

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mouloud MAMMERI De Tizi-Ouzou



Faculté De Génie Electrique et d'Informatique  
Département : Automatique

## Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies  
Filière : Génie électrique

Spécialité : Automatique et Informatique Industrielles.

*Présenté par :*  
**Hamid SEDIKI**  
**Walid ZAIDI**

Mémoire dirigé par M. Mohand Outahar BENSIDHOUM et co-dirigé par M. Akli TILIOUINE

### Thème

# Développement d'une solution à logique programmée pour le contrôle et la sécurisation des brûleurs

*Mémoire soutenu publiquement le 12 / 07 / 2016 devant le jury composé de :*

M. Takfarinas CHELLI, MA A, UMMTO, Président.  
M. Mohand Outahar BENSIDHOUM, MC A, UMMTO, Encadreur.  
M. Akli TILIOUINE, Centrale Thermique Cap Djinet, Co-encadreur.  
Mlle. Ouredia CHELLALI, MM A, UMMTO, Examinatrice.  
Mme. Khoudouja KHERRAZ, MC B, UMMTO, Examinatrice.

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

## ***Ma mère***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection  
et l'amour que j'éprouve envers toi.*

*Puisse ce travail être la récompense de tes  
soutiens moraux et sacrifices.*

## ***Mon père :***

*Puisse ce modeste travail constituer une légère  
compensation pour tous les nobles sacrifices que  
tu t'es imposé pour assurer mon bien être et mon  
éducation.*

## ***Mes sœurs***

*Sans oublier mes camarades de la promotion et  
tous mes amis, chacun avec son propre nom.*

***Que Dieu vous garde***

***Walid***

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

## ***Ma mère***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que j'éprouve envers toi.*

*Puisse ce travail être la récompense de tes soutiens moraux et sacrifices.*

## ***Mon père :***

*Puisse ce modeste travail constituer une légère compensation pour tous les nobles sacrifices que tu t'es imposé pour assurer mon bien être et mon éducation.*

## ***Mon frère et sœurs***

*Sans oublier mes camarades de la promotion et tous mes amis, chacun avec son propre nom.*

***Que Dieu vous garde***

***Hamid***

# REMERCEMENTS

*Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce modeste travail :*

*A tous ceux qui nous ont facilité la tâche de l'intégration au sein de l'entreprise nationale : SONELGAZ (centrale thermique Cap-Djinet).*

*A notre encadreur Mr : **TILIOUINE Akli** dont l'apport, tant technique qu'humain qui a contribué à nous servir tout au long de notre stage professionnel.*

*A notre promoteur Mr : **BENSIDHOUME Mohand Outahar** pour son aide précieux, de son temps qu'il nous a consacré, de ses orientations bénéfiques et surtout pour sa patience tout au long de ce travail.*

*A tous les enseignants qui ont contribué à notre réussite.*

*Nous remercions également les membres du jury qui feront l'honneur de juger notre travail, d'apporter leur réflexion et suggestions scientifiques.*

*Et enfin, nous remercions les plus chaleureux, à nos familles et surtout à nos parents qui sont la source de cette réussite*

# SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

## **Chapitre I : Présentation et principe de fonctionnement de la centrale.**

I.1 Introduction.....	2
I.1.1 Historique.....	3
I.1.2 Mise en service de la centrale .....	3
I.2 Organigramme de la centrale .....	4
I.3 Caractéristiques techniques.....	5
I.3.1 Combustibles.....	5
I.3.2 Consommation nominale par groupe .....	5
I.3.3 Capacité de production nominale.....	5
I.4 Description des différents équipements de la centrale.....	5
I.4.1 Turbine.....	5
I.4.2 Générateur de vapeur (Chaudière) .....	6
I.4.3 Condenseur .....	6
I.4.4 Pompes.....	7
I.4.5 Réchauffeurs .....	8
I.4.6 Dégazeur .....	8
I.4.7 Bâche alimentaire .....	8
I.4.8 Eau de réfrigération (eau de mer) .....	9
I.4.9 Alternateur .....	9
I.5 Les différents circuits auxiliaires de la centrale .....	9
I.5.1 Station de pompage et de filtration .....	9
I.5.2 Système de traitement des eaux .....	9
I.5.3 Evacuation d'énergie .....	10
I.5.4 Présentation de la salle de commande et de contrôle.....	10
I.6 Principe global de fonctionnement de la centrale.....	11
I.7 Conclusion .....	14

## **Chapitre II : Description et fonctionnement d'un Brûleur.**

II.1 Introduction .....	15
II.2 Description d'un brûleur.....	15
II.2.1 Brûleur à gaz.....	16
II.2.2 Brûleur à fuel.....	17
II.2.3 Brûleur d'allumage .....	18
II.2.4 Air de combustion .....	18
II.2.5 Alimentation en air de commande.....	19
II.3 Description de la commande pour le fonctionnement du brûleur .....	19

II.3.1 Fonctionnement Manuel .....	19
II.3.2 Fonctionnement Automatique .....	19
II.3.3 Transmission des ordres .....	20
II.3.3.1 Séquences d'allumage .....	20
II.3.3.2 Séquences d'arrêt.....	21
II.4 Logigramme de déroulement des phases.....	22
II.4.1 Logigramme des phases de marche .....	26
II.4.2 logigramme des phases d'arrêt .....	32
II.5 Instrumentation.....	36
II.5.1 Les capteurs .....	36
II.5.1.1 Capteur de position.....	36
II.5.1.2 Capteur de pression (pressostat).....	37
II.5.1.3 Détecteur de flamme (type 45UV5) .....	37
II.5.2 Les pré-actionneurs.....	38
II.5.2.1 Les distributeurs .....	38
II.5.2.2 Les relais.....	38
II.5.2.3 Contacteurs .....	38
II.5.3 Actionneurs .....	39
II.5.3.1 Vérin pneumatique .....	39
II.5.3.2 Les Vannes .....	40
II.5.4 Electrovanne .....	41
II.6 Conclusion .....	41

### **Chapitre III : Modélisation de système à l'aide du GRAFCET.**

III.1 Introduction.....	42
III.2 Définition .....	42
III.3 Les concepts de base d'un GRAFCET .....	42
III.4 Hiérarchisation .....	43
III.4.1 GRAFCET de tâche .....	43
III.4.2 Macro étape .....	44
III.5 Niveau de GRAFCET .....	45
III.5.1 GRAFCET niveau 1 .....	45
III.5.2 GRAFCET niveau 2 .....	45
III.5.3 GRAFCET niveau 3 .....	45
III.6 Mise en équation .....	46
III.7 Arrêts d'urgences .....	47
III.8 Modélisation du système.....	47
III.9 Conclusion.....	51

### **Chapitre IV : Développement de la solution programmable.**

IV.1 Introduction.....	52
IV.2 Définition d'un API .....	52
IV.3 Choix d'un automate .....	52

IV.4 Objectifs de l'automate dans les systèmes automatisés .....	52
IV.5 Présentation de l'automate S7-300 .....	53
IV.5.1 Aspect externe .....	53
IV.5.2 Aspect interne .....	54
IV.5.3 Caractéristiques .....	54
IV.5.4 Constitution .....	54
IV.6 Programmation de l'automate S7 .....	55
IV.6.1 Langage de programmation .....	56
IV.6.2 Structure d'une programmation .....	56
IV.6.3 Création d'un projet STEP 7 .....	56
IV.7 Création du projet .....	58
IV.8 Les mnémoniques .....	60
IV.9 Test et validation du programme .....	61
IV.9.1 Introduction sur le S7-PLCSIM .....	61
IV.9.2 Etats de fonctionnement de la CPU .....	61
IV.9.3 Visualisation d'une partie de notre programme .....	62
IV.8 Conclusion .....	65

## **Chapitre V : Développement de la plateforme de supervision.**

V.1 Introduction .....	66
V.2 Présentation du logiciel WinCC flexible 2008.....	66
V.3 Définition de la supervision industrielle .....	66
V.4 Constitution d'un système de supervision.....	67
V.4.1 Module de visualisation (affichage).....	67
V.4.2 Module d'archivage.....	67
V.4.3 Module de traitement.....	67
V.4.4 Module de communication.....	67
V.5 Etapes de mise en œuvre .....	67
V.5.1 Etablir une liaison directe.....	68
V.5.2 Création de la table des variables .....	68
V.6 Apport de supervision .....	68
V.6.1 Apport pour le personnel.....	68
V.6.2 Apport pour l'entreprise .....	69
V.7 Création d'un projet.....	69
V.8 Les vues du projet.....	71
V.8.1 Vue d'accueil.....	71
V.8.2 Vue de pupitre de commande .....	71
V.8.3 Vue d'une phase .....	73
V.9 Conclusion.....	73
Conclusion générale .....	74

# Introduction générale

---

La vie moderne demande de plus en plus d'énergie électrique. Cette dernière ne se trouve pas dans la nature sous une forme directement exploitable. Elle s'obtient par conversion d'autres formes d'énergie telle que : l'énergie hydraulique, solaire, nucléaire, thermique, éolienne dans les centrales de production. Afin de répondre à cette demande, il faut éviter tout arrêt prolongé en cas de pannes, en utilisant les moyens les plus performants.

Les systèmes industriels deviennent de plus en plus complexes. Ce développement s'accompagne d'une évolution des processus d'automatisation. Ces derniers rendent les processus industriels de plus en plus performants en assurant la commande des machines et des installations industrielles.

Du fait que la commande électrique et la surveillance des équipements de la centrale thermique de Cap Djinet s'effectuent par un système à base de la logique câblée présentant un inconvénient majeur pour la maintenance et l'entretien de ces équipements et de l'indisponibilité des cartes électroniques de rechange du circuit de commande, il nécessite d'adopter une solution de commande programmable adéquate.

Afin d'éviter les inconvénients cités précédemment, notre objectif consiste à développer une solution à logique programmée pour le contrôle et la sécurisation des brûleurs avec un automate programmable S7 300.

Pour cela, on doit d'abord connaître toutes les différentes structures du brûleur, et les exigences de son fonctionnement pour identifier ses différentes phases de marche et arrêt.

Pour ce faire nous allons organiser le plan de notre mémoire de la façon suivante :

- ❖ Le premier chapitre sera consacré à la présentation et la description du fonctionnement de la centrale.
- ❖ Dans le deuxième chapitre, nous allons décrire le fonctionnement d'un Brûleur.
- ❖ Dans le troisième chapitre, nous passons à la modélisation du système à l'aide d'un GRAFCET.
- ❖ Au quatrième chapitre, nous développerons une solution programmable du Brûleur.
- ❖ Le dernier chapitre consistera à développer une solution de supervision avec le logiciel WinCC.
- ❖ En fin, nous terminerons par une conclusion générale.

### I.1 Introduction :

La centrale thermique de Cap-Djinet, Boumerdes est située au bord de la mer à 80 km d'Alger. Elle est installée sur une superficie de 35 hectares. Elle comprend 4 groupes de 176 MW chacun, soit une puissance électrique totale de 704MW.

La centrale est construite entre 1980 et 1986, afin de renforcer l'alimentation en énergie électrique du pays. La mise en service de la première tranche d'énergie livrée au réseau de distribution a été effectuée le 17 juin 1986.

C'est une centrale thermique à vapeur qui utilise l'eau comme caloporteur d'énergie à haute température et sous pression.

Les principaux ateliers de la centrale sont [1]:

- Salle des machines,
- Chaudières,
- Locaux des auxiliaires électriques et mécaniques,
- Tour de prise d'eau de mer,
- Station détente gaz,
- Station pompage et dépotage fuel,
- Station de production d'hydrogène,
- Poste d'alimentation en hydrogène,
- Aire des transformateurs,
- Station de chloration,
- Station pompage (les pompes alimentaires, les pompes d'extraction, les pompes d'aspiration),
- Station de déminéralisation,
- Station de dessalement d'eau de mer,
- Station des pompages d'eau alimentaire.

La figure suivante représente l'image satellite de la centrale thermique de Cap-Djinet :



**Figure I.1 : Vue de la centrale de Cap-Djinet par satellite.**

### **I.1.1 Historique :**

La centrale a été construite par un consortium Austro-allemand (kwu: kraftwerk-AG de RAF et SGP (Simmering GRAZ Pauker et Siemens d'Autriche) qui avait la responsabilité des études, de la supervision du montage et du contrôle de l'ouvrage, ainsi qu'une entreprise espagnole DRAGADOS à laquelle a été confiée la réalisation de la prise de l'eau de mer.

De nombreuses entreprises algériennes ont également participé à la réalisation de la centrale, chacune dans son domaine d'activité (ENCC, ETTERKIB, BATIMETAL, GENISIDER, INRGA, SNLB, PROSIDER, ENATUB, SNIC, GTP, SONATRAM, SOGEP).

Les principaux contrats de réalisation de cette centrale ont été signés en 1980. Les travaux de terrassement ont démarré en mars 1981 et le début du montage de la centrale a été effectué le 17 juin 1986 [1].

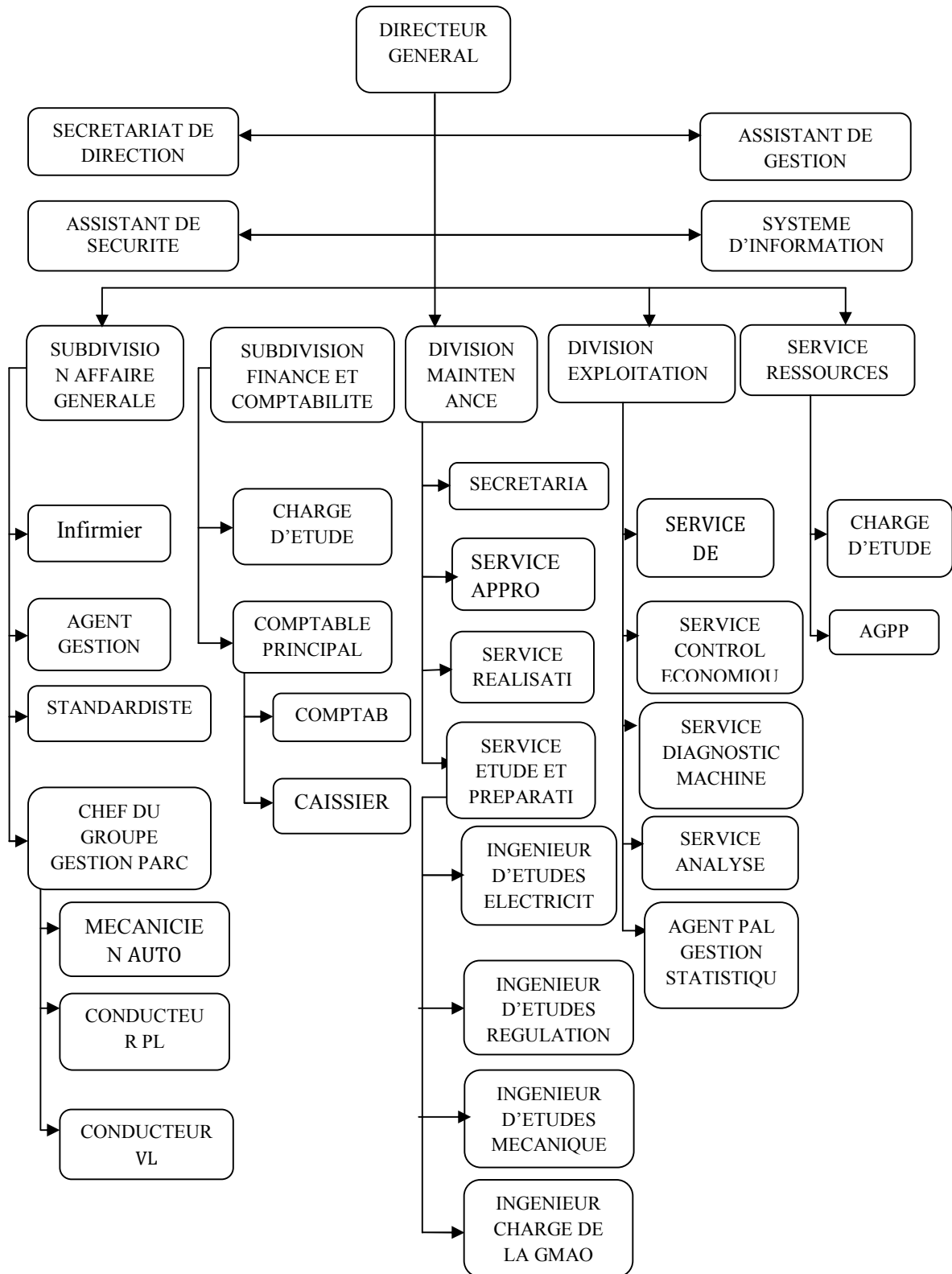
### **I.1.2 Mise en service de la centrale :**

La mise en service des groupes s'est effectuée comme suite :

- ❖ Groupe 1, couplage sur le réseau le 17/06/1986.
- ❖ Groupe 2, couplage sur le réseau le 17/09/1986.
- ❖ Groupe 3, couplage sur le réseau le 29/11/1986.
- ❖ Groupe 4, couplage sur le réseau le 21/02/1987.

**I.2 Organigramme de la centrale :**

La centrale de Cap-Djinet est organisée comme suite [1] :



**Figure I.2 : Organigramme de la centrale Cap-Djinet.**

### **I.3 Caractéristiques techniques :**

#### **I.3.1 Combustibles :**

- ❖ Le combustible utilisé pour les chaudières et le gaz naturel de HASSI R'MEL acheminé par gazoduc.
- ❖ Le secours est assuré par le fuel (oïl domestique) stocké dans deux(02) réservoirs de 10 000 m<sup>3</sup> chacun.

#### **I.3.2 Consommation nominale par groupe :**

- ❖ En marche au gaz :  $Q = 40.000 \text{ m}^3/\text{h}$
- ❖ En marche au fuel :  $P = 42 \text{ m}^3/\text{h}$

#### **I.3.3 Capacité de production nominale :**

La centrale de Cap-Djinet se compose de quatre tranches de type thermique-vapeur d'une puissance unitaire de 176 MW (borne alternateur).

La puissance totale installée est de 704 MW et la puissance fournie au réseau est de 672 MW (borne usine).

La consommation totale des auxiliaires des 4 tranches et des auxiliaires communs est d'environ 32 MW [1].

### **I.4 Description des différents équipements de la centrale**

La centrale est composée de quatre tranches identiques, chacune d'elle contient des équipements principaux (stratégiques) [1], [2].

#### **I.4.1 Turbine :**

##### **I.4.1.1 Rôle :**

La turbine transforme l'énergie thermique contenue dans la vapeur provenant de la chaudière en un mouvement de rotation de l'arbre. Le travail mécanique obtenu sert à entraîner l'alternateur.

##### **I.4.1.2 Description**

- ❖ Turbine à trois corps.
- ❖ Nombre de soutirages de vapeur :trois réchauffeurs BP, une bêche alimentaire et deux réchauffeurs HP.

### **I.4.1.3 Caractéristiques :**

- ❖ Longueur : 16,125 m.
- ❖ Largeur : 13 m.
- ❖ Puissance : 176 MW.
- ❖ Pression : 138 bars.
- ❖ Température de vapeur : 535 °C.
- ❖ Vitesse de rotation : 3 000 tr/mn

### **I.4.2 Générateur de vapeur (Chaudière) :**

#### **I.4.3.1 Rôle :**

Le générateur de vapeur (chaudière), de type pressurisé à circulation naturelle, a pour rôle de transformer l'eau en vapeur à pression pour alimenter l'alternateur.

#### **I.4.3.2 Constitution :**

- ❖ Chambre de combustion formée par les tubes écran (faisceaux vaporisateurs),
- ❖ Un ballon (réservoir) et un économiseur,
- ❖ Trois surchauffeurs et deux resurchauffeurs,
- ❖ Trois désurchauffeurs par injection d'eau pour la régulation de température vapeur,
- ❖ Quatre colonnes de descente,
- ❖ Huit brûleurs de combustion mixte gaz/fuel.

#### **I.4.2.3 Caractéristiques :**

- ❖ Capacité de vaporisation maximale : 523 tr/h,
- ❖ Pression de service : 160 bars,
- ❖ Température de vapeur : 540 °C.

### **I.4.3 Condenseur :**

Le condenseur de la turbine fait partie du circuit de condensation qui assure la condensation de la vapeur d'échappement de la turbine et sa détente à une contre pression basse avec le circuit d'eau de circulation et les circuits auxiliaires.

#### **I.4.3.1 Principes de fonctionnement.**

- Assurer la condensation de la vapeur d'eau évacuée du corps (BP) de la turbine et de réintroduire le condensât dans le circuit eau-vapeur (poste d'eau).

- Augmenter la chute d'enthalpie de la vapeur détendue en établissant une dépression, afin d'obtenir un rendement de la turbine aussi élevé que possible.

- Dégazer le condensât et évacuer les incondensables (en majorité de l'air).

- Recevoir également le condensât des réchauffeurs (BP).

### I.4.3.2 Caractéristiques :

- Pression dans le condenseur : 0.07 bar absolue.
- Capacité de puits entrée / sortie : eau de mer 6 °C à 8 °C.
- Surface d'échange : 10101 m<sup>2</sup>.
- Masse de condenseur à vide : 258,5 T.
- Matériaux de tube : titans.
- Vitesse d'eau dans les tubes : 1,8 m/s.
- Débit vapeur : 98,5 kg/s.
- Débit d'eau de refroidissement : 6500 kg/s (eau de mer).
- Nombre de tubes : 14850.
- Longueur des tubes : 11,490 m.
- La température de sortie : 32,9 °C.
- La pression de sortie : 0,05 bars.

### I.4.4 Pompes :

Il existe dans la centrale de Cap-Djinet deux pompes d'extraction et trois pompes d'alimentation.

#### I.4.4.1 Pompes d'extraction :

Les pompes d'eau d'extraction ont pour rôle d'acheminer le condensat principal à la sortie du condenseur jusqu'à la bache alimentaire en passant par les réchauffeurs basse pression.

#### I.4.4.2 Pompes d'alimentations :

Les pompes alimentaires servent à alimenter le générateur de vapeur (chaudière) avec de l'eau nécessaire en passant par les réchauffeurs à haute pression de poste d'eau (ensemble des appareils qui transfèrent l'eau du cycle depuis le condenseur jusqu'à la chaudière) et l'économiseur du générateur de vapeur.

Les pompes alimentaires doivent fournir la quantité d'eau nécessaire pour maintenir le niveau de l'eau dans le réservoir de la chaudière entre deux limites bien définies.

### **I.4.5 Réchauffeurs :**

#### **I.4.5.1 Réchauffeurs BP (à basse pression) :**

Le rôle de ces trois réchauffeurs de BP est de réchauffer le condensât lors de son transfert dans la bêche alimentaire. Ils sont alimentés par les soutirages qui viennent du corps de la turbine.

#### **I.4.5.2 Réchauffeurs HP (à haute pression) :**

Le rôle de ces deux réchauffeurs est de réchauffer l'eau d'alimentation lors de son transfert dans la chaudière. Ils sont alimentés par soutirages provenant : l'un du corps MP et l'autre de corps HP.

### **I.4.6 Dégazeur :**

Le dégazeur a pour rôle d'éliminer les gaz des eaux. Il contient une chambre de mélange pour les condensats à dégazer, une plaque de dégazeur, un collecteur horizontal, une zone de collecte et l'évacuateur des incondensables.

### **I.4.7 Bêche alimentaire :**

#### **I.4.7.1 Rôle :**

La bêche alimentaire a un rôle de réchauffeur et conditionne la pression à l'aspiration de la pompe alimentaire.

C'est un réservoir cylindrique combiné avec un dégazeur. Il reçoit à partir des pompes d'extractions de l'eau, qui traverse un certain nombre de réchauffeurs.

Il reçoit également de la vapeur à partir du soutirage (S4) qui vient du corps MP (moyenne pression).

L'eau se réchauffe jusqu'à la température de saturation correspondant à la pression de soutirage, en condensant la vapeur qui est prélevée à la turbine.

#### **I.4.7.2 Caractéristiques :**

- Le volume total : 163 m<sup>3</sup>
- Diamètre d l'enveloppe : 3,6 m.
- La longueur de la bêche : 16,5 m.
- Température à la sortie de bêche : 150 – 151 °C.

- Pression : 4,9 – 5 bars.
- Le débit : 145,34 kg/s
- Température d'entrée : 114 °C.

### **I.4.8 Eau de réfrigération (eau de mer) :**

La prise d'eau se situe en mer à 900 m de la station de pompage et de filtration. L'eau de mer arrive par trois (03) conduites en béton, de diamètre intérieur 2,70 m et l'extérieur 3,00 m.

### **I.4.9 Alternateur :**

#### **I.4.9.1 Rôle :**

L'alternateur est une machine qui transforme l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique

#### **I.4.9.2 Caractéristiques :**

- La puissance maximale produite est de : 176 MW.
- La tension : 15,5 KV.
- La fréquence : 50 Hz.
- L'intensité du courant: 8195 A.

## **I.5 Les différents circuits auxiliaires de la centrale [3] :**

### **I.5.1 Station de pompage et de filtration :**

La position de la station de pompage et de filtration d'eau de mer est profonde de sept (7) mètres environ dans la mer méditerranée. La prise d'eau est située à 900 mètres de la côte. L'arrivée de l'eau à la station de pompage se fait par trois tubes en béton.

### **I.5.2 Système de traitement des eaux**

#### **I.5.2.1 Station de dessalement de l'eau de mer (KRUPP) :**

La station de dessalement a pour rôle, la production d'eau dessalée à partir de l'eau de mer.

#### **Description:**

- Quatre unités de dessalement produisant 500 m<sup>3</sup>/j, chacune assure la production en eau dessalée, stockée dans deux bâches de 2x 2700 m<sup>3</sup>.
- Type d'installation : Multi-flash, c'est-à-dire à évaporation successives sur 18 étages de l'évaporateur.

Trois produits chimiques sont injectés pour le traitement de l'eau qui sont les suivants :

- Le belgard EVN : Inhibiteur d'incrustation utilisé pour éviter l'entartrage.
- La belite ( $M_{33}$ ) : produit anti-mousse utilisé pour éviter la formation de la mousse au niveau des évaporateurs.
- Le bisulfite de sodium ( $Na_2SO_3$ ) : Produit permettant l'élimination du chlore dans l'eau pour diminuer la conductivité.

### **I.5.2.2 Station de déminéralisation :**

Deux chaînes de déminéralisation de 40 m<sup>3</sup>/h, chacune parachève le traitement de l'eau avant son utilisation dans le cycle eau-vapeur.

Les lites mélangés, sont un mélange de résines cationique (Duo lite A<sub>101</sub> et C<sub>20</sub> MB). Le stockage d'eau déminéralisée se fait dans deux réservoirs de 1500 m<sup>3</sup> chacun.

### **I.5.3.3 Station d'électro-chloration (Denora / Italie) :**

La chloration de l'eau de mer permet de protéger le circuit d'eau de mer, (condenseur, conduite d'amenée d'eau de mer...etc.), contre tout encrassement pouvant être causé par les micro-organismes marins.

Elle se fait par injection d'hypochlorite de sodium, l'installation est prévue pour produire 2 x 150 Kg/h de chlore avec deux unités.

En condition de chloration continue, 104 000 m<sup>3</sup>/h d'eau de circulation sont continuellement chlorés.

### **I.5.3 Evacuation d'énergie :**

L'énergie électrique produite est évacuée par l'intermédiaire de lignes 225 KV sur les postes de Boudouaou et de Si Mustapha.

### **I.5.4 Présentation de la salle de commande et de contrôle :**

#### **I.5.4.1 Salle de commande et de contrôle :**

Chaque paire de tranches est contrôlée et réglée depuis une salle de commande.

La salle de commande comprend pour chaque tranche :

- ❖ Deux pupitres de conduites.
- ❖ Deux tableaux verticaux où sont rassemblés les organes de commande et les appareils d'enregistrement de la plus grande partie des paramètres.
- ❖ Un tableau synoptique schématisant les auxiliaires électriques.

### I.5.4.2 Système de surveillance :

Pour permettre une bonne conduite du groupe de production des paramètres d'exploitation (température, pression, niveau d'eau, vibration...etc.) les différents équipements du groupe sont indiqués et enregistrés en permanence en salle de commande et signalés en cas de dépassement de seuil.

Pour une meilleure analyse en cas d'incident, un consignateur d'état est installé pour permettre l'enregistrement des alarmes dans un ordre chronologique.

### I.6 Principe global de fonctionnement de la centrale :

Les pompes d'extractions aspirent le condensat à partir de condenseur à pression de 0,05 bars et une température de 33 °C, et refoulent l'eau vers les réchauffeurs basse pression 1 (BP1), basse pression 2 (BP2), basse pression 3 (BP3) où l'augmentation de la température s'effectue comme ceci :

- ❖ 52 °C à la sortie de réchauffeur BP1.
- ❖ 84 °C à la sortie de réchauffeur BP2.
- ❖ 113 °C à la sortie de réchauffeur BP3.

L'eau est prise à la bêche alimentaire où passe le dégazage, sa température est de 152 °C et sa pression est de 170 bars.

L'eau de la bêche alimentaire est aspirée par les pompes d'alimentation où elles l'envoient vers les réchauffeurs haute pression 5 (HP5) et haute pression 6 (HP6) où l'augmentation de la température s'effectue comme ceci :

- ❖ 200 °C à la sortie de réchauffeur HP5.
- ❖ 246 °C à la sortie de réchauffeur HP6.

L'eau chaude arrive au ballon chaudière, les parois tubulaires qui tapissent la chambre de combustion où elle atteint la température d'ébullition, et même la température de vaporisation.

La moitié supérieure du ballon chaudière contient de la vapeur saturée. Celle-ci est dirigée sur les trois surchauffeurs, où sa température augmente jusqu'à 540 °C. En cas d'une température plus élevée que cette dernière, il y a le déclenchement des désurchauffeurs afin de la diminuer jusqu'à 540 °C, la pression reste presque constante (170 bars).

La vapeur du surchauffeur arrive au corps haute pression (HP) de la turbine où elle détente jusqu'à 40 bars et sa température diminue jusqu'à 375 °C, puis elle retourne vers les resurchauffeurs qui se trouvent dans la chaudière, où elle se réchauffe pour atteindre les

544°C. Ensuite elle entre dans le corps moyenne pression (MP) de la turbine qui continuera jusqu'au corps basse pression (BP), en passant par ces trois corps, elle fournit le travail moteur.

Le dernier circuit est le condenseur, dans lequel s'effectue la condensation de la vapeur sous vide à une pression 0,05 bars et à une température de 33 °C. L'eau recueillie est froide et recommence son cycle de nouveau [1].

Voir le schéma représente sur la figure I.3

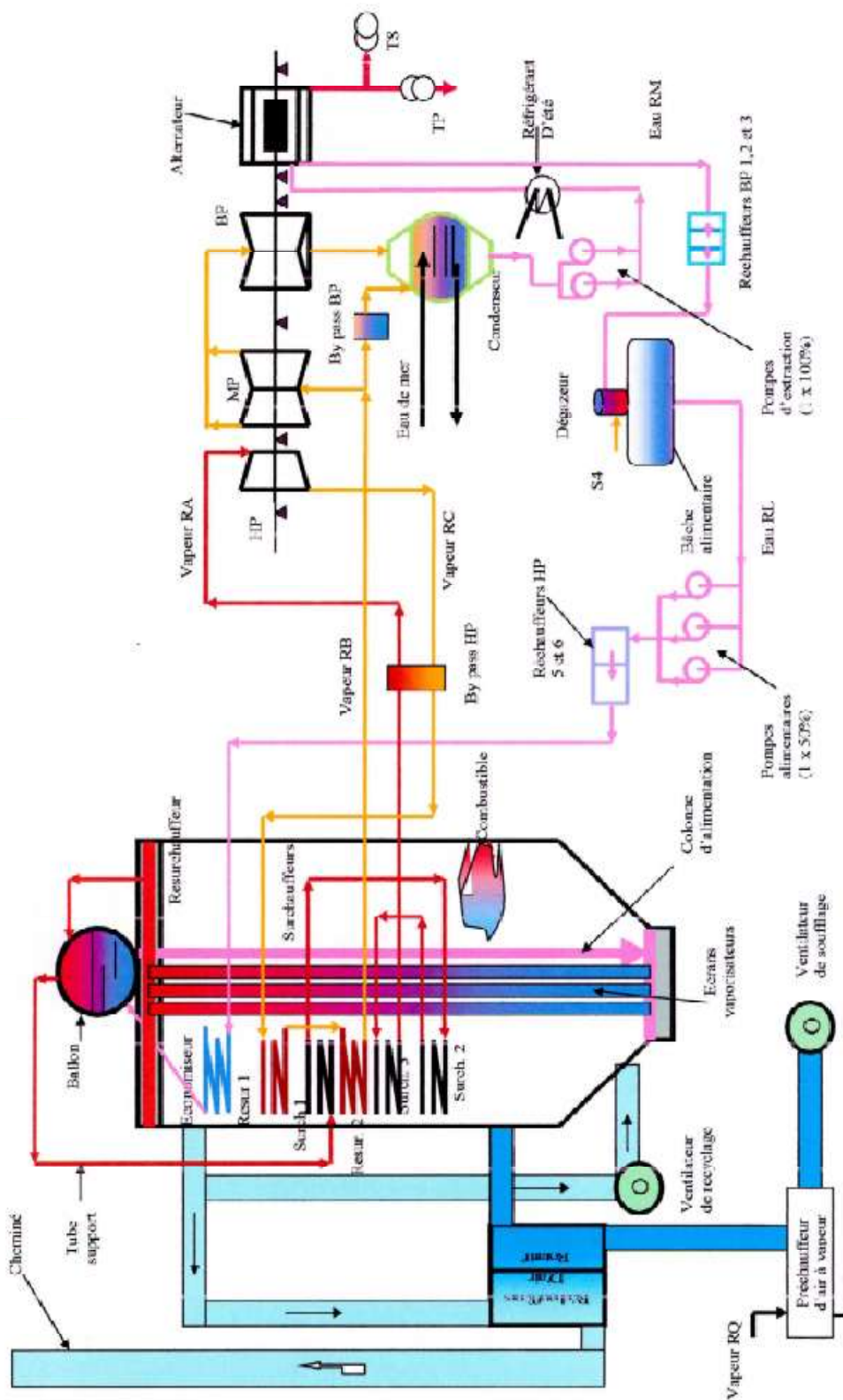


Figure I.3 : Schéma synoptique d'une tranche thermique.

### **I.7 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons décrit le fonctionnement général et les constituants de la centrale thermique de production d'énergie électrique de Cap Djinet.

Le prochain sera consacré à l'étude du Brûleur qui fait l'objet de notre thème.

### II.1 Introduction :

Dans l'exploitation des tranches de production d'électricité, de nombreux processus thermiques et électriques doivent se dérouler suivant le programme fixé à l'avance et dans un ordre chronologique correct.

Dans ce chapitre, nous allons décrire le brûleur qui est un appareil destiné à mélanger un combustible et un comburant et à en assurer la combustion et présenter la commande utilisée pour son fonctionnement pour transférer la technologie de l'électronique câblée vers la technologie programmée avec un automate programmable.

### II.2 Description d'un brûleur :

Le brûleur (Figure II.1) est un élément de la chaudière. Son rôle principal est de mélanger du comburant et du combustible. Le comburant utilisé dans la centrale est l'air, pour le combustible, il utilise principalement le gaz naturel ou le fuel comme combustible de secours [1].

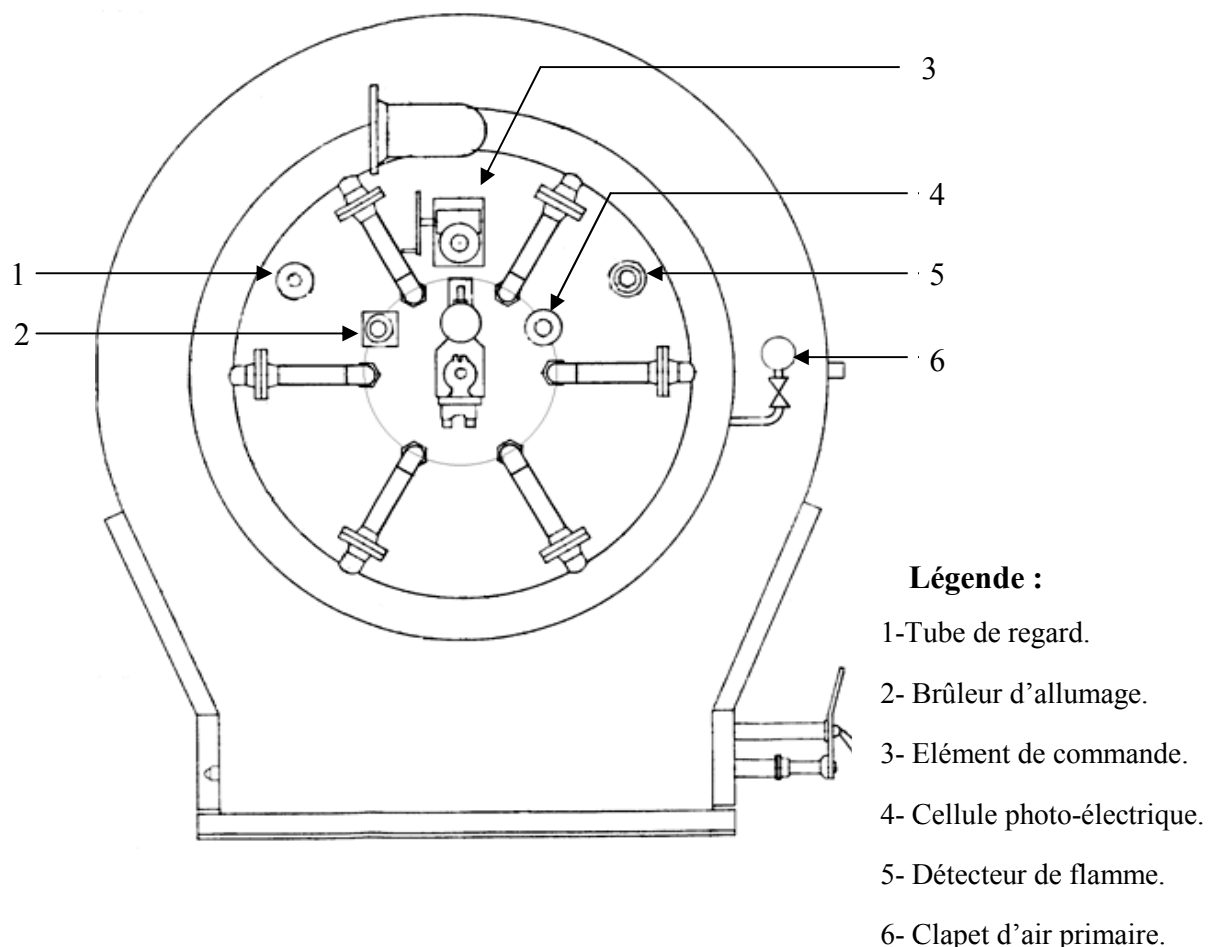


Figure II.1: Brûleur mixte au Fuel-Gaz.

### II.2.1 Brûleur à gaz :

Les brûleurs à gaz sont conçus comme brûleur multi lances et à distributeur annulaire à gaz. Le circuit d'alimentation du gaz est observé sur la figure II.2.

Le gaz naturel arrive du poste de détente principale à une pression de six bars au niveau de la conduite principale (NN30). Ensuite il passe dans deux autres conduites qui alimentent chacune une rampe de brûleur. La première conduite (NN40) alimente les brûleurs 1, 2, 3, 4, la seconde conduite (NN50) alimente les brûleurs 5, 6, 7, 8. Ces différentes conduites contiennent les organes d'isolement et de contrôle :

❖ La conduite NN30 :

NN30 S001 et NN30 S003 : Vanne principale à fermeture rapide.

NN30 F001 : Compteur à gaz.

❖ Les conduites NN40 et NN50 :

NN40/50 S002 : Vanne d'arrêt pneumatique.

NN40/50 S001 : Vanne de régulation.

NN40/50 P001 : Indicateur de pression gaz.

❖ Au niveau du brûleur

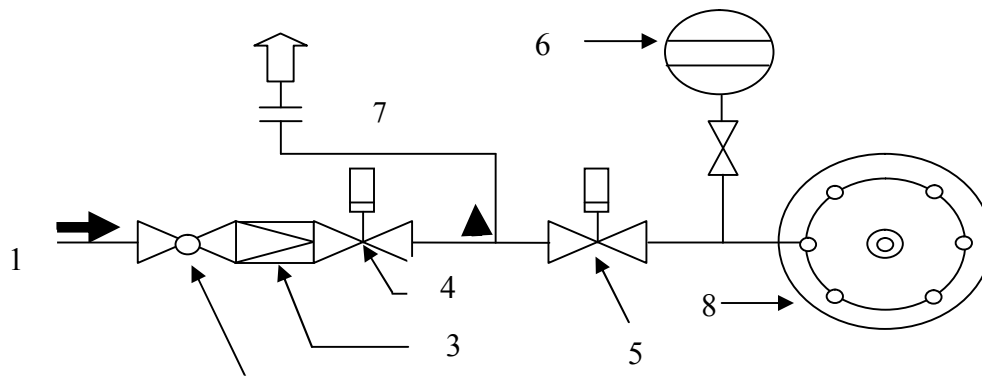
NN66 S001 : Vanne ouverture rapide pneumatique.

NN66 S002 : Vanne d'isolement manuel.

NN66 S004 : Vanne fermeture rapide pneumatique.

NN66 S005 : Vanne pour la détente.

NN66 P001 : Manomètre de pression gaz.



- 1- Gaz naturel,
- 2- Vannes de fermeture rapide (manuelle),
- 3- Séparateur d'impuretés,
- 4- Vanne d'ouverture rapide pneumatique (NN66 S001),
- 5- Vanne de fermeture rapide pneumatique (NN66 S002),
- 6- Manomètre,
- 7- Détente.
- 8-Bruleur

**Figure II.2 : Alimentation en gaz naturel.**

### II.2.2 Brûleur à fuel :

Le brûleur étant conçu pour un fonctionnement mixte, la lance fuel est montée dans l'axe du brûleur. Le circuit d'alimentation en fuel est montré sur la figure II.3.

Le fuel est conduit à la chaudière à travers la conduite principale. Ensuite, il est distribué au niveau de chaque brûleur à travers deux conduites. Son retour est assuré par deux autres conduites qui sont reliées à la conduite principale de retour.

❖ Au niveau de la conduite NM16 :

NM16 B001 : Filtre arrivée fuel.

NM16 F001 : Compteur arrivée fuel.

NM16 S005/S006 : Vannes fermeture rapide fuel.

NM16 D002 : Manomètre pour la pression d'entrée du bruleur.

❖ Sur la conduite NM26 :

NM26 P001 : Manomètre pour retour.

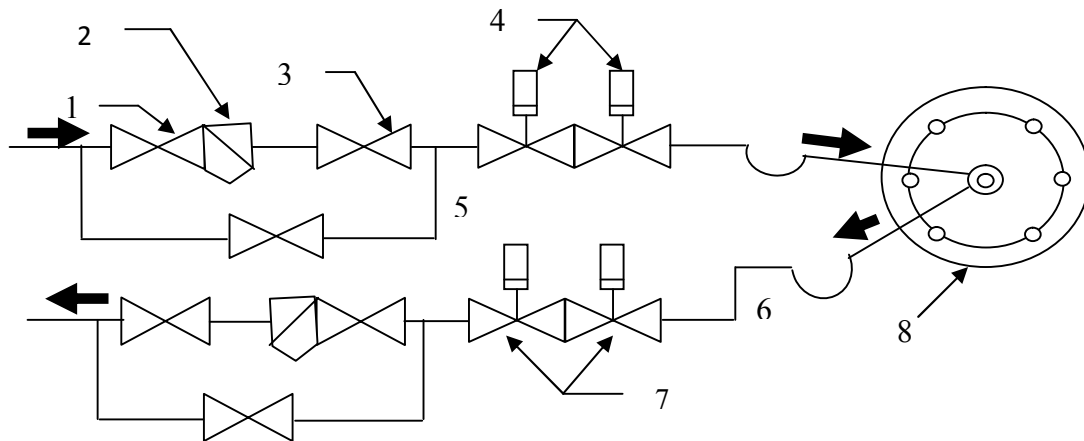
NM26 S001/S002 : Vanne fermeture rapide fuel.

NM26 F001 : Compteur retour fuel.

NM26 B001 : Filtre fuel retour.

❖ Sur les conduites NM31 et NM32 :

NM31/32 S002 : Soupape de régulation fuel.



- 1- Soupape d'arrêt.
- 2- Filtre.
- 3- Soupape d'arrêt.
- 4- Vanne de fermeture rapide pneumatique (NM16 S005 et NM16 S006)
- 5- Dérivation.
- 6- Retour fuel.
- 7- Vanne de fermeture rapide pneumatique (NM26 S001 et NM26 S002).
- 8- Brûleur

Figure II.3 : Alimentation en fuel.

### II.2.3 Brûleur d'allumage :

Le rôle du brûleur d'allumage est du pré-allumage du brûleur principal. Le combustible utilisé est le gaz naturel ou le fuel.

### II.2.4 Air de combustion :

L'air de combustion est amené aux brûleurs par les gaines qui sont équipées de dispositifs de mesure de débit NG46 F001 et de clapets de réglage NG46 S001.

Ces clapets sont manœuvrés dans les positions allumage marche et arrêt par le système de programmation des brûleurs.

L'arrivée d'air aux brûleurs est divisée en air primaire et secondaire. La part de l'air primaire est réglable par un clapet à commande manuelle. Elle est d'environ 10% du débit d'air total. L'ajustement du clapet d'air primaire est effectué lors de la mise en service.

L'air secondaire est amené au foyer.

### **II.2.5 Alimentation en air de commande :**

Toutes les soupapes à fermeture rapide et le dispositif de glissement de lance à fuel sont alimentée en air de commande de 7 bars. En cas de manque du réseau d'air de commande, la chaudière s'arrête également du fait que toutes les soupapes ont comme position de sécurité la position de fermeture.

### **II.3 Description de la commande pour le fonctionnement du brûleur :**

Les brûleurs sont commandés par un dispositif électronique qui provoque automatiquement certaines actions à la suite de certaines sollicitations et cela suivant un processus logique fixé à l'avance. Les diverses composantes électroniques de cet automatisme sont reliés entre eux et regroupés dans des armoires. Grâce aux différentes cartes, on a pu décortiquer les conditions d'activations et de désactivations des phases de marche et d'arrêt.

Le montage de cette commande est effectué selon un schéma logique avec la plaquette FK11 et par les plaquettes de phases FS qui assurent les principales opérations.

#### **II.3.1 Fonctionnement Manuel :**

Dans le fonctionnement manuel, la commande automatique qui dépend de la partie commande d'ordres est bloquée. Toutes les interventions relatives à cette commande sont effectuées à la main.

#### **II.3.2 Fonctionnement Automatique :**

Dans le cas de fonctionnement automatique, on commence par mettre en circuit la partie commande sur automatique marche. Ce n'est qu'après la sélection d'un programme (marche ou arrêt) que la commande automatique peut fonctionner et provoquer l'état de marche voulu. La séquence des ordres de marche de programme dépend des critères d'avance, qui sont produits par les générateurs de critère dans l'installation. Si les critères d'une phase sont satisfaits, la phase est positionnée au niveau 1 et donne des ordres à la commande secondaire d'entraînement. Il est procédé à la préparation de la mise au niveau 1 de la phase suivante. Le programme se déroule de la même manière de phase en phase.

### II.3.3 Transmission des ordres :

La plaquette FK11 génère deux ordres principaux à partir de condition de départ :

- ❖ Ordre de programme mise en arrêt.
- ❖ Ordre de programme mise en marche

Ces deux ordres de programme sont envoyés à deux chaînes de phase. L'ordre choisi libère la chaîne qui convient et bloque l'autre chaîne. La première chaîne concerne l'allumage du brûleur, elle comprend 12 phases. La première phase est une phase commune pour le fonctionnement fuel et gaz, les phases 2, 3, 4, 5, 6, 12 pour sélection fuel, les phases 7, 8, 9, 10, 11, 12 pour la sélection gaz. La deuxième chaîne concerne l'arrêt du brûleur, elle comprend 9 phases 50, 51, 52, 53, 54, 54a, 55, 56, et 57.

#### II.3.3.1 Séquences d'allumage :

Avant le démarrage de la chaudière ou l'allumage des brûleurs, il faut, via la purge d'air, ventiler les conduites de gaz. Cela se fait par un programme balayage (conditionne de départ du programme).

##### a. Brûleur au fuel :

Avant le démarrage du brûleur, il faut débloquer le circuit fuel et vérifier les critères suivants :

- ❖ La pression de fuel min NM31 P002 doit être de 20 bars et le max 29 bars,
- ❖ La pression de gaz d'allumage min NK40 P004 doit être de 250 mbars,
- ❖ La pression d'air d'allumage min NK40 P001 doit être de 120 mbars et le max 140 mbars
- ❖ La pression d'air de commande minimum US90 P001 doit être de 3 mbars.

Une fois ces critères réalisés, on pourra allumer le brûleur comme suit :

- Ouvrir manuellement les vannes de transfert,
- Régler manuellement la pression d'allumage à 8 bars au moyen de la vanne de réglage NM31 S002,
- Actionner le bouton poussoir de démarrage, ce qui provoque les opérations suivantes :
  - La lance à fuel avance (enfourne),
  - Le registre d'air se met à la position d'allumage,
  - Le brûleur d'allumage démarre,
  - En cas de signal d'ionisation accompli, les vannes à fermeture rapide de fuel s'ouvrent,
  - Le système de réglage débit fuel passe au réglage automatique de la pression,

- Les vannes à fermeture rapide de fuel ne restent ouvertes que pendant une durée comprenant le temps de remplissage et de sécurité (10 s). Pendant ce temps une flamme se forme, elle est détectée par le contrôleur de flamme, les vannes à combustible restent ouvertes et le brûleur est en service.

### **b. Brûleur au gaz :**

Quand la signalisation "Balayage fin" apparaît ainsi les signalisations :

- ❖ Libération chaudière marche,
- ❖ Libération gaz,
- ❖ Libération programme brûleur.

Actionner le bouton poussoir de démarrage, provoque les opérations suivantes :

- ❖ La vanne NN40 S002 s'ouvre et détend les conduites gaz,
- ❖ Le brûleur d'allumage est mis en service.

Après l'exécution de ces conditions préliminaires, la vanne de régulation de gaz NN40 S001 se trouve en position réglage de pression. Les vannes de gaz à fermeture rapide s'ouvrent pour 5 secondes, tandis que la vanne NN40 S002 se ferme. Si pendant ce temps une flamme se forme, les vannes du combustible restent ouvertes et le brûleur est en marche.

### **II.3.3.2 Séquences d'arrêt :**

Tout arrêt manuel voulu du brûleur déclenche une séquence automatique d'opération de soufflage à condition :

- Qu'il reste au moins un brûleur à fuel ou à gaz en service ou bien la chaudière prête à l'allumage,
- La pression d'air de soufflage supérieure au minimum (US80 P002),
- La pression d'air de commande supérieure au minimum (US90 P001).

Une fois ces conditions remplies :

- Le registre de réglage d'air se met en position d'allumage,
- La lance du brûleur avance,
- Le brûleur d'allumage démarre,
- La vanne de soufflage principale s'ouvre.

Si ces opérations sont terminées, les vannes de nettoyage s'ouvrent pour trois minutes pour souffler la lance du brûleur.

**II.4 Logigramme de déroulement des phases :**

**Tableau II.1 :** Désignation des codes alphanumériques

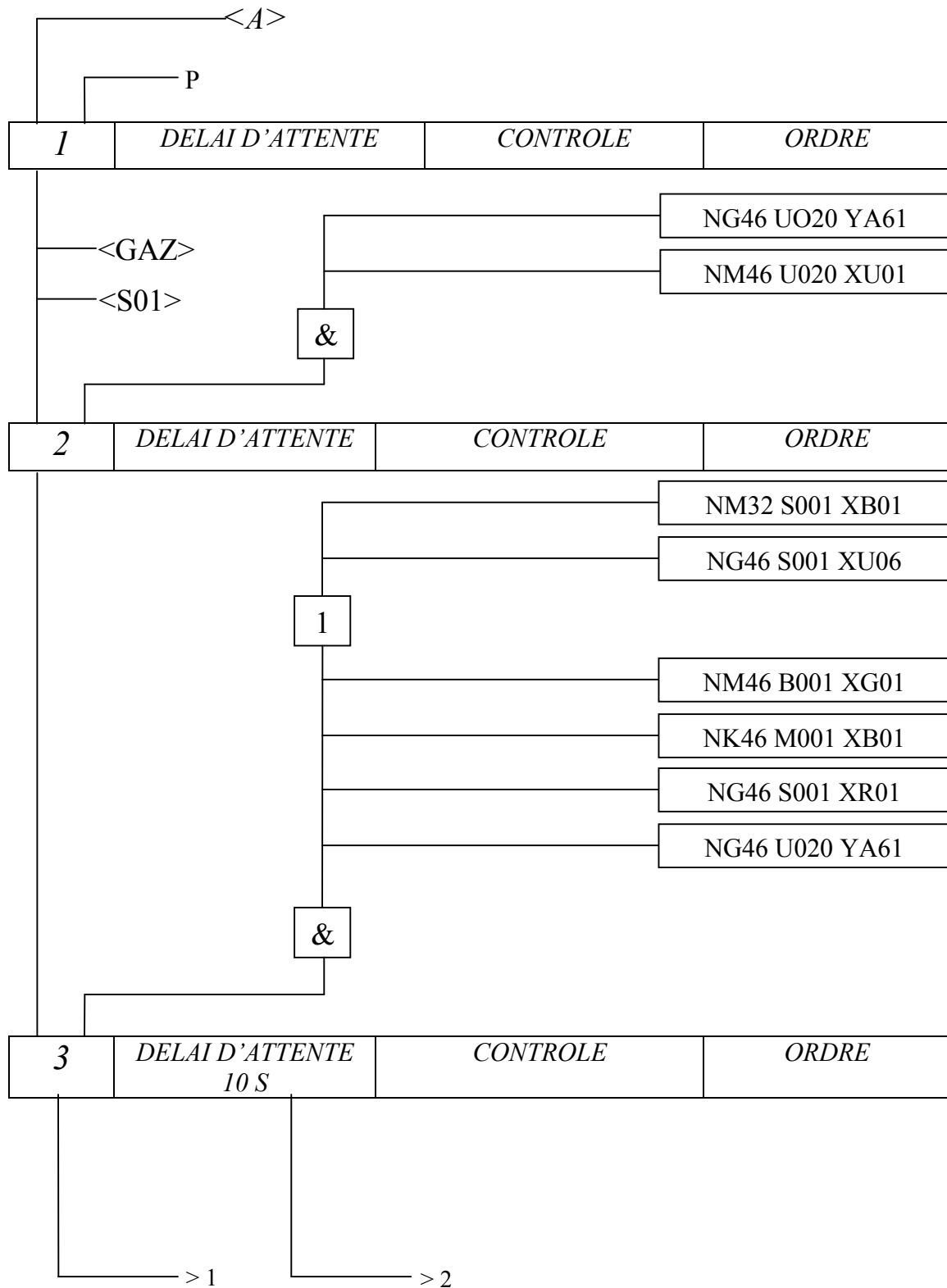
<b>Code alphanumérique</b>	<b>Désignation</b>
NG46 U020 YA64	Libération nettoyée
US80 P002 XG02	La pression de nettoyage > min
US86 S002 XU02	Brûleur nettoyé
NM46 U020 XU06	Présélection du brûleur en fuel
US86 S002 XU01	Brûleur non nettoyé
NN66 S001 XG01	Vanne à fermeture rapide de gaz ouverte
NN66 S004 XG01	Vanne à fermeture rapide de gaz ouverte
NM16 S005 XG01	Vanne à fermeture rapide de fuel ouverte
NM16 S006 XG01	Vanne à fermeture rapide de fuel ouverte
NM26 S001 XG01	Vanne à fermeture rapide de fuel ouverte
NM26 S002 XG01	Vanne à fermeture rapide de fuel ouverte
NM16 S005 XG02	Vanne à fermeture rapide de fuel fermé
NM26 S001 XG02	Vanne à fermeture rapide de fuel fermé
NM26 S002 XG02	Vanne à fermeture rapide de fuel fermé
NM32 S001 YV	Vanne de circulation de fuel fermé
NN66 S001 XG02	Vanne à fermeture rapide de gaz fermé
NN66 S004 XG02	Vanne à fermeture rapide de gaz fermé
NG46 U020 YV01	Flamme en marche
NM46 B001 YV	Lance à fuel
NG46 U020 XS12	Progression du processus en phase 12
NM46 B001 XG02	Lance à fuel rétracté
NG46 U020 YV51	Flamme à l'arrêt
NG46 U020 XS57	Progression du processus en phase 57
NG46 S001 YC22	Régulateur d'air du brûleur fermé
NG46 S001 YR22	Régulateur d'air du brûleur manuel
NG46 U020 XU05	Alarme du brûleur en panne
NM46 U020 XU02	Présélection du brûleur au gaz

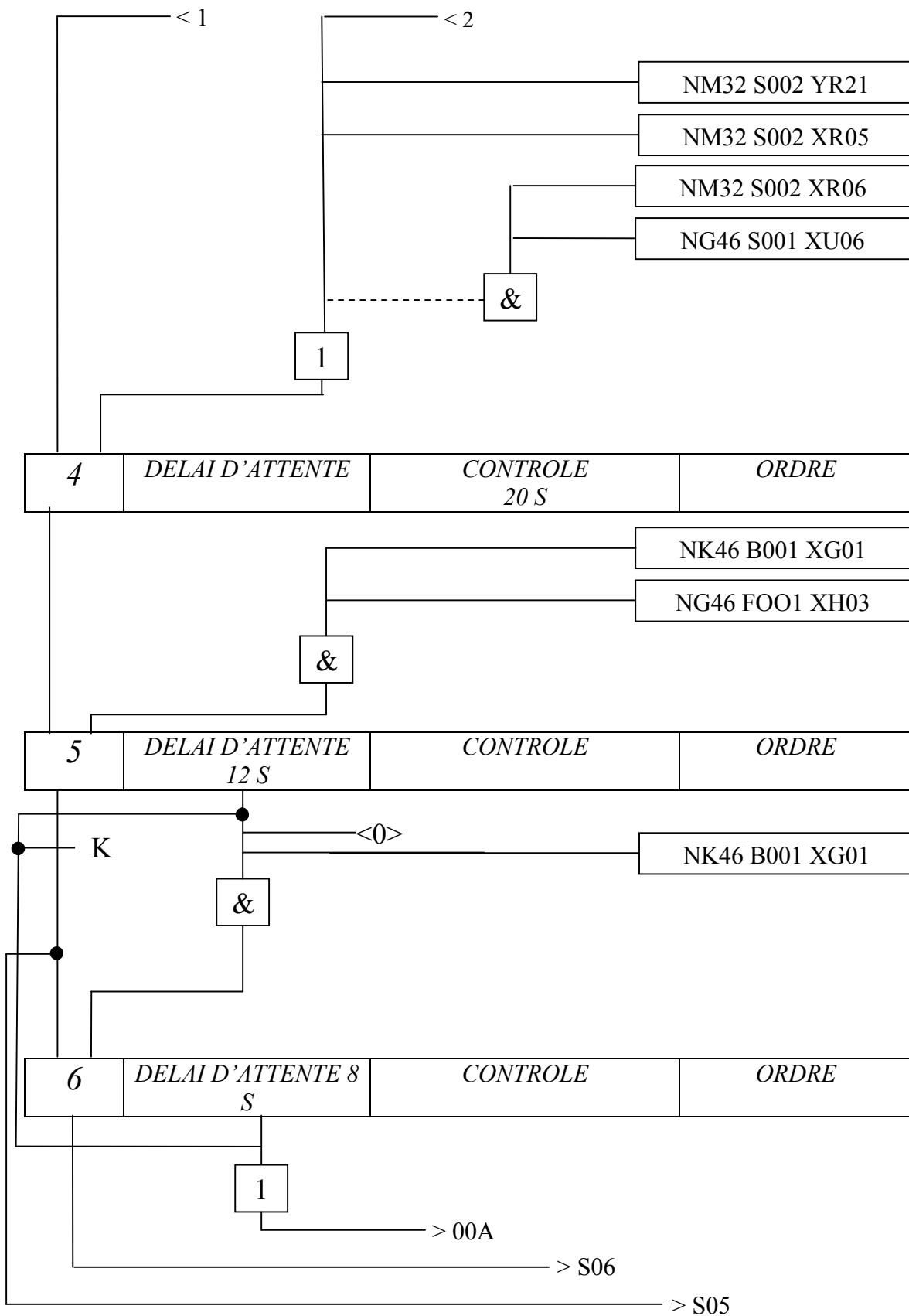
NG47 U020 YA	Signal libération gaz du brûleur 7
NG48 U020 YA	Signal libération gaz du brûleur 8
NG45 U020 YA	Signal libération gaz du brûleur 5
NG46 S001 YV	Réglage d'air brûleur 6
NG46 U020 YA63	Registre d'air brûleur 6
NG46 U020 YA	Présélection combustible
LA01 BL015	Contrôle de Commande par la salle de commande
NG46 UO20 YA61	Signal libération gaz fuel
NM46 U020 XU01	Présélection du brûleur au fuel
NM32 S001 XB01	Vanne de circulation de fuel ouverte
NG46 S001 XU06	Un brûleur par groupe marche
NM46 B001 XG01	Lance à fuel enfournée
NK46 M001 XB01	Contrôleur flamme mis en sens plus grand
NG46 S001 XR01	Réglage d'air automatique
NM32 S002 YR21	Réglage de fuel par étage automatique
NM32 S002 XR05	Réglage fuel étage / p allume
NM32 S002 XR06	Réglage de fuel étage / réglage pression
NG46 F001 XH03	Débit d'air > 25
NR00 U101 XU10	Signal libération gaz
NM46 U020 XU02	Présélection du brûleur au gaz
NX46 U001 XU02	Arrêt de nettoyage du brûleur au gaz
NN40 U001 XU37	Teste de l'alimentation au gaz est bonne
NG46 S001 XR01	Débit d'air du brûleur automatique
NK46 M001 XB02	Débit d'air du brûleur au sens moins
NN51 S002 XBO1	Débit d'air du brûleur ouvert
NN76 S001 YV	Fermer la vanne de purge de gaz
NN50 S001 XC02	Fermer la vanne régulatrice de gaz
NN50 S001 XR02	Vanne de purge de gaz mise en manuel
NN76 S001 XB02	Vanne de purge de gaz fermé
NM46 U020 XU02	Présélection du brûleur 6 au gaz
NG46 U020 XU06	Retro signal de la présélection du brûleur 6
NM47 U020 XU02	Présélection du brûleur 7 au gaz
NG47 U020 XU06	Retro signal de la présélection du brûleur 7

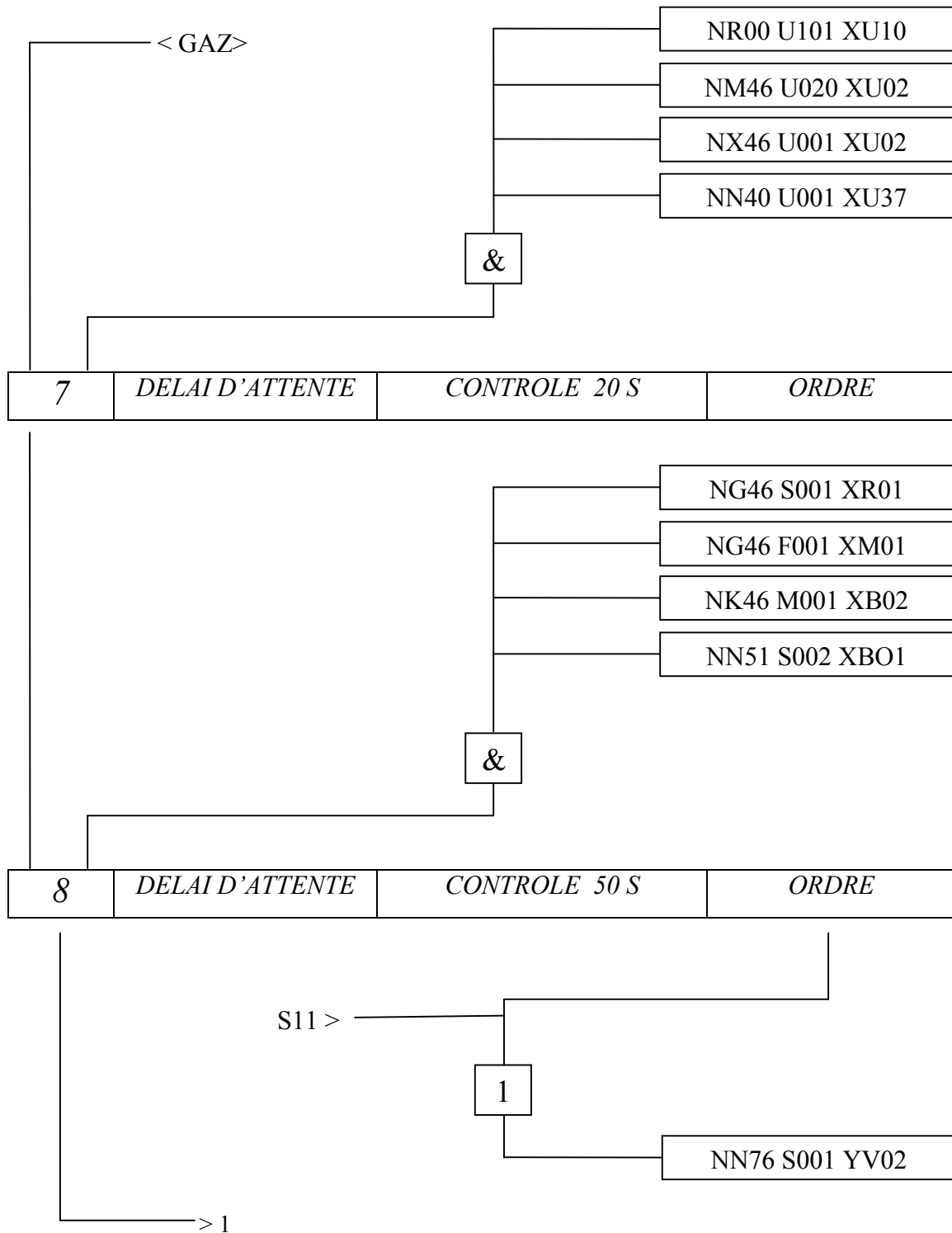
NM48 U020 XU02	Présélection du brûleur 8 au gaz
NG48 U020 XU06	Retro signal de la présélection du brûleur 8
NM45 U020 XU02	Présélection du brûleur 5 au gaz
NG45 U020 XU06	Retro signal de la présélection du brûleur 5
NK46 B001 YB21	Mettre le dispositif d'allumage en marche
NN76 S001 YV	Ouvrir la vanne de purge de gaz
NG46 S001 YV	Règle l'air de brûleur
NG46 F001 XH01	Débite d'air du brûleur > 20 %
NK46 B001 XG01	Dispositif d'allumage mis en marche
NN66 S001 XG02	Fermer la vanne à fermeture rapide de gaz
NN66 S004 XG02	Fermer la vanne à fermeture rapide de gaz
NN66 S001 YV	Ouvrir la vanne à fermeture rapide de gaz
NG46 U020 YV01	Flamme en marche
NN50 S001 XR01	Dispositif d'allumage en automatique
NK46 B001 XG51	Dispositif d'allumage mis à l'arrêt
NN50 S002 XB01	Ouvrir la vanne de purge de gaz
NN76 S001 XB02	Fermer la vanne de purge de gaz
NG46 S001 XR01	Règle l'air de brûleur
NG46 U020 YA16	Arrêt du programme manuellement
NG46 U020 YA14	Libération manuelle
NM16 S005 XU04	Service fuel
NM16 S005 XU05	Vannes à fermeture rapide à fuel mise en marche
NK46 B001 YV	Dispositif d'allumage mis en marche
US86 S002 YV	Ouvrir les vannes de nettoyage du brûleur
NK00 U101 YV	Essai d'allumage bloqué
US80 S001 XB01	Vanne principale de nettoyage ouverte
US86 S002 XB01	Vanne de nettoyage une est ouverte
NM46 B001 XG01	Lance enfournée
NG46 S001 XR01	Réglage d'air du brûleur en automatique
NG46 F001 XH05	Débite d'air du brûleur > 40 %
US86 S002 XU02	Lance à fuel nettoyée
US80 S001 YV	Vanne principale de nettoyage
US80 S001 XB01	Vanne principale de nettoyage ouverte

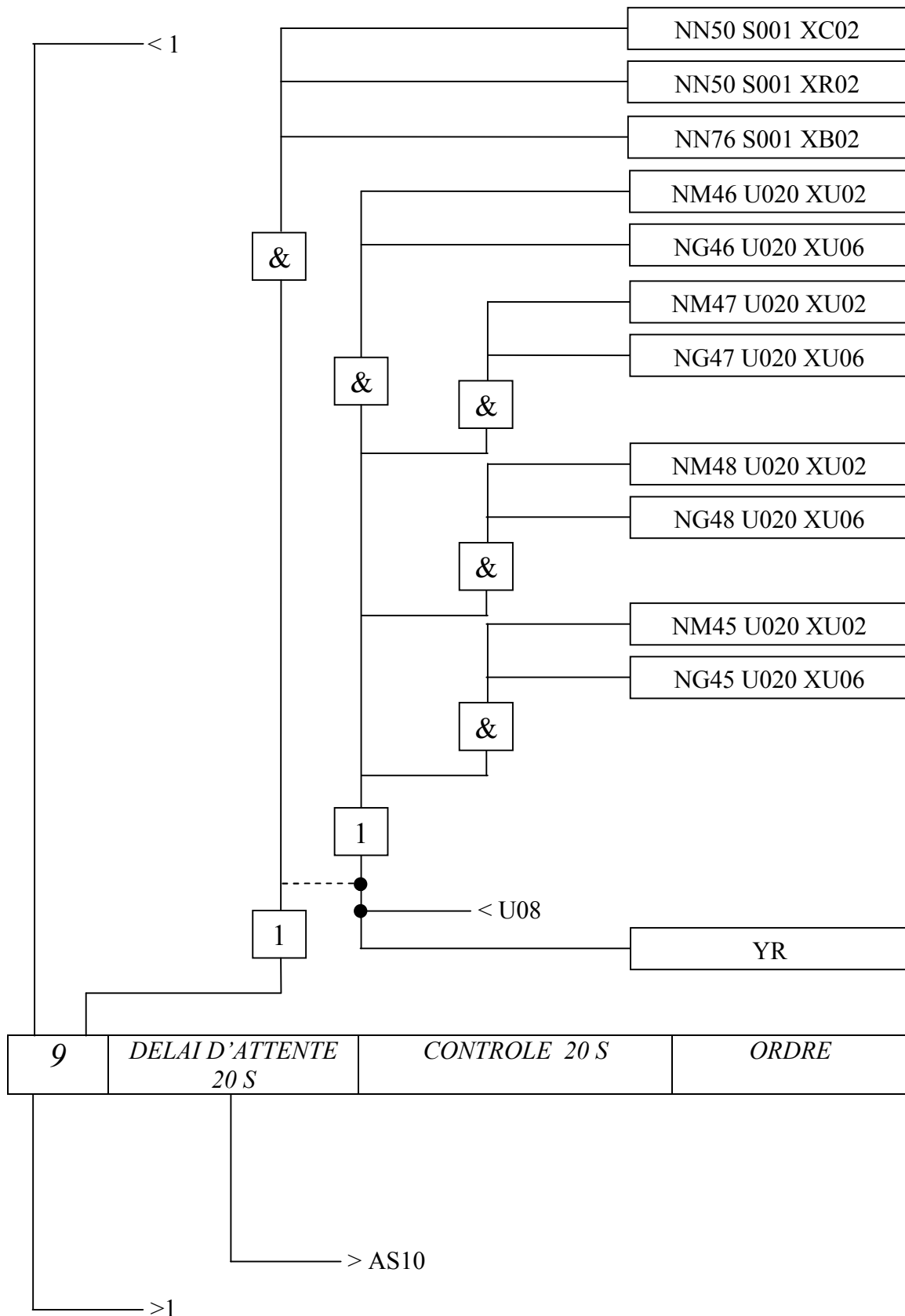
US86 S002 XB01	Vanne de nettoyage 1 ouverte
US86 S002 YB21	Ouvrir la vanne de nettoyage 1
US86 S003 YB21	Ouvrir la vanne de nettoyage 2
US86 S002 YB22	Fermer la vanne de nettoyage 1
US86 S003 XB01	Vanne de nettoyage 2 ouverte
NG46 S001 YR22	Mettre les régulateurs d'air du brûleur en manuel
NG46 S001 YC22	Fermer les registres d'air du brûleur
NN50 S001 YV	Verrouillage des vannes régulatrices à gaz du brûleur
NM46 B001 XG02	Rétracter la lance à fuel
NG46 S001 XR02	Régulateur d'air du brûleur mis en manuel
NG46 S001 XG02	Registre d'air du brûleur fermé
NK46 B001 XG51	Dispositif d'allumage arrêté
A	Sous programme
P	Vannes fer gaz/fuel fermer
Z	Sous programme
U	Sous programme (boucle)
R	Boucle non libration nettoyé
N	Vannes fer gaz ouverte
O	Boucle (une vanne fuel fermer)
U04	Vanne fer rapide fuel ouverte
U08	Bruleur par étagé gaz marche
M	Boucle bruleur marche
K	Délai d'attente

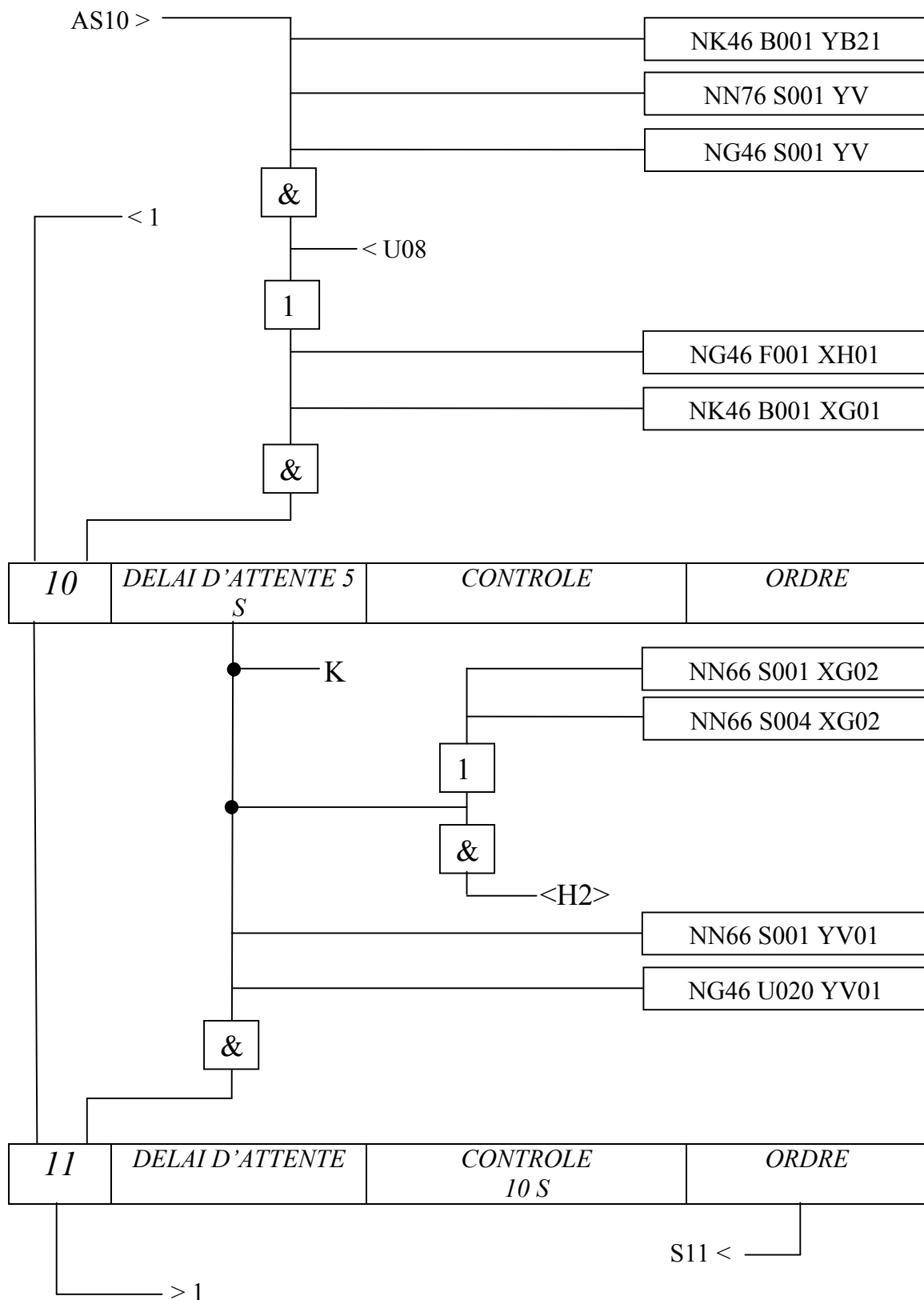
II.4.1 Logigramme des phases de marche :

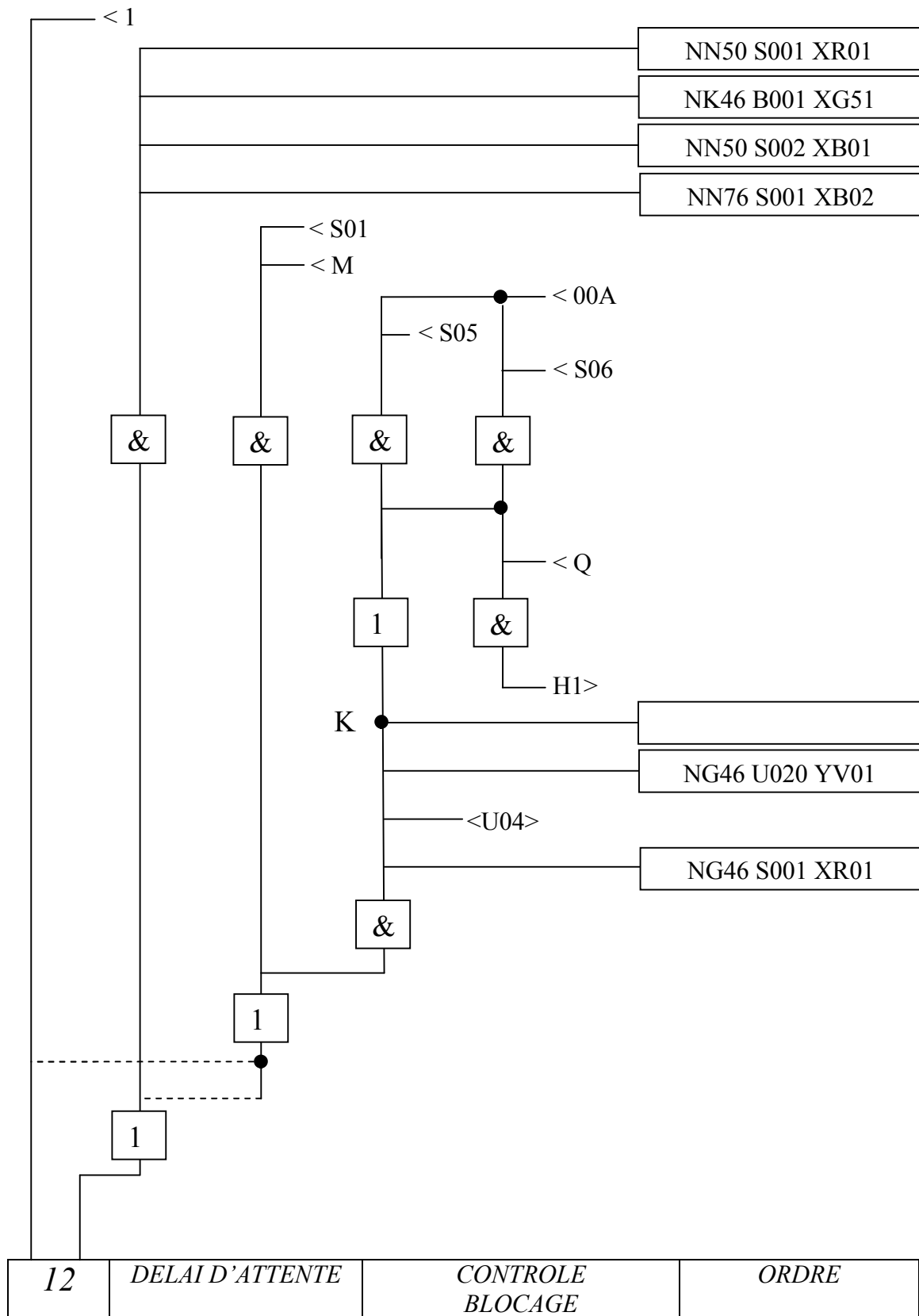




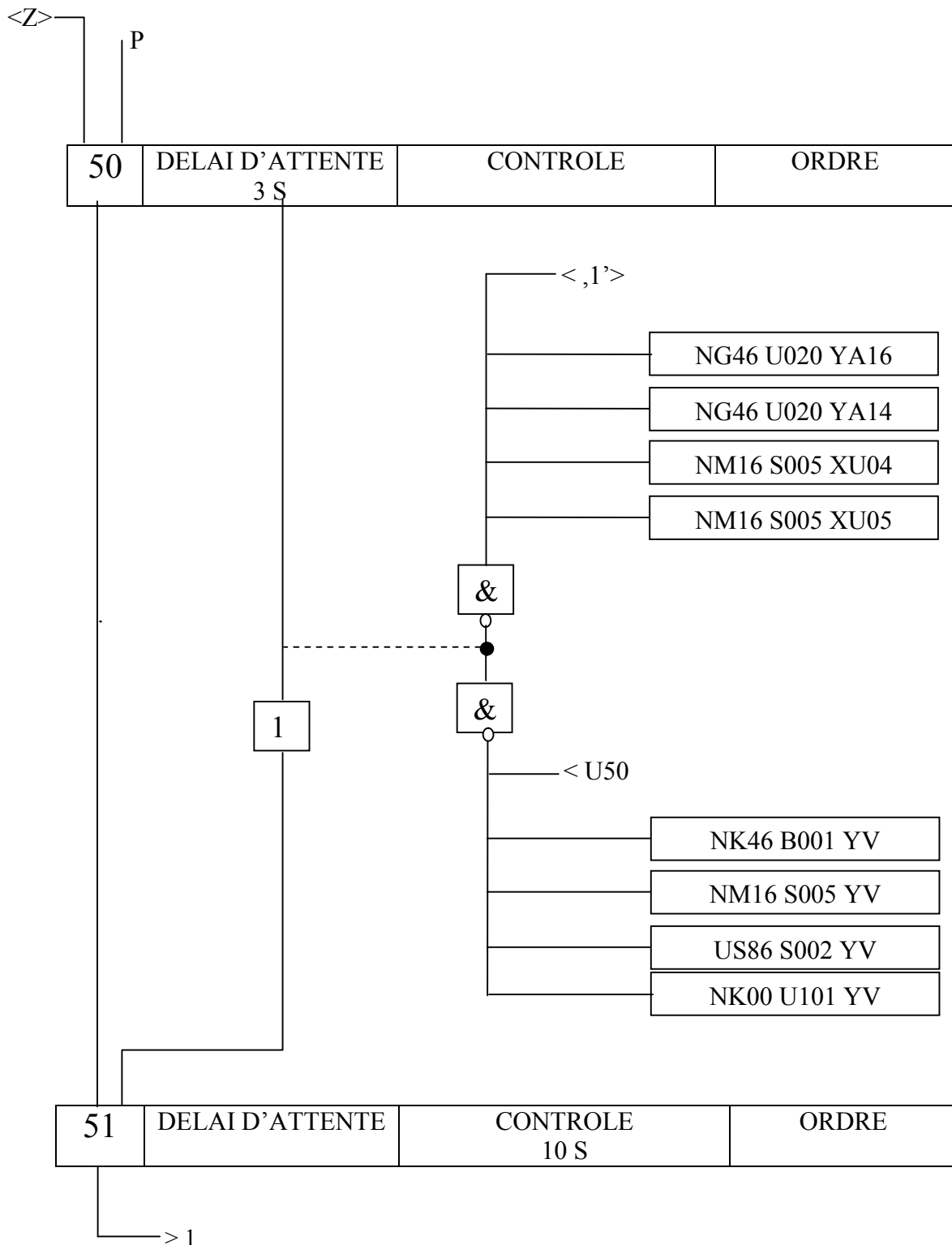


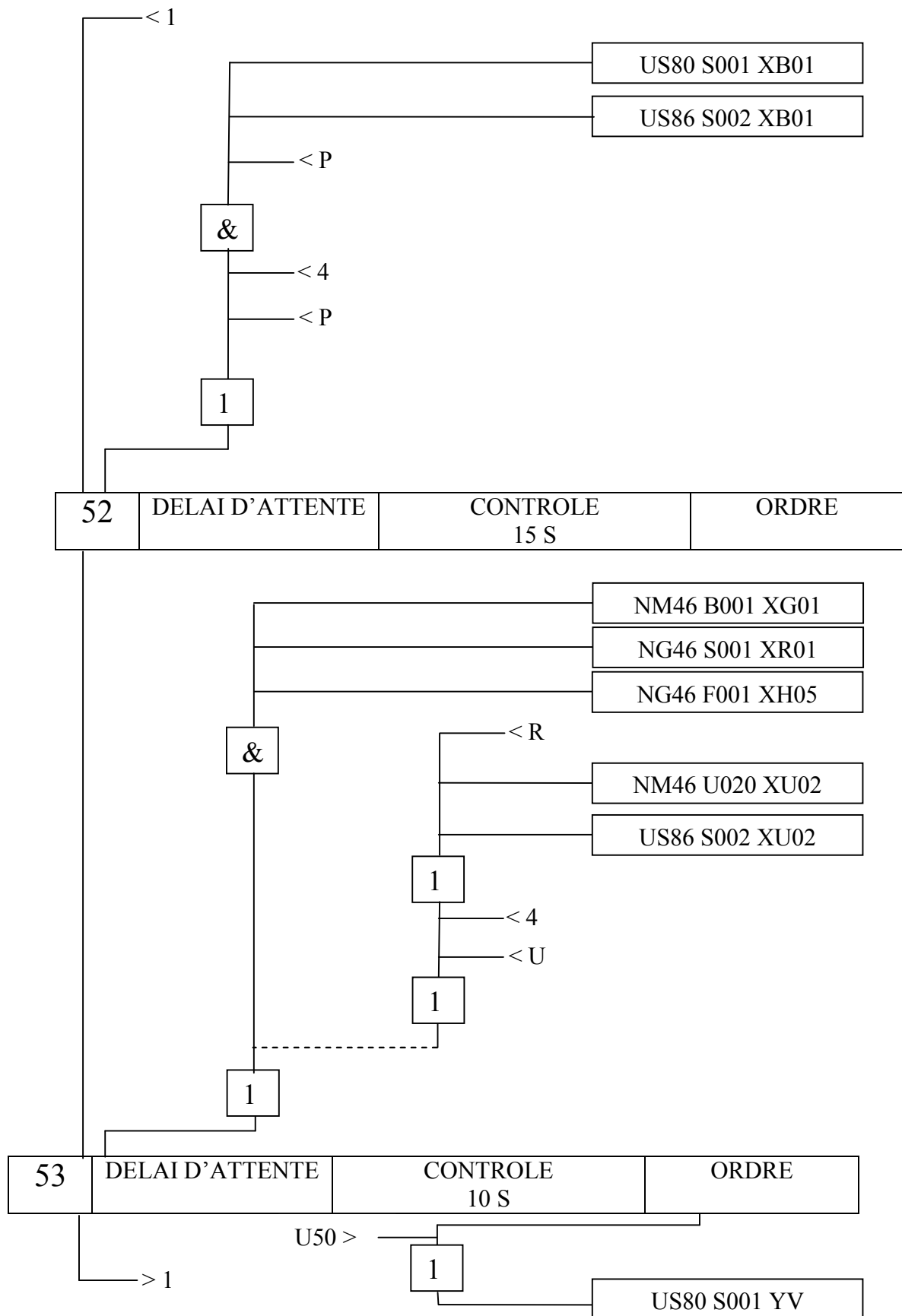


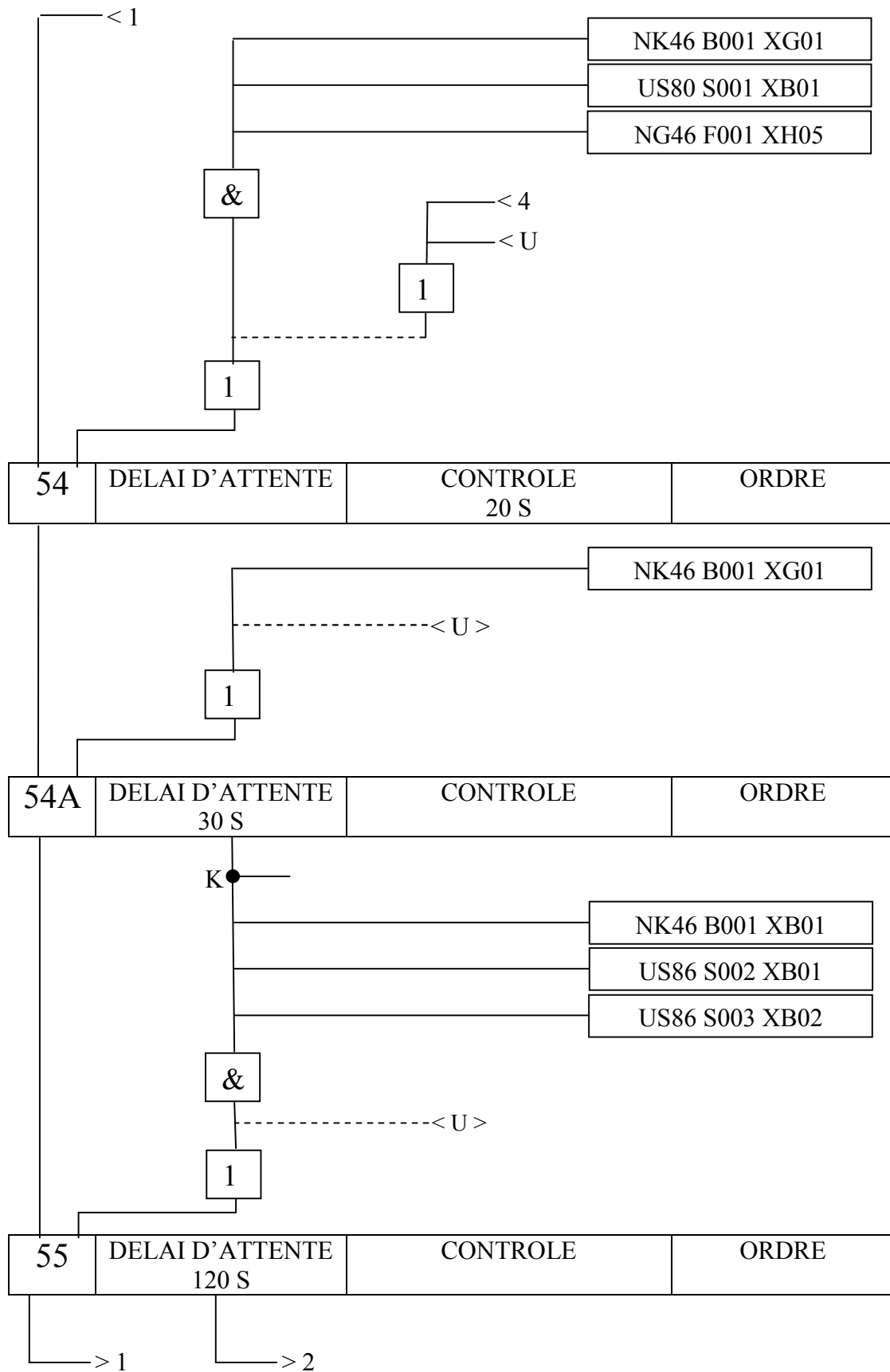


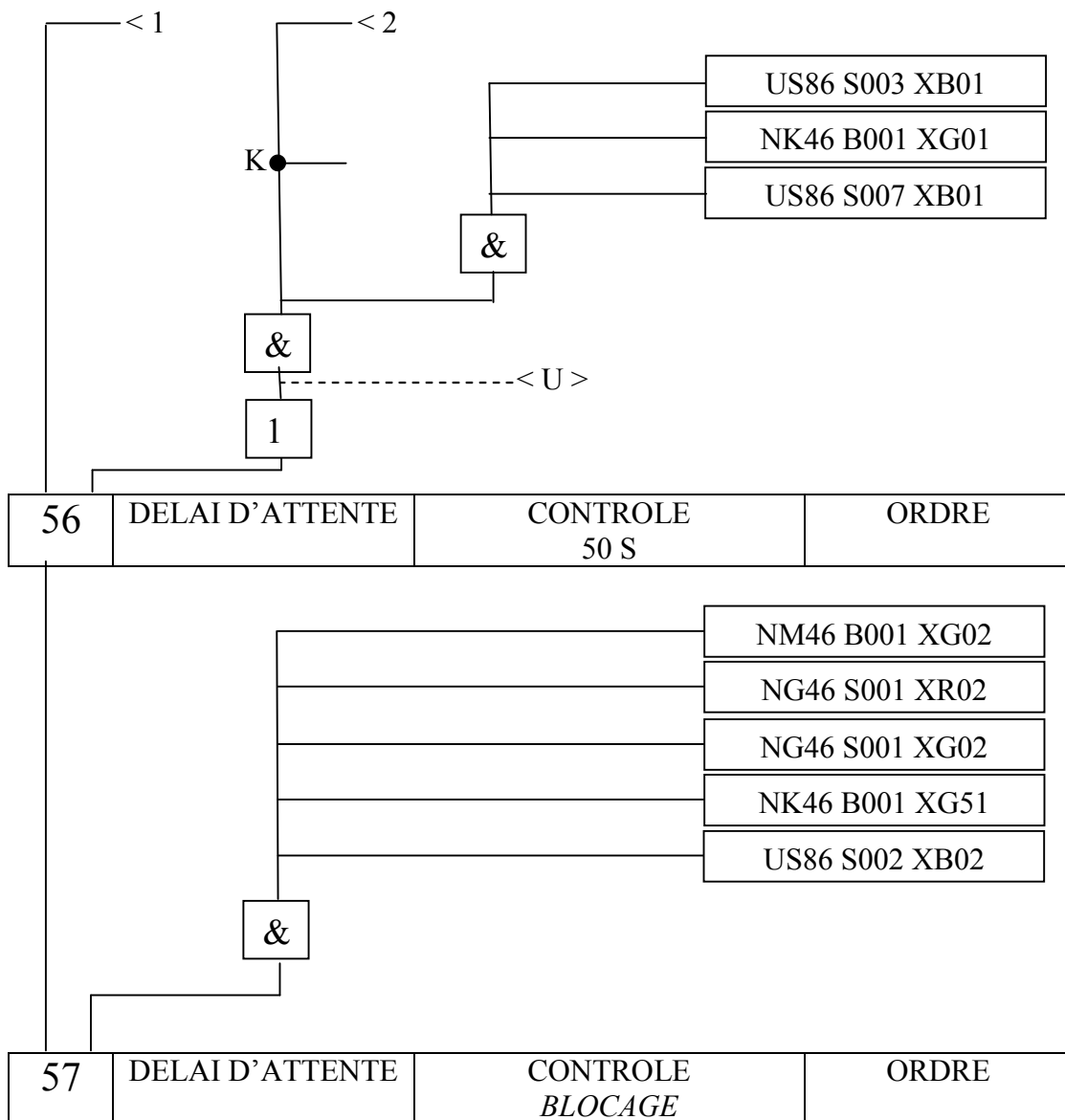


II.4.2 Logigramme des phases d'arrêt :









## II.5 Instrumentation :

### II.5.1 Les capteurs :

Les capteurs sont des éléments qui transforment une grandeur physique (position, distance, vitesse, température, pression, etc.) d'une machine ou d'un processus en une grandeur normée, généralement électrique, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle commande.

Un capteur est caractériser par :

- ❖ Son étendue de mesure qui correspond aux limites des variations de la grandeur à mesurer,
- ❖ Sa précision qui est l'incertitude absolue de la grandeur mesurée,
- ❖ Sa sensibilité qui est la plus petite variation de la grandeur mesurée qu'il est capable de détecter.

#### II.5.1.1 Détecteur de position :

Les détecteurs de positions sont des capteurs de contact (figure II.5). Ils peuvent être équipés d'un galet, d'une tige souple, d'une bille. L'information donnée par ce type de capteur est de type tout ou rien et peut être électrique ou pneumatique.

Les interrupteurs de positions électromécaniques sont actionnés par contact direct avec un objet [4].



Figure II.5 : Détecteur de position.

### II.5.1.2 Capteur de pression (pressostat) :

Un pressostat est un capteur de pression qui permet l'envoi d'un signal électrique ou pneumatique en correspondance de la réalisation d'une pression préétablie. Le pressostat à réglage fixe à pour rôle le contrôle de la surpression, de la dépression ou de la pression différentielle de milieux liquides et gazeux-également agressifs (figure II.6) [5].



**Figure II.6 : Capteur de pression.**

### II.5.1.3 Détecteur de flamme (type 45UV5) :

Les viseurs de flamme du type 45UV5 sont des dispositifs de détection de flamme à autocontrôle. Lorsqu'ils sont reliés à un contrôleur de flamme compatible et à auto-vérification, les viseurs détectent la présence ou l'absence de flammes émettant des rayons ultraviolets (UV). Les combustibles fossiles courants qui émettent des UV sont : le gaz de fours à coke, le propane, le butane, le kérosène, les distillats légers de pétrole et les carburants diesel [9].



**Figure II.7 : Détecteur de flamme.**

### II.5.2 Les pré-actionneurs :

Le rôle principal des pré actionneurs est la réception des signaux de commande puis de mettre en service un actionneur, une machine ou une installation. Ils permettent d'assurer donc, en toute sécurité, la bonne marche d'un équipement.

#### II.5.2.1 Les distributeurs :

Le distributeur est un composant qui va orienter (laisser passer ou non), grâce au mouvement d'une pièce interne, une énergie, que l'on appelle : énergie de puissance.

Pour obtenir le mouvement de la pièce interne, nous avons besoin d'une autre énergie, qui n'est pas nécessairement de même nature, c'est : l'énergie de commande.



Figure II.8 : Distributeur.

#### II.5.2.2 Les relais :

Un relais est un appareil dans lequel un phénomène électrique (courant ou tension) contrôle la communication (On/Off) d'un élément mécanique ou d'un élément électrique. C'est en quelque sorte un interrupteur que l'on peut actionner à distance et où la fonction de coupeur est dissociée de la fonction de commande.

#### II.5.2.3 Contacteurs :

Sont des appareils de jonction commandés par un électro-aimant. Lorsque la bobine est alimentée, le contacteur se ferme et établit le circuit entre le réseau d'alimentation et le récepteur.

### II.5.3 Actionneurs :

C'est des organes qui convertissent l'énergie d'entrée disponible sous une certaine forme (électrique, pneumatique hydraulique) en une action physique dans le but d'agir sur la matière d'œuvre et obtenir une valeur ajoutée.

#### II.5.3.1 Vérin pneumatique :

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.

##### II.5.3.1.1 Vérin simple effet :

Ce sont des vérins qui effectuent un travail dans un seul sens. La course de rentrée s'effectue grâce à un ressort de rappel (ou un autre dispositif) incorporé entre le piston et le flasque avant. Il ne possède de ce fait qu'une seule entrée d'air. Ce type de vérin peut travailler en poussant ou en tirant.

Sous l'action de l'air comprimé, la tige du vérin sort et comprime le ressort. La chambre avant se trouve à l'atmosphère. Le retour de la tige se fait en relâchant la pression. De ce fait, le ressort se détend et la tige revient en position repos.

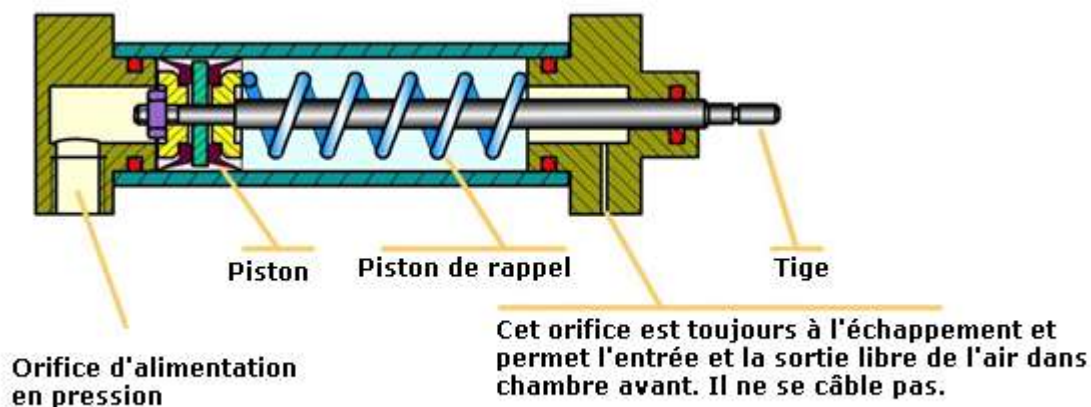


Figure II.9 : Vérin simple effet.

### II.5.3.1.2 Vérin double effet :

L'ensemble tige et piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide (en tirant et en poussant). L'effort en poussant (sortie de tige) est légèrement plus grand que l'effort en tirant (rentrée de tige) car la pression n'agit pas sur la partie de surface occupée par la tige.

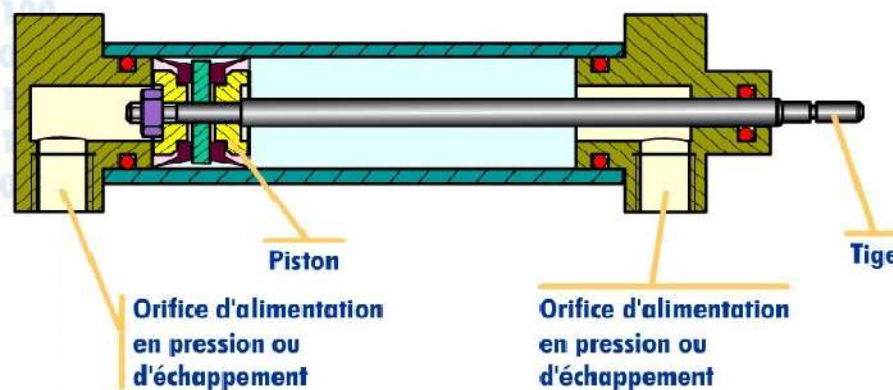


Figure II.10 : Vérin double effet.

### II.5.3.2 Les Vannes :

#### II.5.3.2.1 Vanne régulatrice :

Une vanne régulatrice est un dispositif actionné mécaniquement qui modifie la valeur du débit de fluide dans un système de commande de processus. Ce dispositif est constitué d'une vanne reliée à un actionneur capable de faire varier la position d'un organe de fermeture dans la vanne, en réponse à un signal du système de commande.

L'actionneur peut être mû par une énergie pneumatique, électrique, hydraulique ou toute combinaison de ces énergies. [5]



Figure II.10 : Vanne régulatrice.

### II.5.3.2.1 Vannes à fermeture rapide (TOR) :

La vanne tout ou rien ne peut prendre que deux positions, ouverte ou fermée. Son rôle principal est d'assurer des fonctions de sécurité et d'utilité.

### II.5.4 Electrovanne :

Une électrovanne est composée de deux parties :

1. Une tête magnétique constituée principalement d'une bobine, tube, culasse, bague de déphasage, ressort.
2. Un corps, comprenant des orifices des raccordements, obturés par clapet, membrane, piston, ...etc. Selon le type de technologie employée.

L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne est liée à la position du noyau mobile qui est déplacé sous l'effet du champ magnétique engendré par la mise sous tension de la bobine.

### II.6 Conclusion :

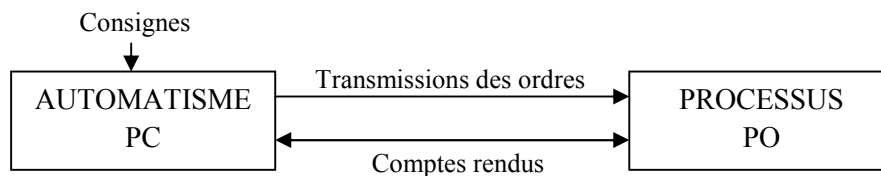
La complexité des systèmes utilisés au sein de la centrale électrique de Cap Djinet, incite les responsables de l'entreprise à chercher une solution d'automatisation pour une meilleure commande. Mais chaque automatisation requière l'établissement d'un modèle.

Le chapitre suivant sera consacré à la modélisation du système en utilisant un GRAFCET.

### III.1 Introduction :

La conception d'un système automatisé passe impérativement par la modélisation du procédé. Cela se fait par différents outils précis à mettre en œuvre à savoir le réseau de Pétri ou le GRAFCET. D'une façon générale, un système automatisé peut se décomposer en deux parties qui coopèrent:

- ❖ La partie commande (PC) : Elle donne les ordres et reçoit les informations de l'extérieur ou de la partie opérative.
- ❖ La partie opérative (PO) : C'est la partie d'un système automatisé qui effectue le travail. Autrement dit, c'est la partie qui reçoit les ordres de la partie commande et qui les exécute. Elle comporte les capteurs et les actionneurs.



Pour établir le cycle de fonctionnement du processus, on utilise un outil graphique appelé GRAFCET.

### III.2 Définition :

Le GRAFCET (graphe fonctionnel de commande étapes-transition) est un outil graphique de représentation du cahier des charges d'un automatisme séquentiel. Il est basé sur les notions d'étapes auxquelles sont associées des actions et des transitions. Il décrit les ordres émis par la partie commande vers la partie opérative en mettant en évidence les actions engendrées et les événements qui les déclenchent. Cette représentation est étroitement liée à la notion d'évolution du processus [8].

### III.3 Les concepts de base d'un GRAFCET :

Le GRAFCET se compose d'un ensemble :

- ❖ D'étapes auxquelles sont associées des actions,
- ❖ De transition auxquelles sont associées des réceptivités,
- ❖ Des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

La figure suivante montre les éléments de bases d'un GRAFCET.

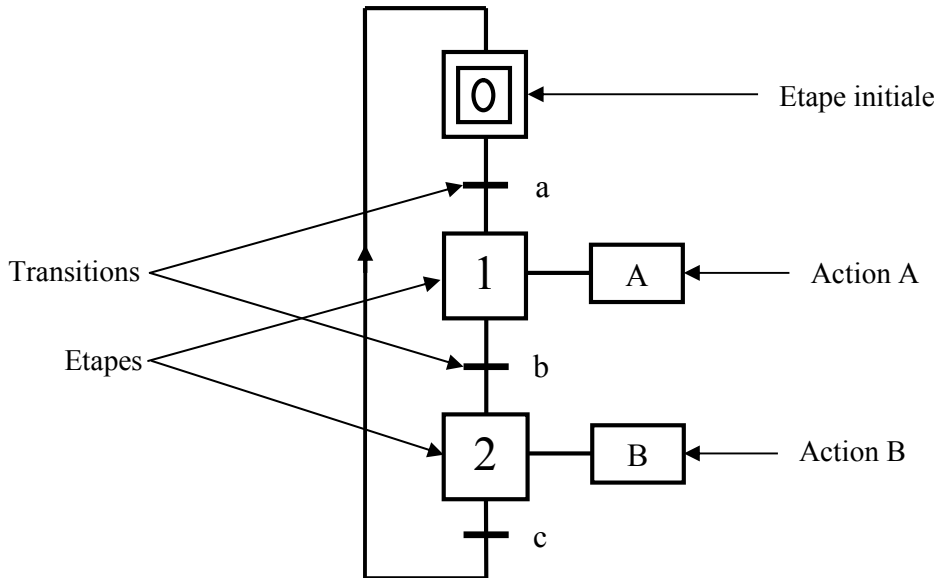


Figure III.1 : Symbolisation d'un GRAFCET.

### III.4 Hiérarchisation :

Dans la plupart des applications, il est plus simple d'utiliser plusieurs GRAFCET travaillant ensemble pour contrôler un automatisme. Mais parfois, même en analysant simplement le fonctionnement normal on peut se rendre compte que l'utilisation de plusieurs GRAFCET simplifie la tâche. Cela introduit deux nouvelles notions, celle de tâche et de macro étape [7].

#### III.4.1 GRAFCET de tâche :

Les GRAFCET de tâches sont l'équivalent de sous-programmes pour décrire le fonctionnement de sous-ensembles de la machine (Figure III.2). Elle comporte une étape initiale unique.

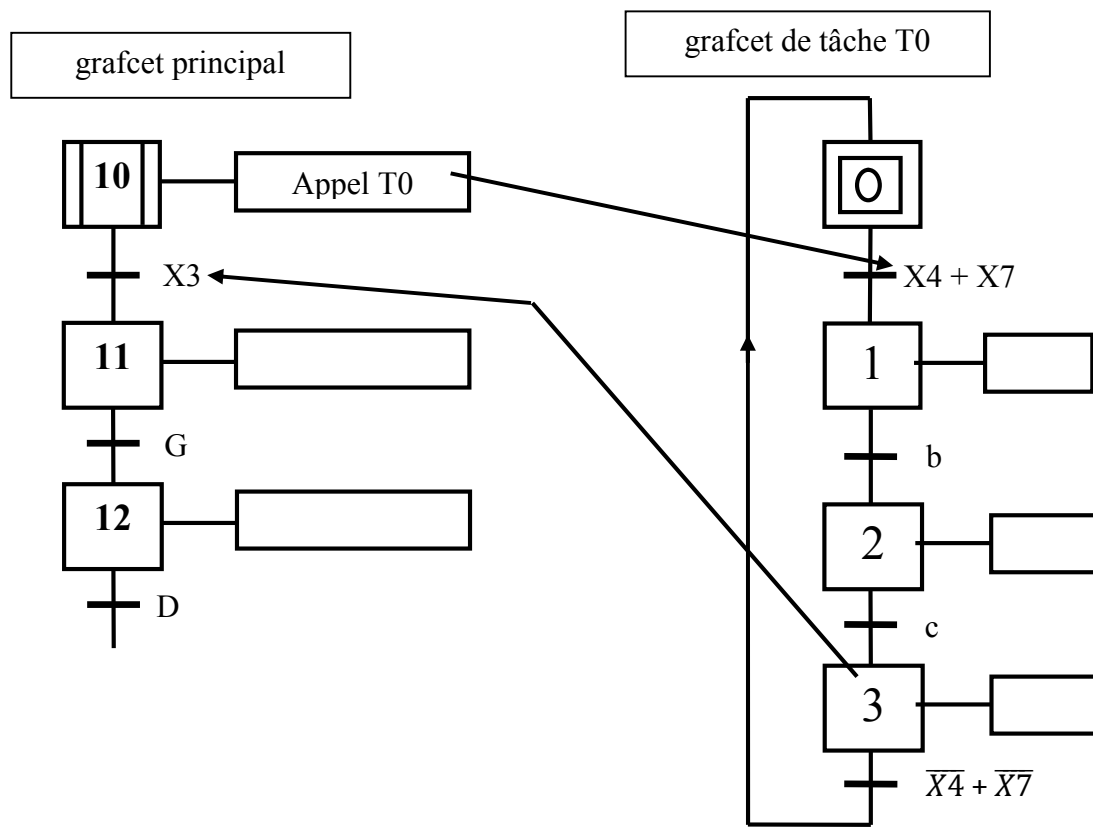


Figure III.2 : GRAFCET de tâche.

### III.4.2 Macro étape :

Une macro étape sert à représenter un ensemble d'étapes et de transitions (Figure III.3). Elle se substitue à une étape de GRAFCET. Les trois règles suivantes s'appliquent :

1. L'expansion de la macro étape comporte une étape d'entrée repérée « E » et une étape de sortie repérée « S ». La macro étape est identifiée par « M ».
2. Tout franchissement de la transition précédant la macro étape active l'étape d'entrée de la macro étape.
3. L'étape de sortie participe à l'activation de la transition suivant la macro étape.

La macro étape permet donc de simplifier la représentation du GRAFCET. Une macro étape n'est pas une routine comme une tâche, mais expansion du GRAFCET.

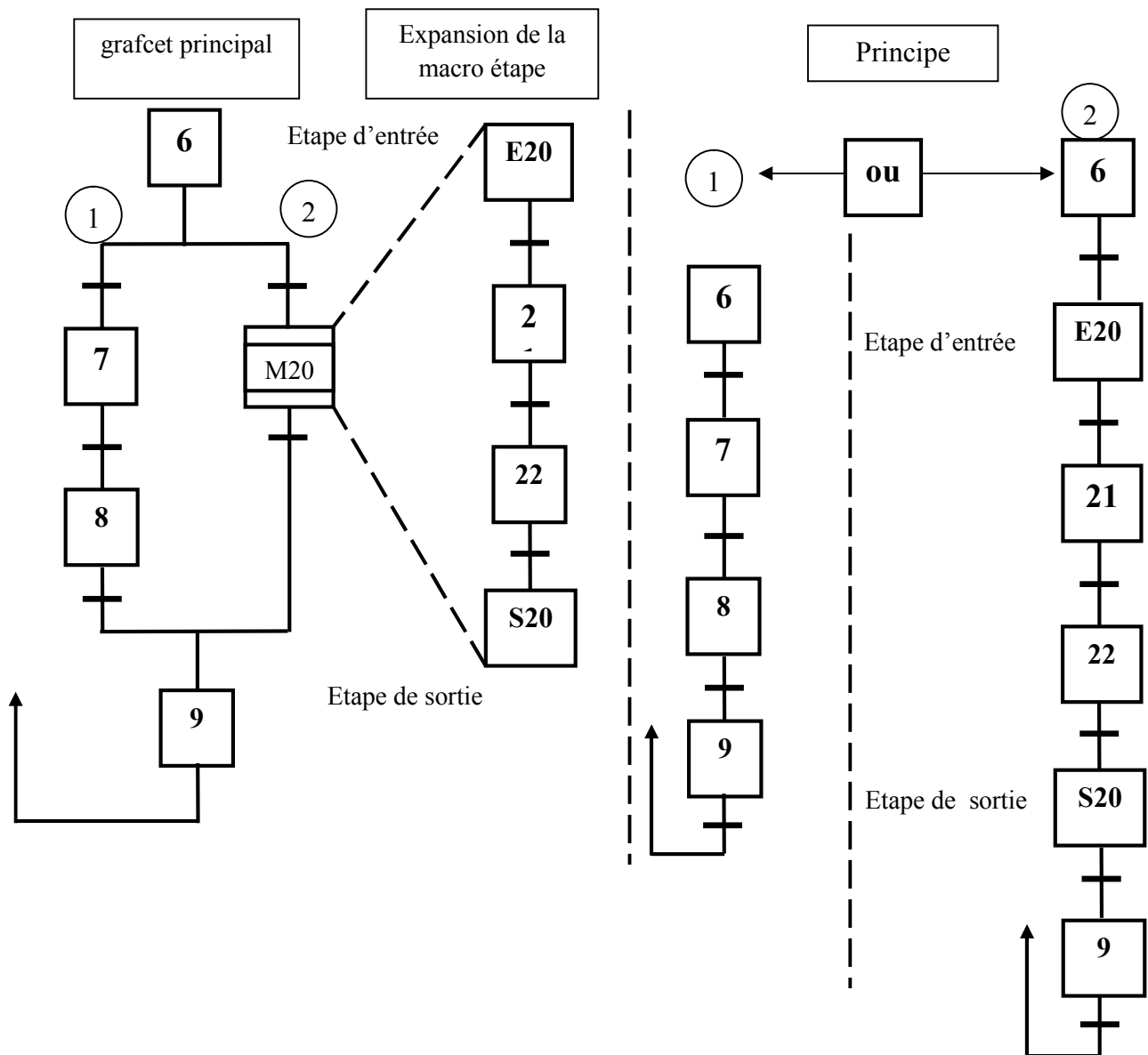


Figure III.3 : Principe de la macro étape.

### III.5 Niveau de GRAFCET :

#### III.5.1 GRAFCET niveau 1 :

Appelé aussi niveau de la partie commande. Il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations. On associe le verbe à l'infinitif pour les actions.

## III.5.2 GRAFCET niveau 2 :

Appelé aussi niveau de la partie opérative. Il tient compte de plus de détails des actionneurs, des prés actionneurs et des capteurs, la présentation des actions et réceptivités sont écrits en abréviations et non en mots, on associe une lettre majuscule à l'action et une lettre majuscule à la réceptivité.

## III.5.3 GRAFCET niveau 3 :

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

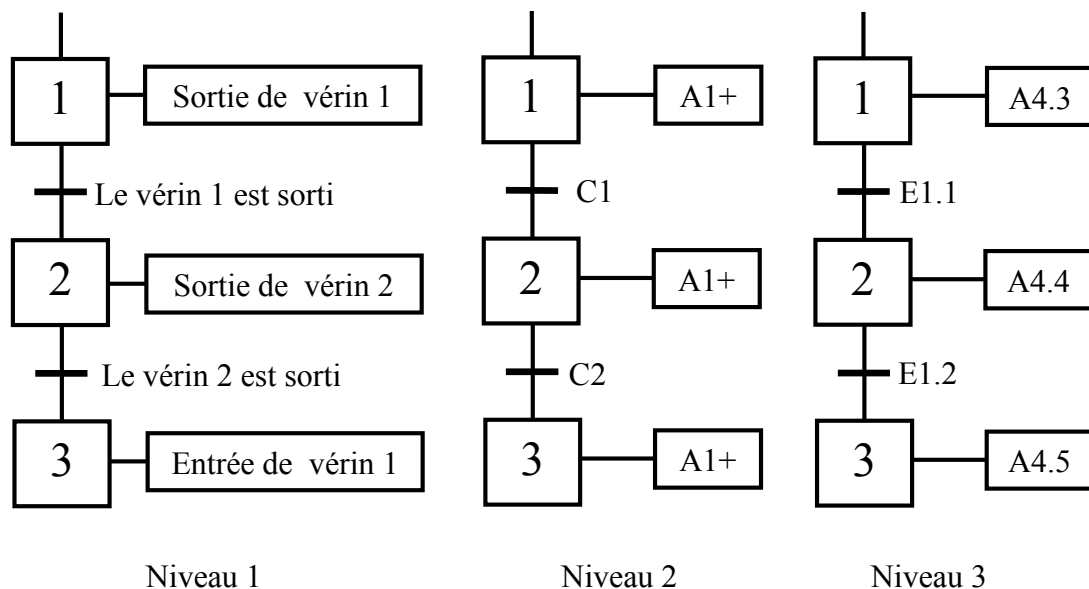


Figure III.4 : Niveau de GRAFCET.

### III.6 Mise en équation :

Soit le GRAFCET de la figure suivante (figure III.5) [8] :

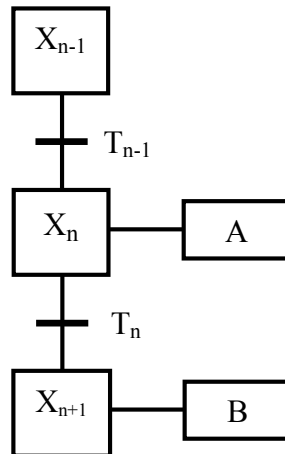


Figure III.5 : GRAFCET.

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, nous avons :

$T_n = 1$	Si la réceptivité est vraie.
$T_n = 0$	Si la réceptivité n'est pas vraie.

Soit la variable d'arrêt d'urgence dur (AUD) et d'arrêt d'urgence doux (AUd)

tel que :

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

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

Init = 1	Initialisation du grafcet (mode d'arrêt).
Init = 0	Déroulement du cycle (mode marche).

La 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> règle d'évolution du GRAFCET permettant de déduire les variables qui interviennent dans les équations d'activation et de désactivation de chaque étape. Ces mêmes règles permettant d'écrire :

Pour une étape initiale n :

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

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

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

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

Pour une étape non initiale n :

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

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

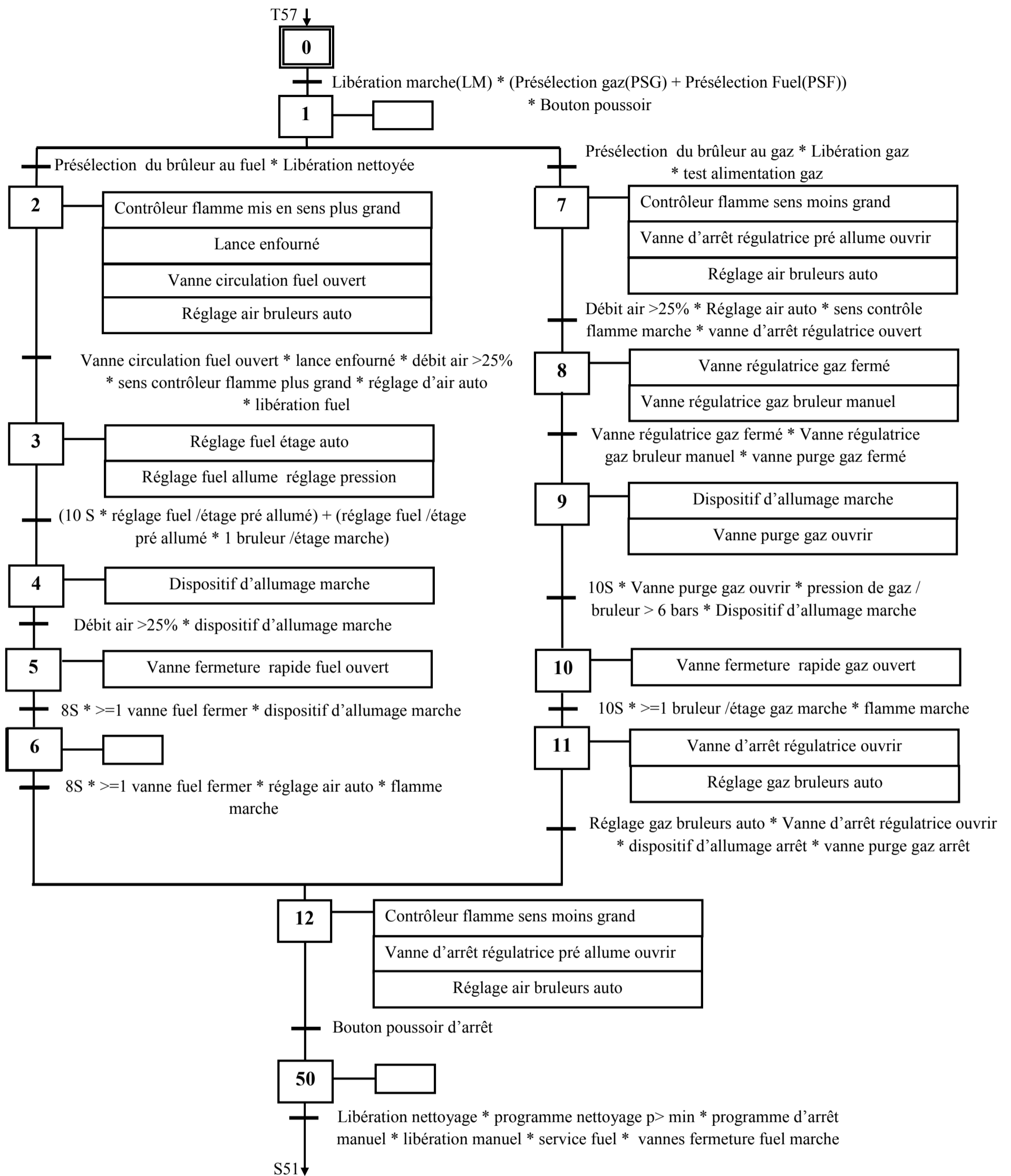
$$CDX_n = X_{n-1} * \text{Init} + \text{AUD}$$

### III.7 Arrêts d'urgences :

Pour tenter le palier aux dangers pour l'homme et le système, on doit prévoir un arrêt d'urgence dans toute installation. Les traitements de l'AU constituent le problème le plus épineux que rencontrent les concepteurs.

### III.8 Modélisation du système :

#### ❖ GRAFCET niveau 1 :



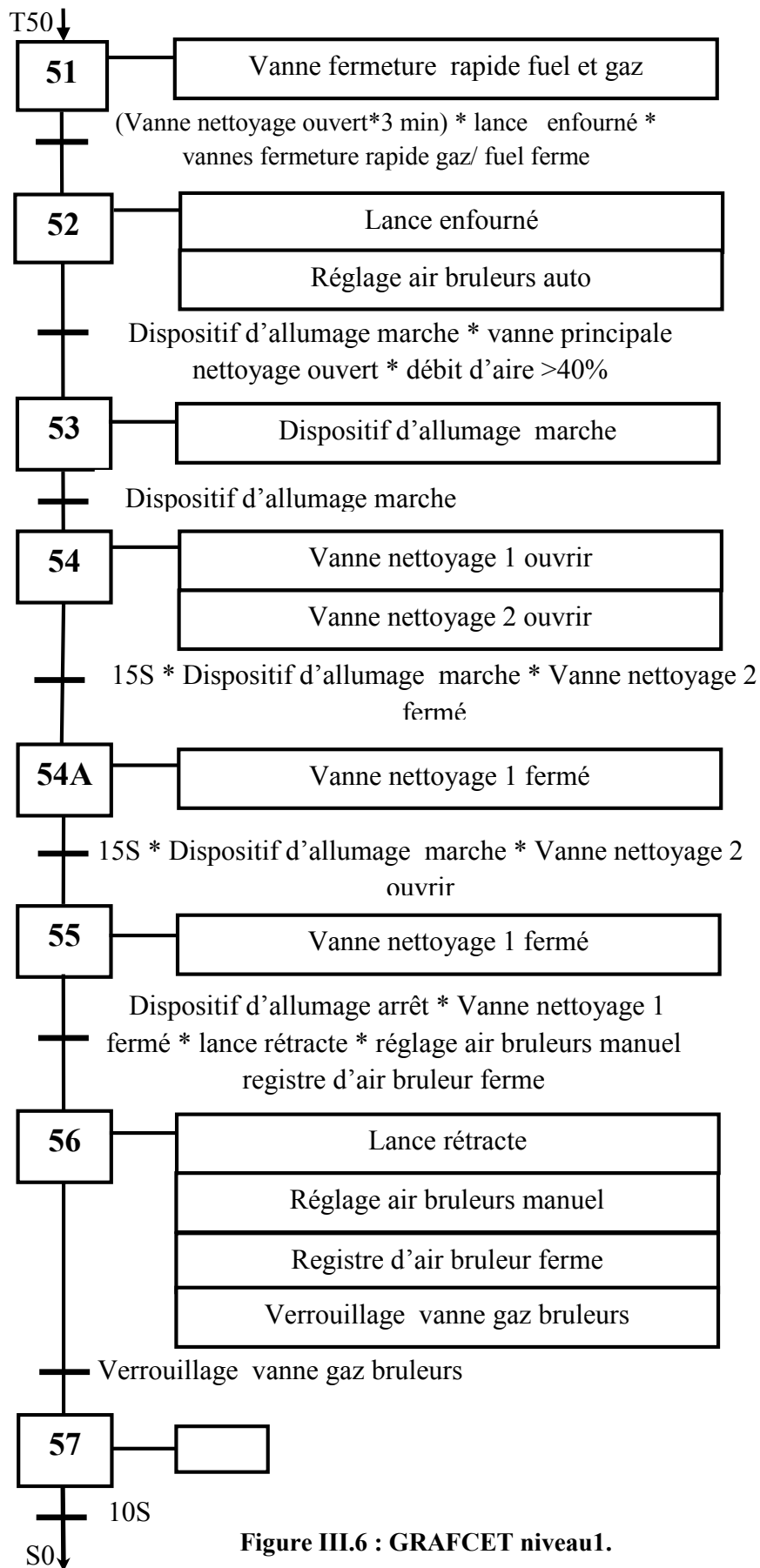


Figure III.6 : GRAFCET niveau1.

### **III.9 Conclusion :**

Au terme de ce chapitre nous avons modélisé notre système de commande à l'aide d'un GRAFCET, ce qui nous facilitera la tâche pour le prochain chapitre qui consistera à l'élaboration de la solution programmée à l'aide d'un automate.

### IV.1 Introduction :

L'automate programmable industriel (API) est aujourd'hui, le constituant le plus répandu pour réaliser des automatismes. On le trouve dans tous les secteurs de l'industrie car il répond à tous les besoins d'adaptation et de flexibilité pour un grand nombre d'opérations. Cette émergence est due en grande partie à la puissance de son environnement de développement et aux larges possibilités d'interconnexions.

L'automatisation de n'importe quel processus a pour but de rendre le système plus rapide, fiable et peut agir devant n'importe quel type de contraintes ou de problème aléatoire.

L'automatisation consiste à rendre automatique les opératoires qui exigeaient auparavant des interventions humaines.

### IV.2 Définition d'un API :

L'automate programmable industriel (API) est un ensemble électronique destiné à commander et surveiller les processus industriels. Il est équipé d'une mémoire programmable par un utilisateur à l'aide d'un langage ajusté. Il permet d'exécuter des fonctions d'automatisme logique, numérique ou de régulation.

Son rôle est de réagir aux changements d'états de ses entrées en modifiant l'état de ses sorties.

### IV.3 Choix d'un automate :

Le choix de l'automate programmable dépend des caractéristiques suivantes [4] :

- ❖ Le nombre et la nature des entrée/sortie,
- ❖ La capacité du traitement du processeur et sa communication avec les autres systèmes,
- ❖ La fiabilité et la robustesse,
- ❖ Les moyens de sauvegarde des programmes (disquettes, cassettes,...).

### IV.4 Objectifs de l'automate dans les systèmes automatisés :

Un système automatisé est un ensemble de moyens matériels et logiciels constituant la partie automatisme, communication et de production d'une installation industrielle.

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectif pour :

- Une meilleure rentabilité.

- Une meilleure compétitivité.
- Améliorer la flexibilité de production.
- Améliorer la qualité du produit grâce à une meilleure respectabilité de la valeur ajoutée.
- Faciliter la maintenance de l'installation par un diagnostic rapide.
- Adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation des charges lourdes, etc.).

### IV.5 Présentation de l'automate S7-300 :

#### IV.5.1 Aspect externe :

L'automate S7-300 est fabriqué par la famille SIMATIC. Il est de conception modulaire. Une vaste gamme de module est disponible. Ces modules peuvent être combinés selon les besoins lors de la conception d'une solution d'automatisation.

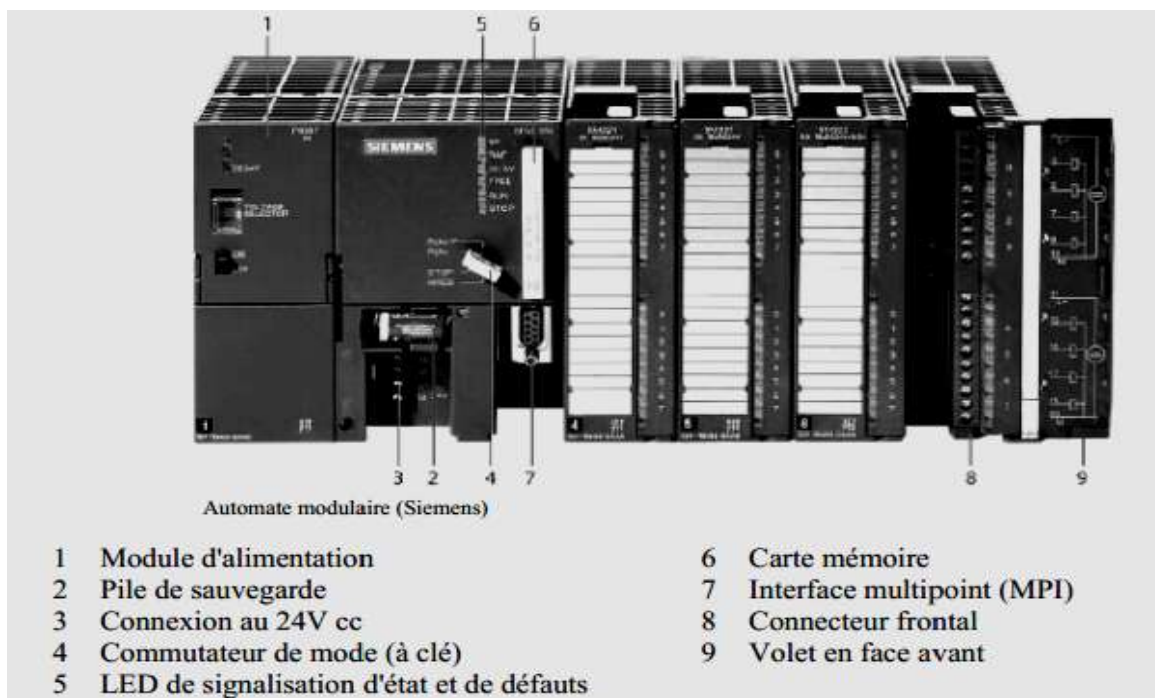


Figure IV.1 : Automate modulaire SIEMENS.

### IV.5.2 Aspect interne :

L'architecture interne de l'automate est donnée par la figure ci-dessous:

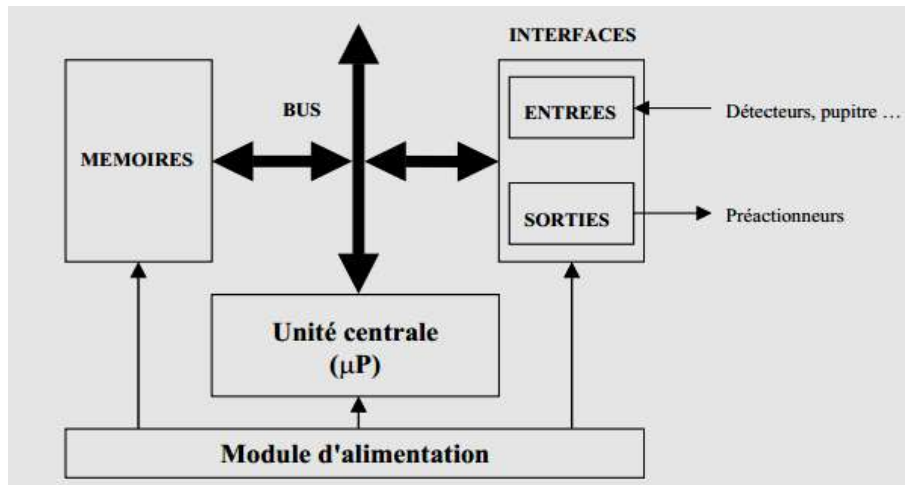


Figure IV.2 : Architecture interne d'un automate.

### IV.5.3 Caractéristiques :

L'automate S7-300 est spécifié par les caractéristiques suivantes :

- ❖ Gamme diversifiée de la CPU,
- ❖ Gamme complète du module,
- ❖ Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules,
- ❖ Bus de fond de panier intégré en module,
- ❖ Possibilité de mise en réseaux avec MPI, PROFIBUS, ETHERNET, PROFINET,
- ❖ Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules,
- ❖ Liberté de montage aux différents emplacements,
- ❖ Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil de configuration matériel.

### IV.5.4 Constitution :

L'automate programmable S7-300 est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme des modules suivants :

- ❖ Module d'alimentation (PS) 2A, 5A, 10A,
- ❖ Unité centrale CPU traitement doté d'une mémoire,
- ❖ Module de signaux (SM) entrées et de sorties TOR et analogique,
- ❖ Module de simulation (SM 374),
- ❖ Le châssis (rack),

- ❖ Module coupleur (IM) pour configuration multi rangée du S7-300,
- ❖ Processeur de communication (CP) avec d'autres éléments du réseau.

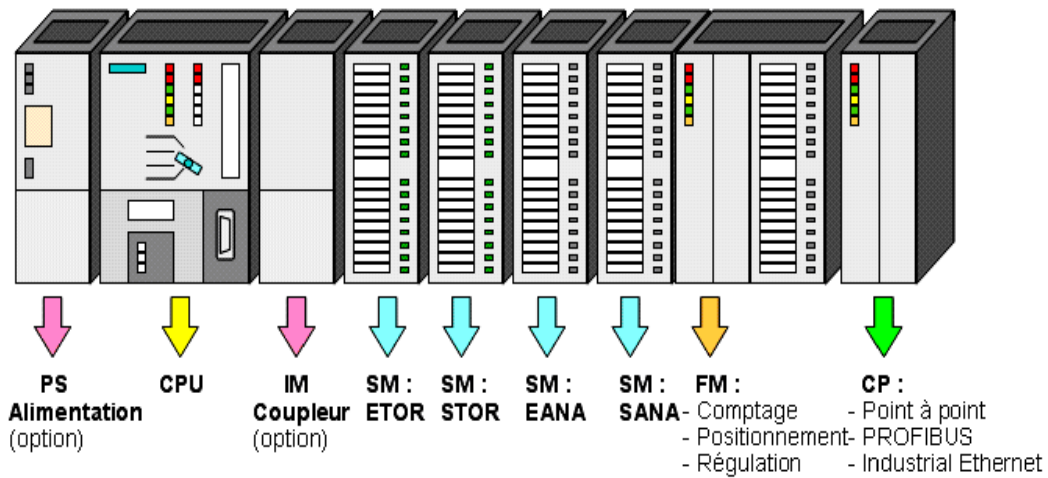


Figure IV.3 : Disposition des modules de l'automate S7 300.

### IV.6 Programmation de l'automate S7 300 :

Le logiciel STEP7 est l'outil de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC. Il présente diverses caractéristiques qui offrent une grande flexibilité lors de la programmation et permet l'utilisation d'autres logiciels optionnels.

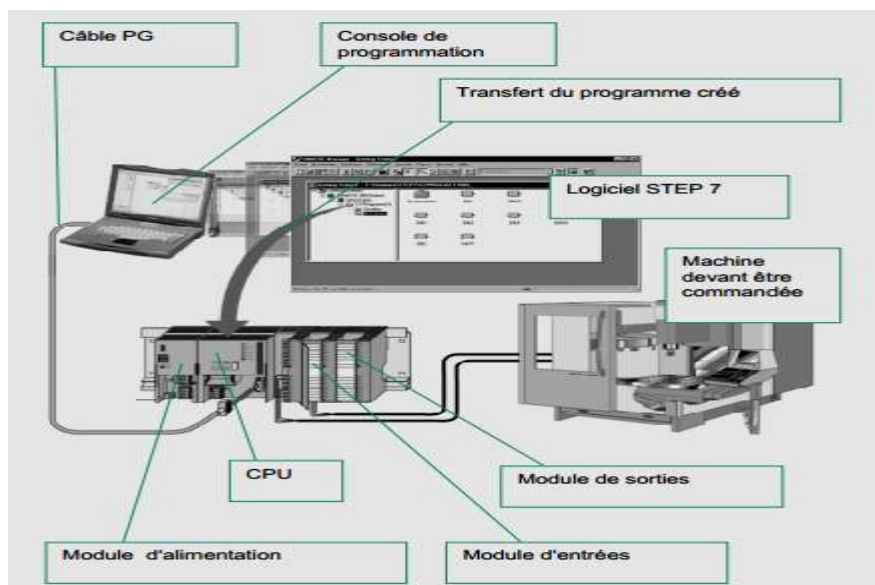


Figure IV.4 : Vue d'ensemble des éléments entrant dans l'automatisation d'un système.

### IV.6.1 Langage de programmation :

STEP7 fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Le logiciel de base assiste dans toutes les phases de processus de création de la solution d'automatisation.

STEP7 comporte des sous logiciels :

#### a) Gestionnaire de projet SIMATIC Manager :

SIMATIC Manager constitue l'interface d'accès à la configuration et à la programmation. Ce gestionnaire de projets représente la partie principale du logiciel STEP7.

#### b) Editeur de programme :

L'éditeur permet la programmation en langage de base CONT, LIST et LOG et la programmation en langage plus évolué au détriment de l'optimisation mémoire.

### IV.6.2 Structure d'une programmation :

#### a) Programme linéaire :

Il est utilisé pour des commandes simples et de volumes moins importants. Les multiples opérations et instructions de différentes fonctions sont stockées dans un seul bloc d'organisation (OB1) qui traite cycliquement le programme.

#### b) Programme structuré :

Pour les automatismes complexes, le programme utilisateur est subdivisé en fonctions principales que l'on programme à l'aide des blocs (OB, FB, FC), ces fonctions sont chargées dans OB1.

### IV.6.3 Création d'un projet STEP 7 :

Un projet STEP7 contient la description complète de l'automatisme. Il comporte deux grandes parties : la configuration matérielle et la création de programme.

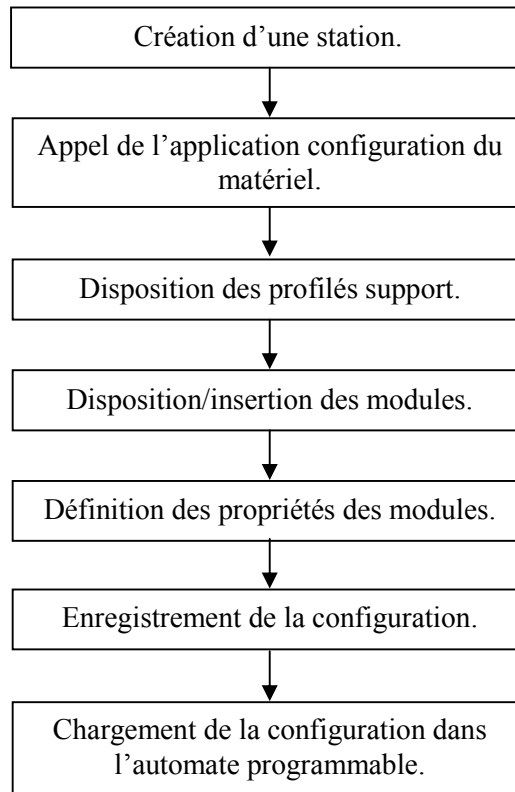
#### a) Configuration matérielle :

Les profilés support ou châssis sont représentés par une table de configuration, dans laquelle on peut enficher les modules selon leurs caractéristiques et suivant la solution d'automatisation, tout comme dans les profilés support ou châssis "réels".

Dans la fenêtre "catalogue du matériel", on sélectionne les composants matériels requis, et les amener dans la fenêtre de station en utilisant la fonction glisser-lâcher.

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

Les étapes à suivre pour configurer et paramétrer une installation sont les suivantes :



**Figure IV.5 : Etapes de configuration et de paramétrage d'une installation.**

### b) Différents types de configuration :

- **Configuration centralisée :**

Dans la configuration centralisée, les modules sont montés à côté de la CPU sur un profilé support ou un châssis. En cas d'une configuration de station très complexe, on fait appel à la configuration du couplage avec l'implantation de nombreux châssis d'extension.

- **Configuration de la périphérie décentralisée :**

Une périphérie décentralisée désigne un réseau maître constitué d'un maître de périphérie décentralisée et d'esclaves de périphérie décentralisée reliés par un câble de bus et communiquant entre eux via le protocole PROFIBUS DP dans le but d'assurer le multiplexage de toutes les informations en provenance des capteurs.

La nécessité de communication entre cellules (communication entre automates ou autres éléments esclaves) a permis de voir apparaître de nombreuses normes de communication (PROFIBUS, ...) [6].

### IV.7 Création du projet :

Un projet contient la description complète de l'automatisme. Il comporte deux parties : la description du matériel et la description du fonctionnement.

En entrant dans STEP 7, l'assistant propose de créer un nouveau projet.

Dans notre cas, nous avons procédé comme suit :

1. Lancer SIMATIC Manager par un double clic sur son icône.
2. La fenêtre suivante permet la création d'un projet.

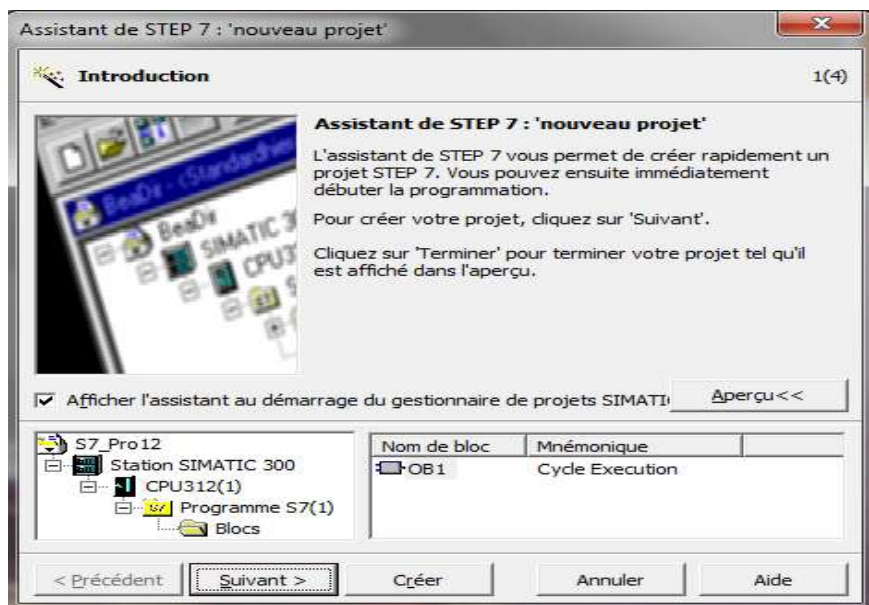


Figure IV.6 : Fenêtre de création d'un projet.

3. On clique sur suivant, la fenêtre suivante nous permet de choisir la CPU comme il est montré par la figure ci-dessous.

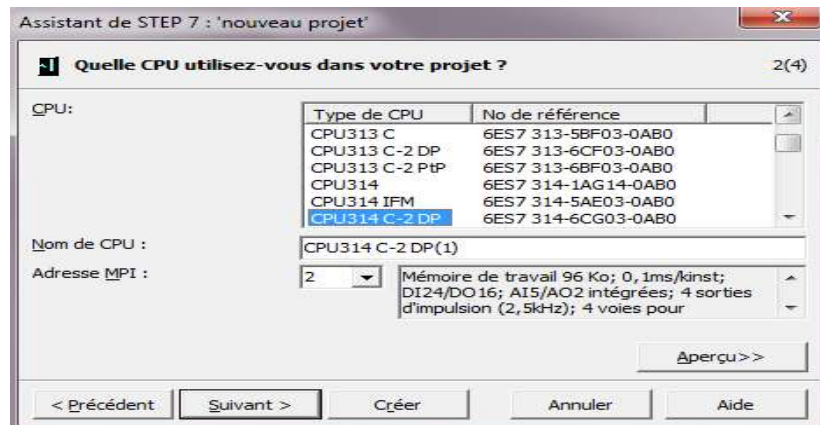


Figure IV.7 : On utilise la CPU314 C-2DP.

4. Après validation de la CPU, une fenêtre apparaît, qui permet de choisir le bloc et le langage de programmation à insérer.

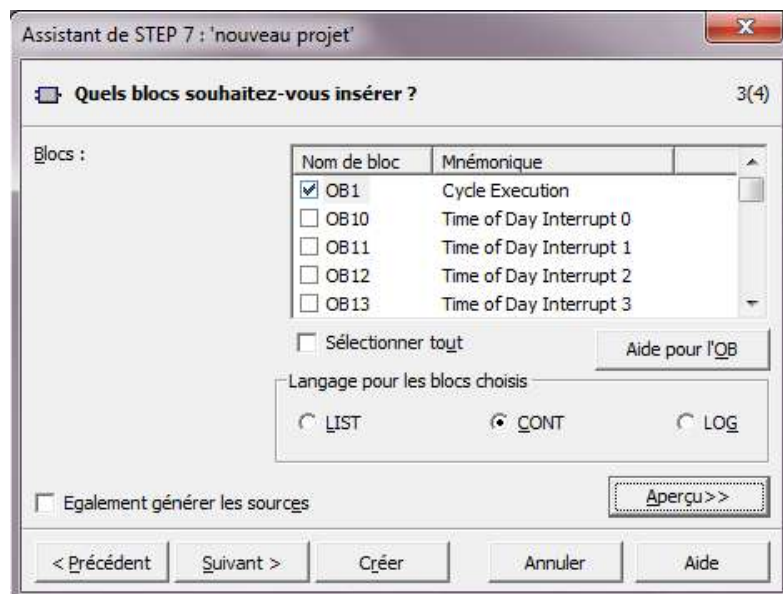


Figure IV.8 : Sélection des blocs et du langage de programmation.

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

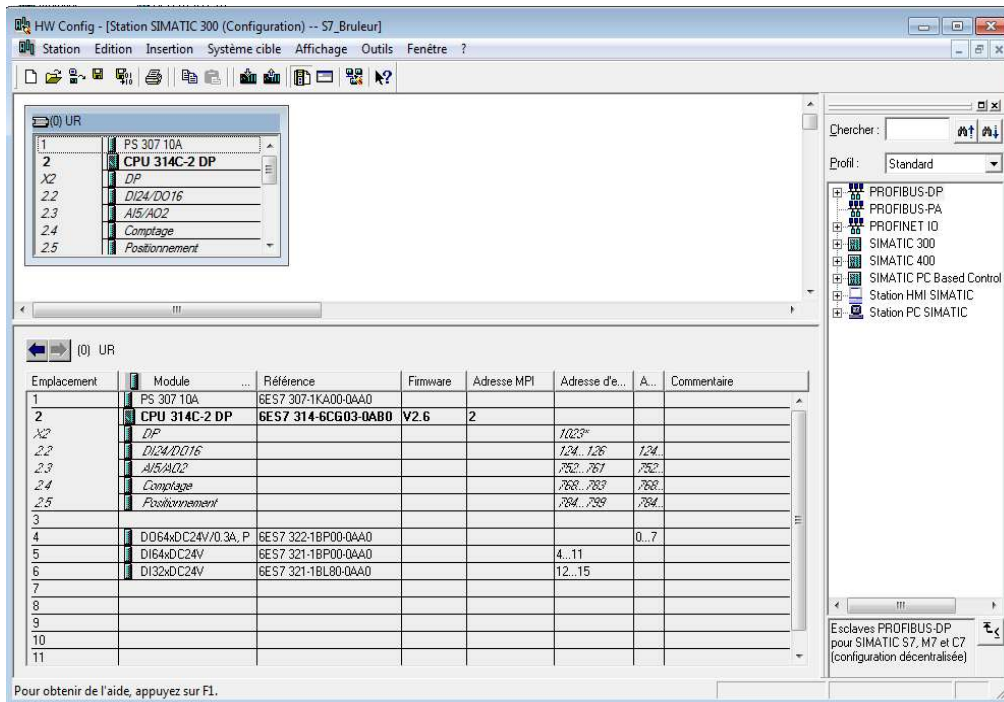


Figure IV.9 : Configuration matériels.

6. Ensuite on passe au programme que nous avons développé pour commander le Brûleur 6.

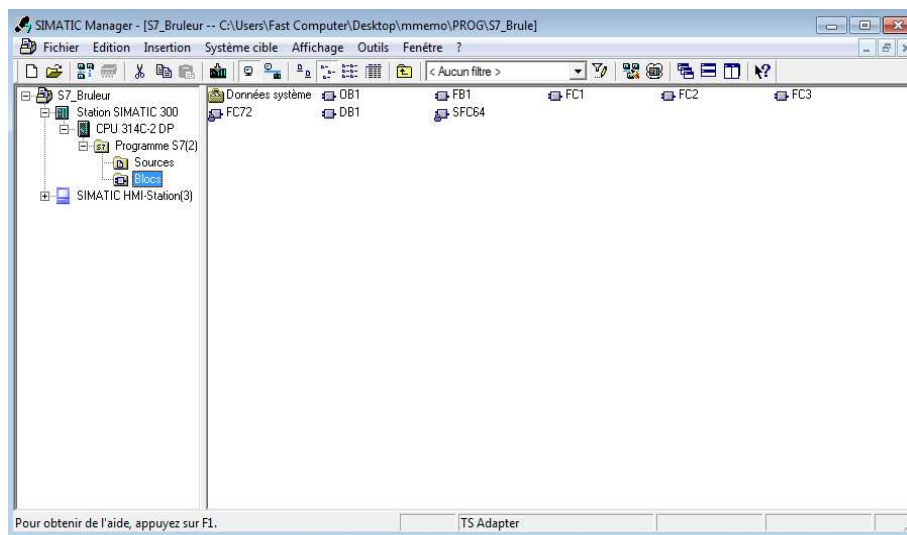


Figure IV.10 : Structure du programme développé.

## IV.8 Les mnémoniques :

Saisir les mnémoniques est très utile, il vaut mieux saisir un programme entièrement en symbole qu'en adressage absolu, c'est beaucoup plus lisible et compréhensible.

## Chapitre IV : Développement de la solution programmable

Il suffit d'aller dans la table des mnémoniques et faire entrer les différents éléments, le nom du symbole, son adresse réel, son type et son commentaire (figure IV.11).

	Etat	Mnémonique	Opéra	Type de d	Commentaire
1		CONTR_FLAM_S...	A 0.0	BOOL	NK46 M001 YB21
2		LANCE_ENFOURN...	A 0.1	BOOL	NM46 B001 YB21
3		VAN_CIR_F_OUV...	A 0.2	BOOL	NM32 S001 YB21
4		REGL_AIR_B_AUTO	A 0.3	BOOL	NG46 S001 YR21
5		REGL_AIR_B	A 0.4	BOOL	NG46 S001 YV
6		REGL_AIR_B7	A 0.5	BOOL	NG47 S001 YV
7		REGL_AIR_B8	A 0.6	BOOL	NG48 S001 YV
8		REGL_AIR_B5	A 0.7	BOOL	NG45 S001 YV
9		REGL_F_ETAGE...	A 1.0	BOOL	NM32 S002 YR21
10		REGL_F_ALUM_R...	A 1.1	BOOL	NM32 S002 YR15
11		DISPO_ALUM_M...	A 1.2	BOOL	NK46 B001 YB21
12		VAN_FERM_RPD...	A 1.3	BOOL	NM16 S005 YB
13		CONTR_FLAM_S...	A 1.4	BOOL	NK46 M001 YB22
14		VAN_ART_RGU...	A 1.5	BOOL	NN51 S002 YB21
15		VAN_REGL_G_FE...	A 1.6	BOOL	NN50 S001 YC 2
16		VAN_REGLT_G_B...	A 1.7	BOOL	NN50 S001 YR22
17		VAN_PURG_G_O...	A 2.0	BOOL	NN76 S001 YV
18		VAN_FER_RPD_G...	A 2.1	BOOL	NN66 S002 YV
19		VAN_ARRT_REGL...	A 2.2	BOOL	NN50 S002 YB21
20		REGL_GAZ_Bs_A...	A 2.3	BOOL	NN50 S001 YR21
21		VERRG_CHADR_...	A 2.4	BOOL	NR00 U101 YV
22		VERRG_VAN_RE...	A 2.5	BOOL	NN50 S001 YV
23		VAN_REGLT_F_5a8	A 2.6	BOOL	NM32 S002 YV
24		VAN_FER_RPD_F...	A 2.7	BOOL	NM16 S001 YV
25		VAN_NET1_OUV...	A 3.0	BOOL	US86 S002 YB21
26		VAN_NET2_OUV...	A 3.1	BOOL	US86 S003 YB21
27		LANCE_RETRACT...	A 3.2	BOOL	NM46 B001 YB22
28		VERRG_VAN_G_B	A 3.3	BOOL	NN50 S001 YV
29		VANN_NET1_FER...	A 3.4	BOOL	US86 S002 YB22
30		REGL_AIR_B_MANU	A 3.5	BOOL	NG46 S001 YR22
31		REGL_AIR_B_FER...	A 3.6	BOOL	NG46 S001 YC22
32		R	A 3.7	BOOL	BOUCLE NON LIBER NET
33		N	A 4.0	BOOL	VANNES FERM RAP G OUVERT
34		O	A 4.1	BOOL	BOUCLE(>=1)VANNE FUEL FERME)

Figure IV.11 : Une partie de la table des mnémoniques.

### IV.9 Test et validation du programme :

#### IV.9.1 Introduction sur le S7-PLCSIM :

L'utilisation de simulation de modules S7-PLCSIM, nous permet d'exécuter et de tester notre programme dans un automate programmable (API), que nous simulons dans un ordinateur ou dans une console de programmation.

Le S7-PLCSIM dispose d'une interface simple qui nous permet de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (activer ou désactiver une entrée).

Nous avons également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel STEP 7, tout en exécutant le programme dans l'API de simulation [7].

#### IV.9.2 Etats de fonctionnement de la CPU :

##### a) Etat de marche (RUN-P) :

La CPU exécute le programme tout en nous permettant de le modifier, de même que ses paramètres. Afin de pouvoir utiliser les applications de STEP7 pour forcer un paramètre quelconque de programme durant son exécution, nous devons mettre la CPU à l'état RUN-P.

### b) Etat de marche (RUN) :

La CPU exécute le programme en lisant les entrées, exécutant le programme, puis en actualisant les sorties. Lorsque la CPU se trouve à l'état de marche (RUN-P), on ne peut ni charger un programme, ni utiliser les applications de STEP 7.


### c) Etat d'arrêt (STOP) :

La CPU n'exécute pas le programme. Contrairement à l'état d'arrêt de CPU réel, les sorties ne prennent pas de valeurs de sécurité prédéfinies, mais elles conservent l'état auquel elles étaient lorsque la CPU a passé à l'état arrêt (STOP).



Figure IV.12 : Fenêtre du S7-PLCSIM.

### IV.9.3 Visualisation d'une partie de notre programme :

Après le chargement du programme dans la CPU du simulateur et la mise de cette dernière en mode « RUN-P » le STEP 7 nous permet de visualiser l'état du programme, en cliquant sur l'icône  (figure IV.13).

- Pour le bloc OB1 :

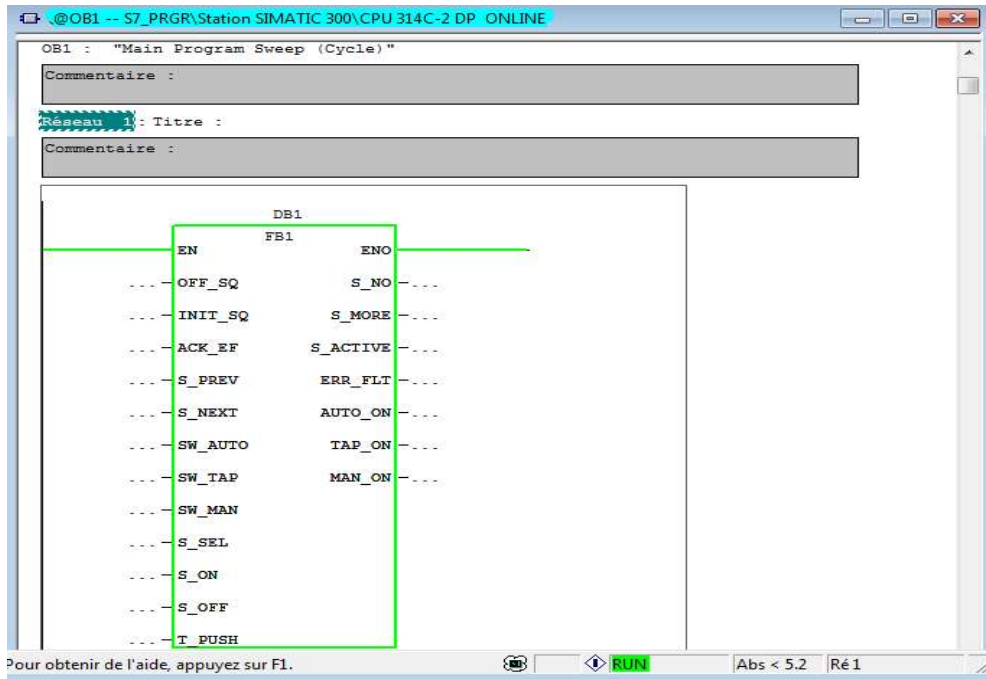


Figure IV.13 : Visualisation du programme.

- Pour le bloc FB1 :
  - ❖ Activation de la phase 1 :

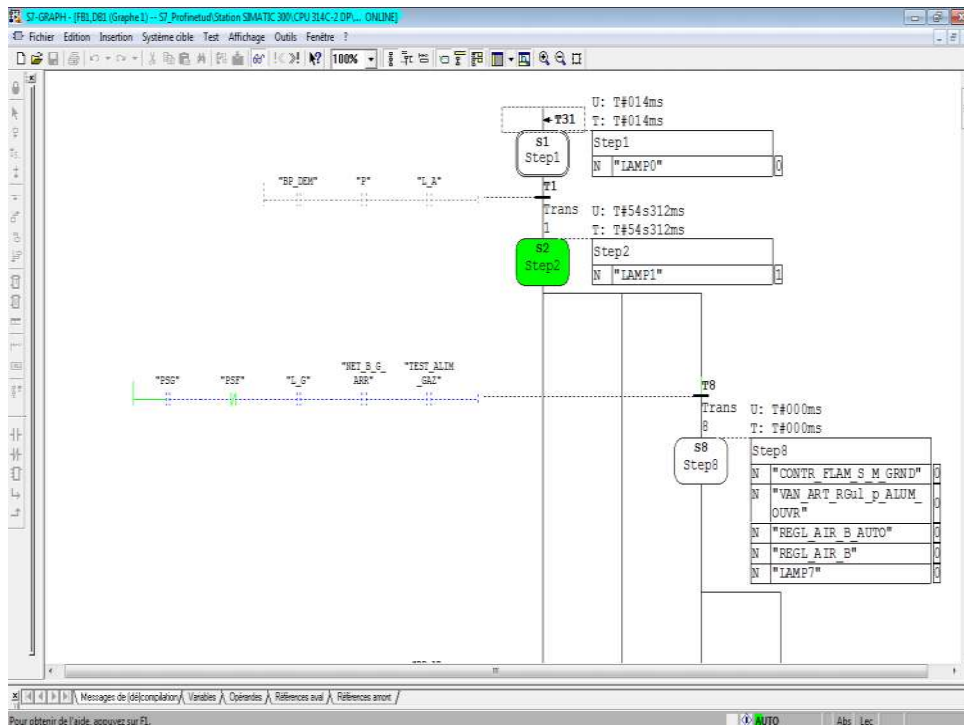


Figure IV.14 : Activation de la phase 1.

- ❖ Activation de la phase 7 et désactivation de la phase 1 :

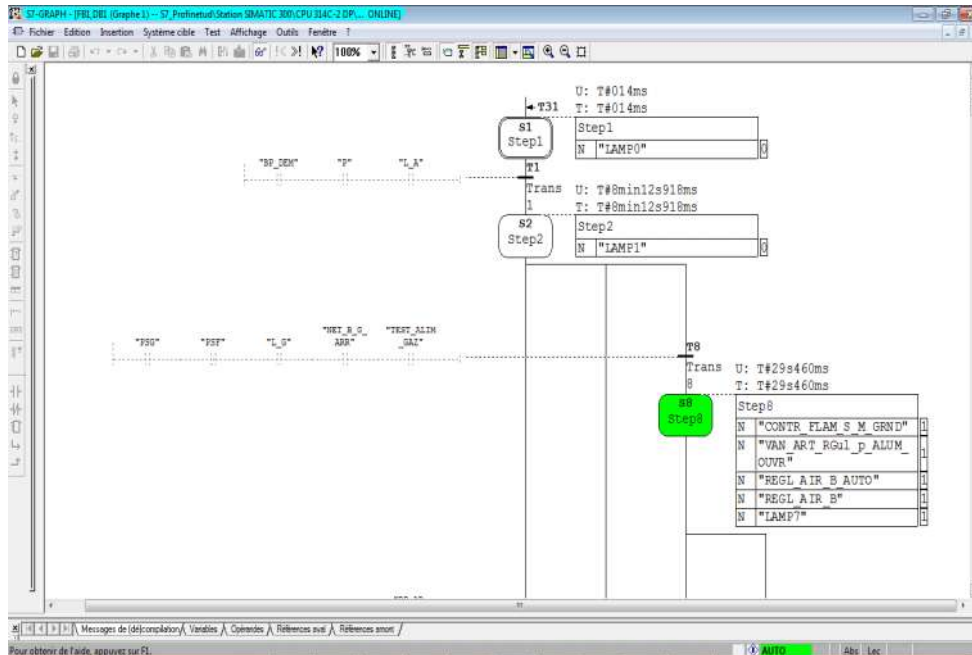


Figure IV.15 : Activation de la phase 7 et désactivation de la phase 1.

- Pour le bloc FC1 :
  - ❖ Activation de la Boucle R (libration non nettoyé):

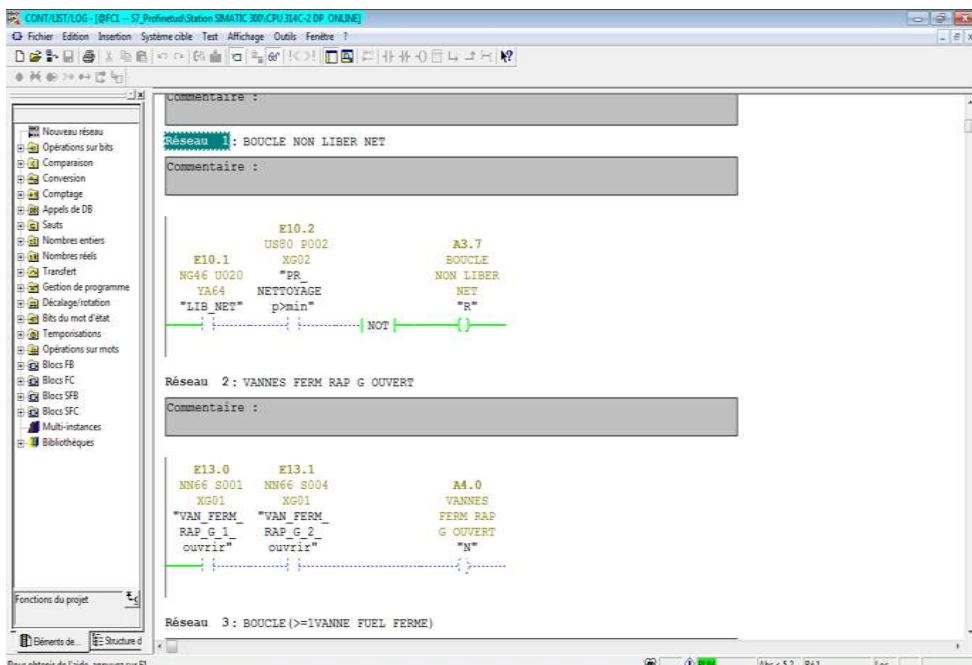


Figure IV.16 : Activation de la Boucle R.

- Pour le bloc FC2 :
  - ❖ Activation de la lampe 1(Phase 1):

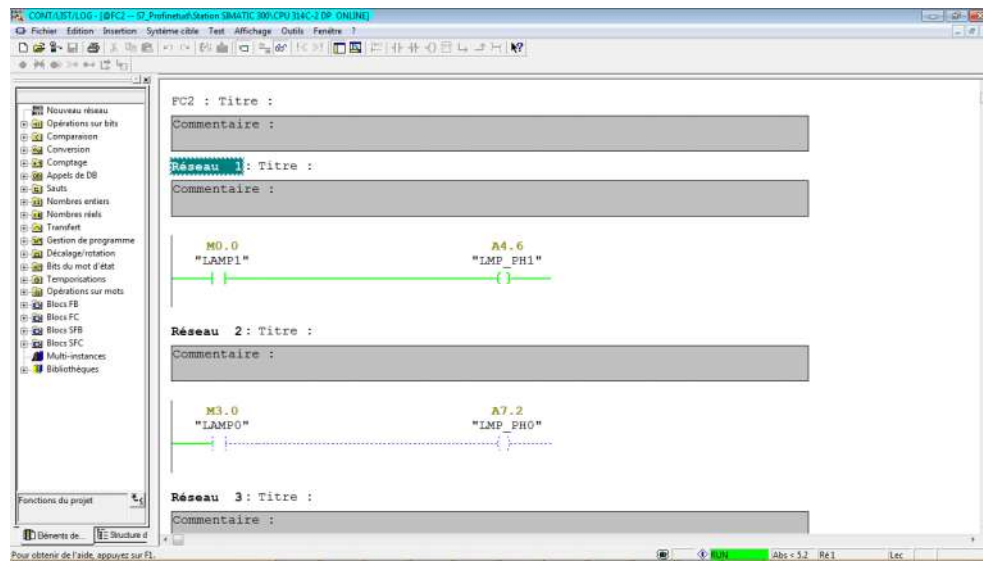


Figure IV.10 : Activation de la lampe 1.

### IV.8 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vue sur l'automate programmable industriel que nous avons adopté pour le pilotage de notre processus.

Grâce au logiciel de simulation S7-PLCSIM nous avons pu tester et visualiser le comportement des sorties de notre programme et valider avec succès la solution que nous avons développée.

Dans le chapitre suivant, nous allons développer une plate forme de supervision qui va simplifier la tâche de contrôle pour l'opérateur.

### V.1 Introduction :

Les systèmes de supervision permettent d'obtenir des vues synthétiques des équipements afin de visualiser leurs états physiques ou fonctionnels. Situés dans des salles de commande, les systèmes de supervision offrent la possibilité de centraliser la vision des organes physiques (capteurs et actionneurs) parfois très éloignés, afin qu'ils prennent à temps les bonnes décisions pour la conduite du procédé. Ils ont essentiellement pour mission de collecter les données et les mettre en forme (traitement) pour les présenter à l'opérateur (supervision).

### V.2 Présentation du logiciel WinCC flexible 2008 :

WinCC flexible 2008 est l'Interface Homme-Machine (IHM) idéale pour toutes les applications de la machine et du processus dans la construction des installations des machines.

WinCC Flexible comprend des outils d'ingénierie innovants pour la configuration cohérente de tous les systèmes d'exploitation SIMATIC HMI. Il apporte une efficacité de configuration (des bibliothèques contenant des objets préconfigurés, des blocs d'affichage réutilisables, des outils intelligents) [6].

### V.3 Définition de la supervision industrielle :

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme/Machine. Elle présente beaucoup d'avantages pour les processus industriels de production. Elle facilite à l'opérateur la surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé ainsi que son contrôle. Elle permet grâce à des synoptiques préalables, créés et configurés à l'aide d'un logiciel de supervision, d'intégrer et de visualiser en temps réel toutes les étapes nécessaires à la fabrication d'un produit et de détecter les problèmes qui peuvent survenir en cours de fonctionnement dans une installation industrielle.

La supervision effectue de nombreuses fonctions :

- ❖ Elle répond à des besoins nécessitant en générale une puissance de traitement importante.
- ❖ Elle coordonne le fonctionnement d'un ensemble de machines enchainées constituant une ligne de production, en assurant l'exécution d'ordres communs et des tâches telles que la synchronisation.
- ❖ Elle assiste l'opérateur dans les opérations de diagnostic et de maintenance.
- ❖ Elle surveille les procédés industriels à distance.

- ❖ Elle permet la simulation de programme avant leur mise en œuvre grâce au logiciel WinCC Flexible [3].

### **V.4 Constitution d'un système de supervision :**

Un système de supervision est généralement composé d'un moteur central (logiciel), auquel se rattachent des données provenant des équipements (automate). Ce moteur central assure l'affichage, le traitement et l'archivage des données. Ainsi que la communication avec d'autres périphériques [6].

#### **V.4.1 Module de visualisation (affichage) :**

Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition de l'opérateur toutes les informations nécessaires à l'évolution du procédé.

#### **V.4.2 Module d'archivage :**

Son rôle est de mémoriser les données (alarmes et événements) pendant une longue période. Il permet l'exploitation des données pour les applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de production.

#### **V.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.

#### **V.4.4 Module de communication :**

Il assure le transfert des données. Il gère la communication avec les automates programmables industriels et autres périphériques. Il donne la possibilité de modifier la configuration même après la mise en vente.

### **V.5 Etapes de mise en œuvre :**

Pour créer une interface Homme/Machine, il faut prendre préalablement connaissance des éléments de l'installation ainsi que le logiciel de programmation de l'automate utilisé.

Nous avons créé l'interface pour la supervision à l'aide du logiciel WinCC Flexible qui est le mieux adapté pour le matériel de la gamme SIEMENS.

### V.5.1 Etablir une liaison directe :

La première chose à effectuer est de créer une liaison directe entre le WinCC et notre automate. Ceci pour que WinCC puisse aller lire les données qui se trouvent dans la mémoire de l'automate.

### V.5.2 Création de la table des variables :

Maintenant que la liaison entre notre projet WinCC et l'automate est établie. Nous avons la possibilité d'accéder à toutes les zones mémoire de l'automate.

- ❖ Mémoire entrée/sortie,
- ❖ Mémento,
- ❖ Bloc de données.

Les variables permettent de communiquer, c'est-à-dire d'échanger des données entre les composants d'un processus automatisé, ou encore entre un pupitre opérateur et un automate.

Afin de faire la correspondance entre les données du projet Step7 et les données du projet WinCC, il est possible de faire une table de correspondance des données via l'onglet variable. Chaque ligne correspond à une variable de WinCC. Elle est spécifiée par :

- ❖ Son nom,
- ❖ La liaison vers l'automate,
- ❖ Son type,
- ❖ Et le taux de rafraîchissement de celle-ci.

Le taux de rafraîchissement est le temps que doit mettre WinCC entre deux lectures dans la mémoire de l'automate

### V.6 Apport de supervision :

La supervision à eu un impact considérable sur le mode industriel, tant pour les exploitants que pour les entreprises.

#### V.6.1 Apport pour le personnel :

La supervision permet de dégager les exploitants des tâches délicates, surtout dans des milieux hostiles et de ne les réserver que pour des tâches importantes. Elle permet de rendre le travail moins contraignant pour celui qui l'exécute et améliore les conditions de travail.

La supervision permet à l'opérateur de suivre le fonctionnement du procédé et d'effectuer des tâches de routine (vérification des paramètres, inspection de l'installation...)

### V.6.2 Apport pour l'entreprise :

L'effet de la supervision sur l'entreprise est considérable, elle permet entre autres de :

- ❖ Respecter les délais en diminuant le nombre de pannes et en réduisant le nombre de dépannages.
- ❖ Améliorer et maintenir la qualité, ceci se fait par le maintien des équipements dans un bon état de fonctionnement.
- ❖ Réduire les coûts en diminuant les pertes de production liées aux pannes.

### V.7 Création d'un projet :

Les principales étapes suivies pour la création de notre application sous WinCC flexible 2008 sont :

- **Création d'un nouveau projet :**

Au démarrage de WinCC flexible, une fenêtre « WinCC flexible Advanced » s'ouvre. Dans notre cas, nous avons choisi de « créer un projet vide ».

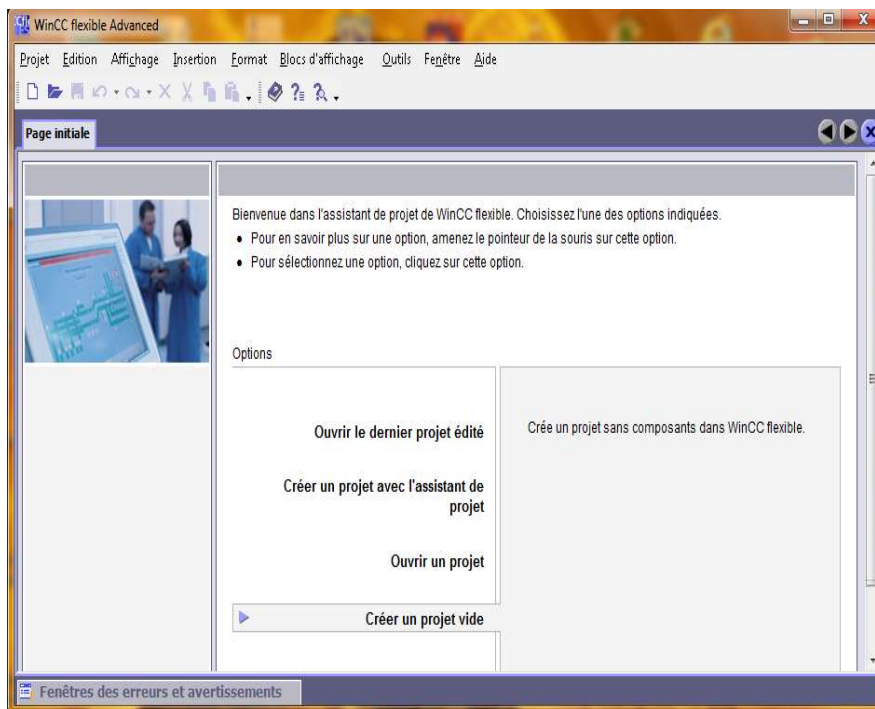


Figure V.1 : Création d'un nouveau projet.

- **Sélection de pupitre :**

Après la création d'un nouveau projet, une nouvelle fenêtre s'ouvre pour le choix de pupitre à utiliser pour notre application.

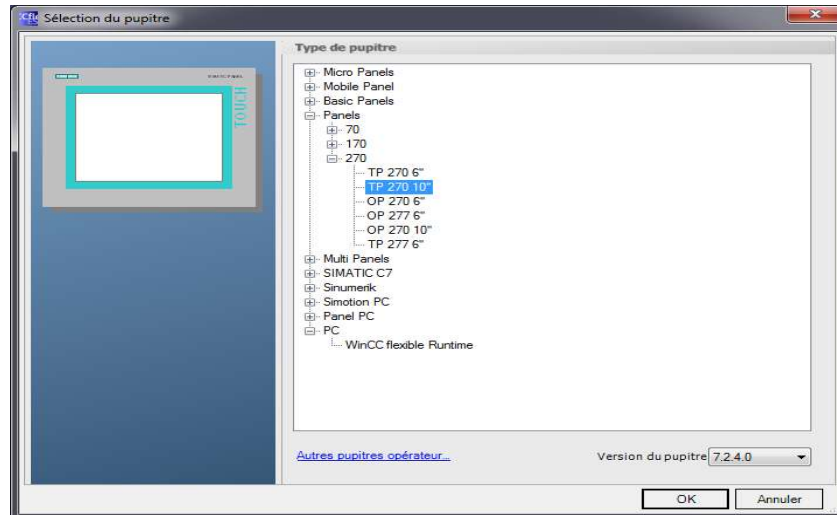


Figure V.2 : Fenêtre de choix de pupitre.

- **Espace de travail :**

Après validation du type de pupitre, l'espace de travail WinCC Flexible Advanced-projet-HMI s'ouvre. L'espace de travail de WinCC flexible nous offre tous les outils nécessaires à la présentation d'un quelconque système automatique, mécanique, hydraulique et autres.

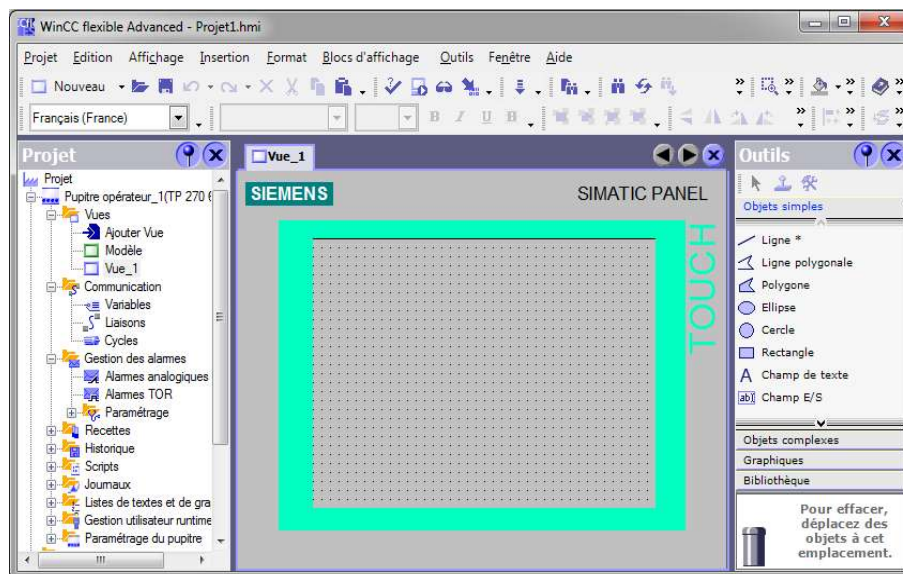


Figure V.3 : Espace de travail WinCC flexible.

- **Edition des vues :**

L'application WinCC que nous avons élaborée renferme toutes les vues contenant tous les éléments de notre système.

- **Compilation et simulation :**

Après avoir créé le projet et terminé la configuration, il est indispensable de vérifier la cohérence du projet, et de détecter les erreurs, à l'aide de la commande sur la barre du menu « contrôle de la cohérence », après le contrôle de cohérence, le système crée un fichier de projet compilé.

La simulation permet de détecter des erreurs logiques de configuration, par exemple, des valeurs limites incorrectes et cela à l'aide du simulateur Runtime par la commande « démarrer le système Runtime du simulateur ».

### V.8 Les vues du projet :

#### V.8.1 Vue d'accueil :

Cette vue nous permet d'accéder directement à la vue de pupitres. (Figure V.4)



Figure V.4 : Vue d'accueil.

## V.8.2 Vue de pupitre de commande :

Dans cette vue se trouve les différents boutons : l'arrêt, pour accéder à la vue d'accueil, pour accéder aux différentes vues de phases et les différents indicateurs de l'état de système.

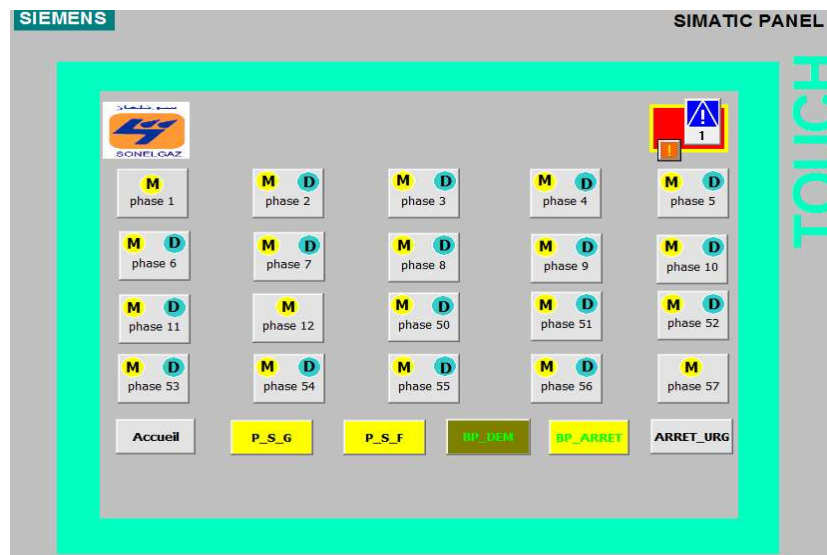


Figure V.5 : Vue de pupitre.

## V.8.3 Vue d'une phase :

Dans cette phase se trouvent les différentes actions qui sont réalisées dans cette dernière. Chaque vue possède un bouton pour revenir à la vue du pupitre, un bouton pour aller à la phase suivante et un bouton pour aller à la phase d'arrêt (phase50).

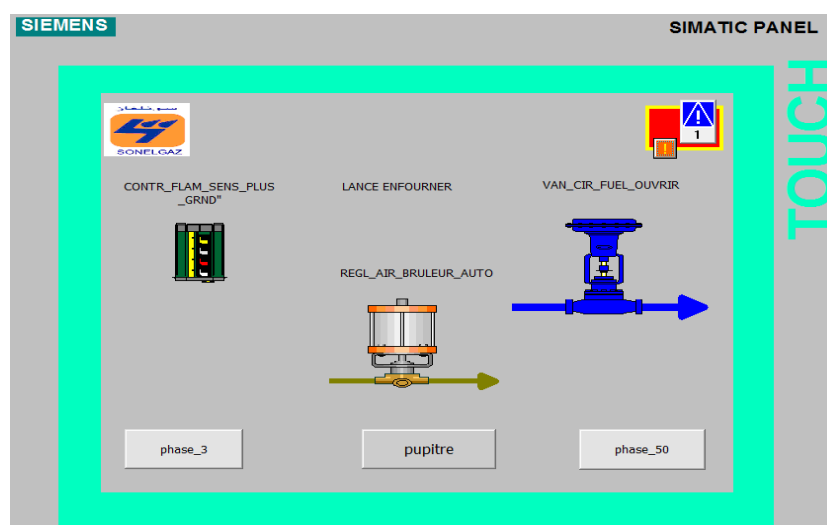


Figure V.6 : Vue d'une phase.

### **V.9 Conclusion :**

Dans ce dernier chapitre, nous avons illustré l'importance de la supervision des procédés industriels et les outils nécessaires pour la réaliser. Nous avons alors élaboré sous le logiciel WinCC Flexible les écrans permettant la visualisation et le contrôle direct du système en temps réel.

## Conclusion générale

---

### **Conclusion générale:**

L'évolution remarquable de la technologie d'automatisation améliore la production et la sécurité.

Le travail que nous avons effectué dans le cadre de ce projet, avec l'appui du stage pratique au sein de la centrale thermique de Cap Djinet, nous a permis de mettre en pratique toutes nos connaissances théoriques et de nous familiariser avec le monde industriel.

La commande des processus par un API est la solution recherchée de plus en plus dans l'industrie en raison de la précision des traitements numériques qu'ils effectuent pour générer la commande adéquate dans toutes les conditions.

L'étude que nous avons menée porte sur le développement d'une solution à logique programmée pour le contrôle et la sécurisation des brûleurs. Pour atteindre cet objectif, nous avons opté pour un automate SIMATIC S7 qui peut être programmé par le logiciel STEP7.

Les moyens mis à notre disposition sont minimes, ce qui ne nous a pas permis de tester l'installation avec un automate, mais nous avons effectué une simulation avec le logiciel « S7-PLCSIM ».

Notre travail a pour but de développer une plateforme de supervision afin de contrôler le fonctionnement du système en temps réel. Ainsi, l'opérateur aura une meilleure maîtrise de l'observation et de la maintenance.

Suite à la simulation du programme, nous pouvons affirmer que nous sommes arrivés à l'objectif que nous avons fixé dans l'introduction générale.

Enfin, nous espérons que ce travail puisse servir de support aux techniciens de la centrale thermique de Cap Djinet et aux promotions d'étudiants à venir.

# BIBLIOGRAPHIE

## **Ouvrage et mémoires :**

- [1] Documentation interne de la centrale thermique de Cap-Djinet.
- [2] CHIKHDENE. N et AKLIL. M, « Automatisation et supervision du système purge/vidange turbine de la centrale thermoélectrique de CAP-DJINET », Département Automatique, UMMTO, Mémoire de fin d'étude promotion 2014.
- [3] ABERKANE.A, « Développement d'une solution programmable de supervision automatisée et d'aide à la décision du système purge/vidange de la centrale CAP DJINET », Mémoire de fin d'étude promotion 2008.
- [4] W. BOLTON, « Les automates programmables industriels », Edition DUNOD.
- [5] M. GROUT, « Instrumentation industrielle », Edition DUNOD
- [6] Documentation SIEMENS.
- [7] S. MORENO et E. PEULOT, « LE GRAFCET Conception – Implantation dans les Automates Programmable Industriels », Edition Casteilla.
- [8] D. DUPON et D. DUBOIS, « Réalisation technologique du GRAFCET », PDF.

## **Site internet consulté :**

- [9] [www.eavr.u-trasbg.com](http://www.eavr.u-trasbg.com)

**OB1 - <offline>**

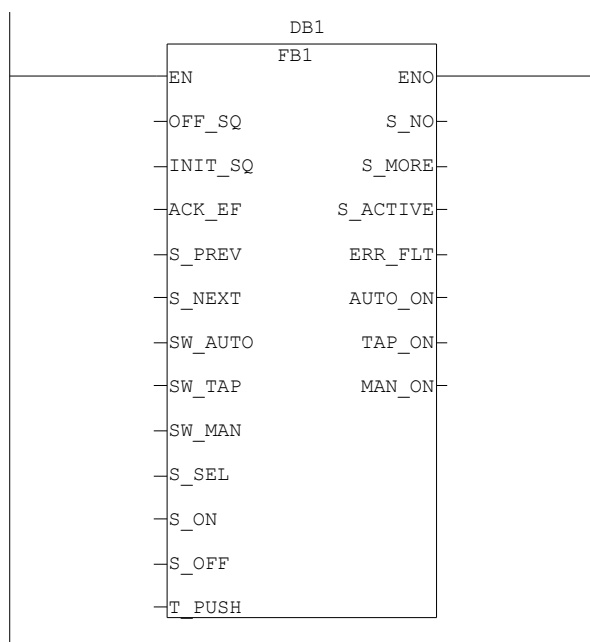
""

**Nom :** **Famille :**  
**Auteur :** **Version :** 0.1  
**Version de bloc :** 2  
**Horodatage Code :** 20/06/2016 10:11:48  
**Interface :** 15/02/1996 16:51:12  
**Longueur (bloc/code /données locales) :** 00320 00162 00028

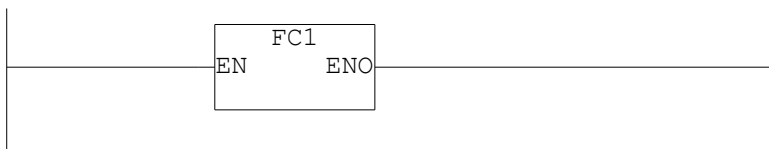
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)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

**Bloc : OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"**

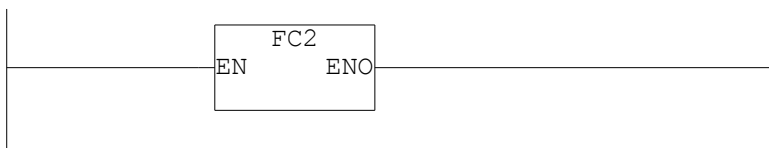
Réseau : 1



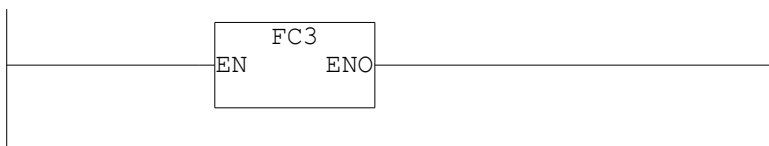
Réseau : 2



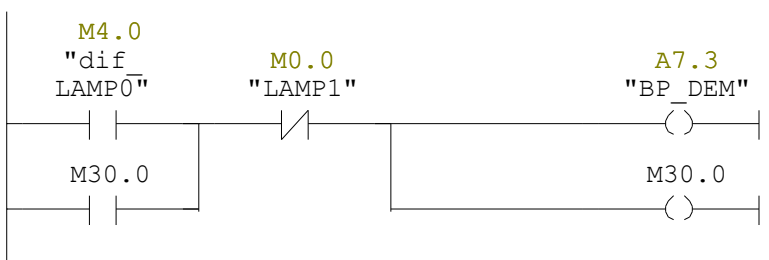
Réseau : 3



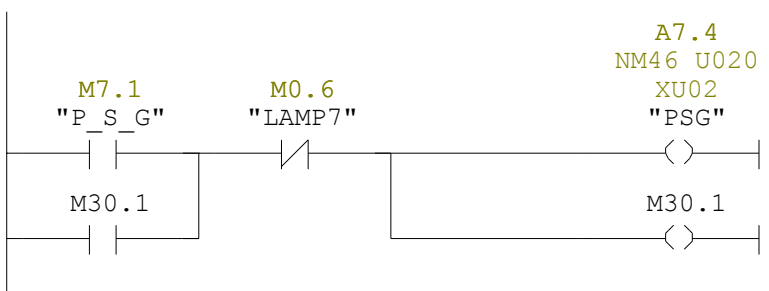
Réseau : 4



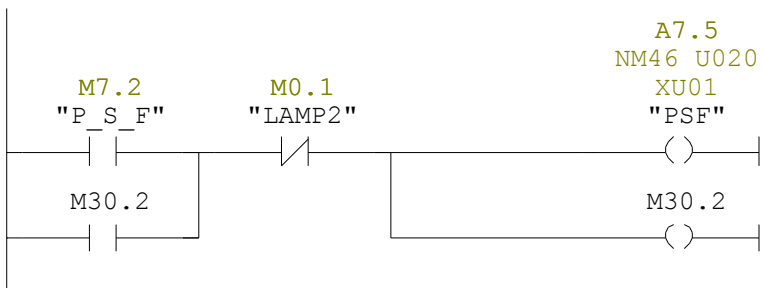
Réseau : 5



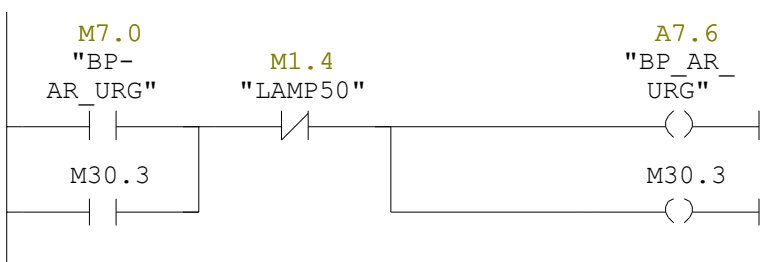
Réseau : 6      NM46 U020 XU02



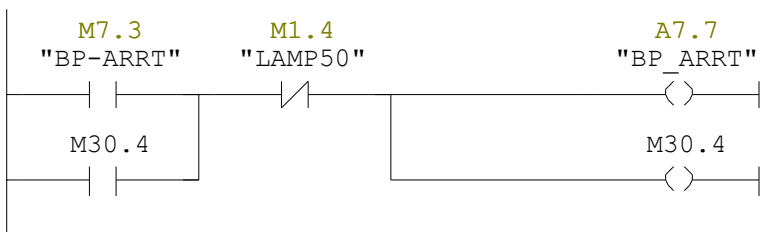
Réseau : 7 NM46 U020 XU01



Réseau : 8



Réseau : 9



Réseau : 10



Réseau : 11

