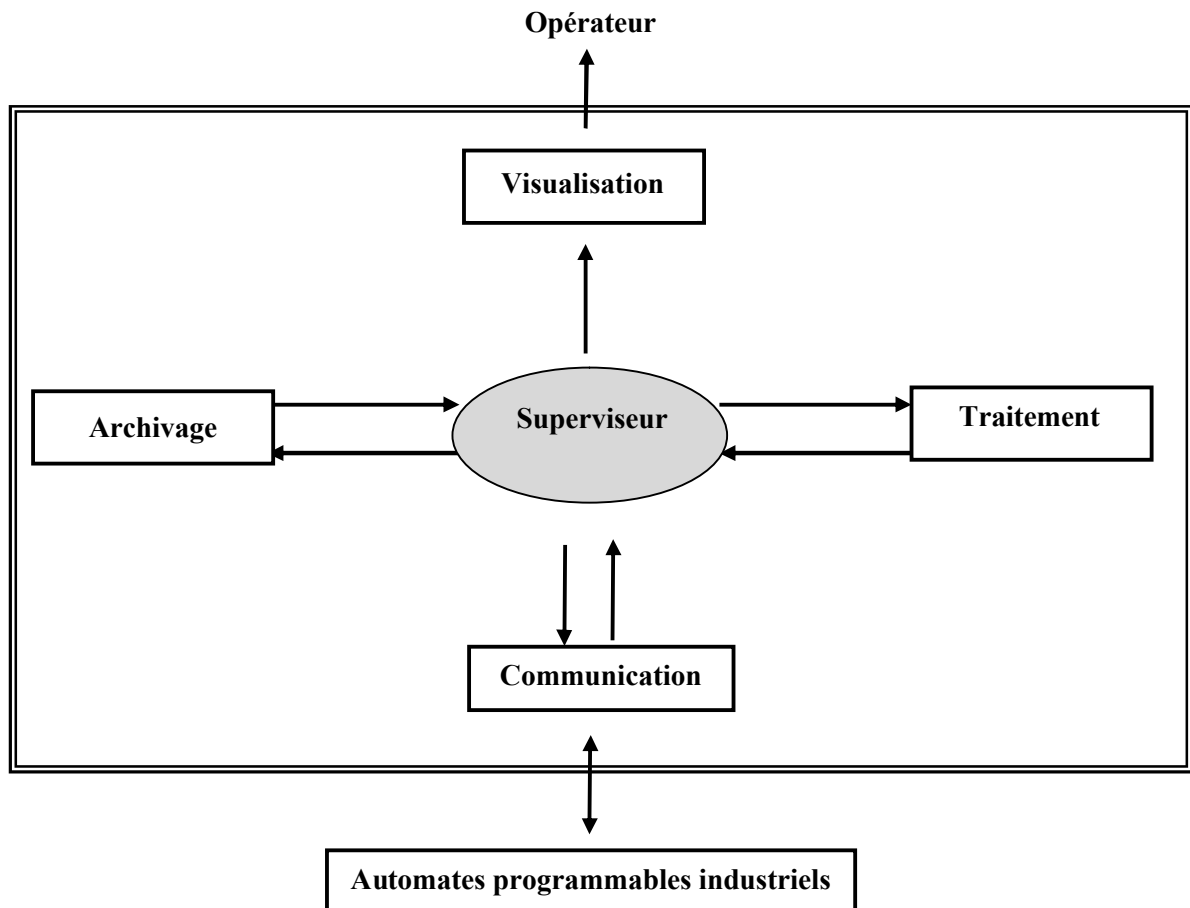


Figure IV.2 : Principe de communication.

#### IV-5 Applications disponible sous WinCC

WinCC se compose de plusieurs applications pour accomplir la fonction de supervision. Il dispose des modules suivants :

##### IV-5- a Graphic designer

Il offre la possibilité de créer des vues de process, et de les configurer en leurs affectant les variables correspondantes ; à cet effet il dispose d'une bibliothèque d'objet, et permet de créer des objets selon le besoin. Il assure la fonction de visualisation grâce à graphics runtime.

**IV-5- b Tag logging**

On y définit les archives, les valeurs de process à archiver et les temps de cycle de saisie et d'archivage.

**IV-5- c alarm logging**

Il se charge de l'acquisition et de l'archivage des alarmes en mettant à la disposition des utilisateurs, les fonctions nécessaires à la prise des alarmes issues du procédé, à leur traitement, leur visualisation leur acquittement et leur archivage.

**IV-5-d Global script runtime**

Il dispose de deux éditeurs, l'éditeur C et l'éditeur Visuel Basic (VBS), à l'aide desquels on crée des actions et de fonctions qui ne sont pas prévues dans le Win CC.

**IV-5-e Report designer**

Contient des informations avec lesquelles on peut lancer la visualisation d'une impression ou ordre d'impression. On y trouve aussi des modules de mise en page de journal qu'on peut adapter en fonction du besoin.[7]

**IV-5-f User administrator**

C'est là que s'effectue la gestion des utilisateurs et des autorisations.

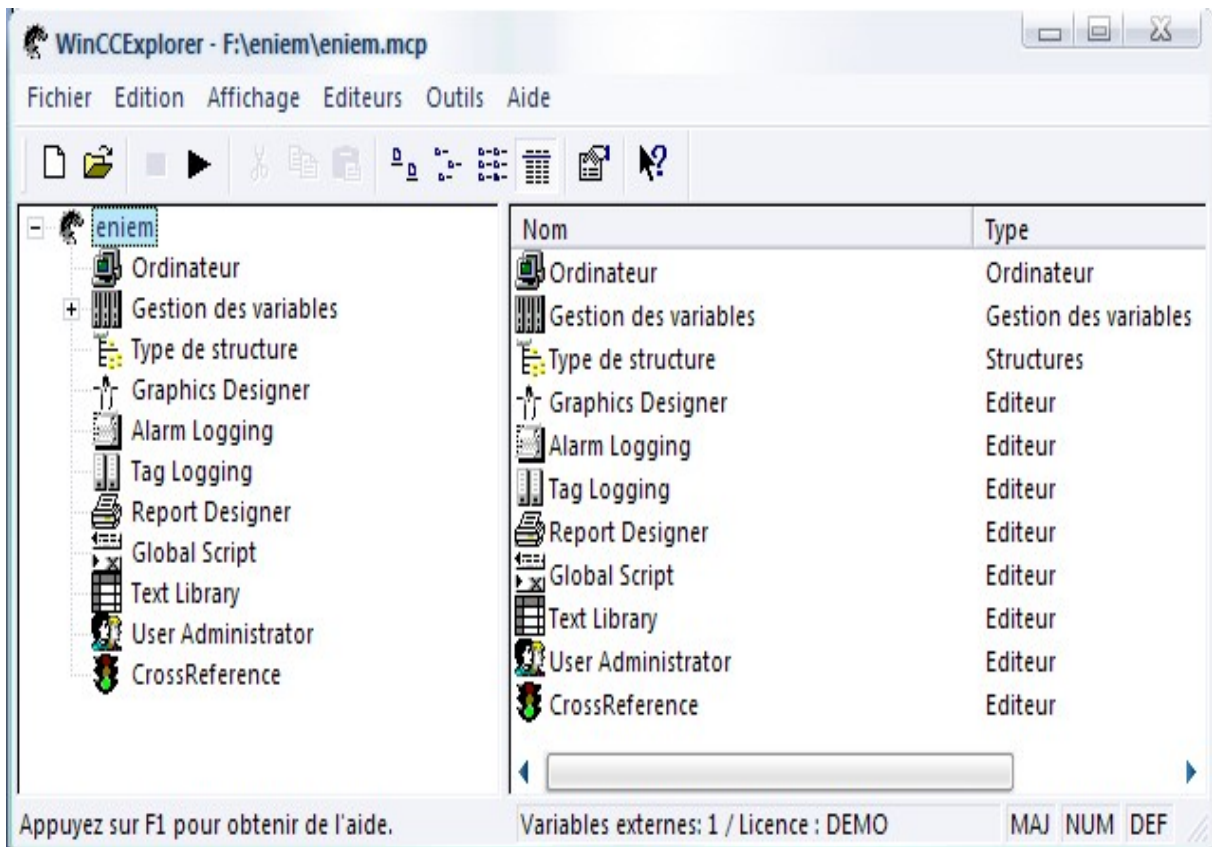
**IV-6 Procédure de programmation avec application**

Les principales étapes suivies pour créer notre application sous WinCC sont :

1. Créer un projet.
2. Sélectionner et installer l'API.
3. Définir les variables dans l'éditeur stock de variable.
4. Créer et éditer les vues (vue d'accueil, vue de tous les blocs) dans l'éditeur Graphics Designer.
5. Paramétrer les propriétés de WinCC runtime.
6. Activer les vues dans le WinCC runtime.
7. Utiliser le simulateur pour tester les vues du procédé.[7]



Le projet monoposte crée est appelé ENIEM est représenté dans la figure suivante



**Figure IV.3:** création du projet sous WinCC.

La communication entre l'API S7 300 avec WinCC consiste à configurer le système de supervision en sélectionnant à partir de l'éditeur stock de variable, le pilote « SIMATIC S7 Protocol suite » et choisir le MPI comme réseau de communication.

L'étape suivante est l'introduction des variables de processus, ces variables correspondent aux variables manipulées par le programme de l'API S7 300.

The screenshot shows the WinCC Explorer interface for a project named 'eniem'. The tree view on the left shows the project structure, including 'Gestion des variables' and 'SIMATIC S7 PROTOC'. The table on the right lists the configured variables, all of which are 'Variable binaire' (Binary Variable) types. The variables are listed with their names, types, and parameters.

Nom	Type	Paramètre
LA	Variable binaire	A4.0
mot1	Variable binaire	A4.2
EV1	Variable binaire	A4.4
La2	Variable binaire	A4.6
bp	Variable binaire	E0.0
bp1	Variable binaire	E0.2
arm	Variable binaire	E0.4
Cp2	Variable binaire	E0.6
Cp4	Variable binaire	E1.0
Nss	Variable binaire	E1.2
Sauto	Variable binaire	E1.4
Co6	Variable binaire	E1.6
aru12	Variable binaire	E2.0
Nmpen	Variable binaire	E2.2
Cf6	Variable binaire	E2.4
rth2	Variable binaire	E2.6
Cf3	Variable binaire	E8.3
aru	Variable binaire	E0.1
doc	Variable binaire	E0.3
Cp1	Variable binaire	E0.5
Cp3	Variable binaire	E0.7
Cn5	Variable binaire	F1.1

**Figure IV.4 :** Exemple de Configuration des paramètres des groupes.

**Les différentes vue à superviser :**

La visualisation comporte trois vues

- ✓ Vue d'accueil.
- ✓ Vue Ecomix.
- ✓ Vue d'Isocyanate.



**Figure IV.4 :** vue d'accueil

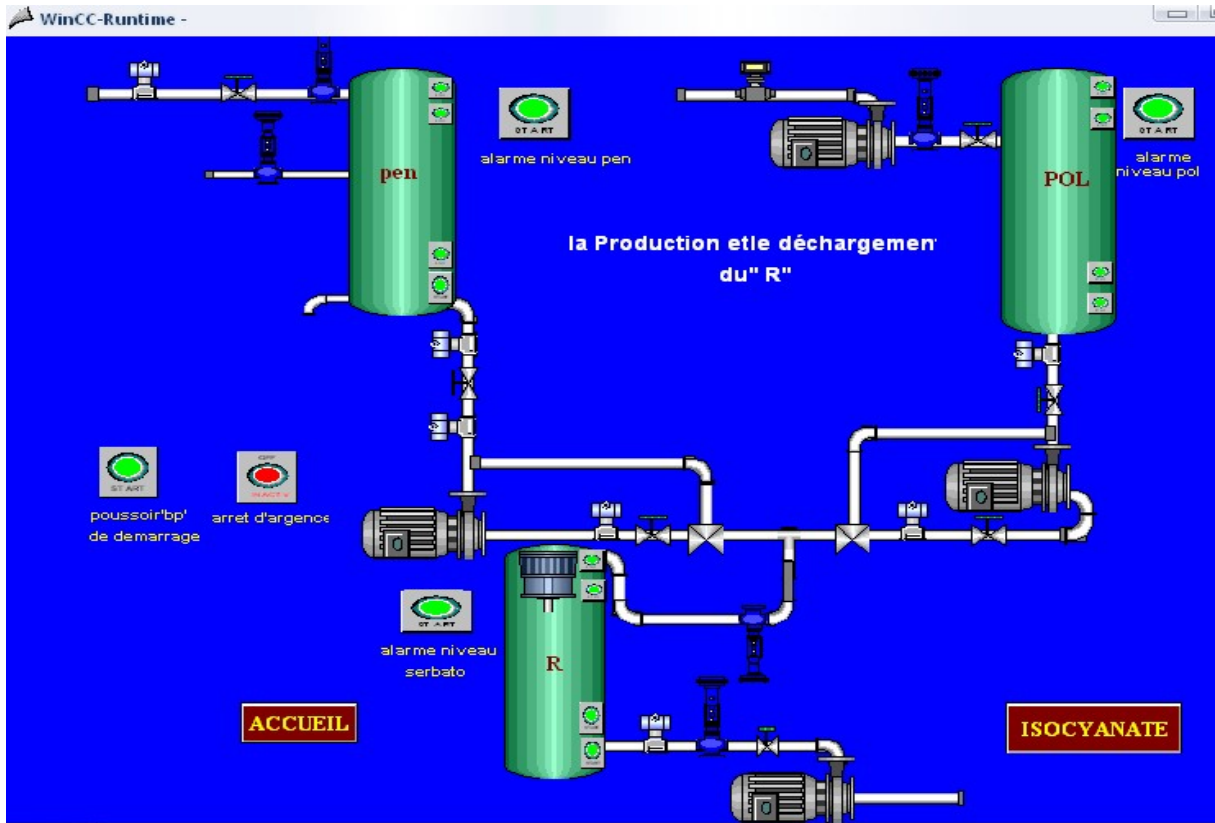


Figure IV.5: vue d'Ecomix

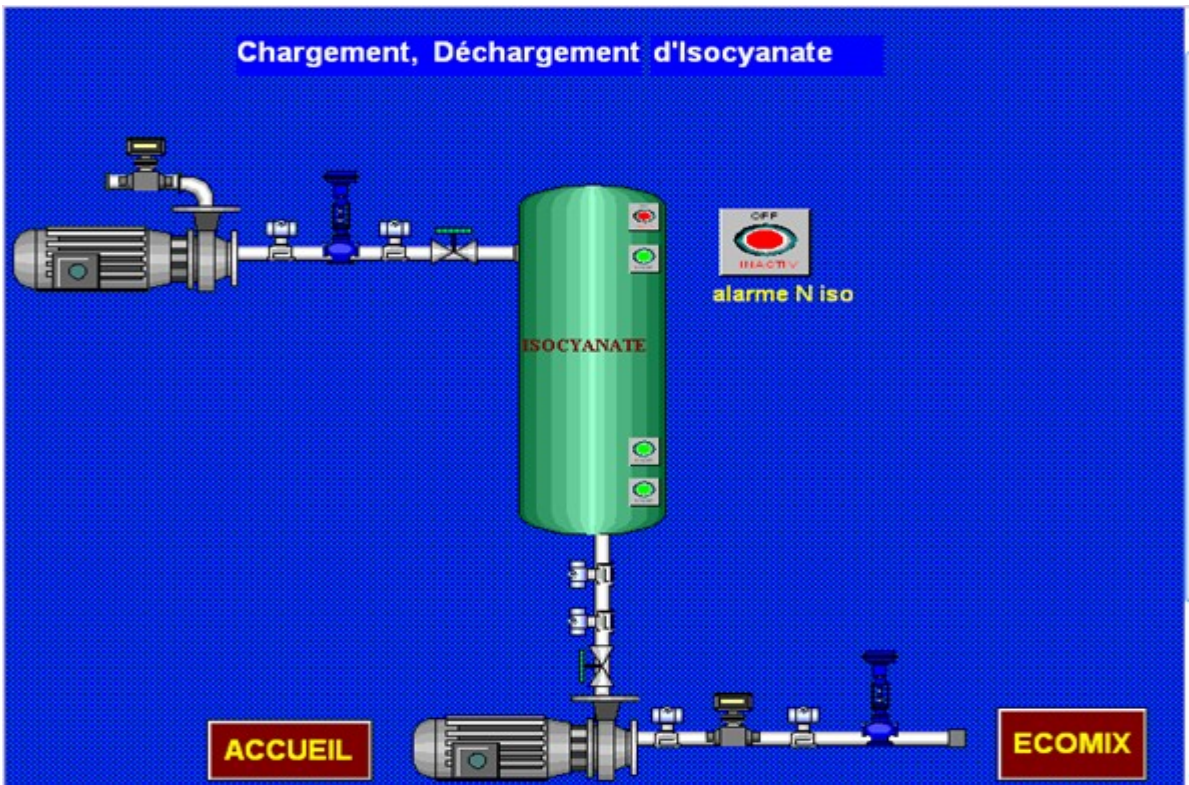


Figure IV.6: vue d'Isocyanate

**Conclusion**

Dans ce chapitre on a amélioré la commande du système par une supervision à l'aide du logiciel Win CC. Nous avons réalisé les différentes vue qui permettent de suivre l'évolution du procédé, ainsi que sa commande par distance.

## **CONCLUSION GENERALE**

Après l'étude de la station de préparation de l'isolant thermique « la mousse », nous sommes arrivés à proposer une solution de commande automatisée à base d'API S7-300.

En premier lieu nous avons étudié le fonctionnement de la station, puis nous avons élaboré une modélisation cohérente de notre processus à l'aide du GRAFCET et du GEMMA qui nous ont facilité le passage à une programmation S7 simulée avec le logiciel PL-CSIM.

La réalisation de cette commande nous a guidés au développement d'une solution de supervision qui permet de contrôler le déroulement de processus par l'intermédiaire du graphisme en temps réel.

Enfin, ce projet nous a permis de nous familiariser à l'utilisation de l'automate programmable industriel en particulier les API Siemens, le logiciel WinCC, de mettre en œuvre nos connaissances théoriques et de faire face à une situation purement industrielle et aussi d'apprendre à dépasser toutes les difficultés que présente une telle situation d'automatisation.