

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D' INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D' AUTOMATIQUE

## Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie électrique

Spécialité : **Automatique et informatique  
industrielles**

*Présenté par*

**Faycal BERCHICHE**

**Sofiane MEDDAOURI**

Thème

# **Commande Automatique de "marche et d'arrêt" du système Air/Fumée au niveau de la central thermique CAP-DJINET à l'aide d'un API S7-300**

*Mémoire soutenu publiquement le 18/07/2016. Devant le jury composé de :*

**M Mustapha MOUDOUD**

MCA, UMMTO, Président

**M Tahar BENSIDHOUM**

MCA, UMMTO, Encadreur

**Mme Ghania IDIRI**

MAA, UMMTO, Examineur

**M Takfarinas CHELLI**

MAA, UMMTO, Examineur

# Remerciements

Nous tenons à remercier dans un premier temps, toute l'équipe de la centrale thermique de CAP-DJINET pour leurs collaborations, leur accueil chaleureux, et pour avoir assuré la partie pratique de notre projet.

Nous tenons à remercier tout particulièrement et à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elle nous a fait vivre durant la durée du stage au sein de la centrale :

Mr. Yacine BERCHICHE, pour nous avoir intégré rapidement au sein de l'entreprise et nous avoir accordé toute sa confiance ; pour le temps qu'il nous a consacré tout au long de cette période ; sans oublier sa participation au cheminement de ce rapport.

Mr. M.BOUHAROUNE et Mr Adel , nos encadreurs au sein de la centrale, qui nous ont apporté tout leur aide au long de notre travail et sachant répondre à nos interrogations.

Mr T.BENSIDHOUM, notre promoteur, pour nous avoir dirigé et aidé afin de mener à bien ce travail.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail.

Comme nous tenons également à remercier tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.

## Dédicace

**J'ai l'honneur de dédié ce modeste travail a ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, a qui je dois de l'amour et de la reconnaissance ;**

- A la mémoire de ma très chère grand-mère
- A mes chers parents
- A mes frères et sœur
- A mes belles sœurs
- A mes très chers neveux
- A toute la famille MEDDAOURI
- A mon binôme Fayçal et toutes sa famille
- Et a mes amis sans exception

**Je dédie ce travail.  
Sofiane MEDDAOURI**

# Dédicace

A la mémoire de ma très chère grand-mère,

A mes grands parents,

A mes chers parents,

A mes chers frères Sofiane et Yacine,

A mes chères belles sœurs,

Vous vous êtes dépensés pour moi sans compter.

En reconnaissance de tous les sacrifices consentis par tous et  
chacun pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie.

Avec toute ma tendresse.

Sincère gratitude.

A mon très cher petit neveu Wassim, Meilleurs vœux de succès dans ta vie future.

A tous mes amis et à leurs familles.

A toute ma famille.

A mon binôme Sofiane et à sa famille.

**Je dédie ce travail.  
Faycal BERCHICHE**

# Sommaire

Sommaire.....	I
Liste des figures.....	II
Liste des tableaux.....	III
Bibliographie.....	IV
Annexe 1.....	V-1
Annexe 2.....	V-2
Annexe 3.....	V-3

---

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

## **CHAPITRE I : Présentation et principe de fonctionnement de la centrale thermique**

INTRODUCTION.....	2
I. GENERALITE SUR LA CENTRALE THERMIQUE .....	2
I.1. Description de la centrale cap-djinet.....	4
I.2. Plan de Masse .....	5
II. Principaux éléments constituant une tranche thermique : .....	7
II.1. La Turbine : .....	7
II.1.1. Le corps HP : .....	8
II.1.2. Corps MP : .....	8
II.1.3. Corps BP.....	8
II.2. L'alternateur : .....	8
II.3. Le Condenseur : .....	10
II.4. Les Désurchauffeurs : .....	11
II.5. La Bâche alimentaire : .....	11

II.6. Chaudière ou générateur de vapeur : .....	12
II.7. Dessalement de l'eau de mer : .....	13
II.8. Station de déminéralisation : .....	14
II.9. Station d'électrochloration : .....	14
II.10. pompes et ventilateurs (moteur 6.3KV) : .....	14
III.Principe de fonctionnement de la centrale Ras-djinet : .....	19
Conclusion : .....	21

## **CHAPITRE II : Fonctionnement du système Air/Fumée**

INTRODUCTION : .....	22
I. Présentation de l'équipement: .....	22
I.1. Ventilateurs de soufflage : .....	22
I.2. Ventilateurs de recyclage : .....	22
I.3. Préchauffeur d'air rotatif : .....	22
II. Circuit Air/Fumée.....	22
II.1. Fonctionnement des équipements pendant le cycle de production.....	24
III. Etape du fonctionnement du circuit Air/Fumée : .....	26
III.1. La mise en marche : .....	26
III.2. La mise à l'arrêt : .....	29
Conclusion.....	30

## **CHAPITRE III : Conception et modélisation du nouveau système**

Introduction : .....	31
I.Définition de L'Organigramme : .....	31
II. Composition d'un organigramme : .....	31
III. Modélisation du système Air Fumée par un Organigramme .....	33
III .1.Organigramme de mise en marche du système : .....	33
III .2.Sous Programme Aération Chaudière : .....	36
III .3.Organigramme mise a l'arrêt : .....	38
IV. Instrumentation associée au circuit : .....	38
IV .1.Les capteurs : .....	38
IV.1.1.Les capteurs de positions : .....	39

IV.1.2. Les capteurs de pressions (pressostat) :	39
IV.2. Les actionneurs :	40
IV .2.1. Les moteurs asynchrones :	40
IV.2.2. Servomoteur électrique :	41
IV.2.3. Les vérins doubles effet :	41
IV .2.4 .Les vannes :	42
IV.3. Les pré-actionneurs :	43
IV.3.1. Distributeur pneumatique :	43
IV.3.2. Les contacteurs :	44
IV.3.3. Les relais :	44
Conclusion :	45

## **CHAPITRE IV :Automatisation du circuit Air/Fumé**

Introduction :	46
I. Définition d'un automate :	46
II. Choix d'un automate :	47
II.1. Le choix du S7-300 :	47
III. Présentation général de l'automate S7-300 :	48
III.1. Caractéristiques de l'automate S7-300 :	49
III.2. Constitutions de l'automate S7-300 :	49
IV. Présentation du logiciel STEP7	52
IV. 1. La création et le test du programme utilisateur :	53
IV.2. La configuration et le paramétrage du matériel :	54
IV.2.1. Les mnémoniques :	55
IV.3. Présentation des modes de programmation :	56
IV.3.1. Langage à contact LD (ladder diagramme ou schéma a relais) :	57
IV.3.2. Langage ST (structure texte ou texte structuré) :	57
IV.3.3. Langage IL (instruction liste ou liste d'instructions) :	57
IV.4. Création d'un projet S7 :	58
IV.5. Simulation du programme avec S7-PLCSIM :	60
IV.5.1. Présentation du S7-PLCSIM :	60
IV.5.2. Démarrage de l'exécution du programme :	60
V. Visualisation sous SIMATIC WINcc Flexible 2008 :	63

V. 1.Procédure de supervision : .....	63
Conclusion :.....	68
Conclusion générale .....	69

Figure 1 : schéma fonctionnel d'une tranche thermique.....	2
Figure 2 : Vue prise par satellite.....	6
Figure 3 : Turbine.....	7
Figure 4 : Alternateur.....	9
Figure 5 : Constitution générale d'un condenseur par surface.....	10
Figure 6: Schéma du cycle eau-vapeur.....	17
Figure 7 : schéma synoptique du circuit eau/vapeur.....	20
Figure 8 : Schéma synoptique du circuit Air/Fumée.....	23
Figure 9 : Transformation d'une grandeur physique.....	39
Figure 10: capteur de position (fin de course et à galet).....	39
Figure 11: Capteur de pression.....	40
Figure 12 : Moteur asynchrone.....	40
Figure 13 : Servomoteur électrique siemens.....	41
Figure 14: Vérin double effet.....	42
Figure 15: vanne à fermeture rapide.....	42
Figure 16: Distributeur pneumatique.....	43
Figure 17: Contacteur électrique.....	44
Figure 18: Relai électrique.....	44
Figure 19 : Architecture d'un API.....	47
Figure 20: Automate S7-300.....	48
Figure 21 : Présentation de l'automate S7-300.....	49
Figure 22 : Configuration matérielle des entrées /sorties.....	53
Figure 23 : Espace de programmation STEP-7.....	55
Figure 24 : Espace détermination des mnémoniques.....	56

Figure 25 : Programmation avec le logiciel STEP7.....	58
Figure 26: fenêtre de création du projet.....	59
Figure 27: Sélection des blocs et choix du langage.....	60

<b>Tableau 1 : Les types de distributeur à deux voix.....</b>	<b>44</b>
<b>Tableau 2 : Présentation de quelques opérations du mode CONT .....</b>	<b>56</b>
<b>Tableau 3 : les entrées du système Air/fumée.....</b>	<b>V-2</b>
<b>Tableau 4 : Les sorties du système Air/Fumée .....</b>	<b>V-2</b>

*Introduction générale*  
*Introduction générale*

Malgré les succès spectaculaires remportés par la science, l'homme reste dépendant des ressources en énergie que lui fournit la nature pour le fonctionnement de ses machines.

La découverte de l'énergie électrique a bien changé le mode de notre vie, elle est devenue un besoin vital pour l'homme et occupe une place importante dans le domaine industriel.

En ce sens, la consommation en électricité d'un pays a augmenté de plus en plus d'où la nécessité d'assurer une meilleure adaptation entre la demande et l'offre en énergie.

Compte tenu de cette contrainte, les centrales électriques doivent fonctionner sans arrêt car l'énergie électrique ne peut être conservée. Ainsi, les pannes sont à éviter en utilisant les moyens les plus performants.

Cette énergie ne se trouvant pas dans la nature sous forme exploitable, donc il est nécessaire de transformer une source d'énergie primaire, hydraulique, nucléaire, solaire, thermique en énergie électrique.

Cette transformation nécessite une acquisition de centrales électriques. En ce sens, plusieurs types de centrales sont mises en place: centrales thermiques, (nucléaires, gaz, vapeur) et centrales hydrauliques...ect

En Algérie, la centrale de Cap-Djinet est de type thermique (vapeur) elle produit de l'électricité à partir de la transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique puis en énergie électrique. Au niveau de cette centrale, la commande électrique et la surveillance des équipements s'effectuent à l'aide d'un système classique, basé sur la logique câblée qui présente plusieurs inconvénients dont la non disponibilité des cartes de rechanges sur le marché national d'une part, et les difficultés rencontrées dans l'entretien et la maintenance des équipements d'une autres parts.

Dans le contexte de l'innovation de cette centrale, notre étude est mise en œuvre pour proposer le remplacement du système existant par une technologie programmée via un automate programmable industrielle S7-300. A cet effet, pour notre étude, nous avons choisie un élément essentiel qui est le système d'air frais et de gaz de fumée (Air/Fumée).

Le plan de notre travail comprend les parties suivantes :

- Un premier chapitre où seront exposées une présentation et une description du fonctionnement de la centrale thermique de Cap -Djinet.
- Un deuxième chapitre qui sera consacré au fonctionnement du système air/ fumée et sa commande de démarrage et d'arrêt.
- Un troisième chapitre comprendra la modélisation avec l'organigramme mais aussi la présentation des éléments et des instruments du système.
- Enfin un quatrième chapitre présentera la description de l'automate S7-300 ainsi que la programmation sous STEP 7, la simulation avec PLCSIM et la visualisation avec WinCC flexible.

# **CHAPITRE I**

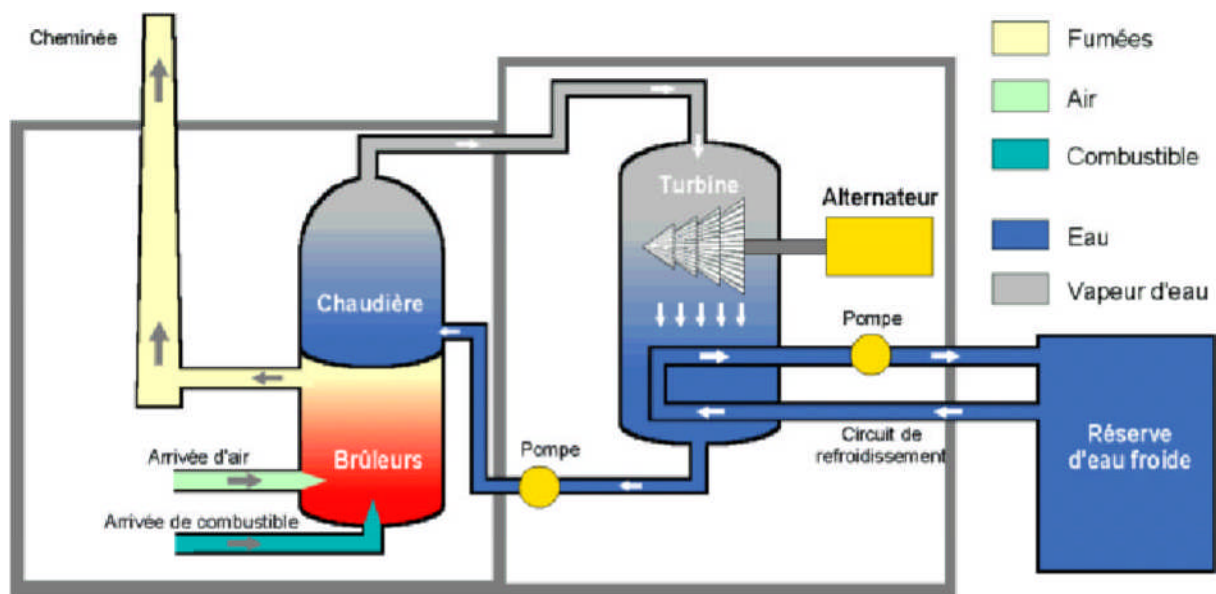
## **PRESENTATION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE THERMIQUE RAS-DJINET**

**INTRODUCTION**

Une centrale thermique est une centrale électrique qui produit de l'électricité à partir d'une source de chaleur. Cette source peut être un combustible brûlé (tels le gaz naturel, certaines huiles minérales, charbon, déchets industriels, déchets ménagers), la fission de noyaux d'uranium 235 ou de plutonium 239.

La source de chaleur chauffe un fluide (souvent de l'eau) qui passe de l'état liquide à l'état gazeux qui entraîne une turbine accouplée à un alternateur qui transforme l'énergie cinétique de la turbine en énergie électrique.

Pour entraîner la turbine, il faut que la pression soit plus faible à sa sortie qu'à l'entrée. La baisse de pression à la sortie de la turbine est obtenue en condensant le gaz, en aval de la turbine, à l'aide d'une source froide.



**Figure 1 : schéma fonctionnel d'une tranche thermique.**

**I. GENERALITE SUR LA CENTRALE THERMIQUE :**

L'énergie électrique joue un rôle très important dans différents domaines, et plus particulièrement dans le domaine de l'électrification urbaine et rurale ainsi que dans l'industrie.

Elle se distingue des autres formes d'énergie :

- Par impossibilité de la stocker, d'où nécessité d'ajuster la production à la consommation,
- Par la facilité de la transporter,
- Par la facilité de modifier à volonté ses caractéristiques, grâce aux transformateurs, pour l'adapter aux nécessités du transport ou de l'emploi.

L'énergie électrique est produite dans les centrales génératrices ayant toutes un ou plusieurs groupes tournants, constituée chacune par machine motrice entraînant un alternateur qui produit du courant électrique triphasé 50 Hz sous tension comprise entre 5,5 kV et 15,5 kV.

Cette tension insuffisante pour le transport, est élevée à une valeur comprise entre 63 kV et 220 kV par des transformateurs situés dans un poste de départ.

Dans une centrale thermique, l'énergie provient de la transformation en énergie mécanique, de l'énergie calorifique produit par une combustion. La combustion peut être liquide (fuel) ou gazeuse (gaz naturel). La transformation de la vapeur calorifique de l'énergie en mécanique peut se faire de deux façons :

**Transformation Direct :**

La détente des gaz de combustion dans le cylindre d'un moteur diesel ou dans les aubages d'une turbine à gaz fournit un couple moteur utilisé pour actionner un alternateur.

L'installation est donc plus simple puisqu'elle en comporte que le moteur et l'alternateur mais la puissance unitaire est bien plus faible que celle que l'on peut obtenir avec les turbines à vapeur. Ces dernières sont donc beaucoup plus utilisées dans les centrales productrices de l'énergie électrique.

**Transformation indirect :**

La chaleur dégagée par la combustion est utilisée pour chauffer de l'eau qui se transforme en vapeur à haute température et haute pression. La détente de la vapeur, dans les aubages d'une turbine à vapeur produit un couple moteur qui fait tourner un alternateur. La centrale comporte donc un foyer (chambre de combustion) où s'effectue la combustion, une chaudière où l'eau se transforme en vapeur, une turbine et un alternateur.

### **I.1. Description de la centrale Cap-Djinet**

La centrale thermique de Cap-Djinet est située au bord de la mer à l'est d'Alger, près de la ville de Cap-Djinet dans la wilaya de Boumerdes où elle occupe une superficie de 35 hectares. Les concepteurs ont choisis ce site sur la base des critères suivants :

- Proximité de consommateurs importants; situés notamment dans la zone industrielle Rouïba-Reghaia
- Possibilité d'extension
- Condition du sous-sol favorable, ne nécessitant pas de fondations profondes, et surtout la proximité de l'eau de mer qui constitue la source d'eau de la centrale.
- Contrats de réalisation, travaux de terrassement et début du montage de la centrale se sont effectués dans les années 80.

La construction de cette centrale a été décidée en vue de renforcer l'alimentation en énergie électrique du pays. Composée de quatre groupes mono bloque d'une puissance unitaire de 176 MégaWatts, elle totalise une capacité de 708 Mégawatts.

Les quatre groupes alternateurs sont alimentés par quatre chaudières à haute pression d'environ 145,7 Bars et 530 t/h de débit.

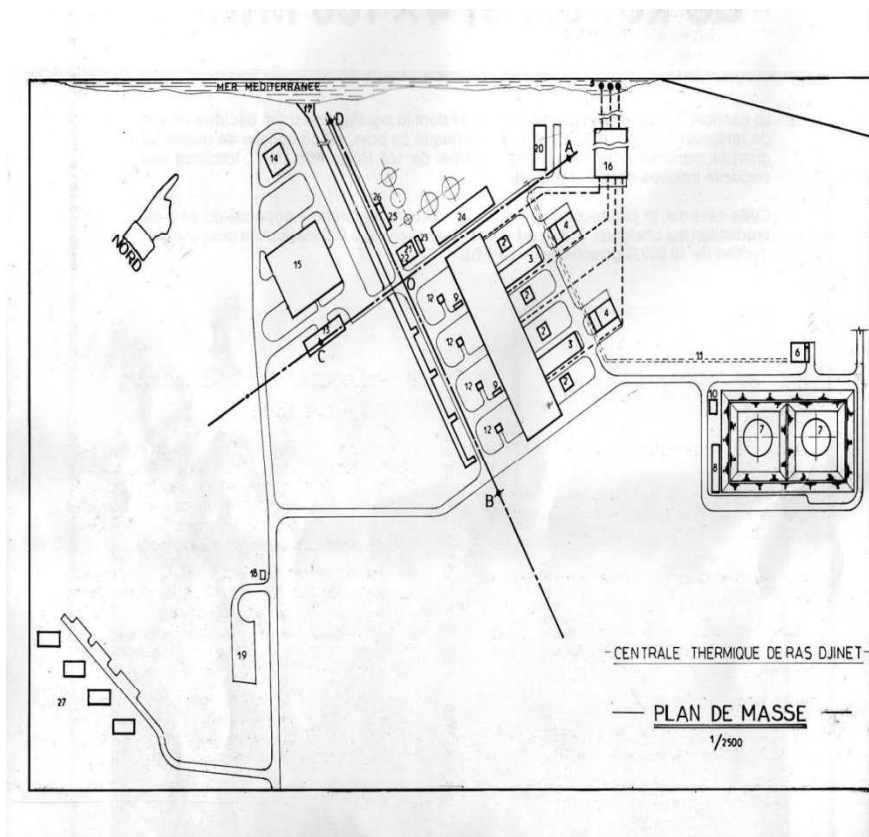
Les objectifs de cette politique sont, d'une part, la promotion au maximum de l'intégration des moyens nationaux de réalisation, d'autre part une plus grande maîtrise par « SONEGAS » du processus de réalisation en vue d'une meilleure prise en charge des problèmes d'exploitation de la centrale. L'exploitation et la maintenance de la centrale sont assurées par un effectif d'environ 260 agents.

Le gaz naturel est l'énergie naturelle principale (le fuel est utilisé comme énergie de substitution) à l'origine de la production d'électricité produite dans ce site.

## CHAPITRE I

### PRESENTATION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE THERMIQUE RAS-DJINET

#### I.2. Plan de Masse



#### Légende

1-Salle des machines  
2-Chaudière  
3-Locaux des auxiliaires électriques  
4-Locaux des auxiliaires mécaniques.  
5-Tour de prise d'eau de mer  
6-Station détente gaz  
7-Réservoir stockage fuel  
8-Station pompage et dépotage fuel  
9-Poste d'incendie à masse  
11-Rack à tuyauteries  
12-Aire des transformateurs  
13-Bâtiment administratif  
14-Cantine

15-Atelier magasin  
16-Station de pompage  
17-Canal de rejet d'eau de mer  
18-Poste de garde  
19-Parking  
20-Station de chloration  
21-Préparation d'eau potable  
22-Déminéralisation  
23-Fosse de neutralisation  
24-Dessalement d'eau de mer  
25-Station des pompes d'incendies  
26-Pompes d'eau déminéralisée  
27-Logements d'exploitation.

## CHAPITRE I

### PRESENTATION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE THERMIQUE RAS-DJINET

---



**Figure 2 : Vue de la central prise par satellite.**

## **II- Principaux éléments constituant une tranche thermique :**

### **II.1. La Turbine :**

C'est l'élément le plus essentiel dans la centrale, elle 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. Cette turbine est une machine à une ligne d'arbre, composée d'un corps HP (haute pression), MP (moyenne pression), et BP (basse pression) séparés. Elle comporte 06 soutirages qui alimentent 03 réchauffeurs BP, et 02 réchauffeurs HP et la bêche alimentaire. Les rotors de la turbine et de l'alternateur sont Couplés rigidement.



**Figure 3 : Turbine.**

### **Les caractéristiques de la turbine :**

- Longueur : 16.125 m.
- Largeur : 13 m.
- Poids : 500 T.
- Vitesse de rotation : 300 tr/mn.
- Puissance : 176 MW (pleine charge).

### **II.1.1. Le corps HP :**

Il est à simple flux avec un soutirage S6 qui alimente les réchauffeurs haute pression (HP6).

- A l'entrée du corps : pression : 138 bars, Température : 540°C.
- A la sortie du corps : pression : 40 bars, Température : 357°C.

### **II.1.2. Corps MP :**

Il est à double flux avec soutirages S5 et S4.

- A l'entrée du corps : pression : 35.9 bars. Température : 535°C.
- A la sortie du corps : pression : 5.52bars. Température : 282°C.
- Le soutirage S5 alimente le réchauffeur haute pression (KP5) avec une température de 423°C et d'une pression de 16.5 bars.
- Le soutirage S4 alimente la bêche alimentaire avec une température de 282°C, et d'une pression de 5.5 bars.

### **II.1.3. Corps BP**

Il est à double flux avec trois soutirages. L'entrée de ce corps est liée directement avec la sortie du corps MP par une conduite.

- Le soutirage(S3) : alimente le 3eme réchauffeur (BP) avec une température de 173°C, et d'une pression 1.77 bars.
- Le soutirage(S2) : alimente le 2eme réchauffeur (BP) avec une température de 83°C, et d'une pression 0.65 bars.
- Le soutirage(S1) : alimente le 1er réchauffeur (BP) avec une température de 56°C, et d'une pression 0.15 bars.

## **II.2. L'alternateur :**

Un alternateur fonctionne selon la loi de l'induction électromagnétique. Cette loi montre que quand on déplace un conducteur dans un champ magnétique d'une façon à « couper » des lignes de force, une tension est induit entre les extrémités du conducteur. Les lignes de force sont appelées flux magnétique ou champ. La tension induite varie selon la vitesse avec laquelle on coupe les lignes de force : elle croit proportionnellement avec elle.

### **PRESENTATION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE THERMIQUE RAS-DJINET**

Appliquons la loi d'induction électromagnétique à un conducteur en forme de cadre qui tourne entre les deux pôles N et S d'un électroaimant ou aimant. Les extrémités du cadre sont reliées par l'intermédiaire 2 bagues et de deux frotteurs (balais) aux bornes d'un millivoltmètre. Quand le conducteur tourne d'un mouvement uniforme, le millivoltmètre dévie alternativement dans un sens et dans l'autre indiquant ainsi l'apparition dans le conducteur d'une tension induite (force électromotrice alternative). Le courant obtenu est un courant alternatif, dont la courbe est sinusoïdale. Il change de sens plusieurs fois par seconde. Ce résultat peut aussi être obtenu par la rotation d'un aimant ou électroaimant à l'intérieur d'une bobine. L'aimant constitue l'inducteur (rotor), la bobine l'induit (stator).



**Figure 4 : Alternateur.**

Un alternateur possède deux éléments distincts essentiels :

- le stator, pièce statique c'est-à-dire qui ne tourne pas dans l'alternateur, est une bobine de cuivre donc conductrice et sensible aux phénomènes électromagnétiques.

- le rotor, pièce qui tourne, est un aimant qui produit un champ magnétique. Cette pièce possède un axe qui est solidaire au rotor et lorsque l'axe est entraîné, il fait tourner le ce dernier.

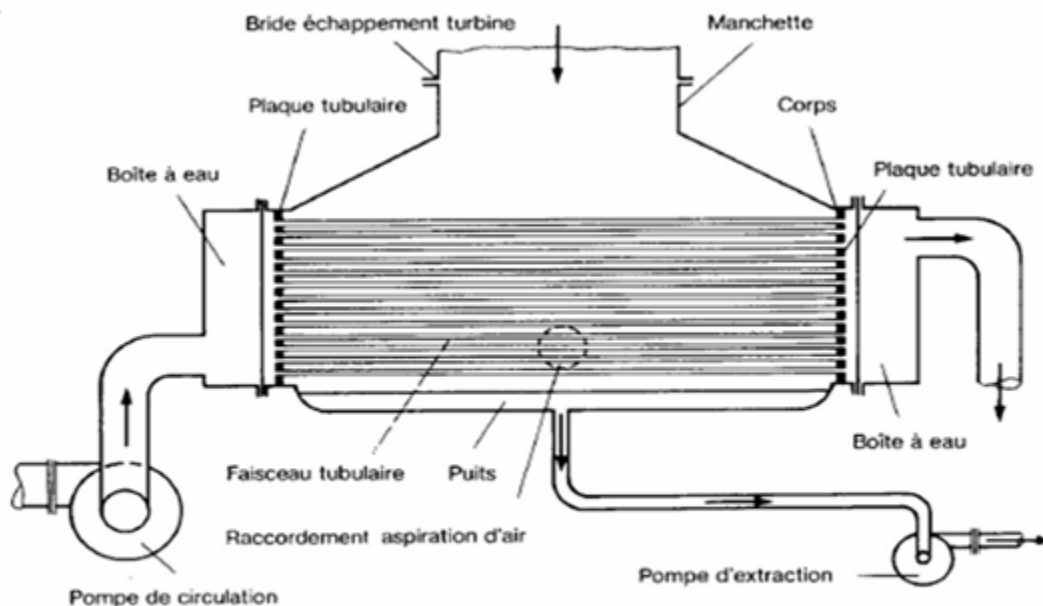
#### **Les caractéristiques de l'alternateur :**

- La puissance maximale produite est de : 176 MW.
- La tension : 15.5 kV.
- La fréquence : 50 Hz.
- L'intensité du courant : 8195 A.

#### **II.3. Le Condenseur :**

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

Il existe deux types de condenseur : condenseur par surface et condenseur par mélange. Le condenseur de la centrale de Cap-Djinet est un condenseur de type par surface.



**Figure 5 : Constitution générale d'un condenseur par surface.**

Le condenseur utilisé dans l'installation est un échangeur par surface. Il est placé sous la turbine à basse pression. La vapeur se condense des parois des tubes, dans lesquelles passe l'eau de mer de refroidissement. Son rôle est :

- Assurer la condensation de la vapeur d'eau évacuée du corps (BP) de la turbine et réintroduire le condensat 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,
- De dégazer le condensat et d'évacuer les incondensables en majorité de l'air),
- Reçoit également le condensat des réchauffeurs (BP),
- Recevoir de différentes purges et de la vapeur de contournement (by-pass BP).

#### **II.4. Les Désurchauffeurs :**

Servent à stabiliser la température de la vapeur surchauffée qui sort de la chaudière par l'injection des gouttelettes d'eau (pulvérisation). Ils sont disposés entre les surchauffeurs et même entre les résurchauffeurs.

#### **II.5. La Bâche alimentaire :**

La tache 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 de l'eau à partir des pompes d'extraction, 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 (moyen pression). L'eau se réchauffe jusqu'à la température de saturation correspondant à la pression du soutirage en condensant la vapeur qui est prélevée à la turbine.

### **II.6. Chaudière ou Générateur de vapeur :**

Le générateur de vapeur a pour rôle de transformer l'eau d'alimentation en vapeur à haute pression, haute température et alimenter le groupe turbo-alternateur.

La chaudière ou générateur de vapeur est principalement constituée de :

- la chambre de combustion fermée par les tubes écrans ou faisceaux vaporisateur.
- Le ballon chaudière.
- De surchauffeurs et resurchauffeurs.
- De l'économiseur.
- Des colonnes de descentes.
- De bruleurs.

La chaudière utilisée dans la centrale est de type à circulation naturelle, elle est caractérisée par :

- Capacité de vaporisation : 540 t/h.
- Température de l'eau d'alimentation : 246°C.
- Pression de service : 160 bar.
- Débit vapeur : 523 t/h.
- Température de sortie de la fumée : 118°C.
- Température dans le foyer : 900°C.

Les dimensions de générateur de vapeur :

- Hauteur : 17000mm.
- Longueur : 9675mm.
- Largeur : 9375mm.

LA Puissance de générateur de vapeur :

- Débit de vapeur minimale :  $Q_{min}=130t/h \rightarrow Pt=443Mw$ .
- Débit de vapeur maximale :  $Q_{max}=530t/h \rightarrow Pt=176Mw$ .
- Débit de vapeur nominale :  $Q_{nom}=523.9t/h \rightarrow Pt =176Mw$ .

**Le ballon chaudière :**

L'eau d'alimentation réchauffée dans l'économiseur arrive au ballon chaudière où elle sera conduite aux écrans vaporisateurs par les colonnes de descente. Le volume du ballon chaudière est de 26.9 m<sup>3</sup>. Après l'échauffement, un mélange eau-vapeur monte vers le ballon. Dans ce dernier, il se produit une séparation entre la vapeur et l'eau par des séparateurs cyclones.

**La colonne de descente et l'écran vaporisateur :**

Les colonnes de descente sont raccordées à la partie inférieure du ballon et conduisent l'eau à la partie inférieure de l'écran vaporisateur.

**L'économiseur :**

L'économiseur a un rôle important au démarrage de la chaudière. Il reçoit de l'eau froide sur une surface large de 2080 m<sup>2</sup> environ, de type tuyauterie en forme de serpentins qui se trouve à la fin de parcours des gaz de combustion et permet de réchauffer l'eau destinée, au ballon de la chaudière.

**Le surchauffeur :**

Il existe trois surchauffeurs montés en lignes séparées parallèles. On trouve deux désurchauffeurs, le premier et le deuxième surchauffeurs servent à la protection du dernier, contre les températures plus élevées et de gardent la même température de sortie dans la chaudière. La vapeur qui sort du ballon de chaudière passe par les surchauffeurs pour augmenter le rendement de l'installation. Débit de vapeur surchauffée : 523.9 t/h.

**Le resurchauffeur :**

Après la première détente dans le corps HP (turbine à haute pression) la vapeur traverse les tubes de resurchauffeur ou la température de celle-ci augmente une seconde fois, mais gardent la pression de détente constante. La vapeur sera envoyée dans la deuxième partie de la turbine (corps MP et BP). Débit de vapeur resurchauffée : 467.9 t/h.

**II.7. Dessalement de l'eau de mer :**

A pour fonction de couvrir les besoins en eau d'appoint de la chaudière, ainsi que les besoins en eau potable de la centrale. L'installation est composée essentiellement de quatre

unités de dessalement, qui fonctionnent suivant le principe de l'évaporation propre à plusieurs niveaux d'une capacité de 500 m<sup>3</sup>/jour chacun.

Pour obtenir de l'eau potable, du bicarbonate de sodium sont ajoutés également à l'eau dessalée. De plus, un aérage de l'eau et un enrichissement en CO<sub>2</sub> est effectué dans l'installation de préparation d'eau potable.

### **II.8. Station de déminéralisation :**

Comporte deux chaînes de déminéralisation de 40 m<sup>3</sup>/h chacune. Elles parachèvent le traitement de l'eau avant son utilisation dans le cycle eau-vapeur. Le stockage d'eau déminéralisée se fait dans deux réservoirs de 1500 m<sup>3</sup> chacun.

### **II.9. Station d'électrochloration :**

La chloration de l'eau de mer se fait par injection d'hypochlorique de sodium d'électrochloration (par électrolyse de l'eau de mer), d'une capacité de 150 Kg/h de chlore actif.

### **II.10. pompes et ventilateurs (moteur 6.3KV) :**

Ce sont des moteurs de moyennes tensions qui participent directement à la production d'énergie. Leurs fonctionnements sont indispensables quand l'ensemble générateur de vapeur, turboalternateur, transformateur est en service. Ils sont alimentés par un réseau triphasé à neutre isolé, provenant soit du transformateur de soutirage raccordé en aval de disjoncteur de groupe, soit du transformateur alimenté par le réseau extérieur de 63 kV.

- **Ventilateur de soufflage d'air de combustion(NG) :**

Les ventilateurs de soufflage de combustion ont pour fonction de fournir l'air de combustion nécessaire au générateur de vapeur. Ils aspirent l'air extérieur, l'amènent au caisson des brûleurs par des réchauffeurs d'air à gaz épuré et des réchauffeurs.

- **Ventilateur de recyclage des fumées(NS) :**

Les ventilateurs de recyclage aspirent une partie des fumées dans des conduits entre la sortie de la chaudière et le réchauffeur d'air, et les amènent à l'entrée du dessus du fond de la chambre de la combustion des parois arrière du foyer.

- **Pompes d'alimentation (RL) :**

Les pompes alimentaires servent à alimenter le générateur de vapeur (chaudière) avec de l'eau nécessaire en passant par les réchauffeurs haute pression (HP) du poste d'eau (le poste d'eau est l'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.

- **Pompes d'extraction (RM) :**

Elles extraient l'eau condensée dans le puits de condenseur et le refoulent vers la bêche alimentaire.

- **Les circuits de la chaudière :**

La chaudière livrée pour la centrale de cap djinet est du type circulation naturelle. Pour simplifier le fonctionnement et la description, on les reparties en type de circuits :

- **Circuit d'air :**

L'air comburant est admis pour la combustion par deux ventilateurs de soufflage en passant par les préchauffeurs d'air à vapeur, puis par le réchauffeur d'air rotatif où il absorbe la chaleur contenue dans la fumée et sa température augmente jusqu'à 330°C. L'air chauffé sert à la combustion après son mélange avec le combustible au niveau des brûleurs.

- **Circuit fumées :**

Les gaz de combustion passent par les surchauffeurs, les resurchauffeurs et l'économiseur en cédant la plus grande partie de leur chaleur. Une partie de cette fumée passe par le réchauffeur rotatif d'air et acheminé vers l'extérieur. L'autre partie va être recyclée vers le foyer par un ventilateur de recyclage.

- **Circuit eau-vapeur :**

L'économiseur réceptionne l'eau d'alimentation ( $T^{\circ} = 246,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 164,3 \text{ bars}$ ) et la guide au ballon chaudière, l'eau dans le ballon chaudière se trouve à une pression de 160 bars. Elle descend dans les colonnes de descente vers le collecteur, puis elle remonte dans les tubes écran, cette circulation est dite naturelle car elle est assurée par la différence des poids

## CHAPITRE I

### **PRESENTATION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE THERMIQUE RAS-DJINET**

---

spécifiques du mélange eau-vapeur dans les écrans vaporisateurs et dans les colonnes de descente. L'eau qui se vaporise dans les tubes écrans revient ainsi au ballon, venant cette fois des collecteurs supérieurs des écrans vaporisateurs.

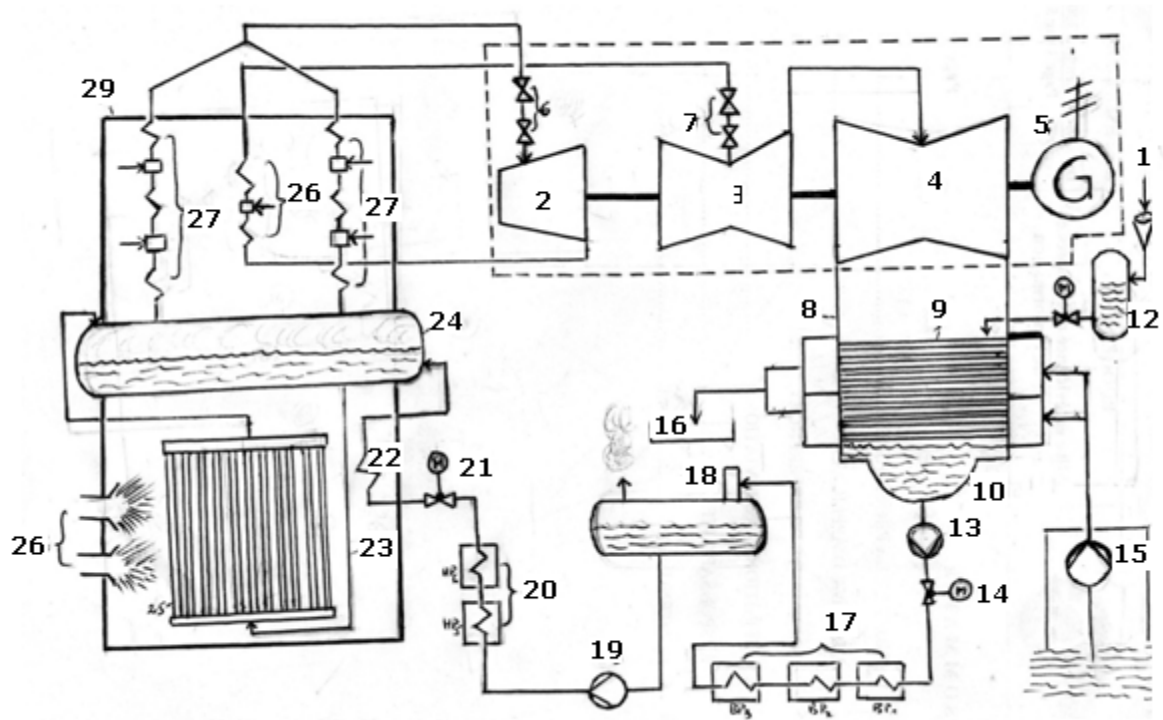
Dans le ballon chaudière, la vapeur est séparée de l'eau à l'aide des séparateurs cyclones. Elle quitte le ballon et passe par des tubes de liaison avant d'arriver aux collecteurs d'entrée des tubes supports, ensuite par un collecteur intermédiaire, la vapeur arrive au surchauffeur primaire ( $T^{\circ} = 360,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), puis au surchauffeur secondaire ( $T^{\circ} = 393,9^{\circ}\text{C}$ ), et ensuite au surchauffeur final ( $T^{\circ} = 470,5^{\circ}\text{C}$ ). Dans ce parcours la vapeur passe par quatre désurchauffeurs deux désurchauffeurs de chaque côté (primaire et secondaire).

La vapeur quitte la chaudière vers le corps haute pression de la turbine ( $T^{\circ} = 540^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 145,7 \text{ bars}$ ). La sortie du corps haute pression est raccordée à la chaudière telle que la vapeur partante du corps haute pression passe par les resurchauffeurs primaires et secondaires. Elle subit un désurchauffage par deux désurchauffeurs montés en parallèle.

La vapeur quitte la chaudière vers le corps moyenne pression de la turbine avec une température de  $T^{\circ} = 540,3^{\circ}\text{C}$ , et pression de  $P = 37 \text{ bars}$ . Elle quitte le corps moyenne pression de la turbine pour passer au corps basse pression de la turbine ( $T^{\circ} = 540^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 28 \text{ bars}$ ).

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 entrainer l'alternateur qui génère une puissance totale de 704 MW (BA), dont 672 MW fournies au réseau, et 32 MW pour la consommation des auxiliaires des 4 tranches et des auxiliaires communs.

L'alternateur est refroidis principalement et directement avec l'eau de mer, et exceptionnellement avec de l'azote dans les périodes très chaudes. (En été)



**Figure 6: Schéma du cycle eau-vapeur.**

**Légende schéma cycle eau-vapeur**

1. Groupe turbo-alternateur.
2. Turbine corps HP (haute pression).
3. Turbine corps MP (moyenne pression).
4. Turbine corps BP (basse pression).
5. Alternateur.
6. Ensemble vanne d'arrêt/soupapes régulatrices HP.
7. Ensemble vanne d'arrêt/soupapes régulatrices MP.
8. Condenseur.
9. Tubes condenseur en titane (14850 tubes).
10. Puits du condenseur.
11. Station dessalement + déminéralisation.
12. Bâche tampon.
13. Pompes d'extraction.
14. Vanne régulatrice niveau condenseur.

15. Station de pompage + pompes de circulation.
16. Canal de rejet.
17. Poste de réchauffage basse pression (BP1+BP2+BP3).
18. Bâche alimentaire-dégazeur.
19. Pompes alimentaires.
20. Poste de réchauffage HP (HP5+HP6).
21. Vanne régulatrice niveau ballon chaudière (soupape alimentaire).
22. Economiseur.
23. Colonnes de descente pour alimentation des tubes écran.
24. Ballon chaudière.
25. Tubes écran/vaporisateur.
26. Bruleurs (au nombre de 8).
27. Surchauffeurs N° 1, 2, 3 + désurchauffeurs.
28. Resurchauffeurs N° 1, 2 + désurchauffeurs.
29. Chaudière ou générateur de vapeur.

• **Circuit d'eau de refroidissement :**

Pour condenser la vapeur, il faut refroidir et abaisser sa pression. Ces deux opérations s'effectuent dans le condenseur. Le refroidissement est assuré par l'eau froide circulant dans un circuit indépendant du circuit eau-vapeur. L'eau ordinaire peut donc être utilisée. Le vide est entretenu par des pompes d'extraction d'air. Suivant les circonstances géographiques l'eau de réfrigération circule en circuit ouvert et fermé.

- **Circuit ouvert :**

L'eau de réfrigération est prélevée dans la mer à un débit important et régulier. Le circuit comporte une prise d'eau, des pompes de circulation, le condenseur où l'eau de réfrigération s'échauffe de 8°C environ (de 20°C à 28°C) au contact des parois qui la séparent du circuit eau-vapeur ; puis elle retourne à la mer par le déversoir.

- **circuit fermé :**

Il y a un circuit d'eau de refroidissement secondaire qui sert à la réfrigération des paliers des pompes d'extraction des différentes sorties d'huile, des différents paliers compresseurs, etc.

### **III. Principe de fonctionnement de la centrale Ras-djinet :**

Les pompes d'extractions aspirent le condensat à partir du condenseur à pression de 0.05 bars et une température de 33°C. Elle refoule l'eau vers les réchauffeurs BP1, BP2, 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 se passe le dégazage. Sa température est de 152°C et sa pression est de 170 bars. Puis elle sera aspirée par les pompes alimentaires où elle l'envoie vers les réchauffeurs HP5 et HP6 où on constate que la température augmente 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, où elle se ramène jusqu'à la température d'ébullition et même jusqu'à la température de vaporisation. La moitié supérieure du ballon chaudière contient de la vapeur saturée. Celle-ci est dirigée sur les trois surchauffeurs où elle va augmenter de température jusqu'à 540°C. En cas d'une température plus élevée, il y a le déclenchement des désurchauffeurs afin de la diminuer jusqu'à 540°C. La pression reste presque constante (170 bars). La vapeur arrive au corps HP de la turbine où elle se détend 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 MP de la turbine qui continuera jusqu'au corps 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 la température de 33°C. L'eau recueillie est froide, elle recommence son cycle de nouveau.

PRESENTATION ET PRINCIPE DE  
 FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE THERMIQUE RAS-DJINET

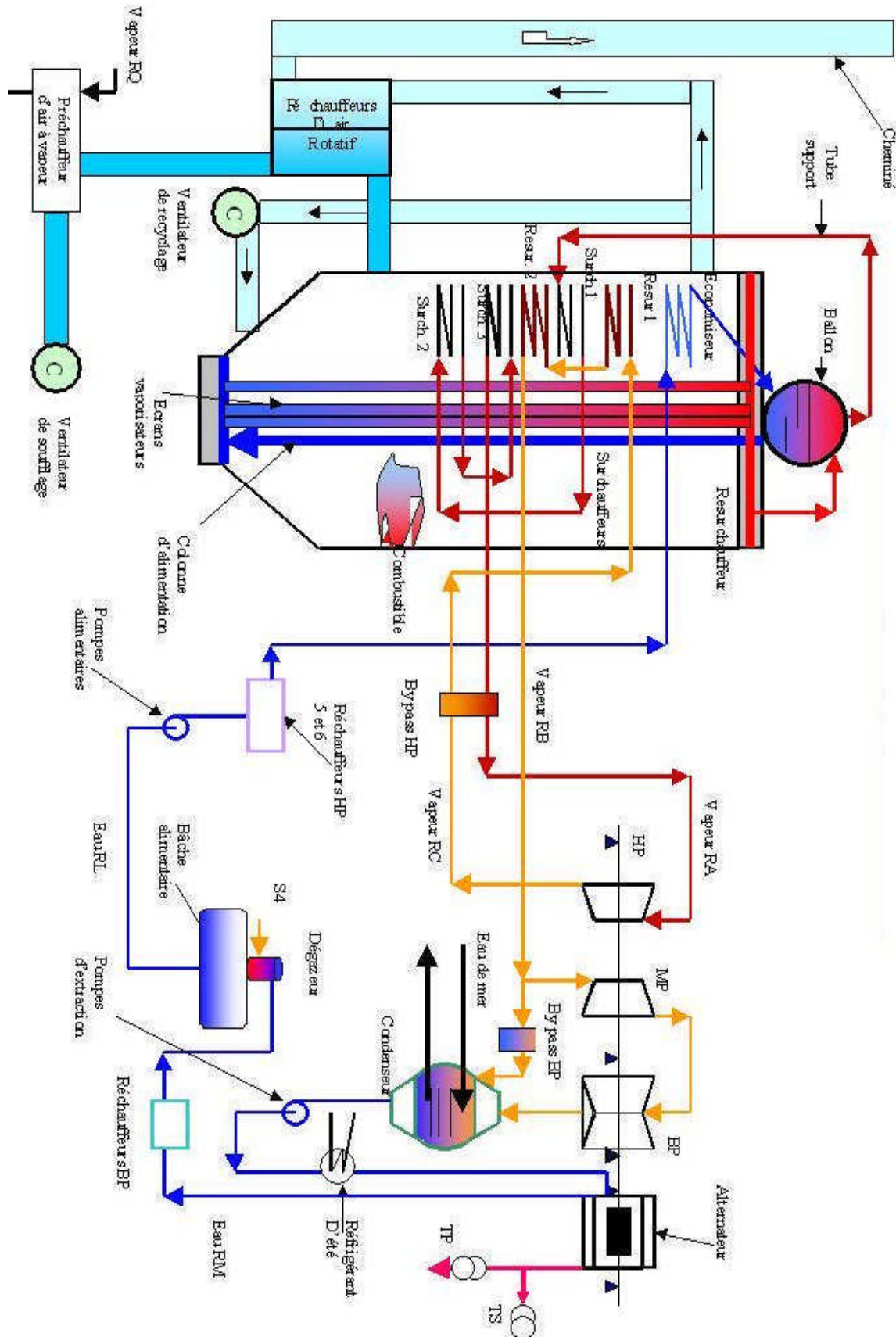
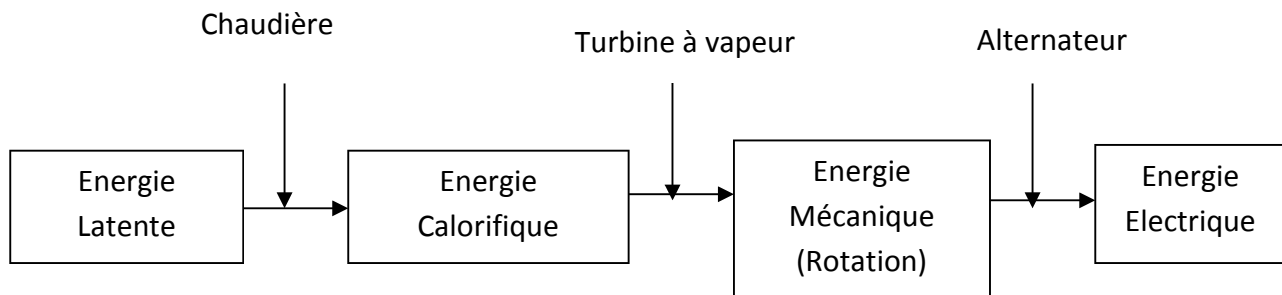


Figure 7 : schéma synoptique du circuit eau/vapeur.

**Conclusion :**

La production d'électricité n'est qu'une résultante de différentes transformations successives d'énergies et ceci en passant par une énergie calorifique (la chaudière), puis par une énergie mécanique (turbine), qui se transforme en énergie électrique (alternateur), ce qui est le but principale de la tranche thermique.



Cependant, le fonctionnement de la chaudière nécessite un système d'aération appelé le système d'air frais et de gaz de combustion qui va être l'objet de notre deuxième chapitre.

## **CHAPITRE II**

# **Fonctionnement du système Air/Fumée**

#### **INTRODUCTION :**

La mise en service de la chaudière nécessite au départ une mesure de sécurité pour protéger le matériel ainsi que le personnel, c'est pour cela on procède à son aération avant et après tout démarrage. Ce système est appelé Air / Fumées.

#### **I. Présentation de l'équipement :**

##### **I.1. Ventilateurs de soufflage :**

Il y a deux ventilateurs de soufflage semblables. Ventilateur radial à un seul flux, avec un mécanisme régulateur de turbulence et un dispositif d'accouplement, et insertion de blocs en acier élastiques à la chaleur et isolants.

##### **I.2. Ventilateurs de recyclage :**

Il y a deux ventilateurs de recyclage des gaz de fumée semblables. C'est un ventilateur radial, à un seul flux, avec un mécanisme régulateur de turbulence et un dispositif d'accouplement, et insertion de blocs en acier élastique à la chaleur et isolants.

##### **I.3. Préchauffeur d'air rotatif :**

Préchauffeur d'air rotatif avec arbre vertical à entraînement central, logé dans un roulement à rouleaux articulé avec graissage au carter et refroidissement par eau. Les réchauffeurs seront pourvus d'un ramoneur et d'un dispositif de lavage ainsi que d'une installation de détection et d'extinction d'incendie.

#### **II. Circuit air/fumée :**

Le circuit d'air-fumée est constitué de deux circuits complémentaires :

- **Circuit d'air :**

Ce circuit est constitué principalement de ventilateurs de soufflage qui aspirent l'air à travers les préchauffeurs d'air à vapeur et les réchauffeurs d'air rotatif ensuivent le souffle (l'air chaud) dans la chambre de combustion.

• Circuit de fumées :

Dans ce circuit une quantité de chaleur de la fumée issue de la combustion est transmise aux différents échangeurs dans la chaudière.

A la sortie de la chaudière une partie de fumée est recyclée par les ventilateurs de recyclage et le reste est évacué vers l'atmosphère par la cheminée.

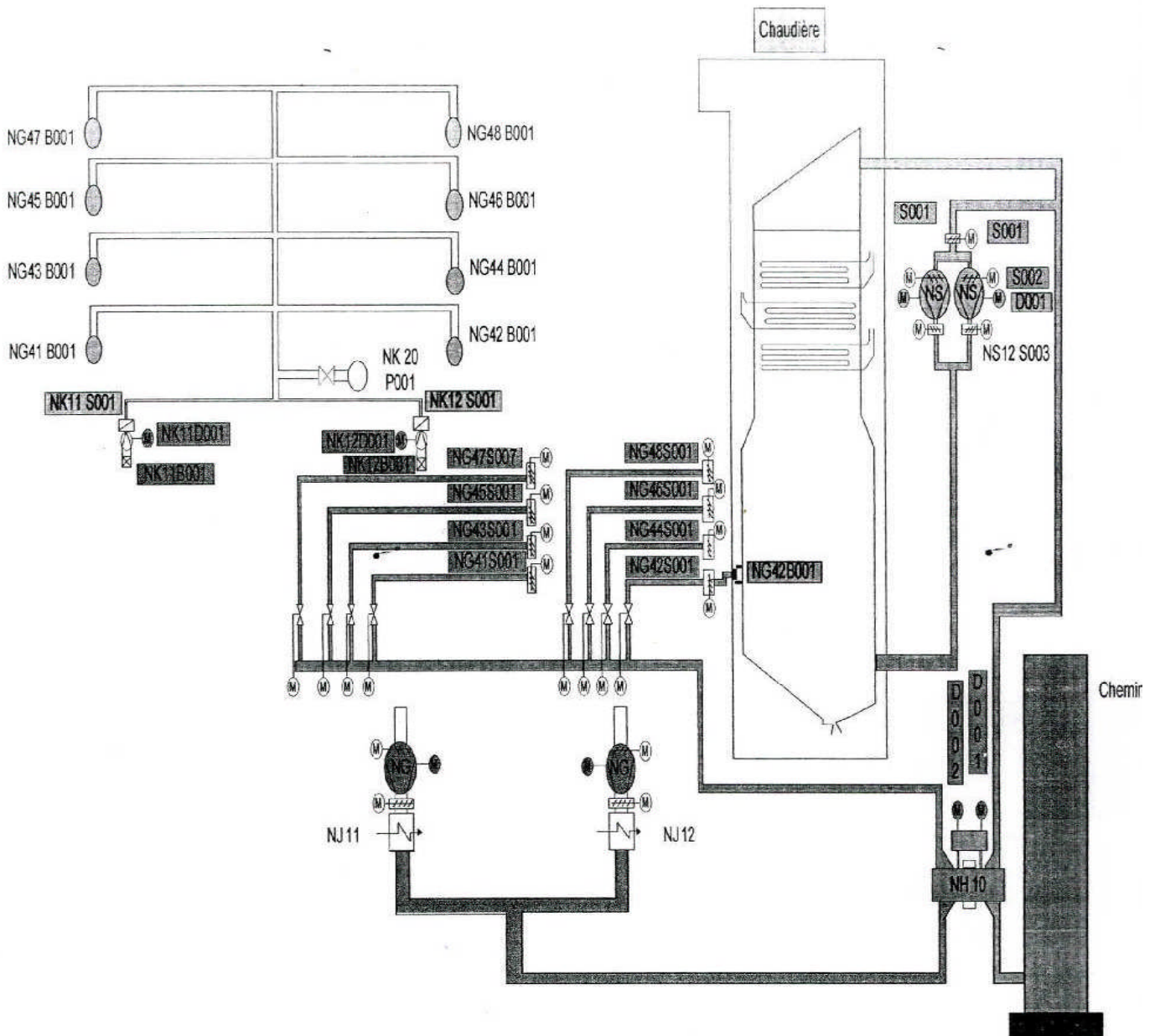


Figure 8 : Schéma synoptique du circuit Air/Fumée.

#### II.1. Fonctionnement des équipements pendant le cycle de production

Le soufflage d'air de combustion se fait à l'aide de deux ventilateurs de soufflage NG21 D001 et NG22 D001. Cet air va être refoulé à travers les préchauffeurs d'air à vapeur correspondant à chaque ventilateur dans les préchauffeurs rotatif.

Les deux ventilateurs de soufflage sont toujours en fonctionnement, en cas de pannes, il est comme même possible avec un ventilateur arriver à 60% de la puissance maximal de la chaudière.

Le réglage de débit d'air nécessaire se fait par les régulateurs de turbulence, coté aspiration de ventilateur. En cas de pannes d'un ventilateur les registres d'isolement isolent ce ventilateur et une rotation du ventilateur, en sens contraire est évitée par l'ouverture du registre.

Immédiatement après les registres d'isolement partent les conduites d'air de barrage. Elles desservent avec l'air de barrage, pour éviter une éventuelle sortie de fumées, les ventilateurs de recyclage compris registres et conduits, les ramoneurs, les regards de foyer, le préchauffeur d'air rotatif ainsi que les brûleurs (ces derniers seulement en cas de panne lors du refroidissement et d'allumage).

Les réchauffeurs d'air à vapeur servent d'augmentation de la température de l'air de combustion avant les préchauffeurs, cela permet de régler la température de l'air de telle sorte qu'aucune condensation ne se forme sur les tôles de chauffe du préchauffeur rotatif, ce réglage de température est nécessaire en marche au fuel-oil ou en charge partielle.

L'air préchauffé arrive des réchauffeurs d'air rotatif par les conduites d'air de combustion à chaque brûleur de (1 à 8).

La quantité d'air nécessaire à chaque brûleur pour la combustion est dosée par registres d'air de combustion.

La distribution en air d'allumage au brûleur est faite par un des ventilateurs NK 11 D001 ou NK 12 D001.

Après la combustion, le gaz de fumée passent à travers la chambre de combustion et laissent la plus grosse partie de leur chaleur aux surfaces des chauffe du 1<sup>er</sup> tirage arrivent par la conduite de gaz de fumée du 2<sup>ème</sup> tirage au préchauffeur rotatif.

Une conduite d'aspiration part de cette conduite de gaz fumée jusqu'au ventilateur de recyclage des gaz fumées NS 11 D001 et NS 12 D001. Ceux-ci servent, pour un fonctionnement à charge constant, à l'insufflation dans la chambre de combustion d'une quantité de gaz de fumée dépendant de cette charge, afin de régler la température des resurchauffeurs.

Le réglage de la quantité de gaz de recyclage nécessaire se produit grâce au régulateur de turbulence NS 11 S001 ou NS 12 S002 sur le côté aspiration des ventilateurs.

Les deux ventilateurs sont toujours en service, mais en cas de pannes il est aussi possible d'utiliser simplement un ventilateur.

La température ne peut alors être maintenue constante qu'en rapport avec la quantité de gaz de recyclage restant encore disponible.

En cas de panne les ventilateurs hors circuit est stoppé pas registres d'isolement double cotés refoulement et aspirations avec raccordement a l'air de barrage.

Ce sont les suivants :

- NS 11 S001 vanne d'isolement double coté aspiration du ventilateur N°1
- NS 12 S001 vanne d'isolement double coté aspiration du ventilateur N°2
- NS 13 S003 vanne d'isolement double coté refoulement du ventilateur N°1
- NS 14 S003 vanne d'isolement double coté refoulement du ventilateur N°2

Par l'électrovanne d'air de barrage NG 64 S001, il est aussi possible d'alimenter en air barrage la conduite de refoulement après les ventilateurs de recyclage.

Le gaz de fumée est refoulé par ces ventilateurs par le panneau arrière de la chaudière, juste au-dessus du sol du foyer.

Dans le réchauffeur d'air rotatif se produit la suite du refroidissement du gaz de fumée, lequel à ce moment la donne une grande partie de sa chaleur à l'air de combustion.

Après le réchauffeur d'air rotatif les gaz d'échappement arrivent par la conduite de gaz de fumées a la cheminée.

La conduite de gaz de fumée est isolable grâce à deux registres (lors de l'arrêt de la chaudière) :

- vanne gaz de fumée NR 80 S001 après 1<sup>er</sup> tirage
- vanne gaz de fumée NS 90 S001 à l'entrée de la cheminée.

**III. Etape du fonctionnement du circuit Air/Fumée :**

Le cycle d'aération de la chaudière comprend toute la manipulation nécessaire pour l'alimentation des brûleurs en air comburant, ainsi que pour le service de la circulation des fumées.

Il sera réalisé par la commande de sous groupe « Air/Fumées »

Après la mise en service des divers agrégats «ventilateurs, réchauffeur d'air rotatif, réchauffeur d'air à vapeur,... » et après avoir aérer les gaines des fumées, on obtient le prêt pour l'allumage, donné par le programme « aération de la chaudière ».

Toutes les opérations, compte tenu du programme de la commande automatique, seront décrites par la suite. Pour réaliser ce processus il nous faut deux mode ; Le mode de démarrage qui exécute en 14 phases et mode d'arrêt celui-ci est réaliser en 9 phases, ceux-ci avant l'allumage des brûleurs et la mise en service de la chaudière.

**III.1. La mise en marche :**

• **Les conditions initiales d'aération :**

Afin de déclencher le programme aération chaudière, il faut que les conditions initiales suivantes soient remplies :

1/VC08 D001 pompe principale 1 d'eau de refroidissement .....	Marche
OU VC09 D001 pompe principale 2 d'eau de refroidissement	Marche
2/ VG11 D001 pompe secondaire 1 d'eau de refroidissement.....	Marche
OU VG12 D001 pompe secondaire 2 d'eau de refroidissement	Marche
OU VG13 D001 pompe secondaire 3 d'eau de refroidissement	Marche
3/NG21 D001 installation de distribution amovible appartenant au ventilateur de Soufflage 1 .....	Marche
OU NG22 D001 installation de distribution amovible appartenant au ventilateur de Soufflage 2	Marche
4/NS11 D001 installation de distribution amovible appartenant au ventilateur de recyclage1.....	Marche
OU NS12 D001 installation de distribution amovible appartenant au ventilateur de recyclage2.....	Marche

## CHAPITRE II

### Fonctionnement du système Air/Fumée

---

Si les conditions 1 à 4 sont remplies, ainsi qu'aucune des protections chaudière n'est activée et le signal de réponse positive en a été donné, on procédera au lancement programme « Air/Fumées » qui exécutera les positions des vannes suivantes :

- |     |            |   |            |
|-----|------------|---|------------|
| 1.  | NR 80 S001 | vanne de fumées avant réchauffeur d'air rotatif.....        | Fermer     |
| 2.  | NR 90 S001 | vanne de fumées après réchauffeur d'air rotatif.....        | Fermer     |
| 3.  | NG 21 S002 | vanne d'air après ventilateur de soufflage.....             | Fermer     |
| 4.  | NG 22 S002 | vanne d'air après ventilateur de soufflage 2.....           | Fermer     |
| 5.  | NS 11 S003 | vanne après ventilateur de recyclage 1.....                 | Fermer     |
| 6.  | NS 12 S003 | vanne après ventilateur de recyclage 2.....                 | Fermer     |
| 7.  | NG 41 S001 | } vanne d'air de comburant.....                             | Fermer     |
|     | A          |   |            |
|     | NG 48 S001 |   |            |
| 8.  | NK 11 D001 | ventilateur d'air de refroidissement ou d'allumage 1 .....  | En service |
| 9.  | NH 10 D001 | entraînement principal du réchauffeur d'air rotatif.....    | En service |
| 10. | NS 11 D002 | pompe d'huile de graissage du ventilateur de recyclage 1... | En service |
| 11. | NS 12 D002 | pompe d'huile de graissage du ventilateur de recyclage 2... | En service |
| 12. | NR 80 S001 | vanne des fumées avant le réchauffeur d'air rotatif.....    | Ouvert     |
| 13. | NR 90 S001 | vanne des fumées après le réchauffeur d'air rotatif.....    | Ouvert     |
| 14. | NG 21 D001 | ventilateur de soufflage 1.....                             | En service |
| 15. | NG 22 D001 | ventilateur de soufflage 2.....                             | En service |

Dès l'entrée en service de l'un des ventilateurs de soufflage (1 ou 2) les commandes suivantes auront lieu :

- |     |           |   |        |
|-----|-----------|---|--------|
| 16. | NG41 S001 | } vanne de réglage d'air brûleurs.....            | Ouvert |
|     | A         |   |        |
|     | NG48 S001 |   |        |
| 17. | NG20 C001 | clapet de réglage d'air débit.....                | 50%    |
| 18. | NG21 S002 | vanne d'air après ventilateur de soufflage 1..... | Ouvert |
| 19. | NG22 S002 | vanne d'air après ventilateur de soufflage 2..... | Ouvert |

Afin d'éviter l'inversion du rotor du ventilateur de soufflage arrêté, qui provoquerait éventuellement l'autre ventilateur qui est en service, un clapet de purge d'air (NG21 S003 et NG22 S003) sera prévenu par le ventilateur.

En cas de défaut d'un ventilateur (arrêt du ventilateur de soufflage), la vanne correspondante après celui-ci se fermera alors. Dès le moment où celui-ci est fermé, le clapet de purge d'air du ventilateur en question s'ouvre. Des fuites éventuelles d'air dues au clapet après le ventilateur de soufflage seront ainsi évacuées dehors sans risque d'inversion du rotor du ventilateur, le clapet de purge d'air se referme.

- **L'aération de la chaudière :**

L'aération préliminaire sera effectuée dès l'ouverture des vannes de réglage d'air des brûleurs 1 à 8 dès l'ouverture de la vanne après le ventilateur de soufflage 1 ou 2.

Cette "aération préliminaire" a lieu afin d'éliminer avant le premier allumage des brûleurs, le reste de gaz dans les gaines de fumées. L'ouverture des vannes de réglage de turbulences NG21 S001 et NG22 S001 règlent le débit d'air, afin d'éviter tout coup de bélier ou des tensions thermiques trop accusée, si l'air est trop froid et la chaudière est trop chaude l'augmentation à un débit doit être effectuée graduellement.

La signalisation d « 'aération préliminaire » sera donnée quand :

1. le ventilateur de soufflages 1 ou 2 en service.
2. les vannes d'air carburant des brûleurs 1 et 2 sont ouvertes.

Ces étapes de réglages doivent être réalisées pendant 180s. Ensuite est donné le signal « aération préliminaire terminée » ; c'est le moment à partir duquel on compte la durée du prêt pour allumage (300s).

Si la durée d'aération est écoulée et la mise en service des ventilateurs de recyclage n'est réussie, alors le signal « panne dans l'aération préliminaire » sera donnée, ce qui rend nécessaire une nouvelle aération.

La vanne en amont du ventilateur de recyclage NS 11 S001 ou NS12 S001 a seulement la fonction d'isoler le ventilateur respectif en cas d'arrêt de longue durée ou d'une réparation pendant le service de la chaudière.

Si l'étape d'aération s'est écoulée sans heurts, le signal d'aération préliminaire terminée sera donné.

Les commandes des vannes de turbulence appartenant aux ventilateurs de soufflage NG21 S001 et NG22 S001, seront maintenant mises hors service, les vannes de turbulence seront fermés tout comme celles appartenant aux ventilateurs de recyclage NS 11 S002 et NS 12 S002.

Les vannes de réglage d'air comburant appartenant aux brûleurs 1 à 8 se fermeront ensuite.

- **L'allumage des brûleurs (prêt pour allumage) :**

Après fermeture de l'ensemble des clapets et vannes, les réglages de turbulence des ventilateurs de soufflage 1 et 2 seront de nouveau mis en automatique avec leurs commandes.

Le réglage de l'air sera commandé par le programme « Réglage de la pression »

Ce sont maintenant les ventilateurs de soufflage qui assureront le réglage de la pression de l'air réalisé par l'ouverture convenable des régulateurs de turbulence, établissant ainsi la pression différentielle nécessaire pour allumer les brûleurs.

### **III.2. La mise à l'arrêt :**

Cette phase met le système d'air/fumée en arrêt après l'arrêt de la chaudière. Cette procédure fait appel aux étapes suivantes :

1. NG 21 S001 vanne de réglage du ventilateur de soufflage 1.....	Fermé
2. NG 22 S001 vanne de réglage du ventilateur de soufflage 2.....	Fermé
3. NS 11 S002 vanne de réglage du ventilateur de recyclage 1.....	Fermé
4. NS 12 S002 vanne de réglage du ventilateur de recyclage 2.....	Fermé
5. NG 21 D001 ventilateur de soufflage 1.....	Arrêt
6. NG 22 D001 ventilateur de soufflage 2.....	Arrêt
7. RQ21 S001 vanne de réglage du réchauffeur d'air à vapeur 1.....	Fermé
8. RQ22 S001 vanne de réglage du réchauffeur d'air à vapeur 2.....	Fermé
9. NG21 S001 vanne amont du ventilateur de soufflage 1.....	Ouvrir
10. NG21 S001 vanne de réglage du ventilateur de soufflage 1.....	Ouvrir
11. NG22 S001 vanne amont du ventilateur de soufflage 2.....	Ouvrir
12. NG22 S001 vanne de réglage du ventilateur de soufflage 2.....	Ouvrir
13. NG 41 A 48 S001 vannes d'air brûleurs 1 à 8.....	Fermé
14. NS 11 D001 ventilateur de recyclage 1.....	Arrêt
15. NS 12 D001 ventilateur de recyclage 2.....	Arrêt
16. NG 41 A 48 S001 vannes d'air des brûleurs.....	Fermé
17. NG21 S001 vanne amont du ventilateur de soufflage 1.....	Fermé
18. NG22 S001 vanne amont du ventilateur de soufflage 2.....	Fermé
19. NR80 S001 vanne de fumées aval du réchauffeur d'air rotatif.....	Fermé
20. NR90 S001 vanne de fumées amont du réchauffeur d'air rotatif.....	Fermé
21. NS11 U001 pompe à huile du ventilateur de recyclage 1.....	Arrêt
22. NS12 U001 pompe à huile du ventilateur de recyclage 2.....	Arrêt
23. NH10 D001 le réchauffeur d'air rotatif.....	Arrêt

#### **Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents équipements du système d'air frais et de gaz de combustion ainsi que son principe de fonctionnement ce qui permet d'assurer le bon fonctionnement de la chaudière, ainsi nous faciliter la conception de ce système avec un ORGRANIGRAMME, qu'on va aborder dans le chapitre suivant.

## **CHAPITRE III**

# **Conception et modélisation du nouveau système**

## Introduction :

En industrie, les installations automatiques constituent un des facteurs essentiels contribuant à l'amélioration de la productivité. L'évolution de la technologie a permis d'envisager des systèmes très compliqués.

Donc l'automatisation impose des méthodes d'analyse et de synthèse afin de dénouer les problèmes imposés par les cahiers de charges.

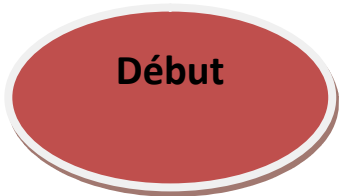
Un SAP (système automatisé de production) comporte des instructions reliant la PC (Partie Commande) à la PO (Partie Opérative), ainsi que le dialogue avec l'opérateur. Pour cela, il existe beaucoup de méthodes de modélisation (Organigramme, GRAFCET, RESEAU DE PETRIE...), de notre côté on a choisi de travailler avec L'Organigramme.

### I. Définition de L'Organigramme :

Un organigramme est un mode de représentation graphique du fonctionnement d'un système automatisé. Il permet de représenter les liaisons entre les différentes opérations effectuées par le système.

L'organigramme obéit à des règles d'écriture très simples : il débute toujours par une case début et il n'y a que trois types de cases.

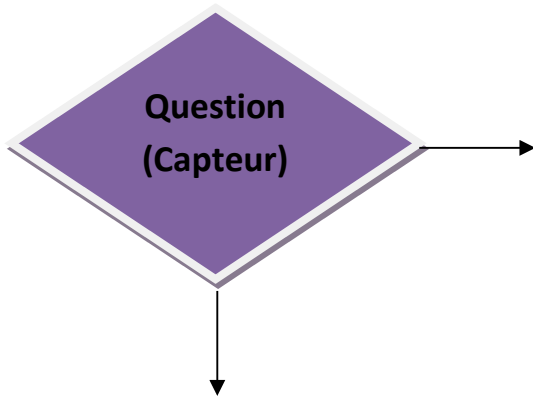
### II. Composition d'un organigramme :



: Cette case indique le début du fonctionnement.



: Cette case indique la fin du fonctionnement.



: Signal reçu ? Cette case est un test : elle attend une consigne ou une information donnée par un capteur (par exemple : étage sélectionné). On pose toujours une question à laquelle on peut répondre uniquement par OUI ou par NON.

**Action  
(Actionneur)**

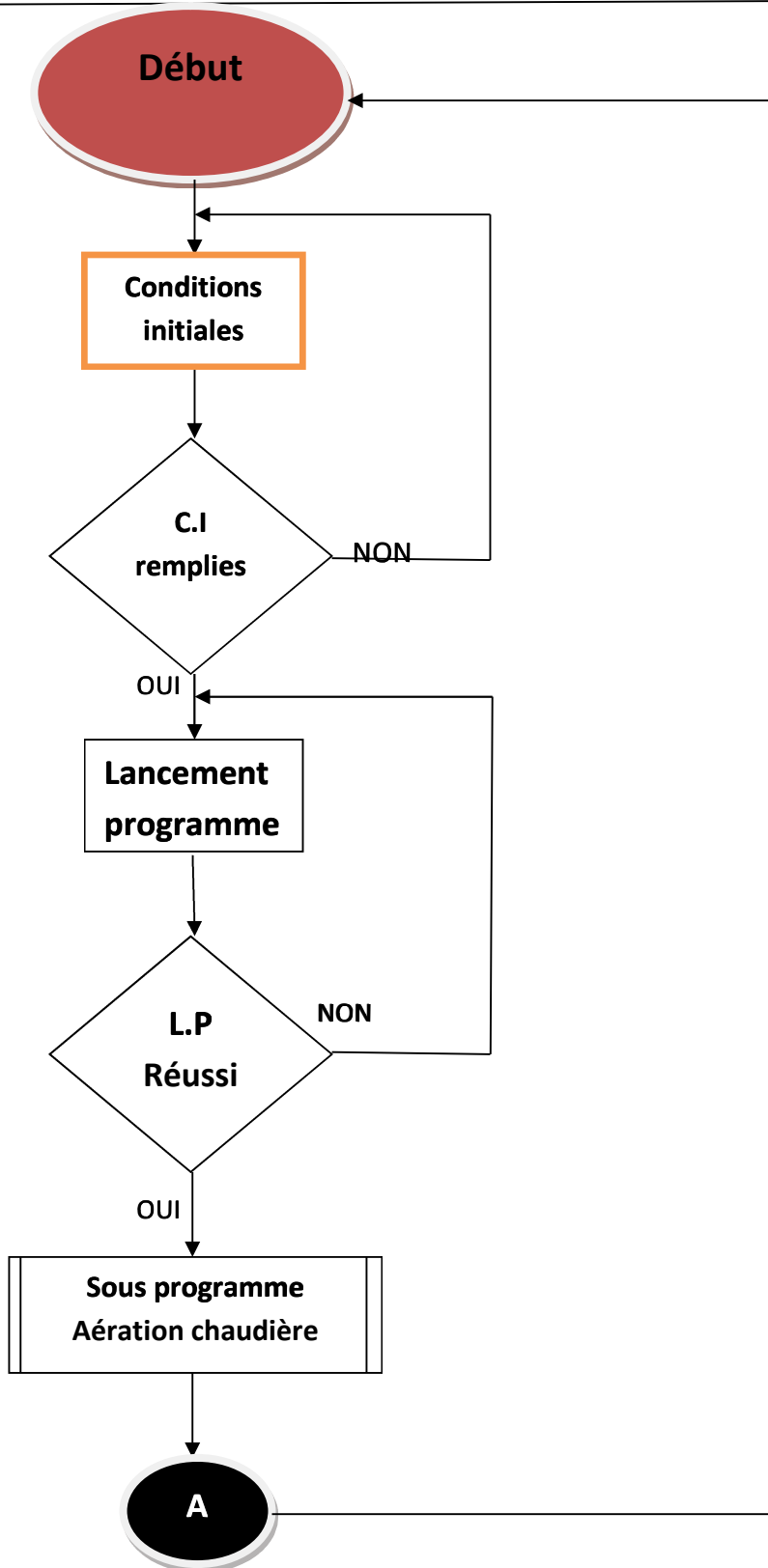
: Action à effectuer Cette case décrit une action (par exemple : allumer le feu rouge). C'est toujours un verbe à l'infinitif.

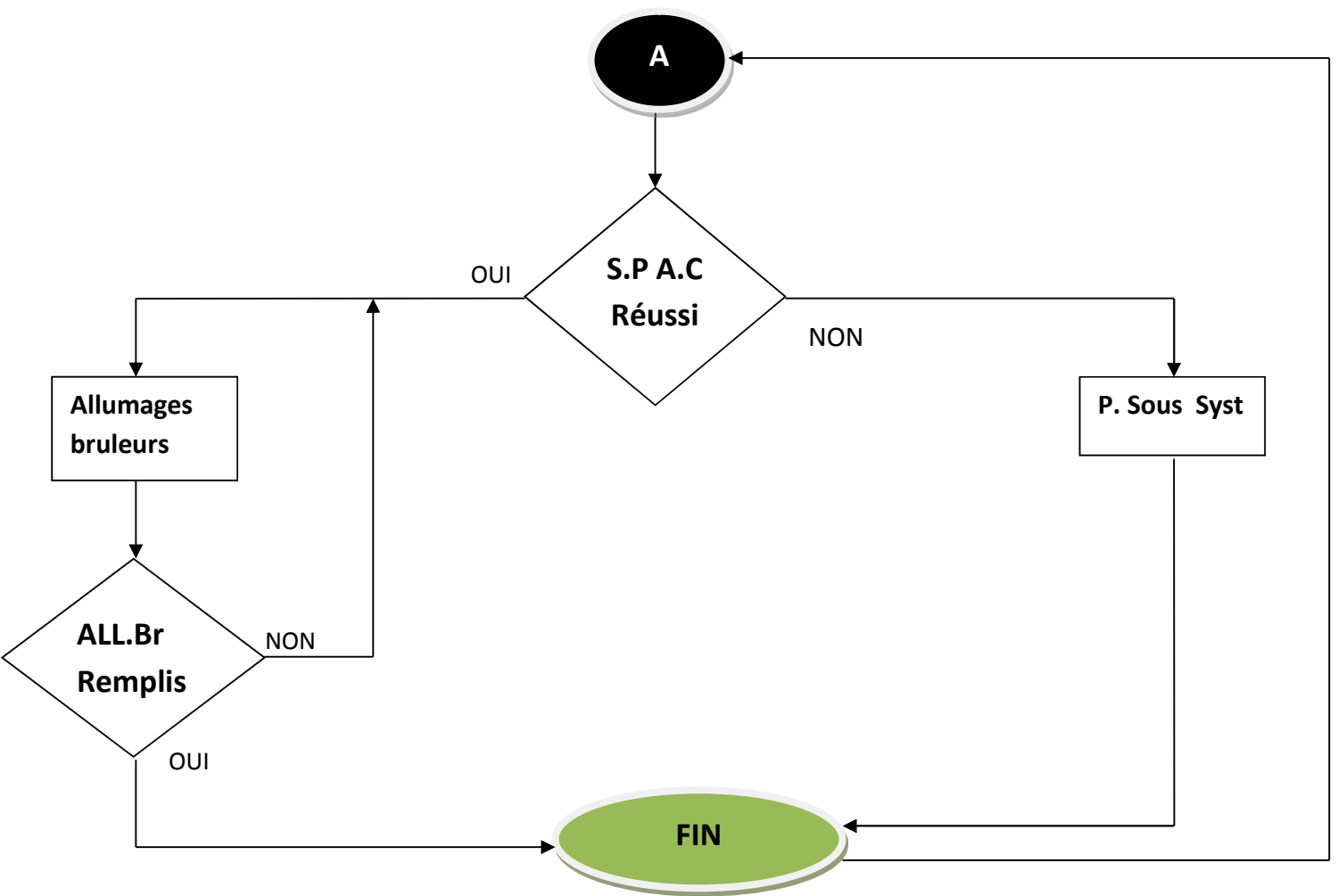
L'organigramme comporte une partie qu'on appelle SOUS-PROGRAMME qu'on utilise pour :

- Rendre plus lisible un programme.
- Eviter la perte de temps lors de l'écriture de l'organigramme (lorsque une succession d'actions identiques apparaissent à plusieurs endroits de l'organigramme).
- Facilite le travail en équipe (une personne sur chaque sous-programme par exemple).
- Facilite la recherche d'erreur (test individuel des sous-programmes).

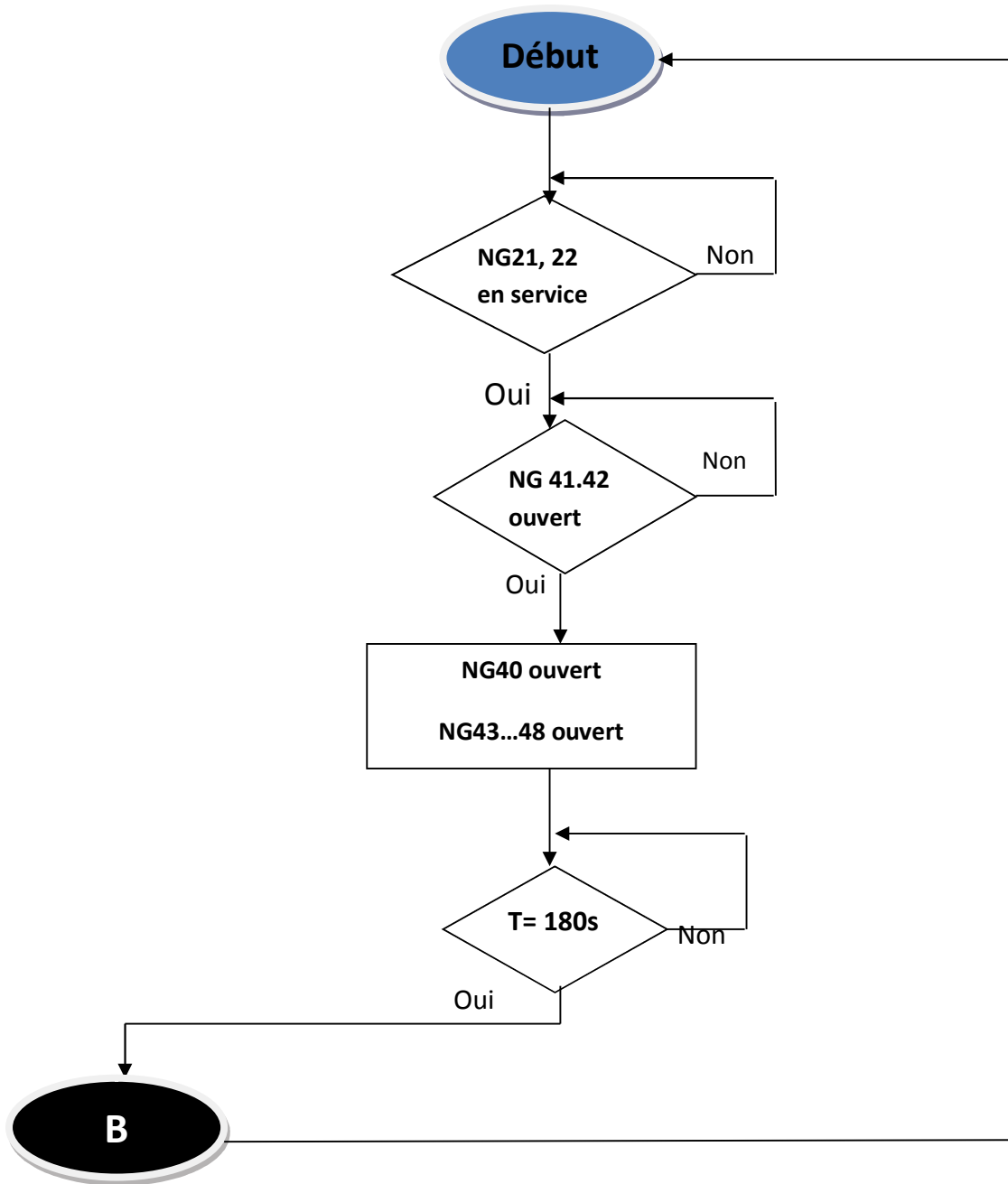
**III. Modélisation du système Air Fumée par un Organigramme :**

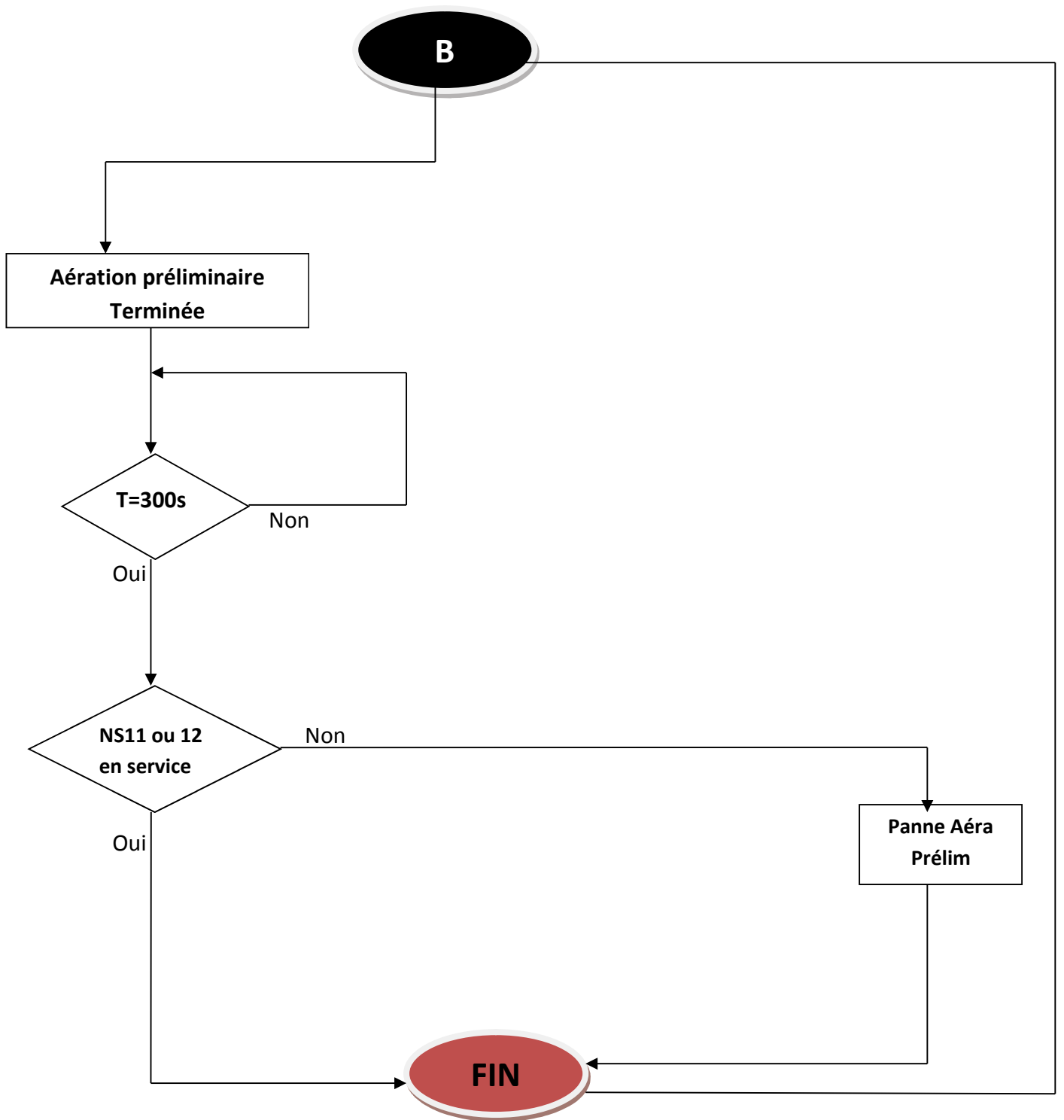
**III .1.Organigramme de mise en marche du système :**



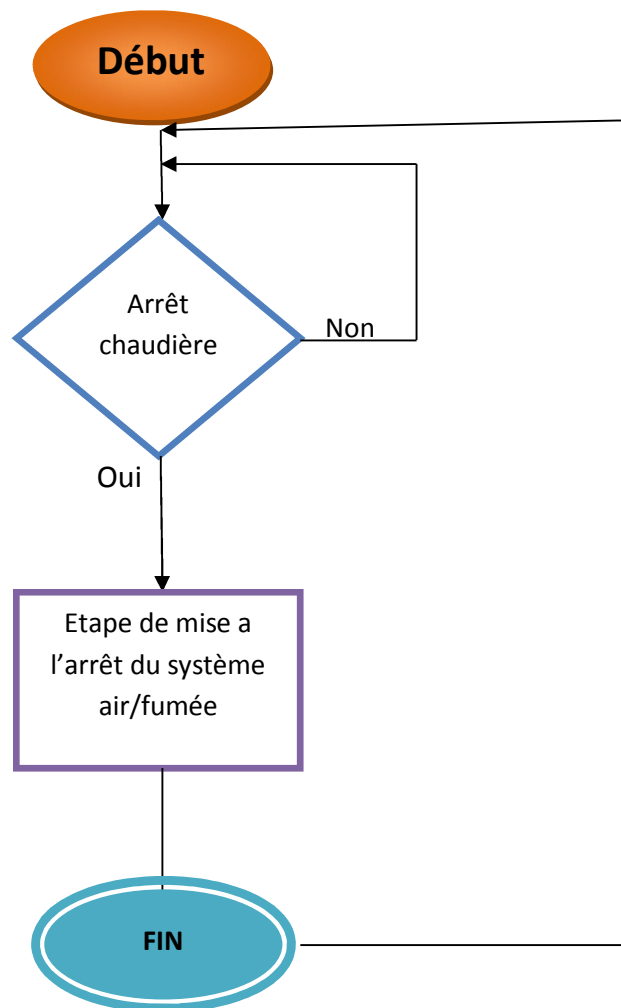


III .2.Sous Programme Aération Chaudière :





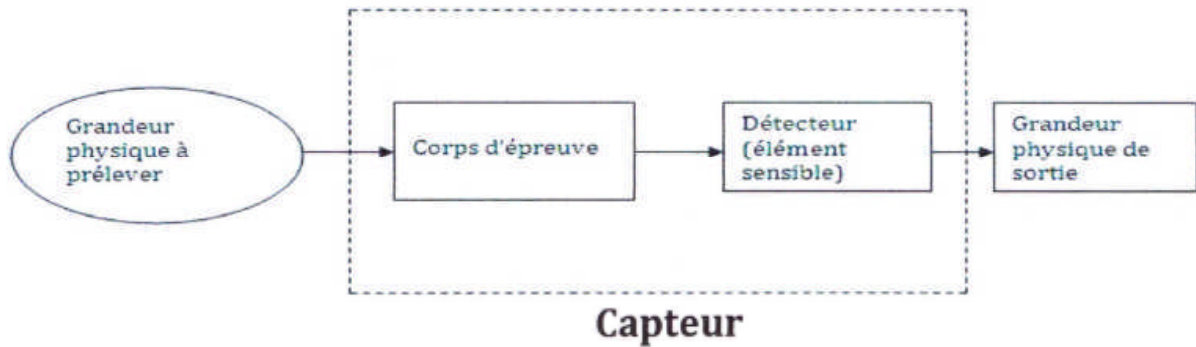
### III .3.Organigramme mise a l'arrêt :



### IV. Instrumentation associée au circuit :

#### IV .1.Les capteurs :

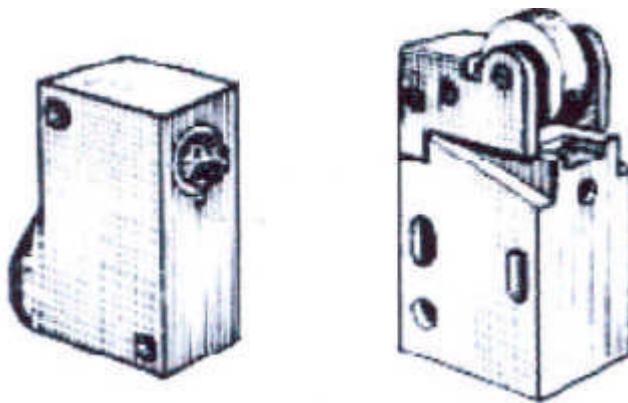
Un capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore a partir d'une grandeur physique (l'information entrante) une autre grandeur physique de nature différente (l'information sortante : très souvent électrique). Cette grandeur, représentative de la grandeur prélevée, est utilisable à des fins de mesure ou de commande.



**Figure 9 : Transformation d'une grandeur physique.**

#### **IV.1.1. Les capteurs de positions :**

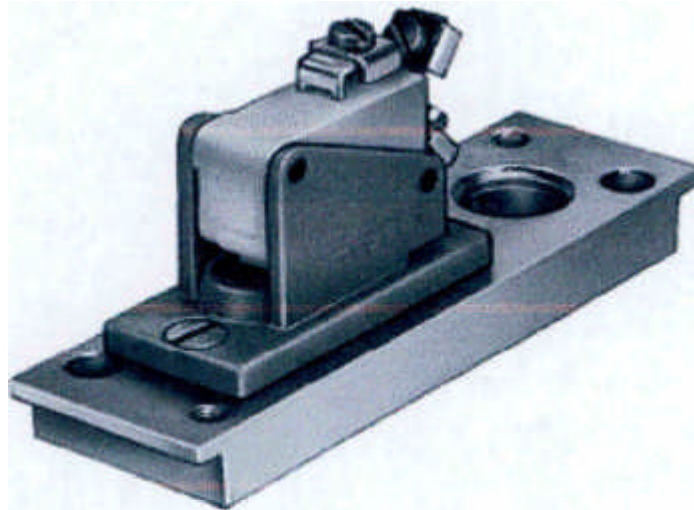
Les capteurs de positions sont des capteurs de contact. L'information donnée par ce type de capteur est de type tout ou rien (T.O.R). Il peut être électrique ou pneumatique. L'action mécanique sur la partie mobile du capteur permet d'établir ou d'interrompre un contact électrique.



**Figure 10: capteur de position (fin de course et à galet).**

#### **IV.1.2. Les capteurs de pressions (pressostat) :**

Ils sont destinés à contrôler une pression ou une dépression dans un circuit pneumatique ou hydraulique. L'appareil transforme un changement de pression en un signal électrique.



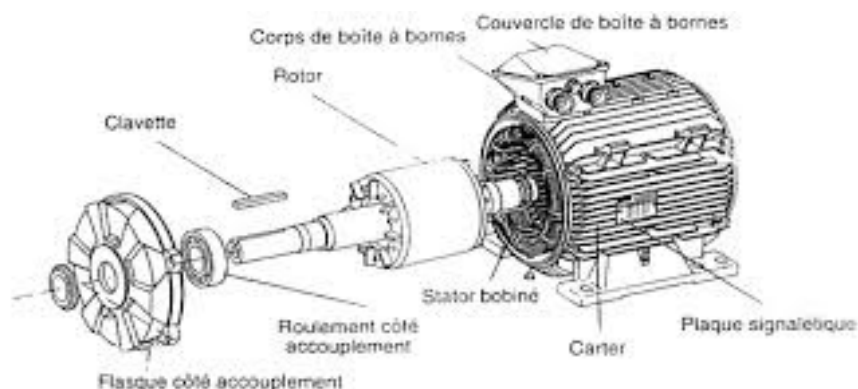
**Figure 11: Capteur de pression.**

## **IV.2. Les actionneurs :**

Un actionneur est un organe de la partie opérative. Sa fonction globale est de convertir une énergie d'entrée, disponible sous une certaine forme, en une énergie de sortie utilisable pour obtenir un effet cherché.

### **IV .2.1. Les moteurs asynchrones :**

Les moteurs électriques permettent la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation, il est l'actionneur le plus utilisé dans toutes les applications qui nécessitent des mouvements de rotation.



**Figure 12 : Moteur asynchrone.**

**Ses avantages :**

- Robustesse,
- Facilité d'entretien,
- Vitesse constante,
- Alimentation direct par le réseau,
- Temps de démarrage réduit,
- Couple de démarrage important.

**IV.2.2.Servomoteur électrique :**

Les servomoteurs multi tours en exécution industrielle sont destinés aux installations de commande et ne fonctionnent généralement qu'entre deux positions « ouvert » et « fermé » ou « marche » et « arrêt ». Pour actionner des organes de réglage, ces servomoteurs ont des temps de positionnement pour la course totale de quelques secondes à plusieurs minutes.



**Figure 13 : Servomoteur électrique siemens**

**IV.2.3.Les vérins doubles effet :**

L'ensemble tige-piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide sous pression (air comprimé).

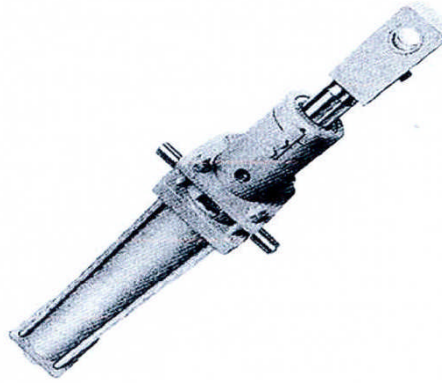


Figure 14: Vérin double effet.

#### IV .2.4 .Les vannes :

- **La vanne régulatrice :**

Le type de vanne utilisée sur le procédé, est une vanne pneumatique continue. Son mouvement est commandé par un signal venant du régulateur. Cette vanne peut prendre toutes les positions extrêmes ouvert ou fermé. On traduit ceci en terme de courses de clapet de 0% à 100% d'ouverture.

- **La vanne à fermeture rapide (TOR pneumatique) :**

Par opposition à la vanne régulatrice, la vanne tout ou rien ne peut prendre que deux positions, ouvert ou fermée. On traduit en termes de course de clapet 0% ou 100% d'ouverture.



Figure 15: vanne à fermeture rapide.

### IV.3. Les pré-actionneurs :

Le pré actionneur est un constituant chargé de distribuer et d'adapter l'énergie pneumatique ou électrique vers les actionneurs, sur ordre du traitement de données.

#### IV.3.1. Distributeur pneumatique :

Le distributeur a pour fonction de distribuer l'air dans les chambres du vérin en fonction des ordres qu'il reçoit.



**Figure 16: Distributeur pneumatique.**

#### ➤ Les types de distributeurs :

Le tableau suivant résume les différents types de distributeur selon leurs catégories :

Nombre d'orifices	Symbole	Type de distributeurs
2		<b>Distributeur 2/2</b>
3		<b>Distributeur 3/2</b>
4		<b>Distributeur 4/2</b>
5		<b>Distributeur 5/2</b>

**Tableau 1 : Les types de distributeur à deux voix.**

### IV.3.2. Les contacteurs :

Le contacteur est l'appareil de commutation qui assure la fermeture et l'ouverture du circuit électrique de puissance de moteur. Sa bobine est pilotée elle aussi, par un circuit électrique de commande à distance.



**Figure 17: Contacteur électrique**

### IV.3.3. Les relais :

Un relais est un appareil électrique constitué essentiellement d'une bobine alimentée par un circuit de commande, dont le noyau mobile provoque la commutation de contacts pour alimenter un circuit de puissance.



**Figure 18: Relai électrique**

## **Conclusion :**

A l'aide des organigrammes, on a pu modéliser le système Air/Fumée de sorte a faciliter la programmation et l'automatisation du système par la suite et présenter avec tous les détails des différentes instrumentations et outils utilisés.

La complexité des systèmes et des techniques utilisées au sein de la centrale électrique de Cap-Djinet, incite les responsables de l'entreprise à chercher une meilleur solution d'automatisation pour un bon fonctionnement de ses systèmes.

Chaque automatisation requière une bonne compréhension du fonctionnement du système, afin d'identifier et d'attribuer les entrée/sorties adéquates au système étudié.

## **CHAPITRE IV**

# **Automatisation du circuit Air/Fumée**

## **Introduction :**

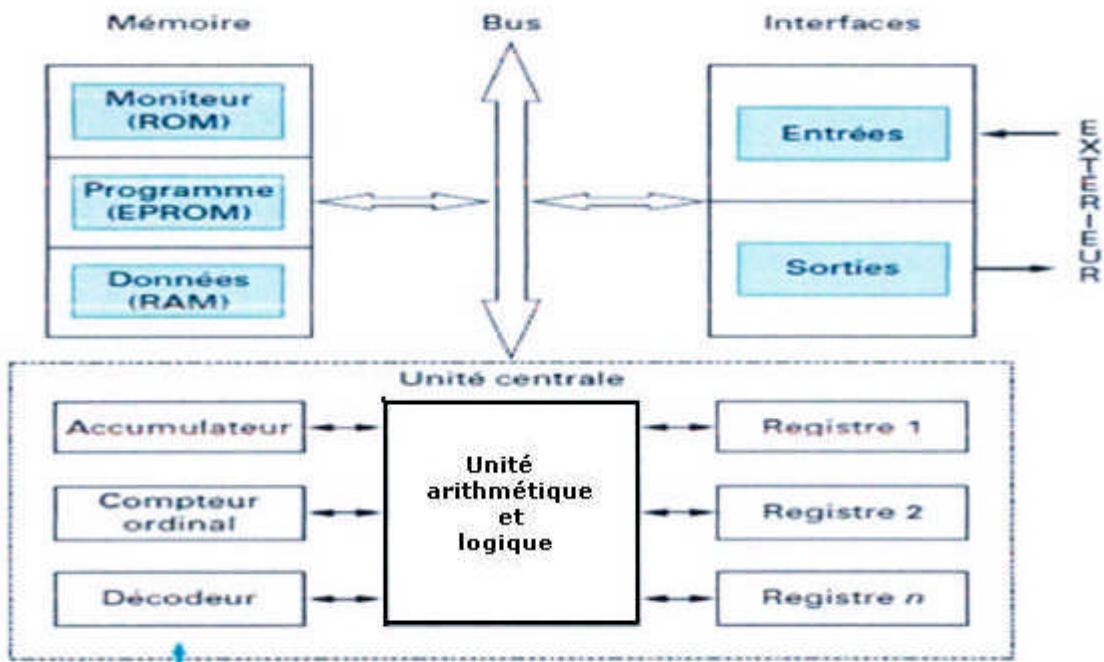
Depuis le début des années 80, l'intégration des automates programmables pour le contrôle des différents processus industriels, est plus qu'indispensable. A l'origine, l'automate programmable était considéré comme une machine séquentielle, capable de remplacer des automatismes réalisés en logique traditionnelle,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

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

### **I. Définition d'un automate :**

L'automate programmable industriel (API) est un système de traitement logique d'informations, dont le programme de fonctionnement est effectué à partir d'instruction établies en fonction du processus à réaliser. Son fonctionnement est défini par un programme, donnant des ordres aux prés-actionneurs, de la partie opérative, à partir des données d'entrées (capteur, détecteur, etc). Il rend des comptes en permanence de son état et dialogue avec l'opérateur et le processus. L'automate programmable peut traiter aussi :

- ❖ Des fonctions de calcul arithmétique, temporisation, comptage, comparaison.
- ❖ Des liaisons avec d'autres appareils (imprimantes, calculateur, etc)



**Figure 19 : Architecture d'un API.**

## **II. Choix d'un automate :**

Pour choisir un automate programmable, l'automaticien doit préciser :

- Le nombre et la nature des entrées et sorties.
- Le type de programmation souhaité et les besoins de traitement permettant le choix de l'unité centrale et la taille de la mémoire utilisateur.
- La nature de traitement (temporisation, couplage, etc..).
- Le dialogue (la console détermine le langage de programmation).
- La communication avec d'autres systèmes.
- La fiabilité et la robustesse.

### **II.1. Le choix du S7-300 :**

Après avoir établie le cahier des charges de notre installation dans les chapitres précédents, et vu le nombre d'entrées (tous ce qui est capteurs, interrupteurs, boutons poussoirs...) et le nombre de sorties (tous ce qui est actionneurs tels que : les moteurs, les vannes, les clapets...) ainsi que leurs natures (numériques, analogiques, logiques...) le choix d'un API performant intégrant plus de module d'entrées/sorties s'impose. Aussi on a opté pour l'API S7-300 qui répond parfaitement à cette flexibilité d'autant plus qu'il répond au choix du bureau d'étude (SONELGAZ) préférant travailler avec SIEMENS.

### **III. Présentation général de l'automate S7-300 :**

Le système d'automatisation SIMATIC S7-300 est un automate modulaire de meilleure gamme. SIMATIC S7-300 désigne un produit de la société SIEMENS, il est synonyme de la nouvelle gamme des automates programmables.



**Figure 20: Automate S7-300.**

Les automates programmables SIEMENS sont des appareils fabriqués en série. Tous les éléments logique, fonctions de mémoire, temporisations, compteurs, ... etc. nécessaires a l'automatisation sont prévus par le fabricant et sont intégrés à l'automate. Ils se distinguent principalement, par les nombres des :

- ❖ Entrées et sorties.
- ❖ Compteur.
- ❖ Temporisation.
- ❖ Mémentos.
- ❖ La vitesse de travail.

### **III.1 : Caractéristiques de l'automate S7-300 :**

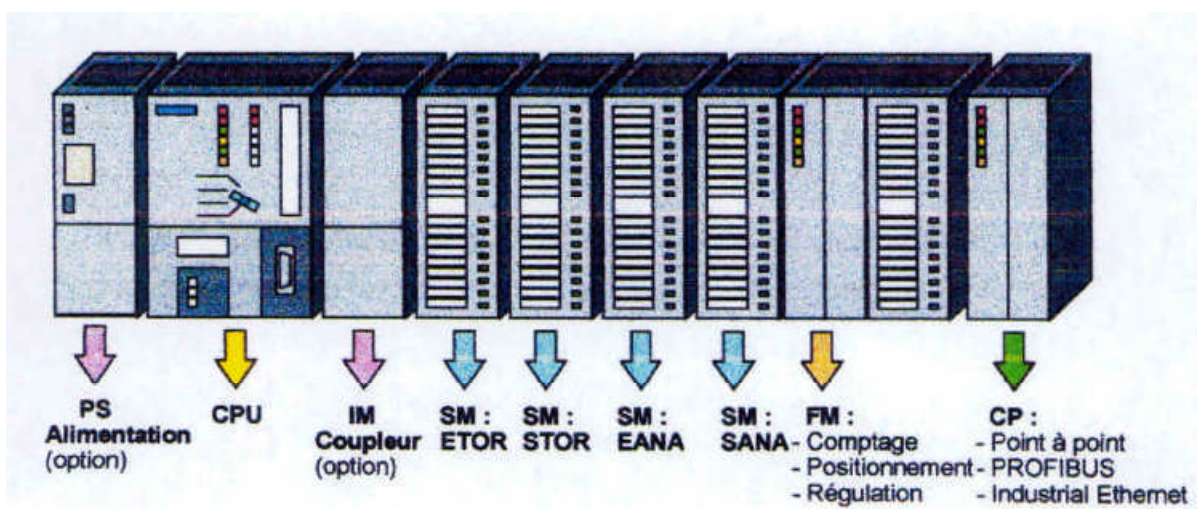
L'automate S7-300 offre les caractéristiques suivantes :

- ❖ Gamme diversifiée de CPU.
- ❖ Gamme complète de modules.
- ❖ Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- ❖ Bus de fond de panier, intégré au module.
- ❖ Possibilité de mise en réseau avec MPI PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET.
- ❖ Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules.
- ❖ Liberté de montage aux différents emplacements.000
- ❖ Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matérielle.

### **III.2. Constitutions de l'automate S7-300 :**

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

- ❖ Module d'alimentation (PS) 2A, 5A, 10A.
- ❖ Unité centrale (CPU312).
- ❖ Module de signaux (SM) pour entrées TOR et analogiques.
- ❖ Module d'extension (IM) pour configuration multi rangée du S7-300.
- ❖ Module de fonction (FM) pour les fonctions spéciales (par exemple activation d'un moteur asynchrone).
- ❖ Processus de communication (CP) pour la connexion au réseau



**Figure 21 : Présentation de l'automate S7-300.**

#### **a) Module d'alimentation :**

Le module d'alimentation transforme la tension secteur en tension d'alimentation. Pour les modules de l'automate programmable. Cette tension s'élève à 24V. Les tensions pour les capteurs, actionneurs et voyants lumineux qui dépassent 24V, sont fournis par des blocs d'alimentation ou transformateurs supplémentaires.

#### **b) L'unité central (CPU) :**

La CPU est le cerveau de l'automate. Elle lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme utilisateur et commande les sorties. Elle permet le réglage du comportement au démarrage et le diagnostic des défauts par les LEDs. L'utilisateur a le choix parmi plusieurs CPU aux performances étagées, la CPU est logée dans un boîtier compact et comporte les éléments suivants :

- Les LEDs pour la signalisation d'état et de défauts.
- Un commutateur à clé pour les modules de fonctionnement :
  - STOP (Arrêt). Run P (Marche).
  - Un port pour interface MPI.
  - Logement pour la carte mémoire (EPROM flash).

La CPU 312 est caractérisée par :

- Mémoire de travail 24 Ko.
- Mémoire de chargement (EEPROM) 64Ko à 4Mo.
- Temps de traitement :
  - Operations en bit 0.3  $\mu$ s.
  - Opération en mot 1  $\mu$ s.
- Port MPI+DP (maitre ou esclave).
- Langage de programmation : STEP7.
- Organisation du programme : linéaire, structurée.

#### **c) Modules d'entrées/sortie :**

Les modules d'entrées /sorties sont des interfaces de communication entre l'unité centrale et les différents capteurs et actionneurs. Ils assurent le filtrage et l'adaptation des signaux électriques.

- ❖ **Les modules d'entrées :** Ils permettent à l'automate de recevoir des informations prévenantes soit de la part des capteurs (entrées logiques, analogiques ou numériques) ou bien du pupitre de commande.
- ❖ **Les modules de sorties :** Les modules de sorties permettent de raccorder l'automate avec les différents prés-actionneurs et actionneurs.
  - Les prés-actionneurs sont les (contacteurs, distributeurs, relais...etc.).
  - Les actionneurs (moteur, éléments de signalisation, etc....).
  - Les sorties peuvent être logiques, analogiques ou bien numériques.

❖ **Les modules d'entrées et de sorties analogique :**

Les modules d'entrées/sorties analogique réalisent la conversion des signaux analogiques issus du processus en signaux numériques pour le traitement interne dans le S7-300 et des signaux numériques du S7-300 en signaux analogiques destinées au processus.

**d) Module de fonction (FM) :**

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

**e) Module de communication (CP) :**

Par des exigences très fortes en vitesse de transmission rapide et de gros volumes de données, les modules de communication jouent un rôle clé dans le cadre de la communication industrielle. Ils permettent d'établir des liaisons homme-machine qui sont effectués à l'aide des interfaces de communication.

**f) Châssis d'extension :**

Il est constitué d'un profilé support en aluminium et bus de fond de panier avec connecteur. Il permet le montage et le raccordement électrique de divers modules de l'automate.

**g) Console de programmation :**

Il existe deux types de consoles (PG ou PC), l'un permet le paramétrage et les relevés d'informations (modification des valeurs), l'autre permet, en plus de la programmation, le réglage et l'exploitation.

## IV. Présentation du logiciel STEP7

Le logiciel STEP7 est un logiciel orienté objet. Sous Windows, il offre la possibilité de programmer et de simuler nos programmes réalisés sur interface de travail, qu'est présenté à la figure ci-dessous, il est constitué :

D'un espace de travail dédié à la programmation, qui pourrait être effectuée avec trois modes (Cont, Log, et List). Une barre d'outils contenant les différentes fonctions associées à la réalisation de nos programmes, ainsi que les options de visualisations de simulation.

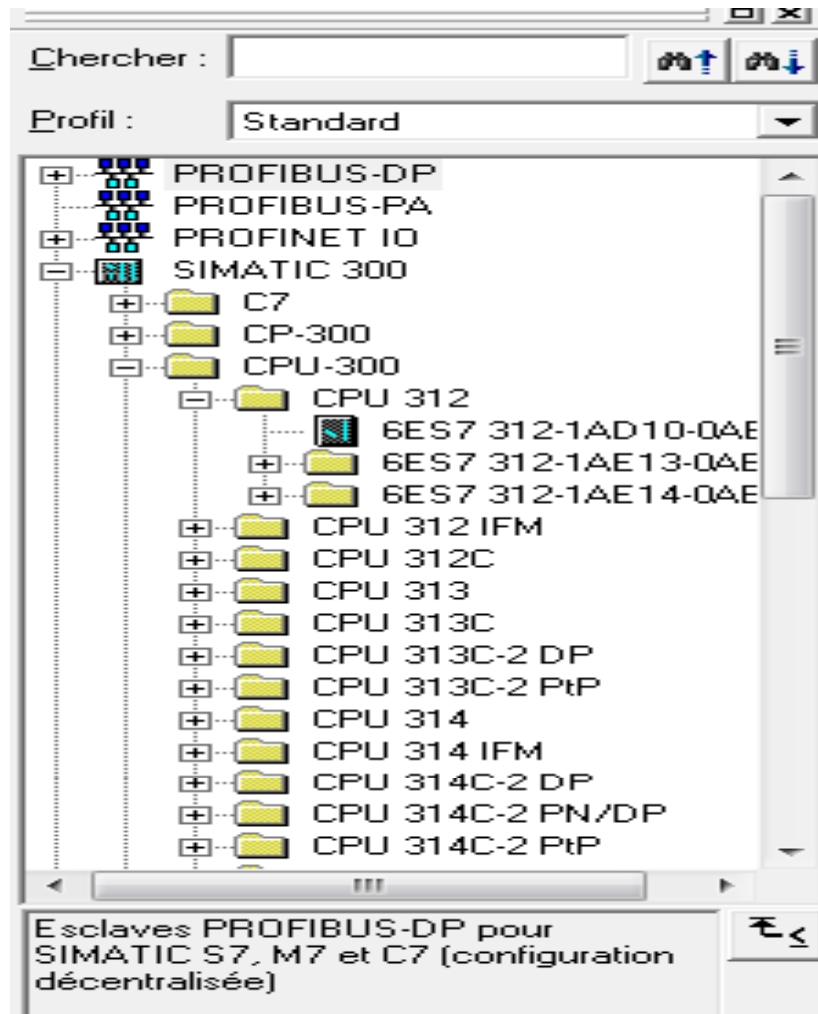
Option de programmation avec laquelle nous pouvons accéder aux différentes fonctions du mode de programmation à savoir les mémentos, les temporisations, les compteurs ... etc.

STEP7 est un logiciel de base qu'on a utilisé pour la programmation et la configuration de notre automate S7-300. Il est formé d'un ensemble d'application avec lesquelles nous avons aisément réalisé les tâches suivantes :

- La programmation et le paramétrage du matériel
- La création et le test du programme de commande de système

Le gestionnaire de projets SIMATIC, encore appelé SIMATIC manager, nous a servi d'interface graphique à toutes ces applications. C'est lui qui organise la mise en commun dans un projet de toutes les données et de tous les paramètres requis pour réaliser une tâche d'automatisation. Les données y sont structurées thématiquement et représentées sous forme d'objet.

La partie principale de notre travail est la configuration, la programmation de l'automate S7-300 et du programme élaboré pour la commande du système. Afin de bien mener notre tâche d'automatisation, nous avons suivi l'ordre des opérations élaborées dans le plan suivant :



**Figure 22 : Configuration matérielle des entrées /sorties.**

### **IV. 1.La création et le test du programme utilisateur :**

La création du programme utilisateur est une partie importante de notre travail, elle commence par la création de la hiérarchie requise pour le projet destiné à notre tâche d'automatisation. Ces données englobent en particulier :

- Les données de configuration pour la configuration matérielles et les données de paramétrage pour les modules.
- Les données de configuration pour la communication et les programmes pour module programmables.

La tâche principale dans la réalisation de ce projet consiste à préparer ces données et à effectuer la programmation.

Le programme commande doit :

- Déterminer les conditions pour démarrage et le redémarrage de la CPU.
- Traiter les données du processus (par exemple : combiner des signaux binaires, lire et exploiter des valeurs analogique, fixer des signaux binaires pour la sortie, écrire des valeurs analogique).
- Réagir aux alarmes.
- Traiter des perturbations dans le déroulement normal du programme.

#### **IV.2.La configuration et le paramétrage du matériel :**

Le STEP7 nous assiste dans la mise en œuvre de nos systèmes d'automatisation SIMATIC. En effet, nous avons configuré notre installation avec STEP 7. Les paramètres des modules, à savoir leurs caractéristique et adresse sont prédéfinis. Afin d'optimiser notre système d'automatisation, nous avons la possibilité de les modifier.

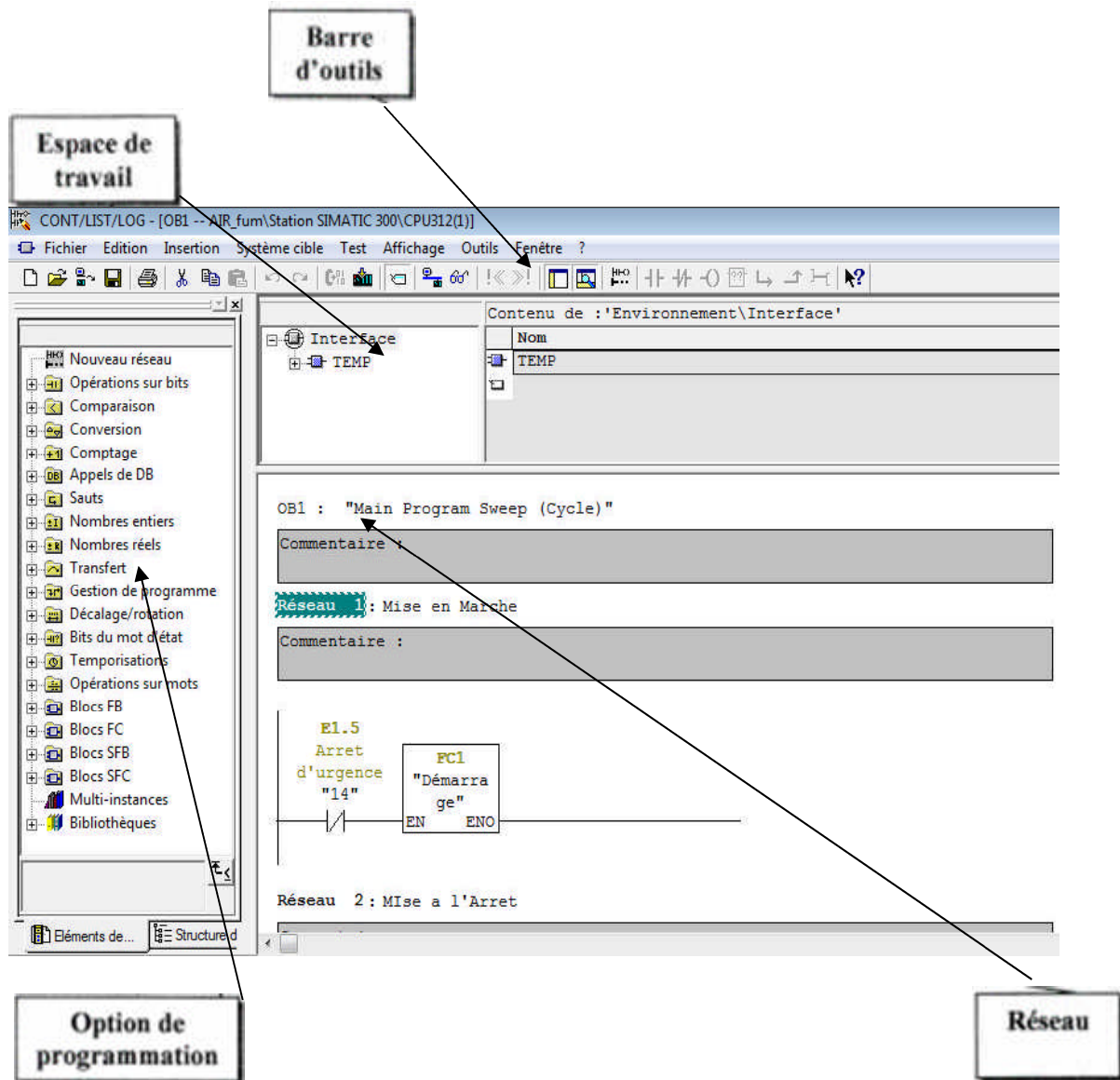


Figure 23 : Espace de programmation STEP-7

La fenêtre catalogue du matériel met à notre disposition tous les châssis, modules et correcteur interface nécessaires

#### IV.2.1. Les mnémoniques :

Les mnémoniques permettent de déclarer les différents entrées/sorties ainsi que les mémentos en leurs associant un nom pour les distinguer facilement et faciliter la programmation, et un commentaire décrivant l'action ou l'état de chaque mnémonique, elle se présente dans la figure ci-dessous :

**Automatisation du circuit Air/Fumée**

Etat	Mnémonique	Opéra	Type de d	Commentaire
31	1	E 0.0	BOOL	NR00 U101 VEROUILLAGE CHAUDIERE
32	2	E 0.1	BOOL	NG 00 U002 BRULEUR NETOYAGE
33	3	E 0.2	BOOL	NM00 U101 FEU EN CHAUDIERE
34	4	E 0.3	BOOL	VC08 D001 Pompe principale 1 d'eau de refroidissement en marche
35	5	E 0.4	BOOL	VC09 D001 Pompe principale 2 d'eau de refroidissement en marche
36	6	E 0.5	BOOL	VG11 D001 Pompe secondaire 1 d'eau de refroidissement en marche
37	7	E 0.6	BOOL	VG12 D001 Pompe secondaire 2 d'eau de refroidissement en marche
38	8	E 0.7	BOOL	VG13 D001 Pompe secondaire 3 d'eau de refroidissement en marche
39	9	E 1.0	BOOL	NG21 D001 disjoncteur a moteur de ventilateur de soufflage 1 en marche
40	10	E 1.1	BOOL	NG22 D001 disjoncteur a moteur de ventilateur de soufflage 2 en marche
41	11	E 1.2	BOOL	NS11 D001 disjoncteur a moteur de ventilateur de recyclage 1 en marche
42	12	E 1.3	BOOL	NS12 D001 disjoncteur a moteur de ventilateur de recyclage 2 en marche
43	13	E 1.4	BOOL	Démarrage cycle
44	14	E 1.5	BOOL	Arrêt d'urgence
45	15	E 1.6	BOOL	Arrêt cycle
46	16	E 1.7	BOOL	NR80 S001 Bouton poussoir vanne de fumée avant réchauffeur d'air rotatif
47	17	E 2.0	BOOL	NR90 S001 Bouton poussoir vanne de fumée après réchauffeur d'air rotatif
48	18	E 2.1	BOOL	NG21 S002 Bouton poussoir vanne d'air après ventilateur de soufflage 1
49	19	E 2.2	BOOL	NG22 S002 Bouton poussoir vanne d'air après ventilateur de soufflage 2
50	20	E 2.3	BOOL	NS11 S003 Bouton poussoir vanne après ventilateur de recyclage 1
51	21	E 2.4	BOOL	NS12 S003 Bouton poussoir vanne après ventilateur de recyclage 2
52	22	E 2.5	BOOL	NS11 S001 Bouton poussoir vanne avant ventilateur de recyclage 1
53	23	E 2.6	BOOL	NS12 S001 Bouton poussoir vanne avant ventilateur de recyclage 2
54	24	E 2.7	BOOL	NG41 S001 bouton poussoir de vanne de réglage d'air bruleur 1

**Figure 24 : Espace détermination des mnémoniques.**

**IV. 3. Présentation des modes de programmation :**

Le mode de programmation CONTACT (CONT) est basé sur les opérations combinatoires sur bits utilise deux chiffres 1 et 0 appelés chiffres binaires ou bits. Pour les contacts et les bobines, 1 signifie activé ou excité et 0 signifie désactivé ou désexcité. Les opérations de combinaisons sur bits évaluent les états de signal 1 et 0 et les combinaisons selon la logique booléenne. Le résultat de ces combinaisons est égal 1 ou 0. Il s'agit du résultat logique (RLG).

Abréviation	Catalogue des éléments de programme	Description
	Combinaison sur bits	Contact à fermeture
	Combinaison sur bits	Contact à ouverture
... ( )	Combinaison sur bits	Bobine de sortie
... (SE)	Temporisation	Démarrer temporisation sous de retard à la montée

**Tableau 2 : Présentation de quelques opérations du mode CONT .**

### **IV.3.1.Langage à contact LD (ladder diagramme ou schéma a relais) :**

Ce langage est une représentation graphique d'équations booléennes combinant des contacts (en entrée) et des relais (en sortie). Il permet la manipulation de données booléennes, à l'aide de symboles graphiques organisés dans un diagramme comme les éléments d'un schéma électrique à contacts. Les diagrammes LD sont limités à gauche et à droite par des barres d'alimentation.

### **IV.3.2.Langage ST (structure texte ou texte structuré) :**

Ce langage est un langage textuel de haut niveau, dédié aux applications d'automatisation. Ce langage est principalement utilisé pour décrire les procédures complexes, difficilement modélisables avec les langages graphiques. C'est le langage par défaut pour la programmation des actions dans les étapes et les conditions associées aux transitions du langage SFC.

### **IV.3.3.Langage IL (Instruction Liste ou Liste d'Instructions) :**

Ce langage est un langage textuel de bas niveau, il est particulièrement adapté aux applications de petite taille. Les instructions opèrent toujours sur un résultat courant (ou registre IL). L'opération indique le type d'opération à effectuer entre le résultat courant et l'opérande.

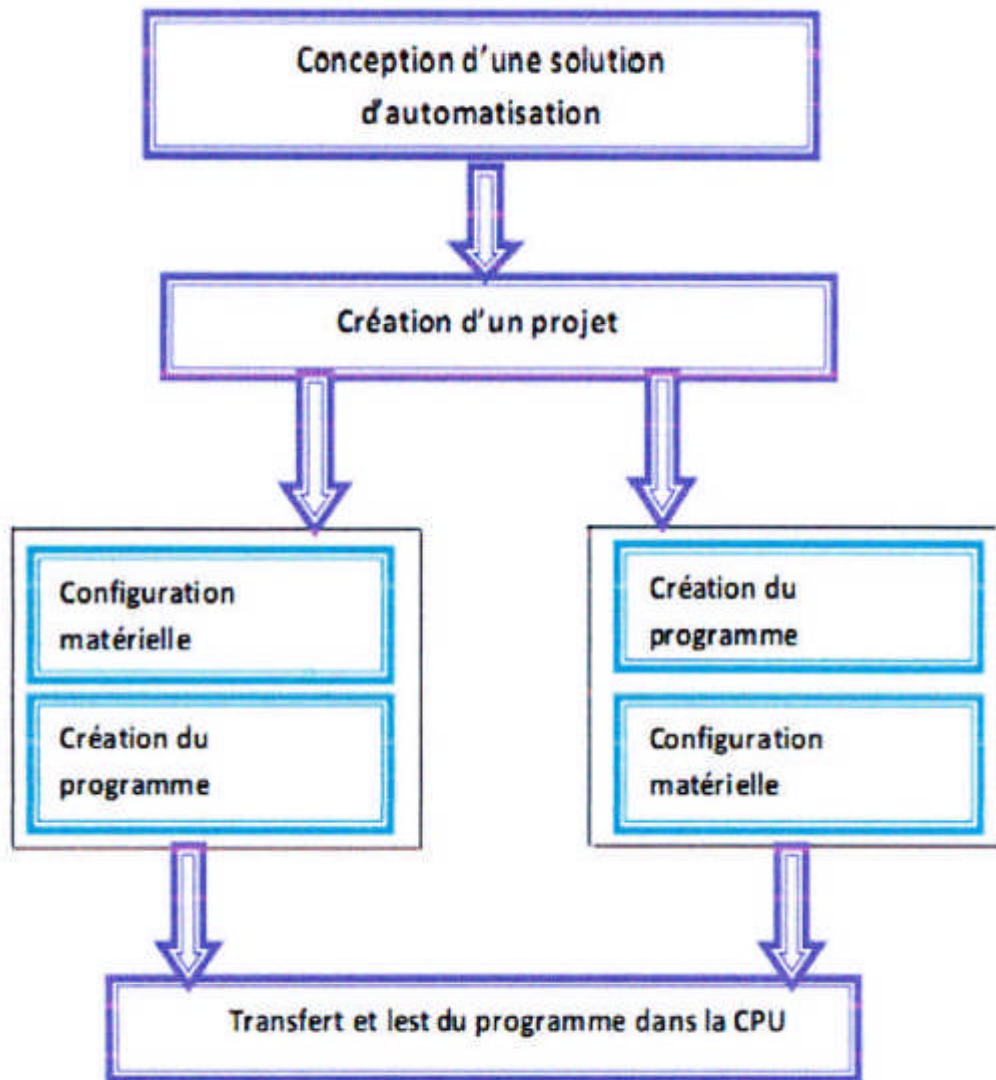


Figure 25 : Programmation avec le logiciel STEP7.

#### IV.4.Création d'un projet sous STEP S7 :

Les procédures qui permettent de créer un projet sous STEP 7, afin de configurer le périphérique décentralisé du système air/fumée et de programmer, sont les suivantes :

1. lancer **SIMATIC Manager** par double clic sur son icône.

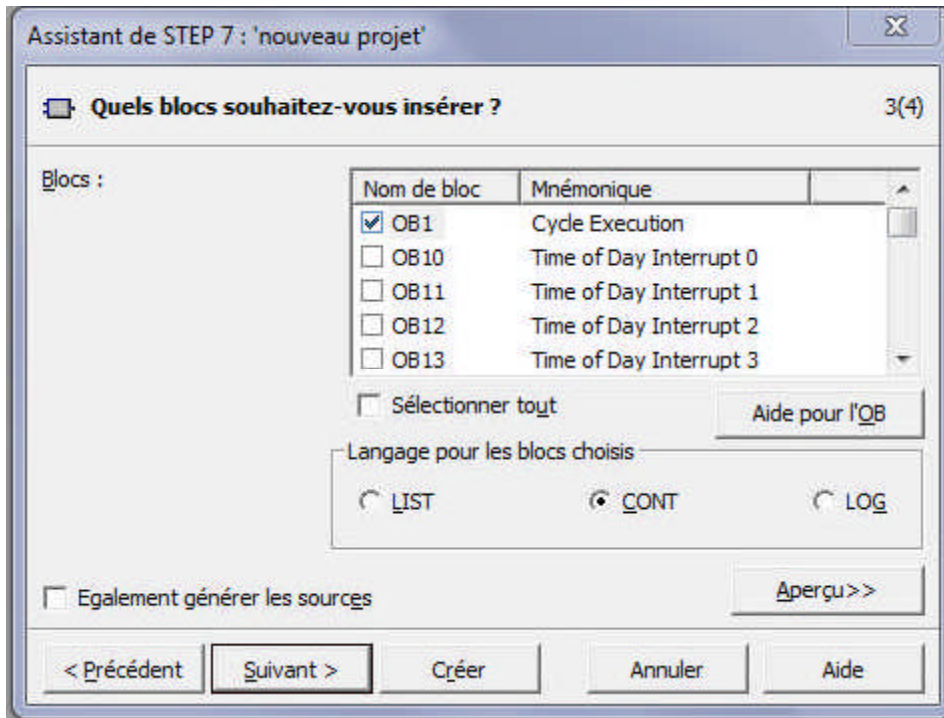


2. La fenêtre suivante permet de passer aux étapes de la création projet.



**Figure 26: fenêtre de création du projet.**

- un clic sur **aperçus** permet d'afficher ou de masquer la structure du projet créé.
  - pour passer à l'étape suivante, cliqué sur **suivant**.
3. Après la validation de la CPU sélectionnée, choisir les blocs d'organisation à insérer et le langage de programmation (LIST, CONT, LOG) à partir de la fenêtre et valider en cliquant sur suivant :



**Figure 27: Sélection des blocs et choix du langage.**

## **IV.5.Simulation du programme avec S7-PLCSIM :**

### **IV.5.1.Présentation du S7-PLCSIM :**

S7-PLCSIM est une application qui permet d'exécuter et de tester le programme utilisateur élaboré dans un automate programmable simulé dans l'ordinateur ou dans une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP 7. Il n'est pas nécessaire qu'une liaison avec un matériel S7 quelconque (CPU ou modules de signaux) sont établie. La CPU S7 simulée permet de tester les programmes destinés aussi bien aux CPU S7-300 qu'aux CPU S7-400, et d'y remédier à d'éventuelles erreurs.

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme par exemple : activer ou désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans la CPU simulée, il procure également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel STEP 7, comme par exemple la table des variables (VAT) afin d'y visualiser et d'y forcer des variables.

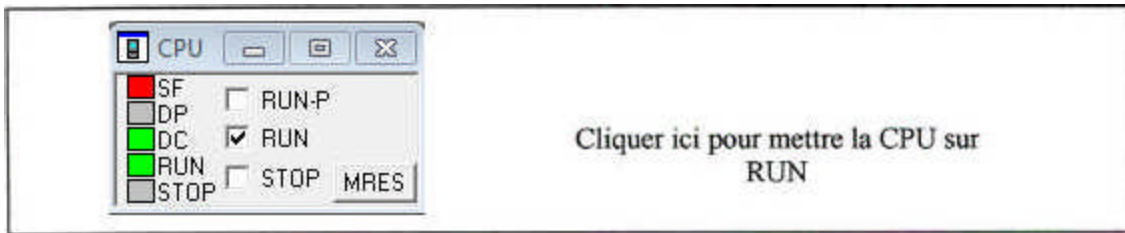
### **IV.5.2.Démarrage de l'exécution du programme :**

## CHAPITRE IV

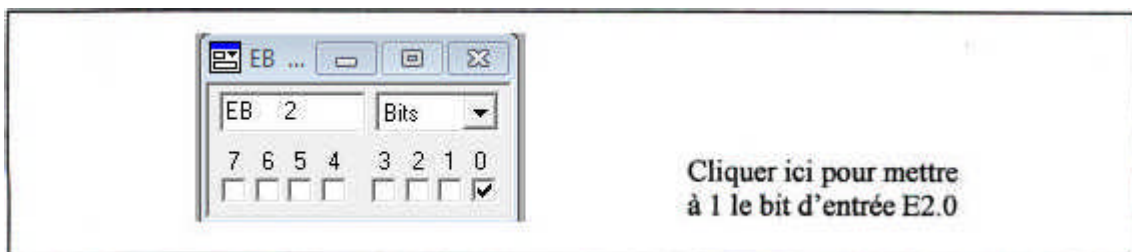
### Automatisation du circuit Air/Fumée

Pour mettre la CPU en mode RUN et démarrer l'exécution du programme, on procède de la manière suivante :

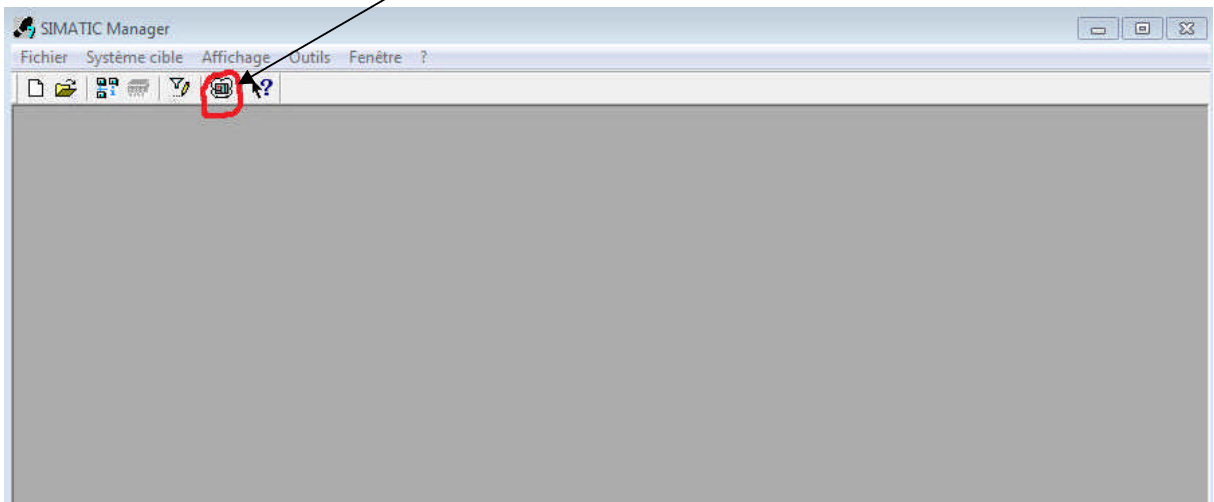
1. Cliquer sur la case à cocher RUN (marche) dans la fenêtre « CPU »



2. Pour mettre l'entrée E2.0 à 1 par exemple, taper 2 et cliquer sur le bit 0 dans la fenêtre des variables d'entrée, comme l'illustre cette figure :

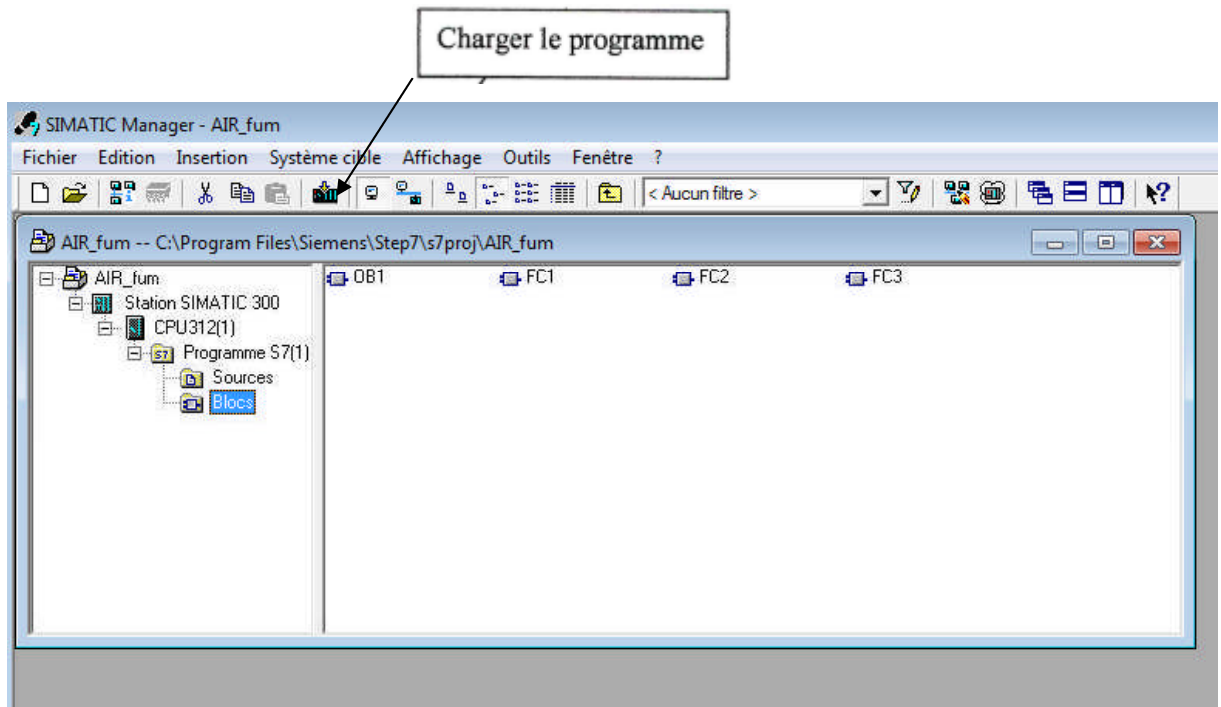


Activer simulateur

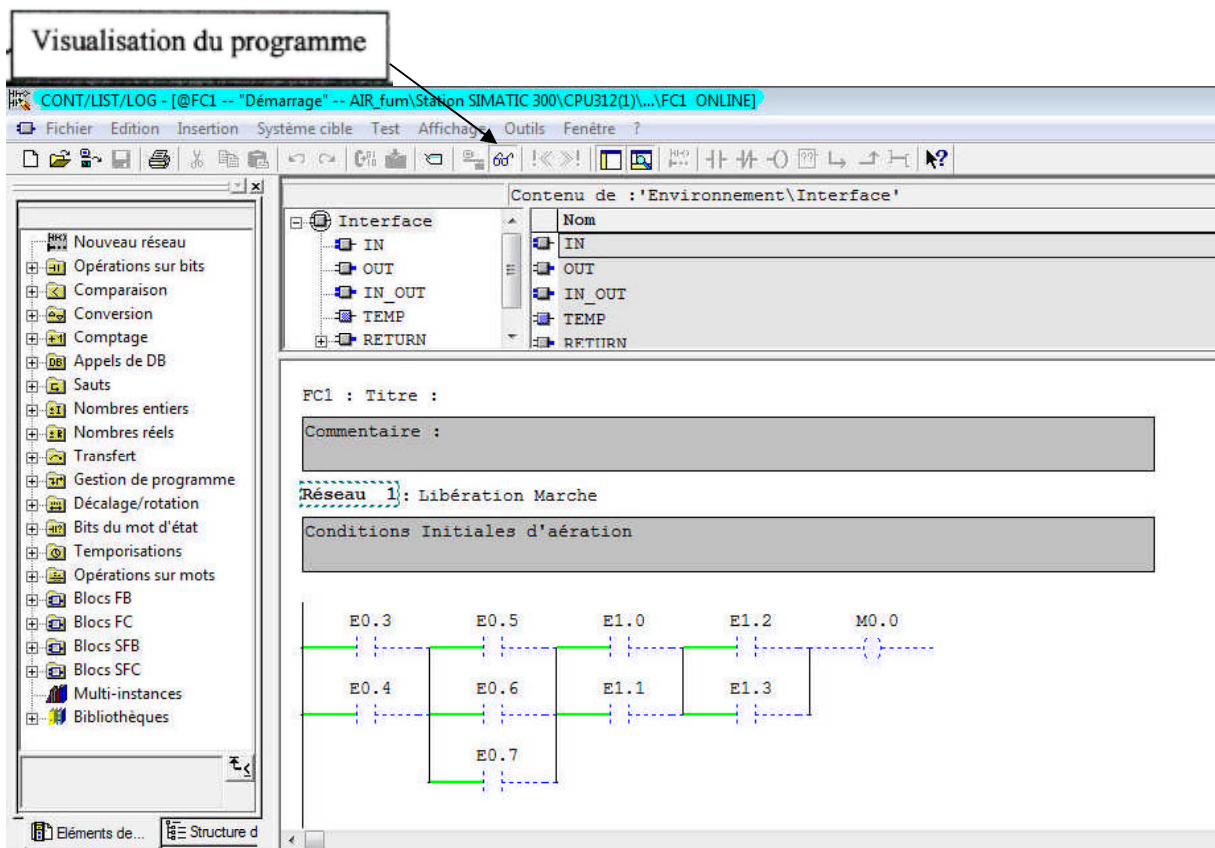


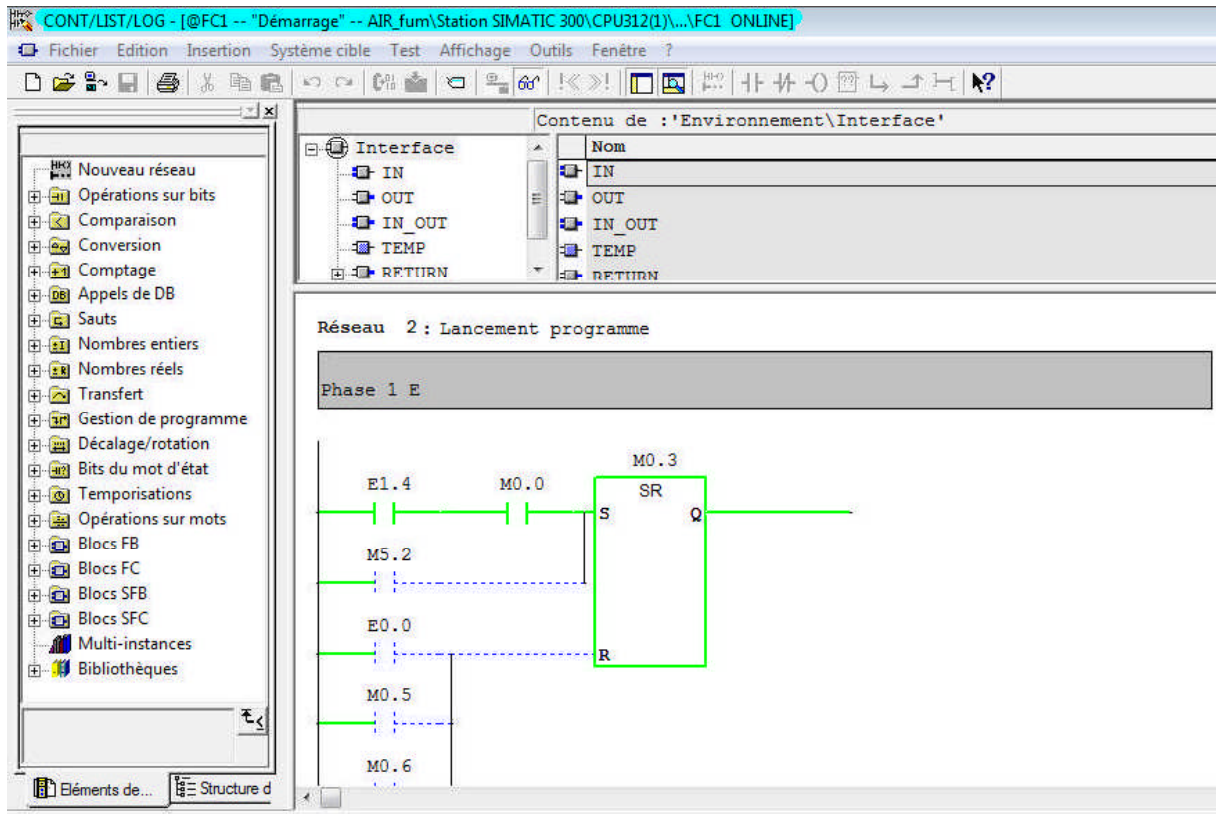
## CHAPITRE IV

### Automatisation du circuit Air/Fumée



Afin de finir les opérations et actionner le simulateur (mise en Run/Run-p), on peut tester le programme et suivre les différentes étapes de notre programme





### V. Visualisation sous SIMATIC WINcc Flexible 2008 :

Le WinCC flexible (Windows Control Center) est un système IHM (Interface Homme Machine) ; autrement dit l'interface entre l'homme (l'opérateur) et la machine (le processus). Il permet à l'opérateur de visualiser et de surveiller le processus par un graphisme à l'écran.

#### V. 1. Procédure de supervision :

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

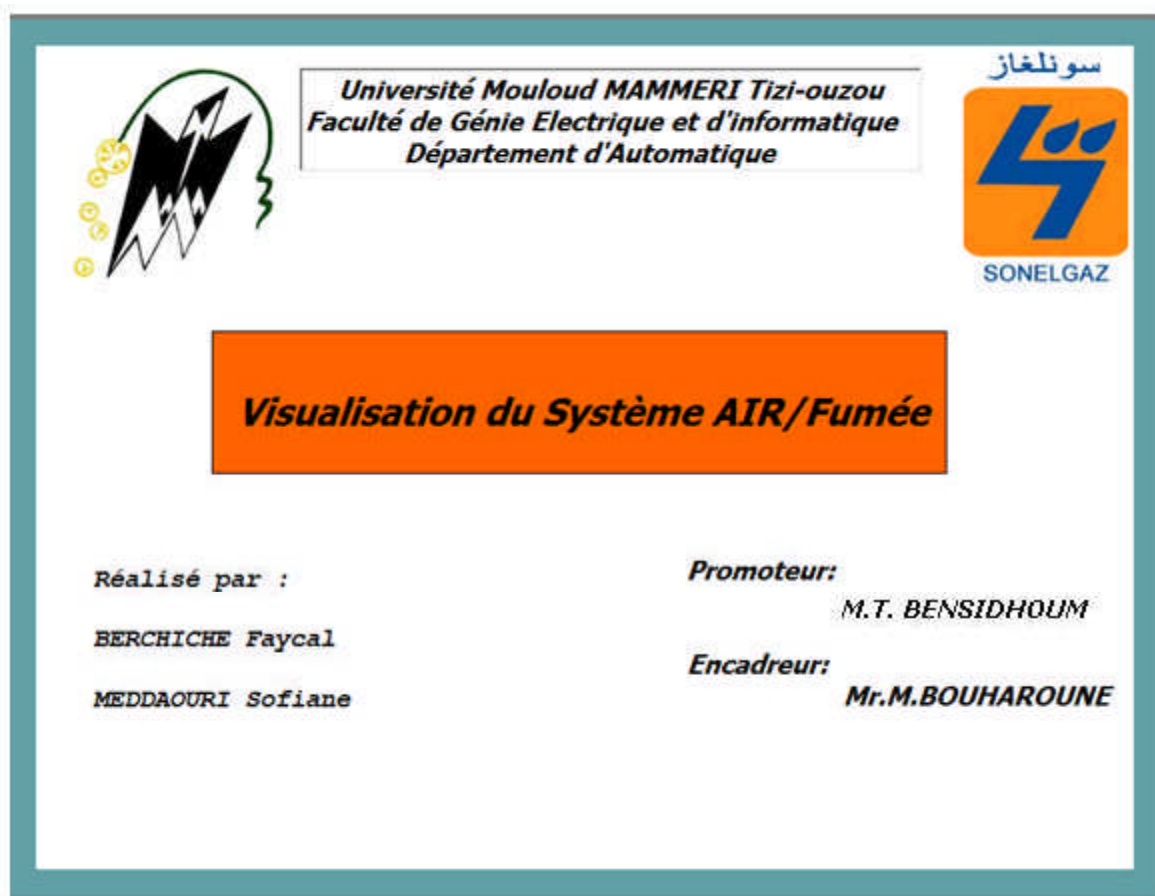
- 1- Créer un projet,
- 2- Sélectionner et installer l'API,
- 3- Définir les variables dans l'éditeur de variables,
- 4- Créer et éditer les vues dans l'éditeur Graphics Designer,
- 5- Paramétrer les propriétés de WinCC runtime,
- 6- Activer les vues dans le WinCC runtime,
- 7- Utiliser le simulateur pour tester les vues du processus.

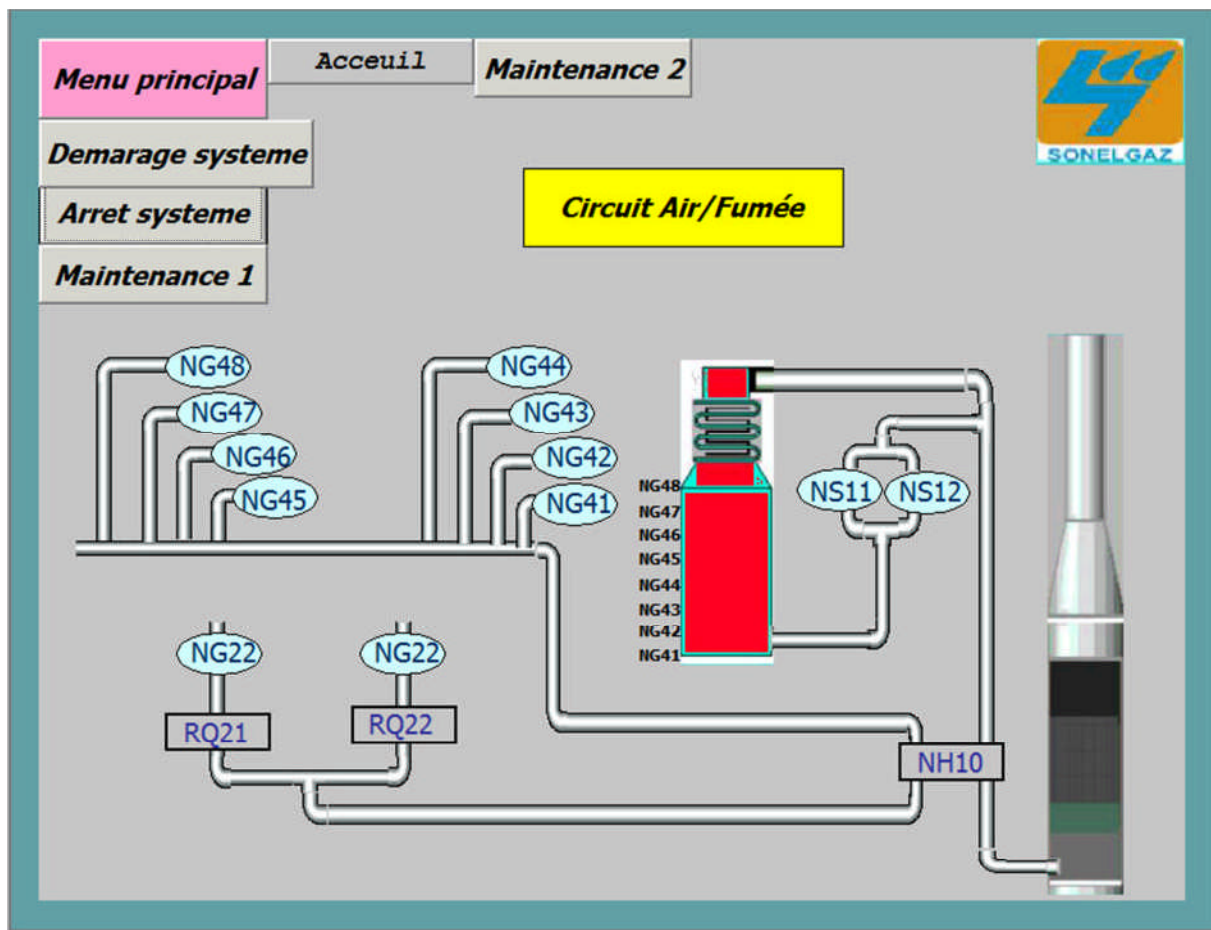
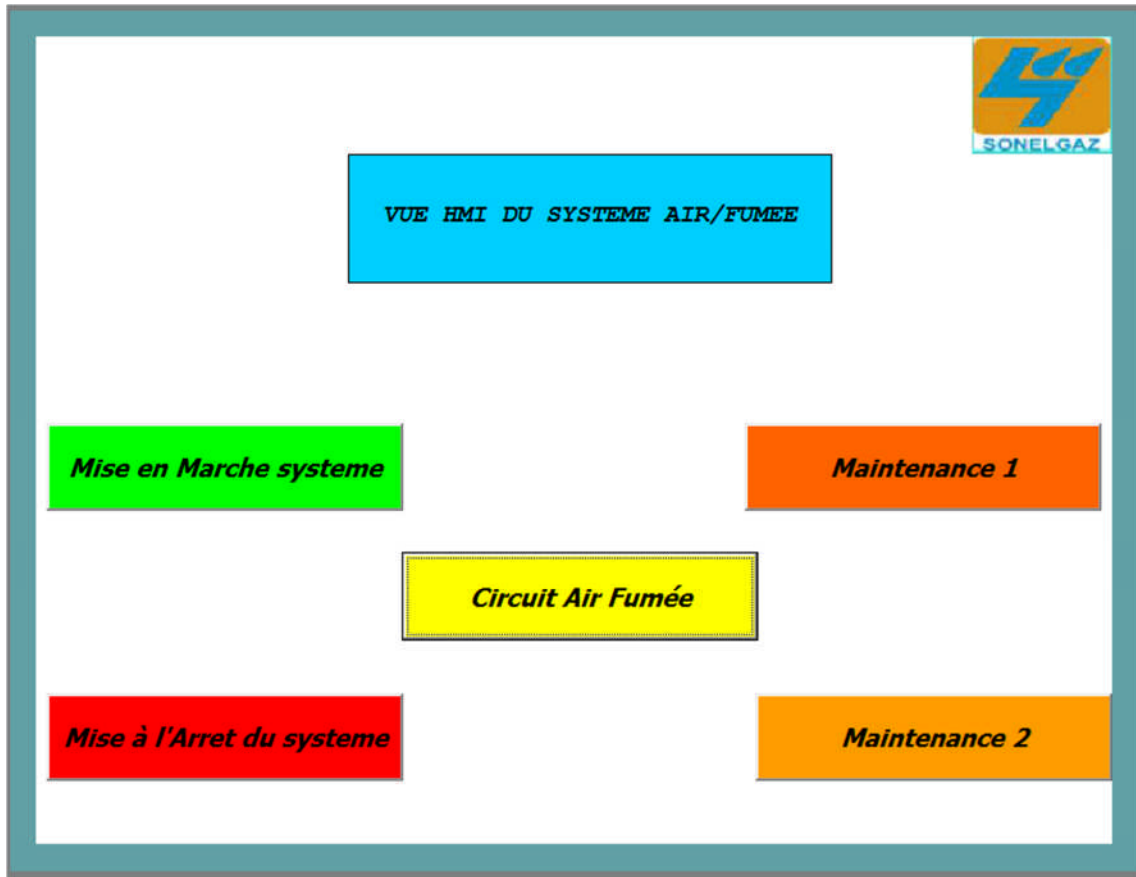
### Automatisation du circuit Air/Fumée

---

Pour la plateforme de supervision que nous avons développé pour le système Air/Fumée, nous avons créé sept (07) vues :

- Deux vues : Accueil et Menu principal afin de présenter notre travail.
- Une vue représente le circuit Air/Fumée
- Les autres vues concernent la mise en marche et arrêt ainsi que la maintenance.





# CHAPITRE IV

## Automatisation du circuit Air/Fumée

**Menu principal**  
**Circuit Air Fumée**  
**Arret systeme**  
**Maintenance 1**  
**Maintenance 2**

**Mise en Marche du système**

Acceuil

Arret d'urgence

SONELGAZ

PHASE 1 PHASE 4 PHASE 7 PHASE 10 PHASE 13

PHASE 2 PHASE 5 PHASE 8 PHASE 11 PHASE 14

PHASE 3 PHASE 6 PHASE 9 PHASE 12 Marche Arret

**Menu principal**  
**Circuit Air Fumée**  
**Demarage systeme**  
**Maintenance 1**  
**Maintenance 2**

**Mise à l'Arret du système**

Acceuil

Arret d'urgence

SONELGAZ

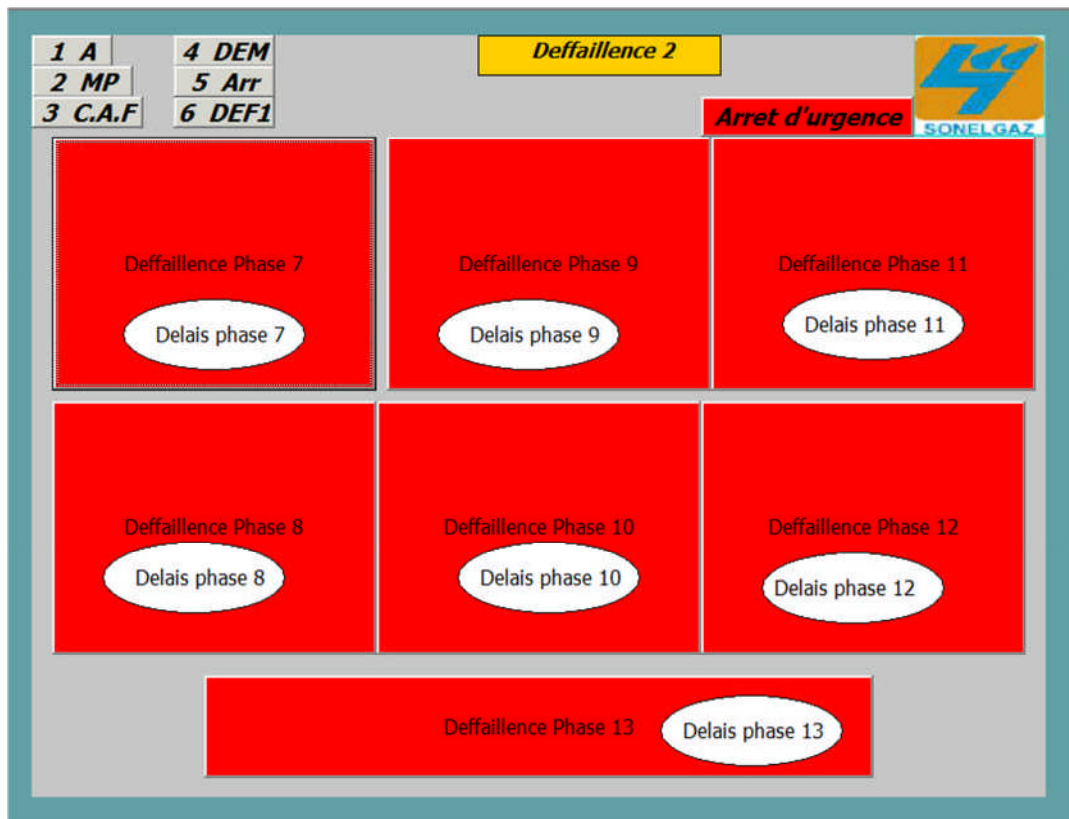
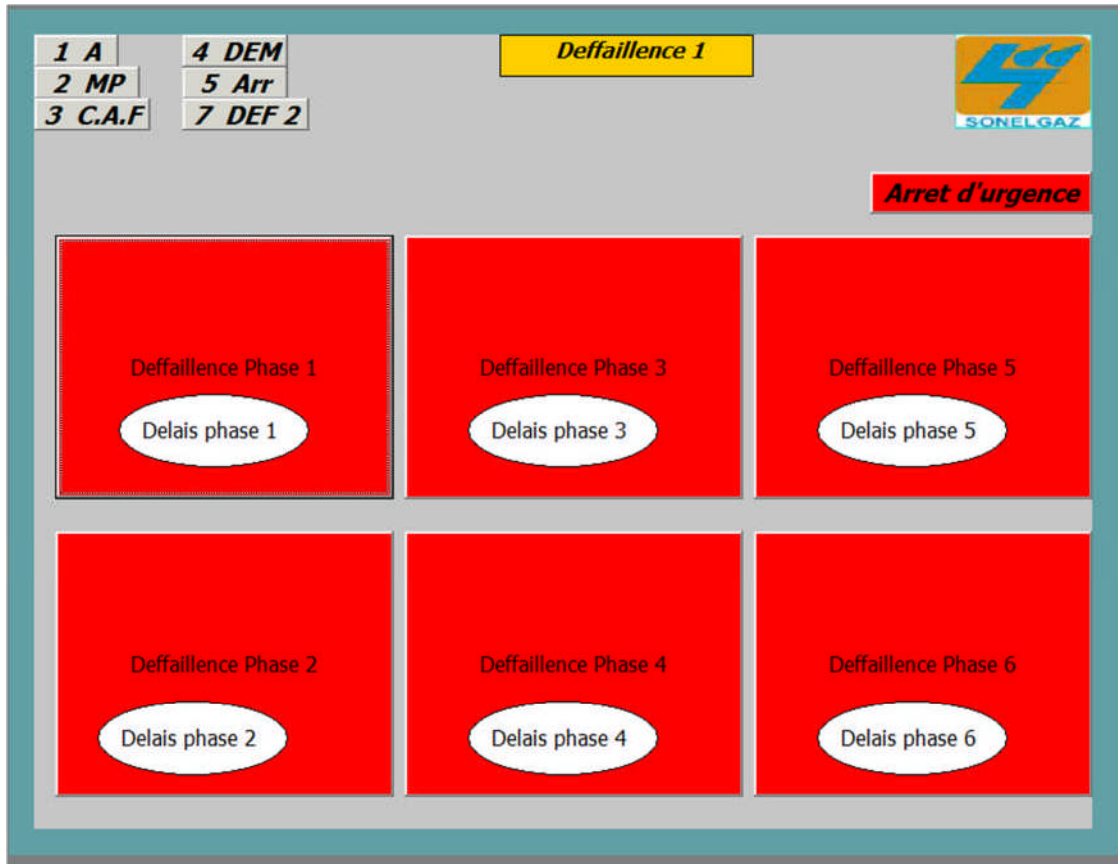
PHASE 51 PHASE 54 PHASE 57 PHASE 60

PHASE 52 PHASE 55 PHASE 58

PHASE 53 PHASE 56 PHASE 59 Marche Arret

# CHAPITRE IV

## Automatisation du circuit Air/Fumée



#### **Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté une vue d'ensemble de l'automate programmable S7-300, que nous avons adoptés pour le pilotage de notre station ainsi que son logiciel de programmation SIMATIC STEP 7 et de Visualisation WINcc flexible.

La validation de notre programme développé a été réalisée grâce au logiciel de simulation de module S7PLCSIM. Cette procédure nous a permis d'apporter les modifications nécessaires d'exécution de notre programme.

*Conclusion générale*  
*Conclusion générale*

## Conclusion générale

---

La présente étude effectuée au niveau de la centrale électrique de Cap-djinet, nous a permis d'acquérir de nombreuses connaissances théoriques, techniques et pratiques.

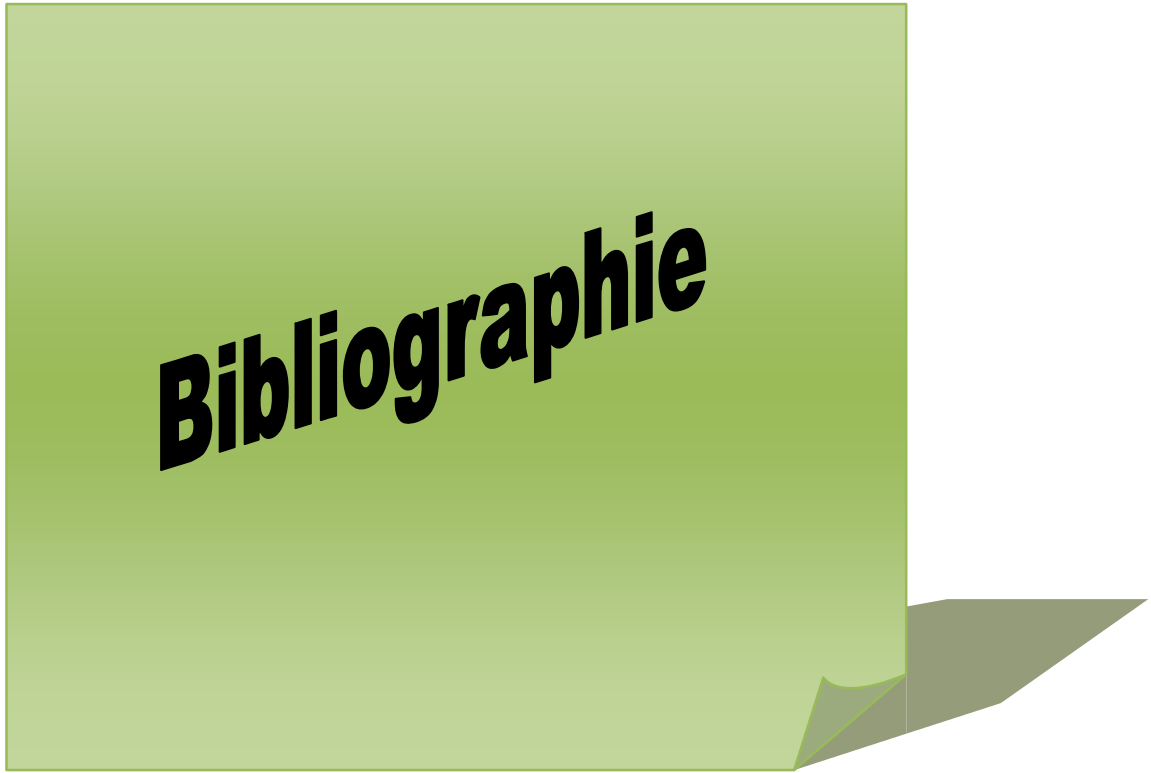
La complexité du système mis en place, nous a amené de découvrir la réalité de l'activité d'une centrale électrique et nous a donné l'occasion, de mettre en pratique nos connaissances théoriques et de nous familiariser avec le monde industriel.

En outre, ce système nous a permis aussi de comprendre l'ampleur extraordinaire, prise dans toutes les filières de l'industrie par la commande des processus par les API en raison de leurs précisions dans le traitement numérique qui permet de générer des commandes adéquates à toutes les situations et dans toutes les conditions.

Le but de ce travail est de réaliser un programme sous STEP 7 pour commander le système Air/Fumée. De ce fait, nous avons modélisé notre système avec l'organigramme qui nous a aidé à élaborer notre programme. Pour le test nous avons utilisé le logiciel S7-PLCSIM qui nous a permis de simuler et de valider nos résultats obtenus mais aussi le logiciel WinCC flexible pour la visualisation.

En perspective, cette étude apportera un plus et constituera un support supplémentaire aux promotions à venir et aux techniciens de la centrale thermique de Cap djinet.

# **Bibliographie**



**1. La documentation interne de la Centrale thermique de Cap-Djinet.**

- Circuit système Eau / Vapeur
- Programme progressive du système Air/Fumée

**2. Documentation SIEMENS**

Supplément au guide de l'utilisateur de STEP

**3. Technique d'ingénieur, l'automate programmable industriel, Michel BERTRAND**

**4. Notice technique des centrales thermiques**

Fascicule N°6 les écarts de consommation

**5. Documentation IAP (ALGERIAN PETROLEUM INSTITUTE).**

Automates Programmables industriels.

**6. [www.siemens.com](http://www.siemens.com) .**

# **ANNEXE 1**

## I. Configuration Matériel du programme :

Station SIMATIC 300 (Configuration) -- AIR\_fum

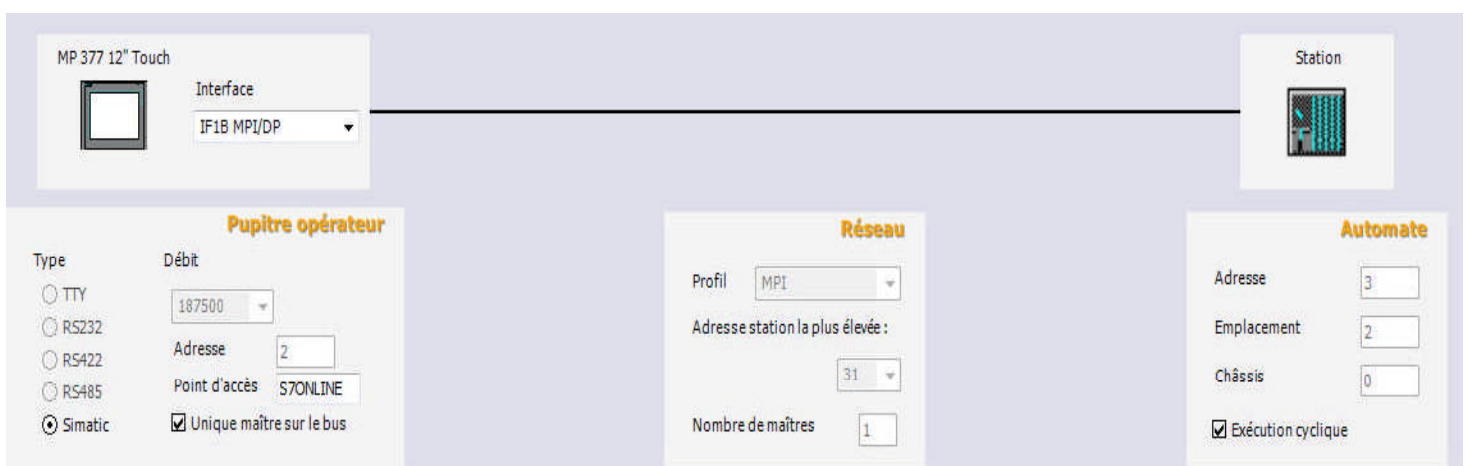
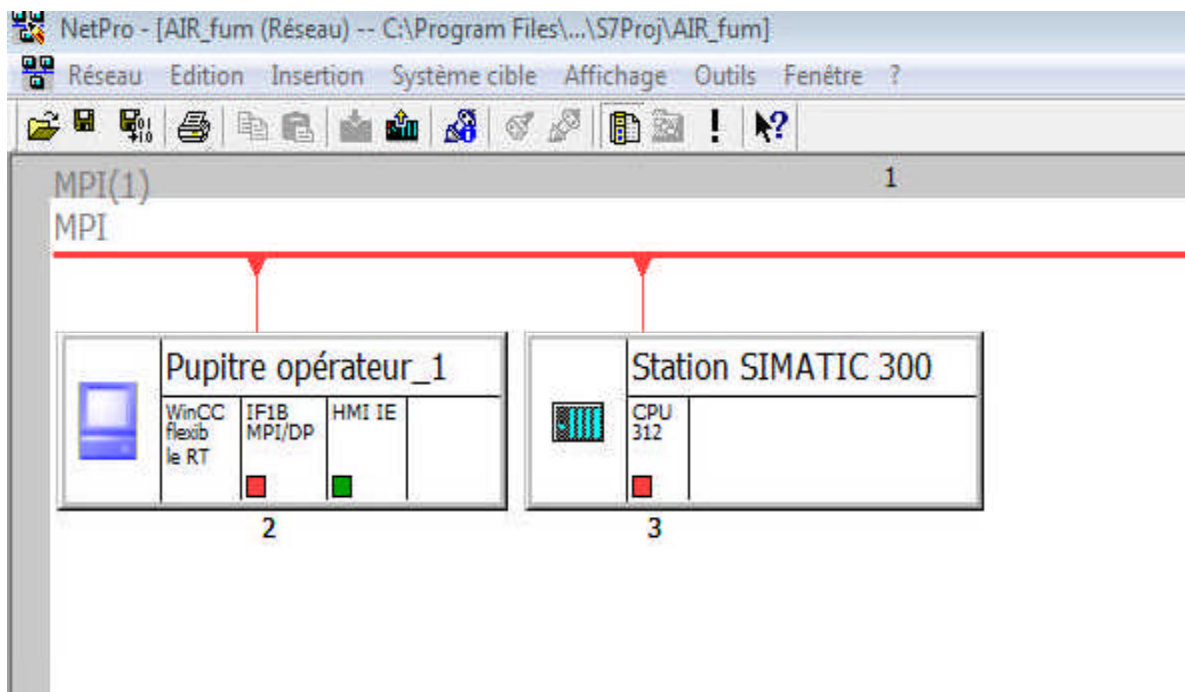
(0) UR

1	PS 307 2A
2	CPU312(1)
3	
4	DI32xDC24V
5	DI16xDC24V
6	DO32xDC24V/0.5A
7	DO32xDC24V/0.5A

(0) UR

Emplacement	Module	Référence	Firmware	Adresse MPI	Adresse d'entrée	Adr...	C...
1	PS 307 2A	6ES7 307-1BA00-0AA0					
2	CPU312(1)	6ES7 312-1AE14-0AB0	V3.0	3			
3							
4	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			0...3		
5	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH00-0AA0			4...5		
6	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0				8...11	
7	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0				12...15	
8							
9							

## II. Liaison entre le HMI et la CPU :



# **ANNEXE 2**

## I. Tables des mnémoniques :

### 1. Les entrées :

	Etat	Mnémonique	Opéra /	Type de d	Commentaire
31		1	E 0.0	BOOL	NR00 U101 VEROUILLAGE CHAUDIERE
32		2	E 0.1	BOOL	NG 00 U002 BRULEUR NETOYAGE
33		3	E 0.2	BOOL	NM00 U101 FEU EN CHAUDIERE
34		4	E 0.3	BOOL	VC08 D001 Pompe principale 1 d'eau de refroidissement en marche
35		5	E 0.4	BOOL	VC09 D001 Pompe principale 2 d'eau de refroidissement en marche
36		6	E 0.5	BOOL	VG11 D001 Pompe secondaire 1 d'eau de refroidissement en marche
37		7	E 0.6	BOOL	VG12 D001 Pompe secondaire 2 d'eau de refroidissement en marche
38		8	E 0.7	BOOL	VG13 D001 Pompe secondaire 3 d'eau de refroidissement en marche
39		9	E 1.0	BOOL	NG21 D001 disjoncteur a moteur de ventilateur de soufflage 1 en marche
40		10	E 1.1	BOOL	NG22 D001 disjoncteur a moteur de ventilateur de soufflage 2 en marche
41		11	E 1.2	BOOL	NS11 D001 disjoncteur a moteur de ventilateur de recyclage 1 en marche
42		12	E 1.3	BOOL	NS12 D001 disjoncteur a moteur de ventilateur de recyclage 2 en marche
43		13	E 1.4	BOOL	Démarrage cycle
44		14	E 1.5	BOOL	Arret d'urgence
45		15	E 1.6	BOOL	Arret cycle
46		16	E 1.7	BOOL	NR80 S001 Bouton poussoir vanne de fumée avant réchauffeur d'air rotatif
47		17	E 2.0	BOOL	NR90 S001 Bouton poussoir vanne de fumée après réchauffeur d'air rotatif
48		18	E 2.1	BOOL	NG21 S002 Bouton poussoir vanne d'air après ventilateur de soufflage 1
49		19	E 2.2	BOOL	NG22 S002 Bouton poussoir vanne d'air après ventilateur de soufflage 2
50		20	E 2.3	BOOL	NS11 S003 Bouton poussoir vanne après ventilateur de recyclage 1
51		21	E 2.4	BOOL	NS12 S003 Bouton poussoir vanne après ventilateur de recyclage 2
52		22	E 2.5	BOOL	NS11 S001 Bouton poussoir vanne avant ventilateur de recyclage 1
53		23	E 2.6	BOOL	NS12 S001 Bouton poussoir vanne avant ventilateur de recyclage 2
54		24	E 2.7	BOOL	NG41 S001 bouton poussoir de vanne de réglage d'air brulleur 1
55		25	E 3.0	BOOL	NG42 S001 bouton poussoir de vanne de réglage d'air brulleur 2
56		26	E 3.1	BOOL	NG43 S001 bouton poussoir de vanne de réglage d'air brulleur 3
57		27	E 3.2	BOOL	NG44 S001 bouton poussoir de vanne de réglage d'air brulleur 4
58		28	E 3.3	BOOL	NG45 S001 bouton poussoir de vanne de réglage d'air brulleur 5
59		29	E 3.4	BOOL	NG46 S001 bouton poussoir de vanne de réglage d'air brulleur 6
60		30	E 3.5	BOOL	NG47 S001 bouton poussoir de vanne de réglage d'air brulleur 7
61		31	E 3.6	BOOL	NG48 S001 bouton poussoir de vanne de réglage d'air brulleur 8
62		32	E 3.7	BOOL	NH10 Y001 Bouton poussoir du réchauffeur d'air rotatif(tourn/arret)
63		33	E 4.0	BOOL	NG40 F903 Capteur Débt d'air frais >50%
64		34	E 4.1	BOOL	NG21 D001 Bouton poussoir ventilateur de soufflage 1
65		35	E 4.2	BOOL	NG22 D001 Bouton poussoir ventilateur de soufflage 2
66		36	E 4.3	BOOL	NS11 D001 Bouton poussoir ventilateur de recyclage 1
67		37	E 4.4	BOOL	NG12 D001 Bouton poussoir ventilateur de recyclage 2
68		38	E 4.5	BOOL	NG21 S001 Bouton poussoir vanne de réglage de turbulence du ventilo de souf 1
69		39	E 4.6	BOOL	NG22 S001 Bouton poussoir vanne de réglage de turbulence du ventilo de souf 2
70		40	E 4.7	BOOL	NS11 S002 Bouton poussoir vanne de réglage de turbulence du ventilo de recycl 1
71		41	E 5.0	BOOL	NS12 S002 Bouton poussoir vanne de réglage de turbulence du ventilo de recycl 2

**Tableau 3 : les entrées du système Air/fumée**

## 2. Les sorties :

	Etat	Mnémonique	Opéra /	Type de d	Commentaire
1		84	A 0.0	BOOL	Servomoteur de la vanne NR80 S001 Reg fum dev rech rot
2		85	A 0.1	BOOL	Servomoteur de la vanne NR90 S001 reg d'fum ar rech rot
3		86	A 0.2	BOOL	servomoteur de la vanne NG21 S002 reg ar vent souf 1
4		87	A 0.3	BOOL	servomoteur de la vanne NG22 S002 reg ar vent souf 2
5		88	A 0.4	BOOL	servomoteur de la vanne NS11 S003 reg ar vent recycl 1
6		89	A 0.5	BOOL	servomoteur de la vanne NS12 S003 reg ar vent recycl 2
7		90	A 0.6	BOOL	servomoteur de la vanne NG41 S001 reg d'air brul 1
8		91	A 0.7	BOOL	servomoteur de la vanne NG42 S001 reg d'air brul 2
9		92	A 1.0	BOOL	servomoteur de la vanne NG43 S001 reg d'air brul 3
10		93	A 1.1	BOOL	servomoteur de la vanne NG44 S001 reg d'air brul 4
11		94	A 1.2	BOOL	servomoteur de la vanne NG45 S001 reg d'air brul 5
12		95	A 1.3	BOOL	servomoteur de la vanne NG46 S001 reg d'air brul 6
13		96	A 1.4	BOOL	servomoteur de la vanne NG47 S001 reg d'air brul 7
14		97	A 1.5	BOOL	servomoteur de la vanne NG48 S001 reg d'air brul 8
15		98	A 1.6	BOOL	NK11 U001 Moteur Ventilateur d'air de refroidissement ou d'allumage
16		99	A 1.7	BOOL	NH10 D001 Entraînement principale du réchauffeur d'air rotatif
17		100	A 2.0	BOOL	NS11 U001 Pompe d'huile de graissage du venti de recyc 1
18		101	A 2.1	BOOL	NS12 U001 Pompe d'huile de graissage du venti de recyc 2
19		102	A 2.2	BOOL	NG20 C001 Débit d'air frais >50%
20		103	A 2.3	BOOL	NG00 U002 Balayage chaudiere
21		104	A 2.4	BOOL	NG21 D001 Moteur du ventilateur de soufflage 1
22		105	A 2.5	BOOL	NG22 D001 Moteur du ventilateur de soufflage 2
23		106	A 2.6	BOOL	RQ21 S001 réchauffeur d'air a vapeur 1
24		107	A 2.7	BOOL	RQ22 S001 réchauffeur d'air a vapeur 2
25		108	A 3.2	BOOL	NG21 S001 servomoteur vanne de réglage av du vent de souff 1
26		109	A 3.3	BOOL	NG22 S001 servomoteur vanne de réglage av du vent de souff 2
27		110	A 3.4	BOOL	NS11 S002 servomoteur vanne de réglage du vent de recycl 1
28		111	A 3.5	BOOL	NS12 S002 servomoteur vanne de réglage du vent de recycl 2
29		112	A 4.1	BOOL	NS11 D001 moteur du ventilateur de recyclage 1
30		113	A 4.2	BOOL	NS12 D001 moteur du ventilateur de recyclage 2

75		42	M	0.0	BOOL	liberation marche
76		45	M	0.3	BOOL	phase 1
77		46	M	0.4	BOOL	phase 2
78		47	M	0.5	BOOL	phase 3
79		48	M	0.6	BOOL	phase 4
80		49	M	0.7	BOOL	phase 5
81		50	M	1.0	BOOL	phase 6
82		51	M	1.1	BOOL	phase 7
83		52	M	1.2	BOOL	phase 8
84		53	M	1.3	BOOL	phase 9
85		54	M	1.4	BOOL	phase 10
86		55	M	1.5	BOOL	phase 11
87		56	M	1.6	BOOL	phase 12
88		57	M	1.7	BOOL	phase 13
89		58	M	2.0	BOOL	phase 14
90		59	M	2.1	BOOL	phase 51
91		60	M	2.2	BOOL	phase 52
92		61	M	2.3	BOOL	phase 53
93		62	M	2.4	BOOL	phase 54
94		63	M	2.5	BOOL	phase 55
95		64	M	2.6	BOOL	phase 56
96		65	M	2.7	BOOL	phase 57
97		66	M	3.0	BOOL	phase 58
98		67	M	3.1	BOOL	phase 59
99		68	M	3.2	BOOL	phase 60
100		69	M	3.3	BOOL	defaillance phase 1
101		70	M	3.4	BOOL	fin maint
102		71	M	3.5	BOOL	defaillance phase 2
103		72	M	3.6	BOOL	defaillance phase 3
104		73	M	3.7	BOOL	defaillance phase 4
105		74	M	4.0	BOOL	defaillance phase 5
106		75	M	4.1	BOOL	defaillance phase 6
107		76	M	4.2	BOOL	defaillance phase 7
108		77	M	4.3	BOOL	defaillance phase 8
109		78	M	4.4	BOOL	defaillance phase 9
110		79	M	4.5	BOOL	defaillance phase 10
111		80	M	4.6	BOOL	defaillance phase 11
112		81	M	4.7	BOOL	defaillance phase 12
113		82	M	5.0	BOOL	defaillance phase 13
114		83	M	5.1	BOOL	defaillance phase 14
115		114	M	5.2	BOOL	Demarage HMI
116		115	M	5.3	BOOL	Arret HMI

**Tableau 4 : Les sorties du système Air/Fumée**

# **ANNEXE 3**

# I. Programme du système Air/Fumée :

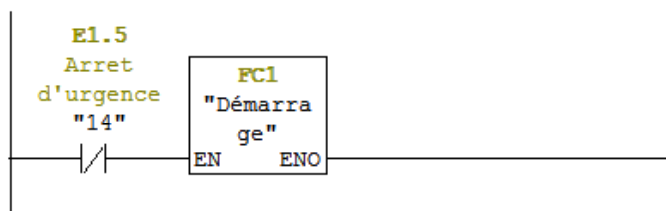
## ➤ OB1 :

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Commentaire :

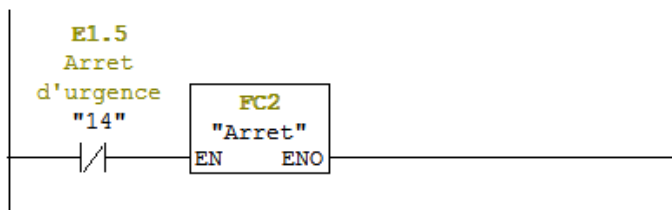
Réseau 1 : Mise en Marche

Commentaire :



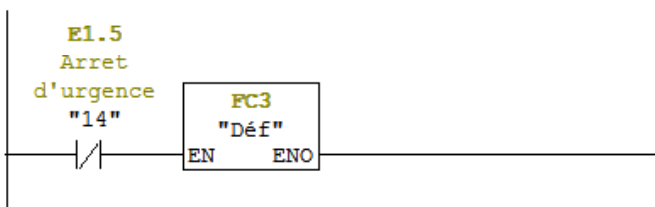
Réseau 2 : Mise a l'Arret

Commentaire :



Réseau 3 : Defaillance

Commentaire :



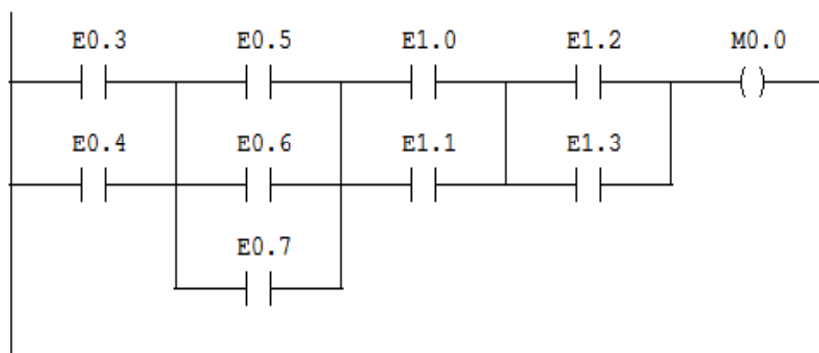
➤ **FC1 : Mise en Marche**

FC1 : Mise en marche

Commentaire :

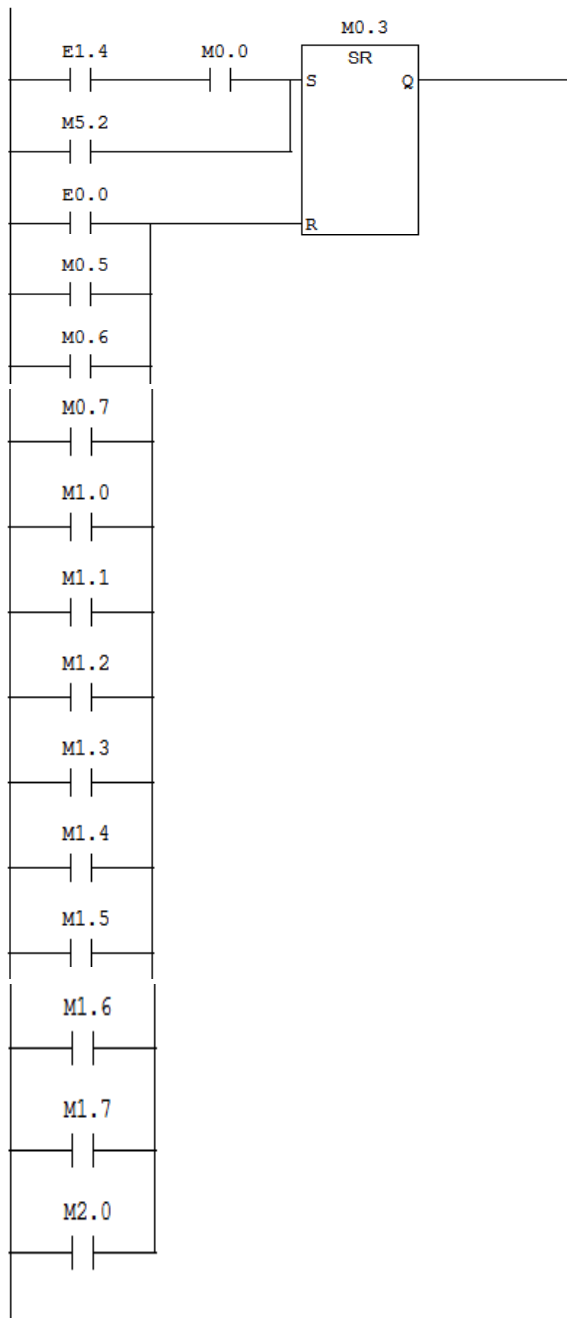
**Réseau 1** : Libération Marche

Conditions Initiales d'aération



Réseau 2 : Lancement programme

Phase 1 E



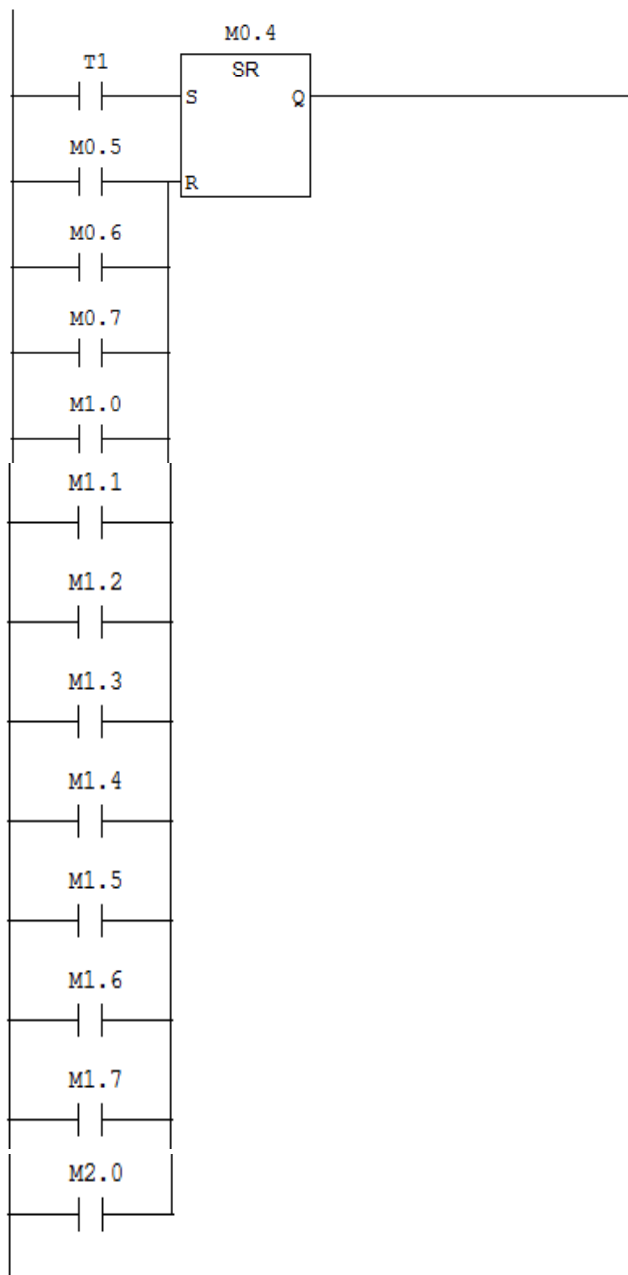
Réseau 3 : Titre :

PHASE 1 S



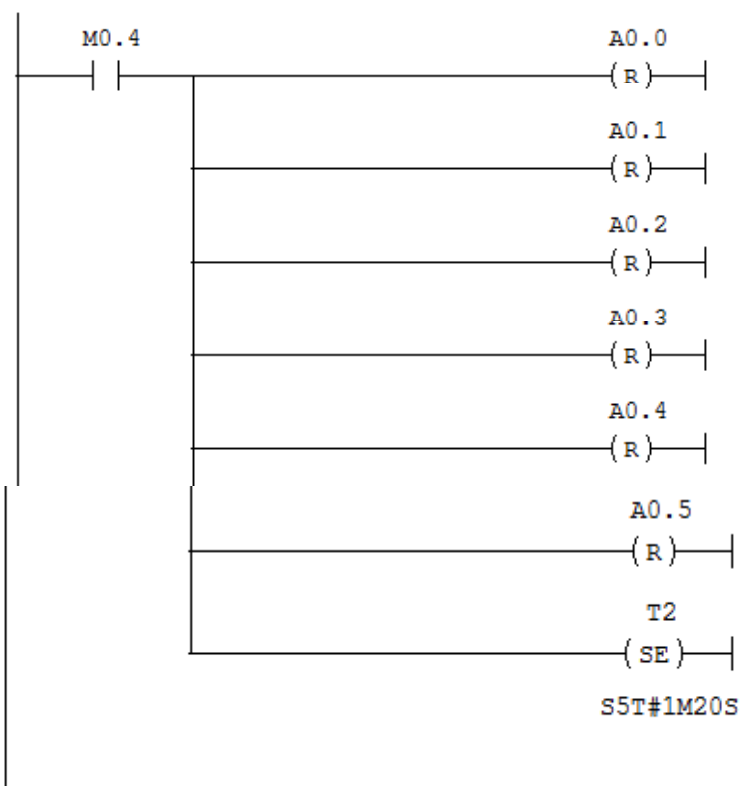
Réseau 4 : phase 2

Commentaire :



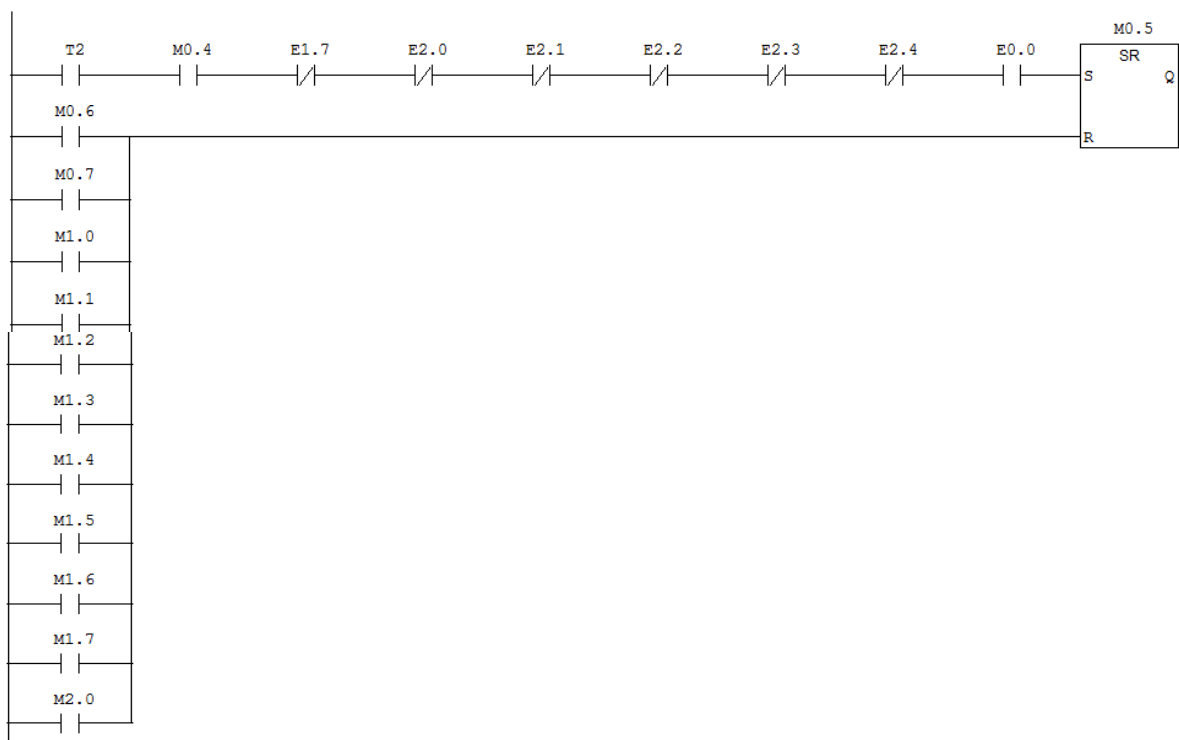
Réseau 5 : Sortie p2

Commentaire :



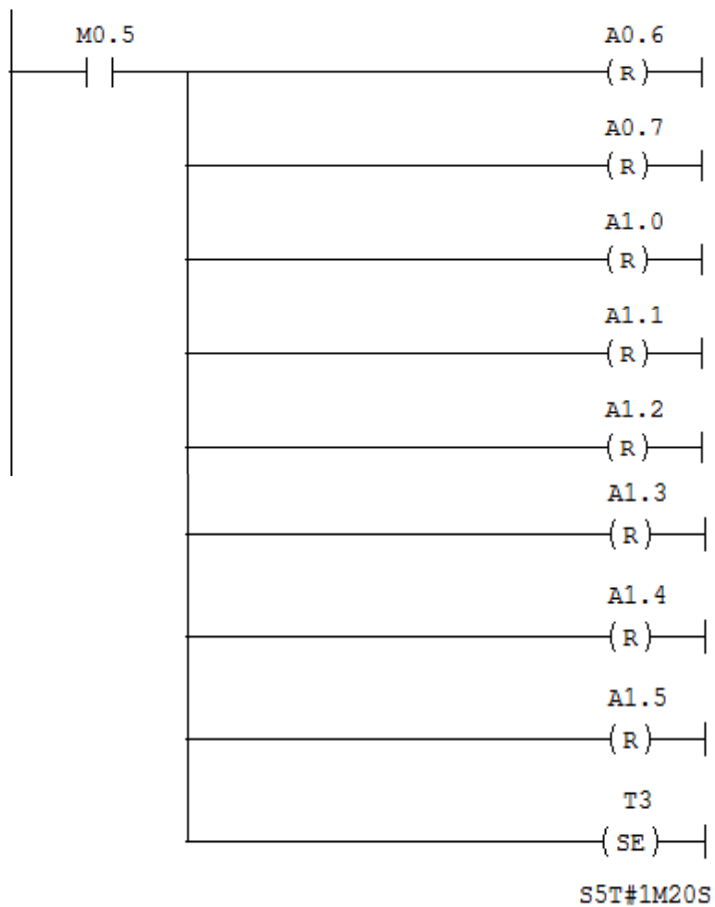
Réseau 6 : phase 3

Commentaire :



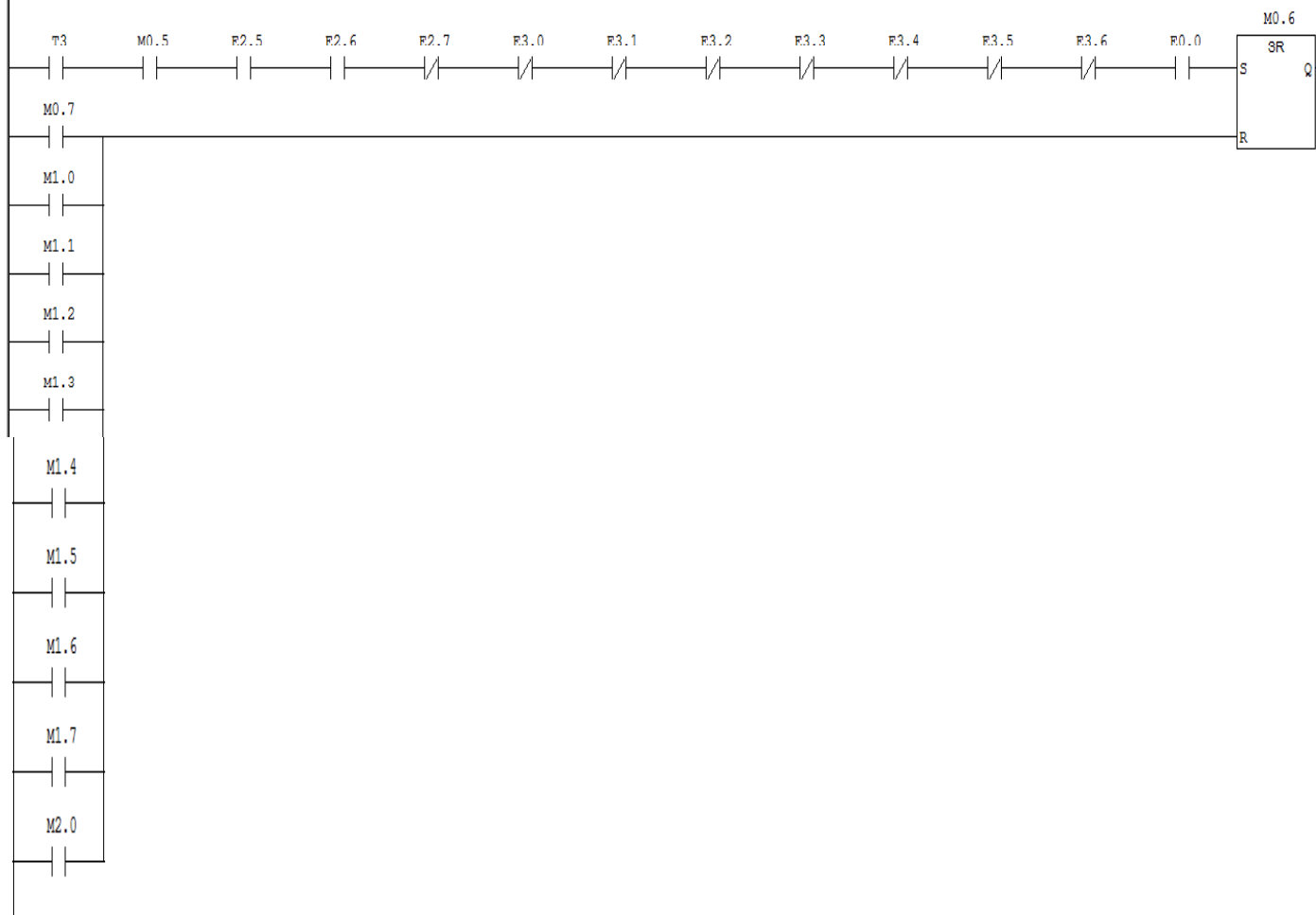
Réseau 7 : sortie P3

Commentaire :



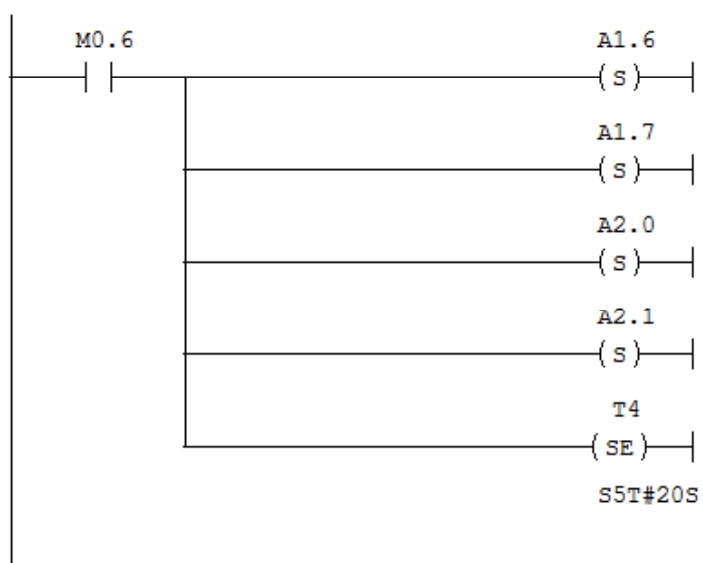
Réseau 8 : phase 4

Commentaire :



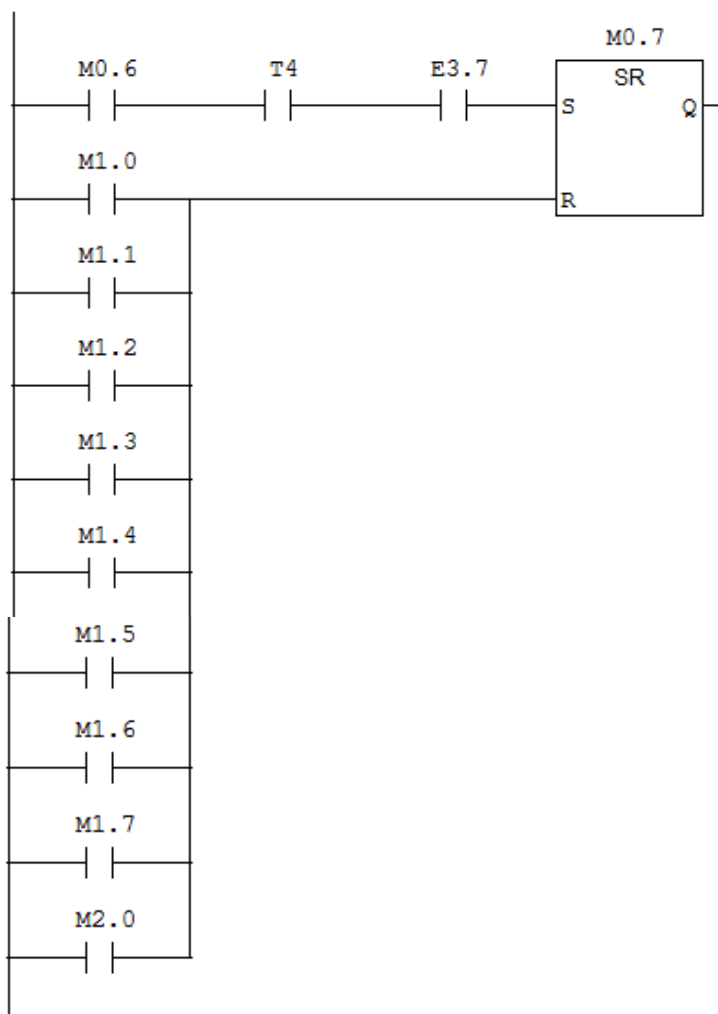
Réseau 9 : sortie P4

Commentaire :



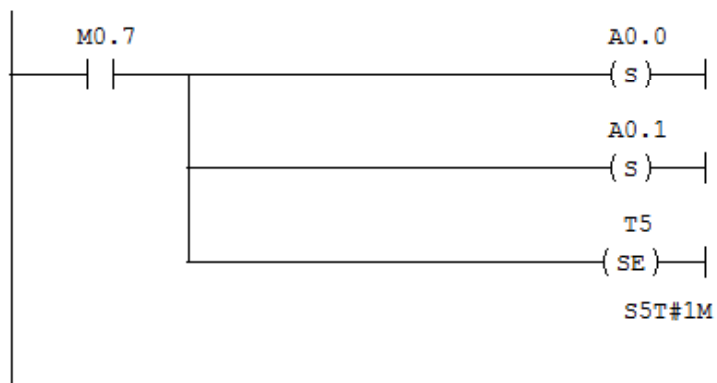
Réseau 10 : phase 5

Commentaire :



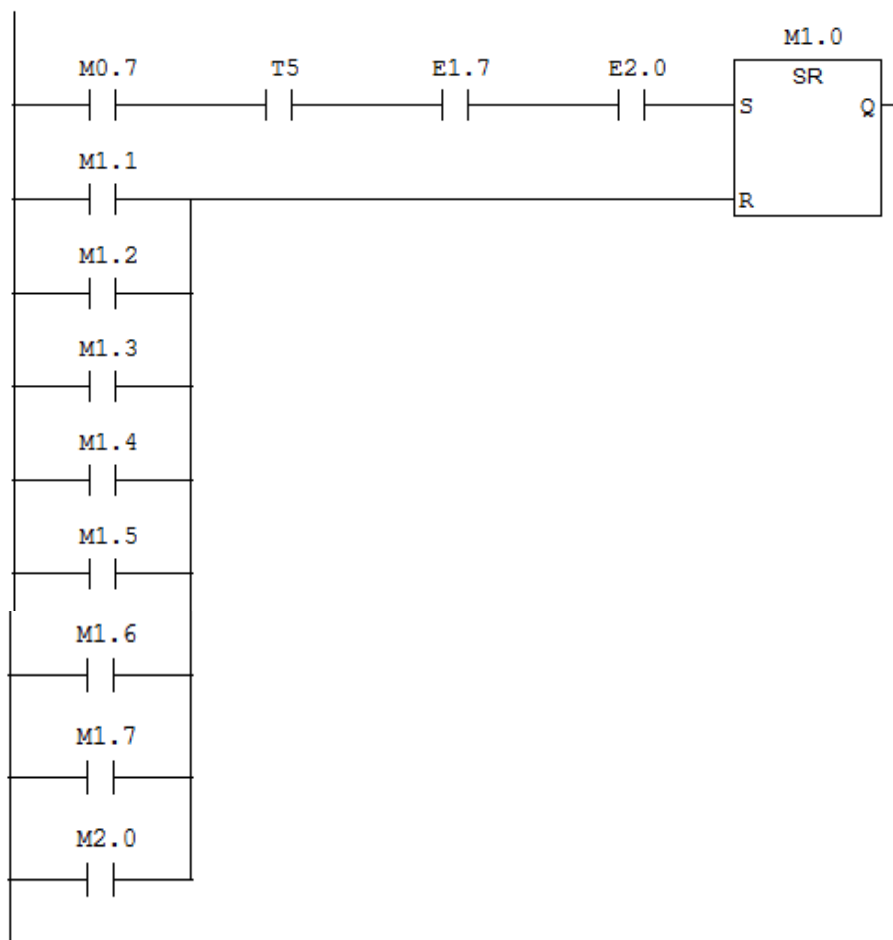
Réseau 11 : Sortie p5

Commentaire :



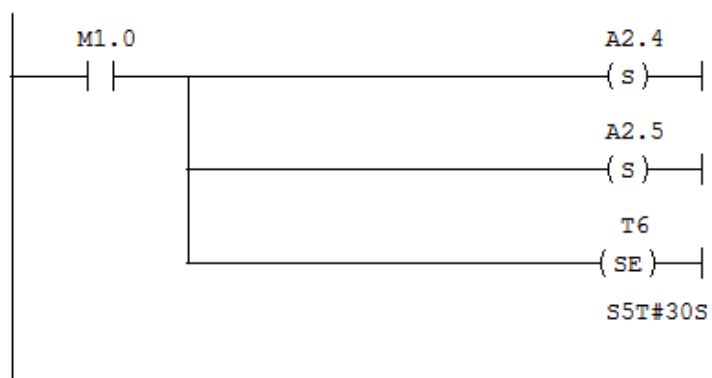
## Réseau 12 : Phase 6

Commentaire :



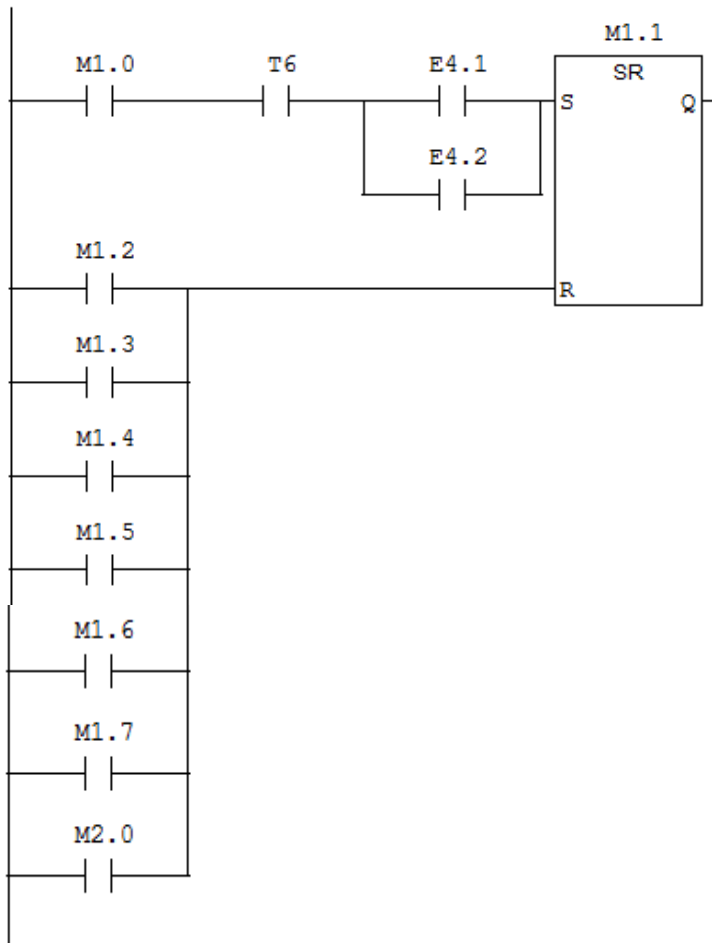
## Réseau 13 : sortie p6

Commentaire :



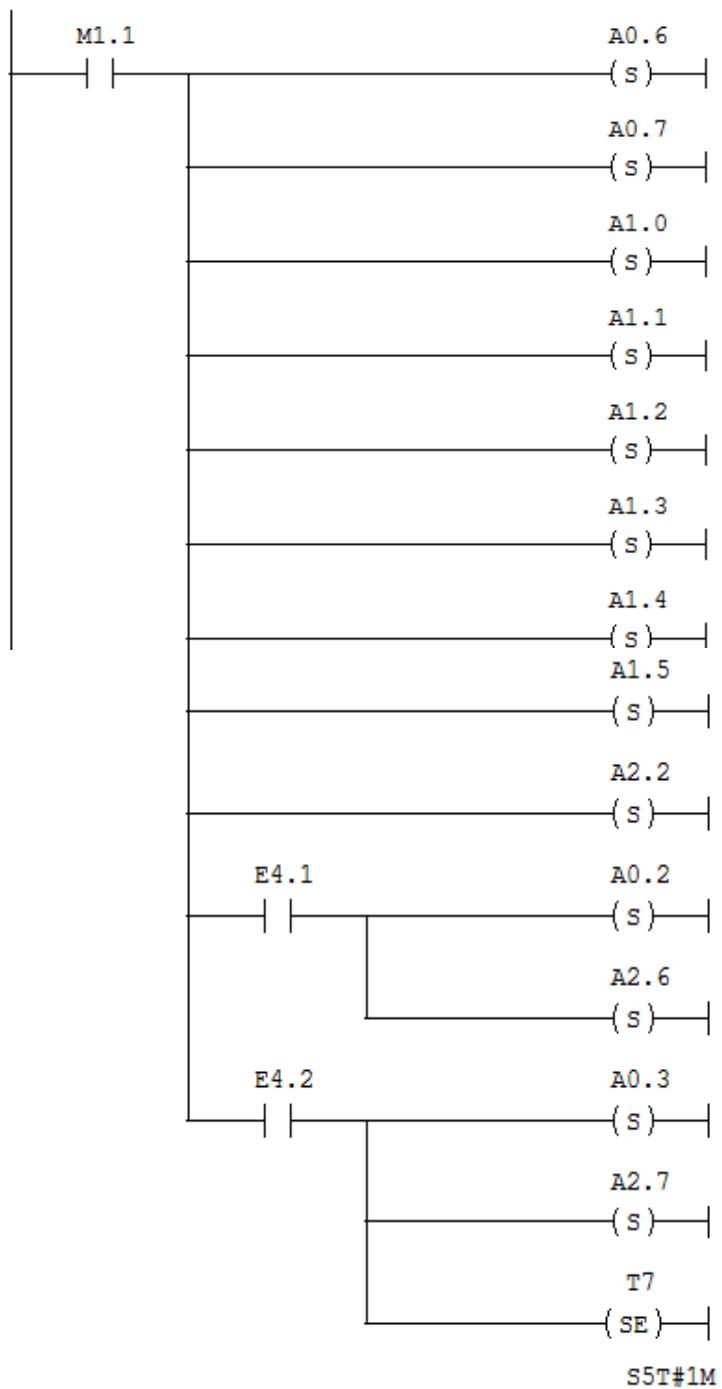
## Réseau 14 : Phase 7

Commentaire :



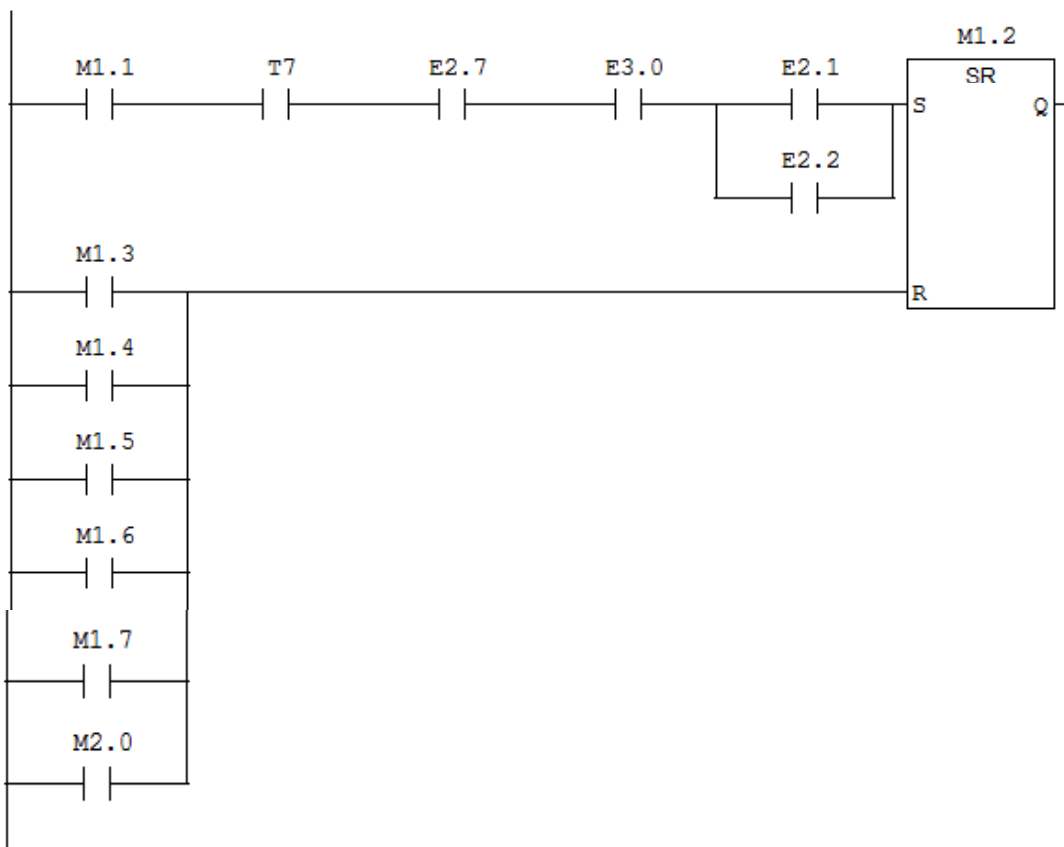
## Réseau 15 : Sortie P7

Commentaire :



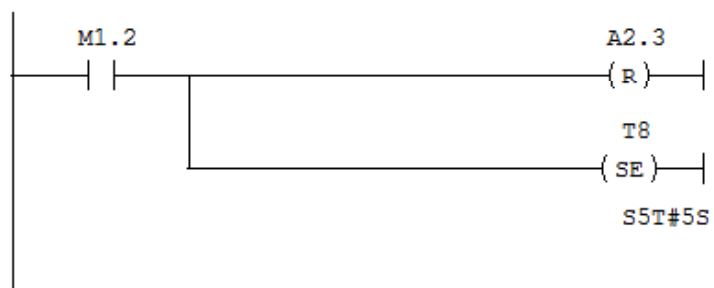
Réseau 16 : Phase 8

Commentaire :



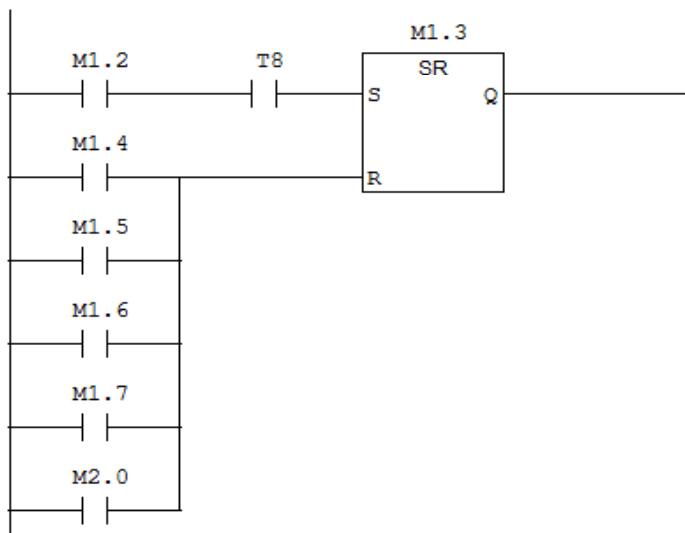
Réseau 17 : Sortie p8

Commentaire :



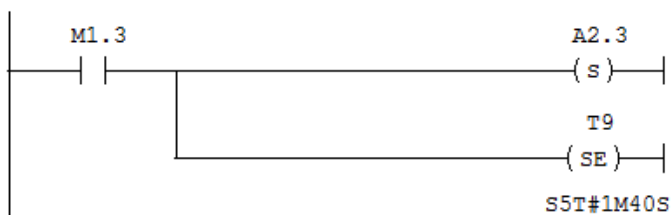
Réseau 18 : Phase 9

Commentaire :



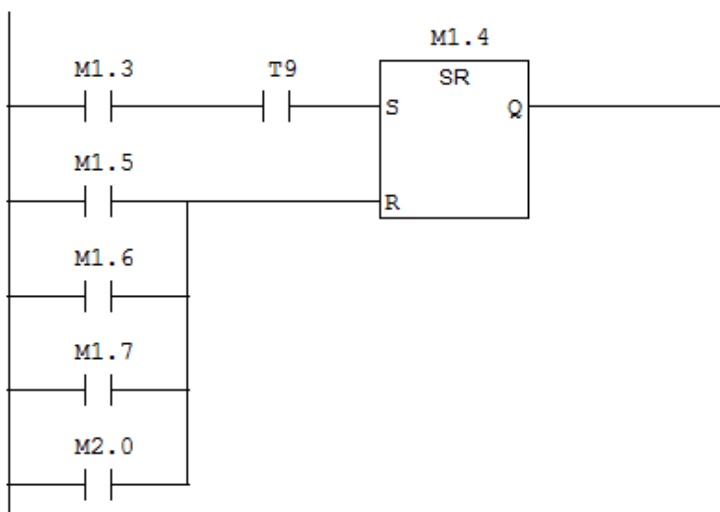
Réseau 19 : Sortie p9

Commentaire :



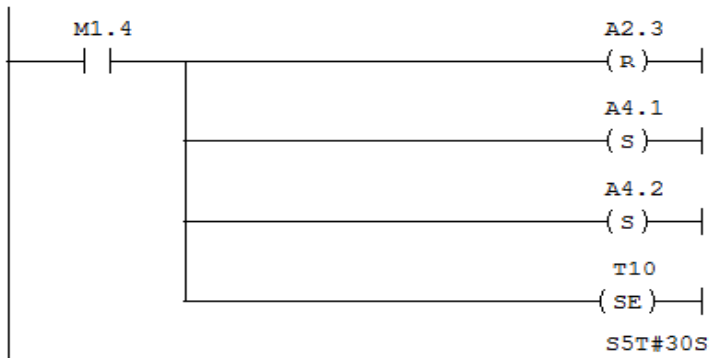
Réseau 20 : Phase 10

Commentaire :



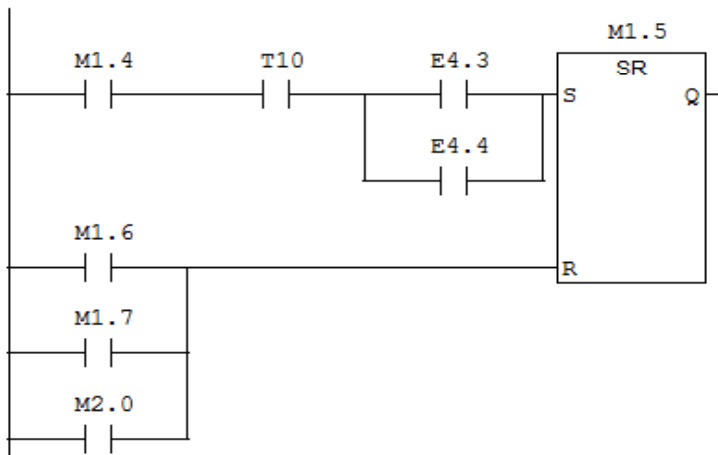
Réseau 21 : Sortie p10

Commentaire :



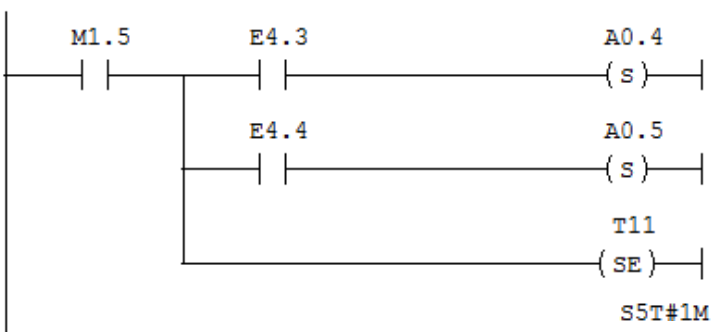
Réseau 22 : phase 11

Commentaire :



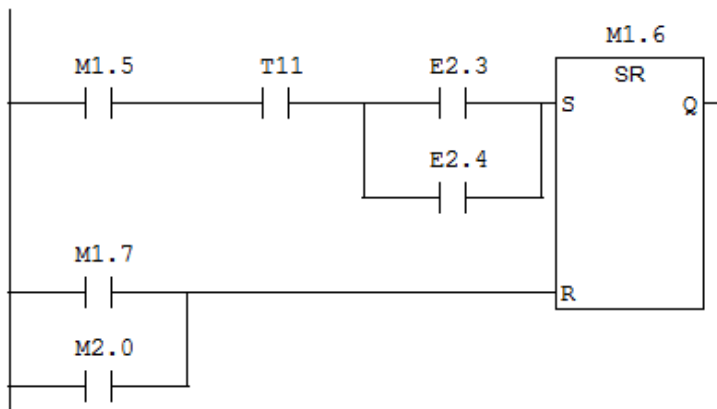
Réseau 23 : sortie p11

Commentaire :



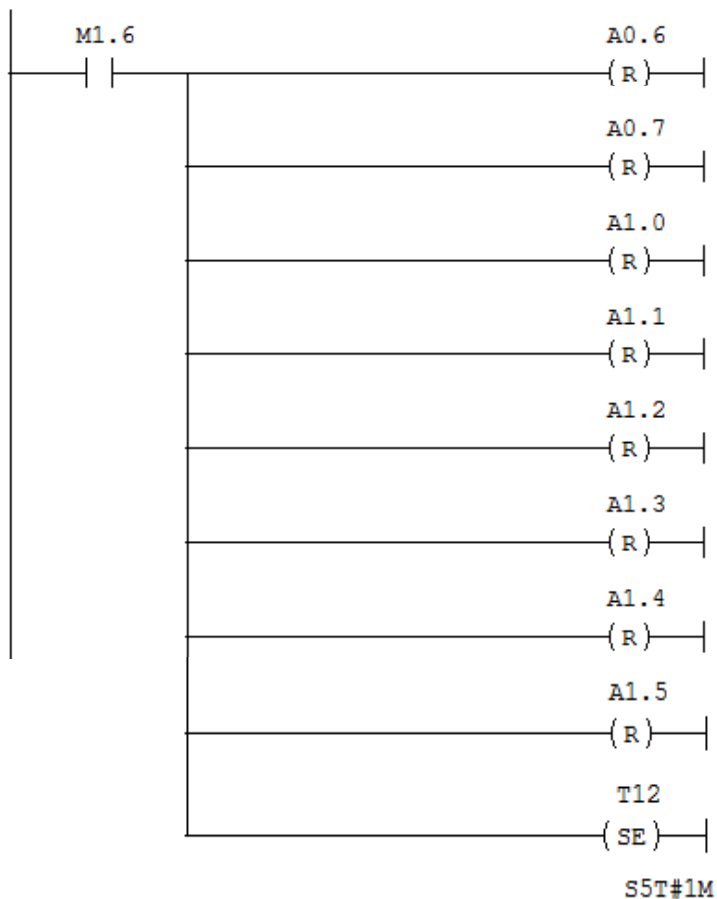
Réseau 24 : phase 12

Commentaire :



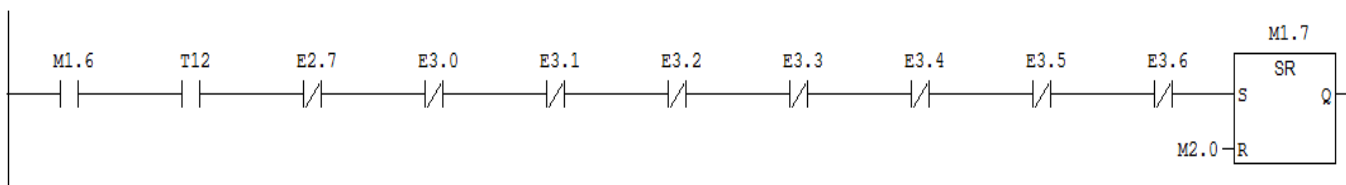
Réseau 25 : sortie p12

Commentaire :



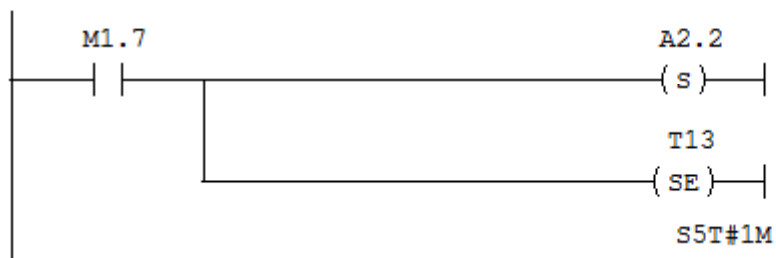
Réseau 26 : phase 13

Commentaire :



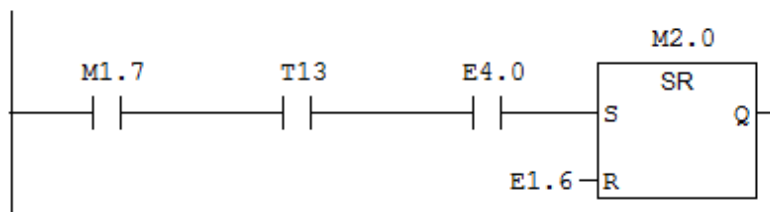
Réseau 27 : sortie p13

Commentaire :



Réseau 28 : phase 14

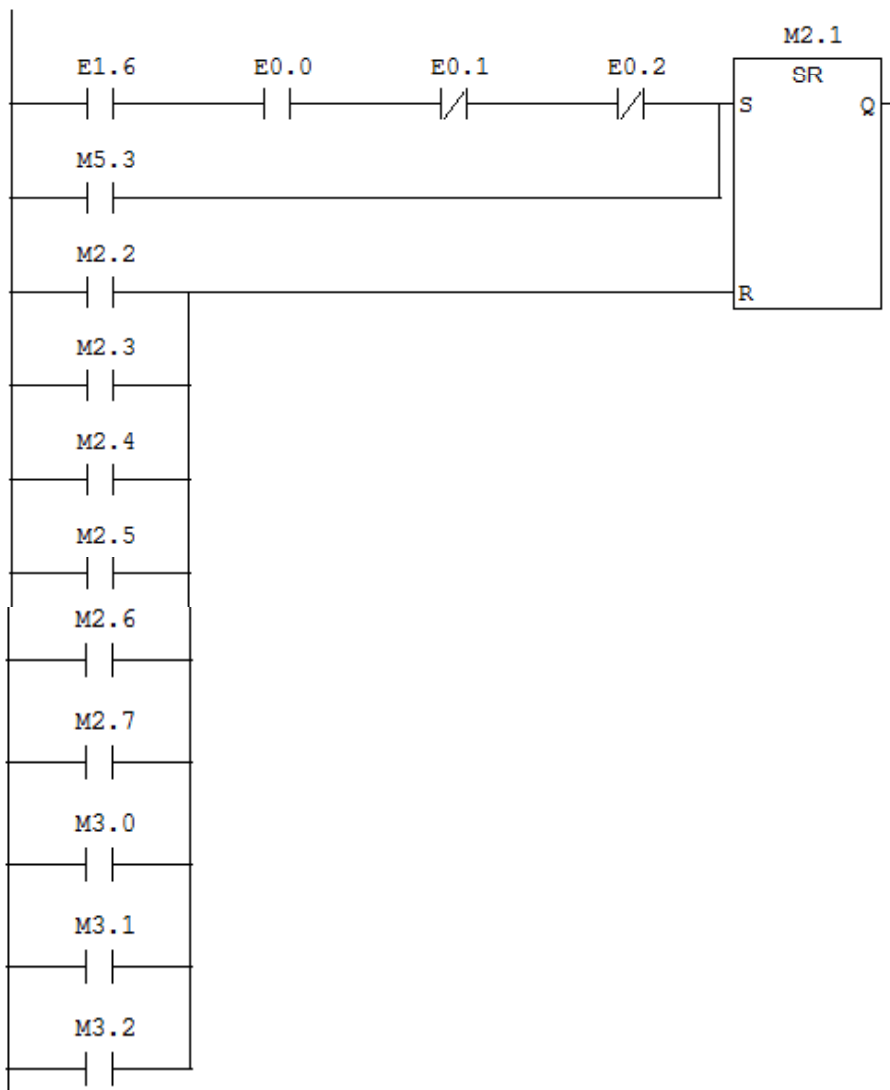
Commentaire :



➤ FC2 : Mise à l'Arrêt

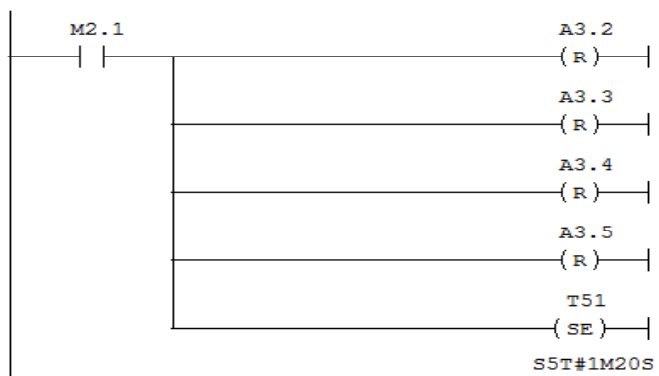
Réseau 1 : phase 51

Commentaire :



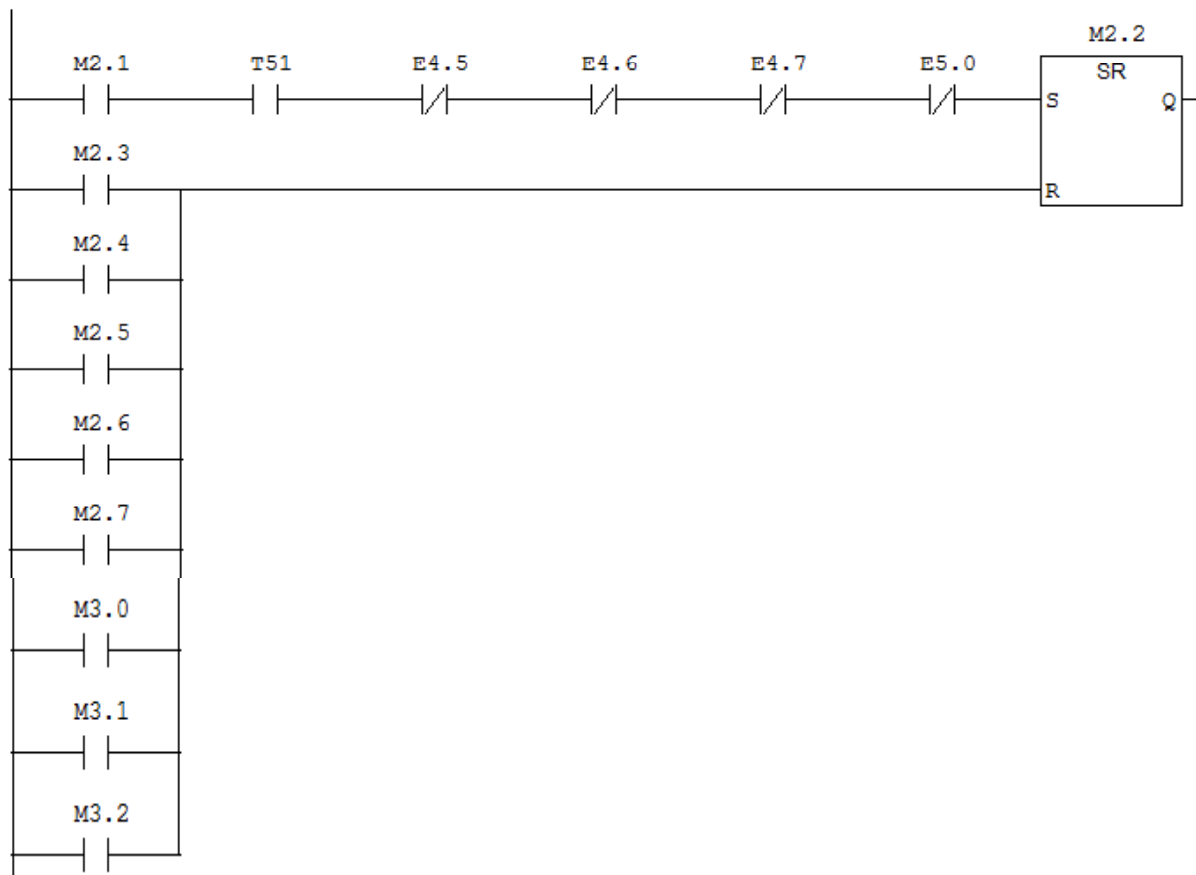
Réseau 2 : Sortie p51

Commentaire :



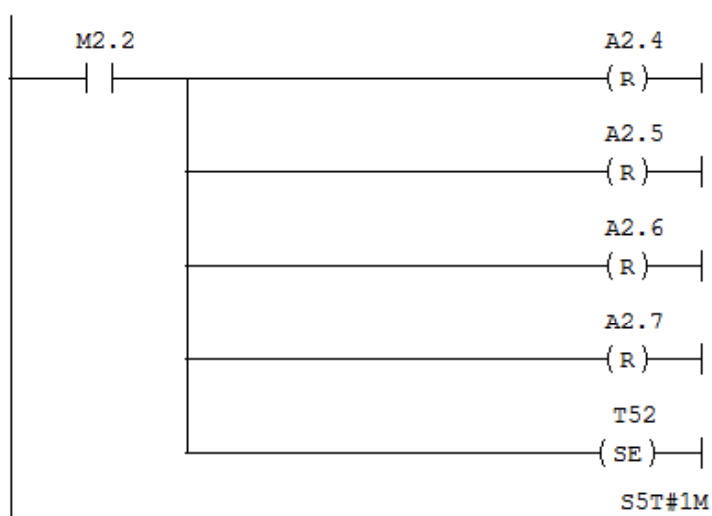
Réseau 3 : phase 52

Commentaire :



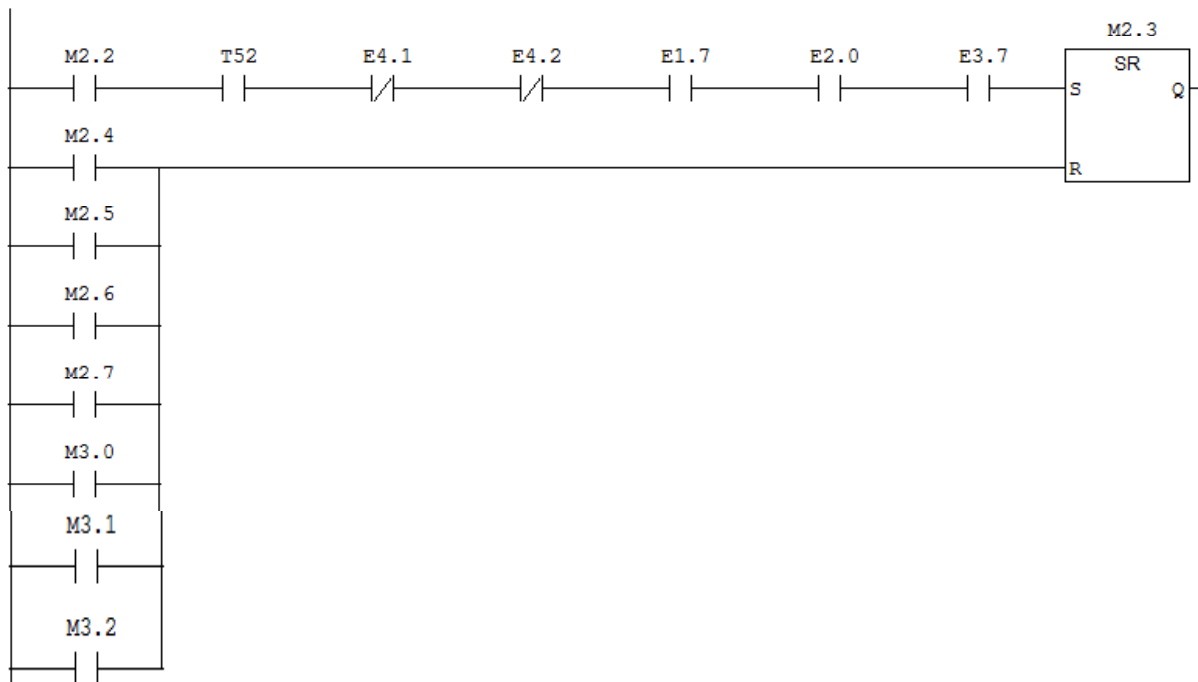
Réseau 4 : sortie p52

Commentaire :



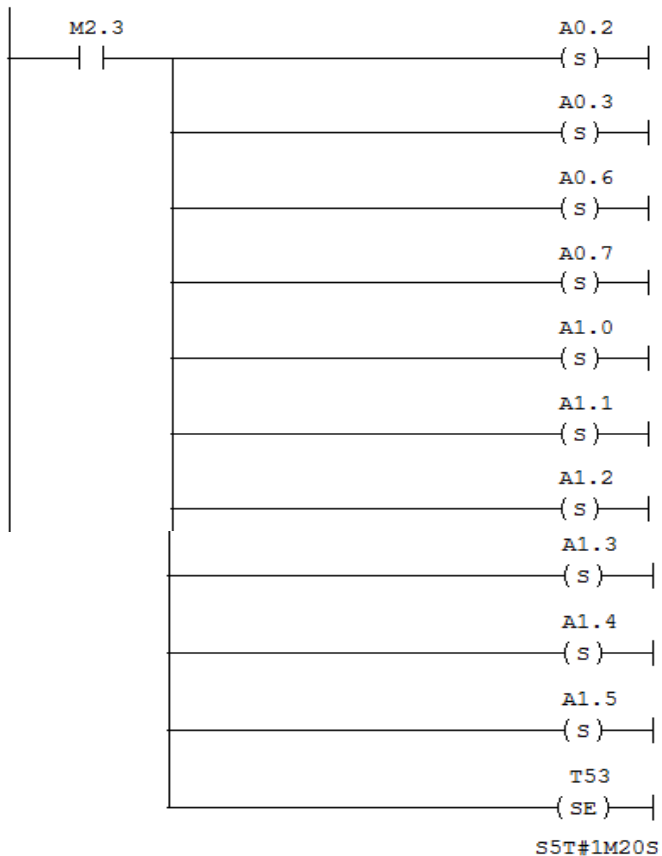
Réseau 5 : phase 53

Commentaire :



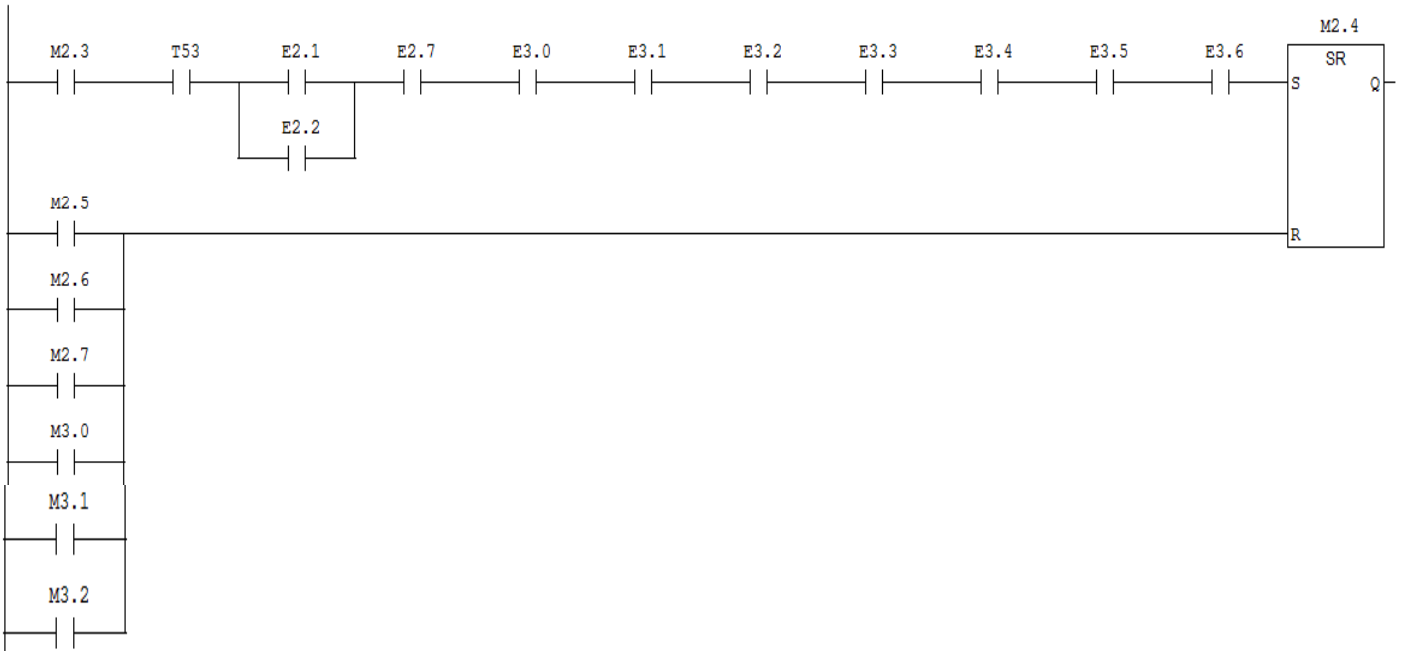
Réseau 6 : sortie p53

Commentaire :



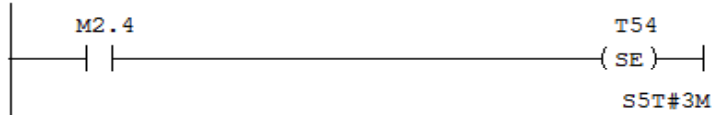
Réseau 7 : phase 54

Commentaire :



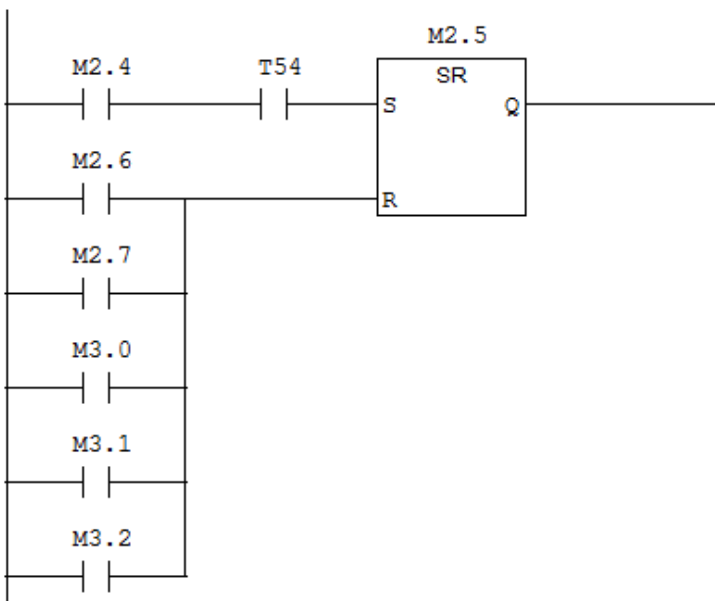
Réseau 8 : sortie p54

Commentaire :



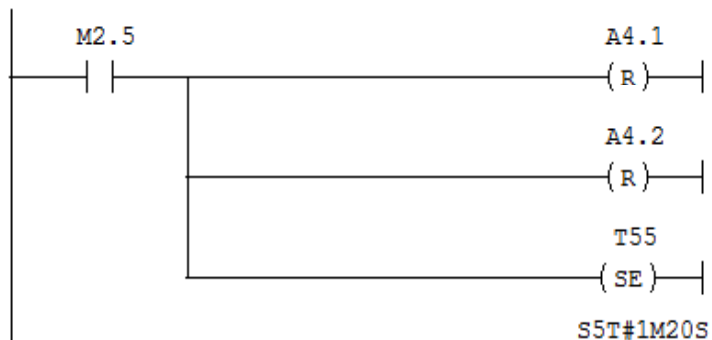
Réseau 9 : phase 55

Commentaire :



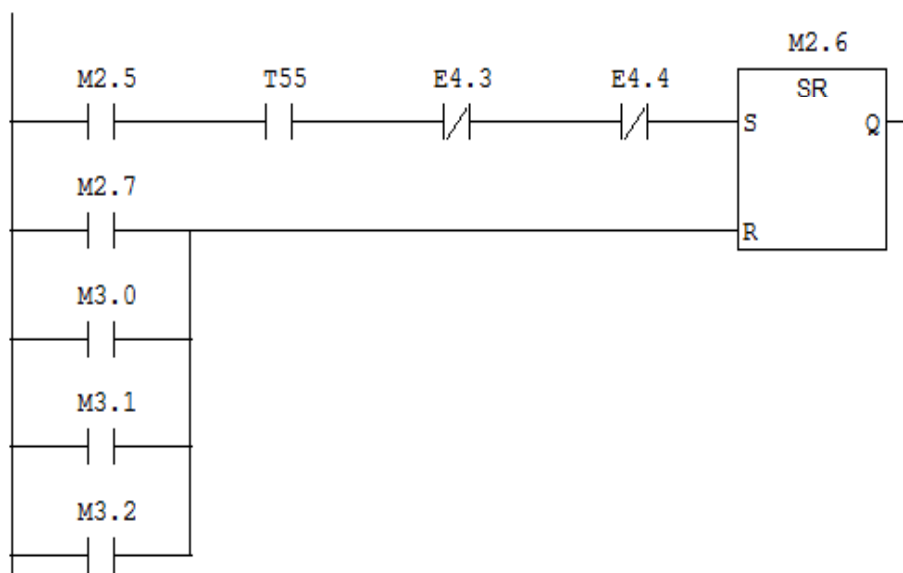
Réseau 10 : sortie p55

Commentaire :



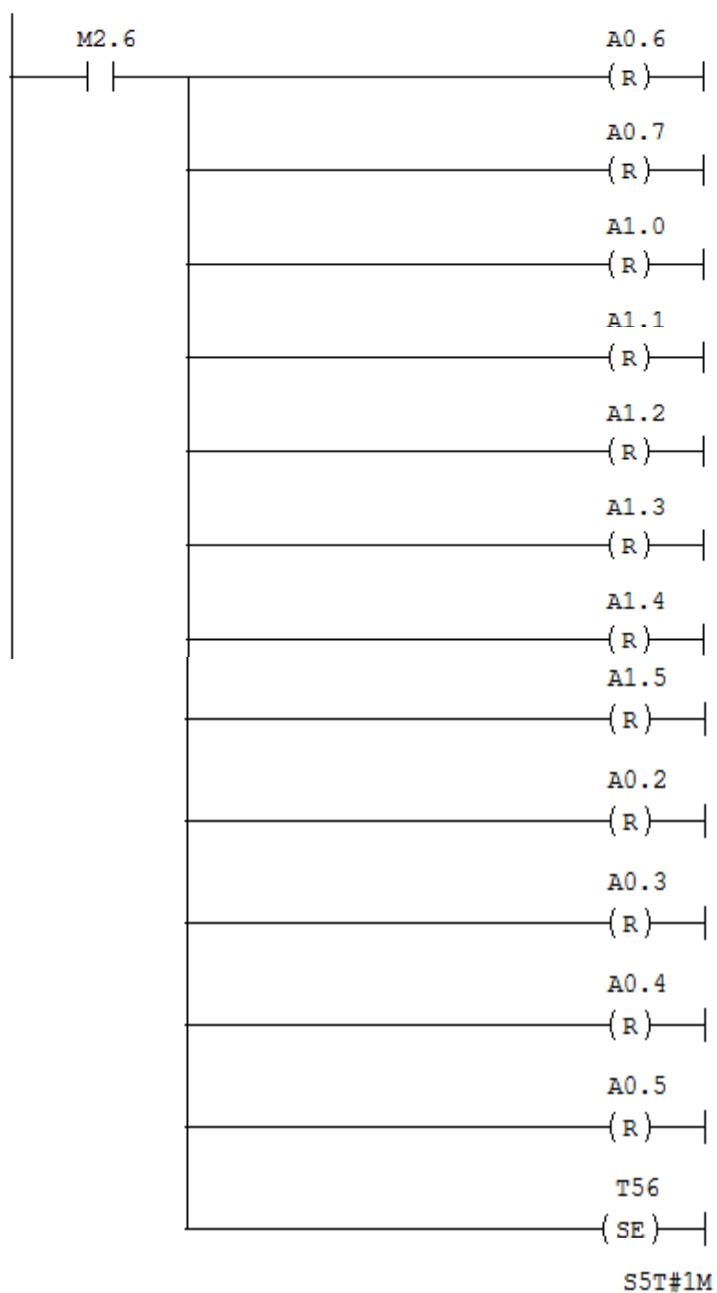
Réseau 11 : phase 56

Commentaire :



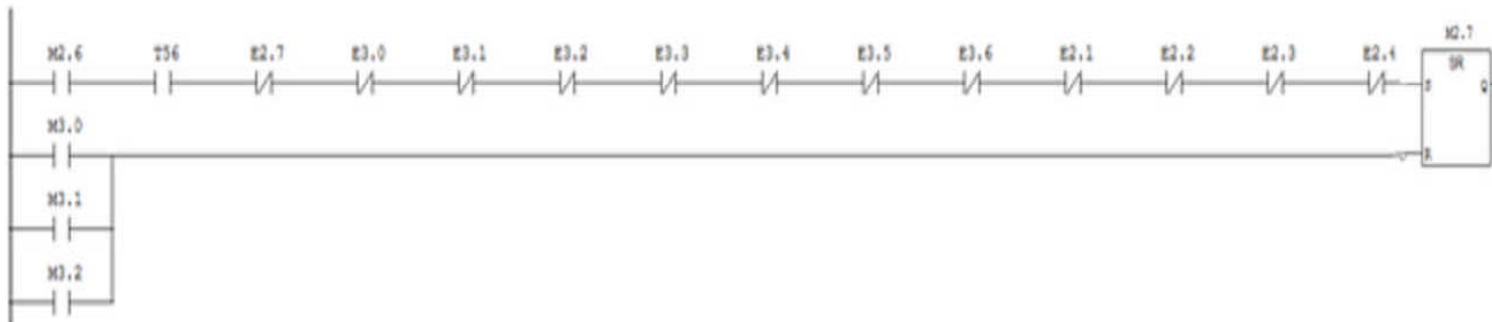
Réseau 12 : sortie p56

Commentaire :



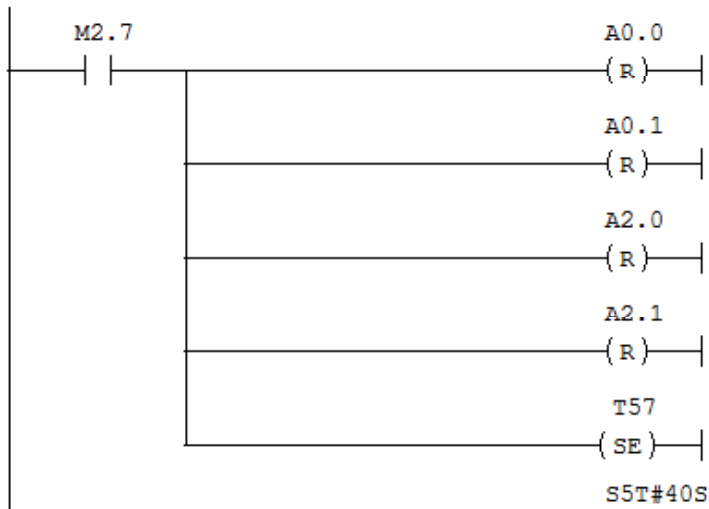
Réseau 13 : phase 57

Commentaire :



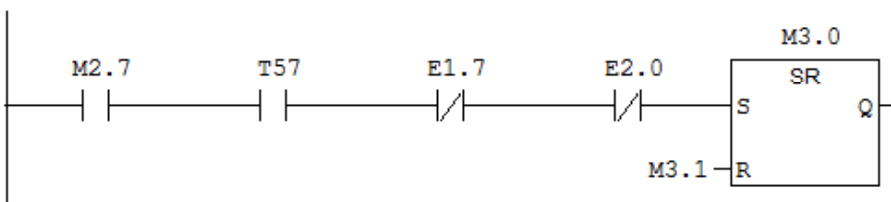
Réseau 14 : sortie p57

Commentaire :



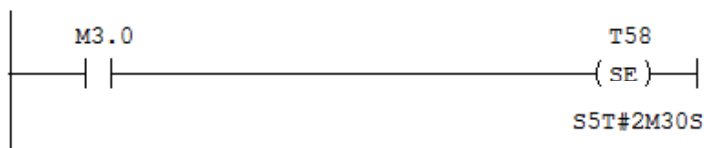
Réseau 15 : phase 58

Commentaire :



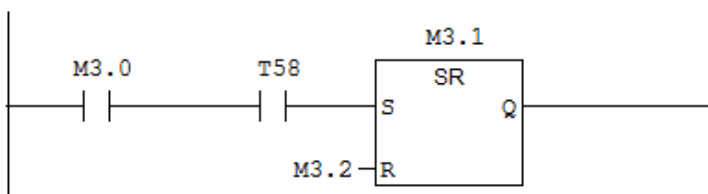
## Réseau 16 : sortie p58

Commentaire :



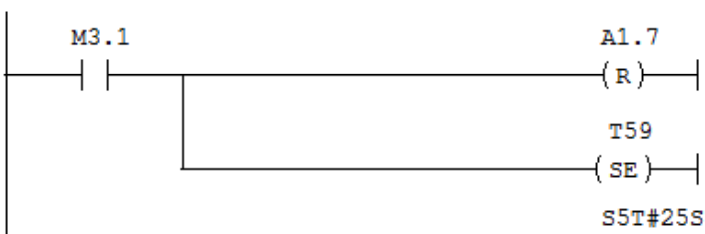
## Réseau 17 : phase 59

Commentaire :



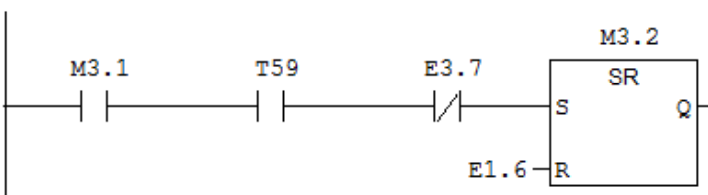
## Réseau 18 : sortie p59

Commentaire :



## Réseau 19 : phase 60

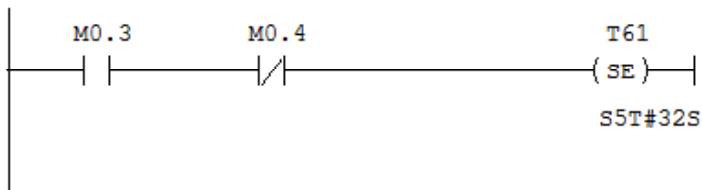
Commentaire :



### ➤ FC3 : Défaillance

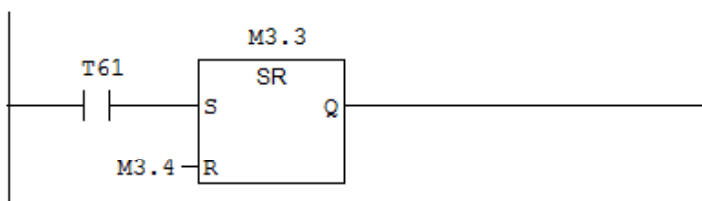
Réseau 1: Titre :

Commentaire :



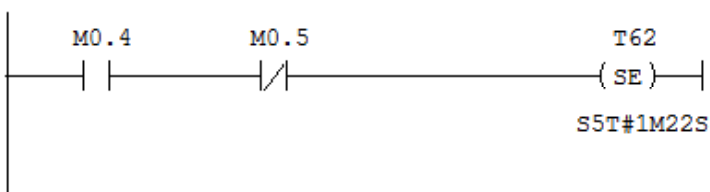
Réseau 2 : defaillance phase 1

Commentaire :



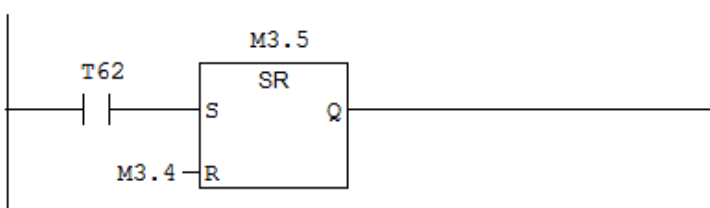
Réseau 3 : Titre :

Commentaire :



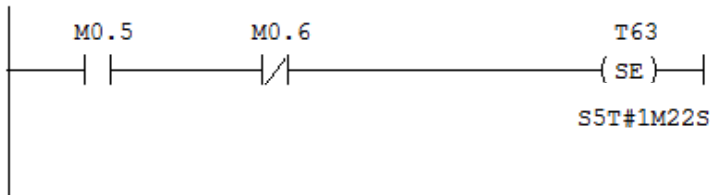
Réseau 4 : defaillance phase 2

Commentaire :



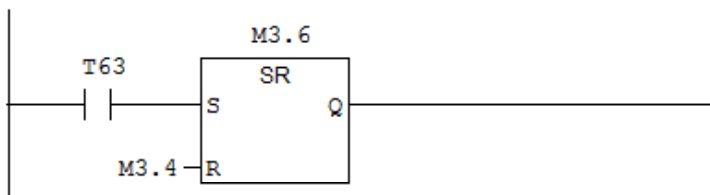
## Réseau 5 : Titre :

Commentaire :



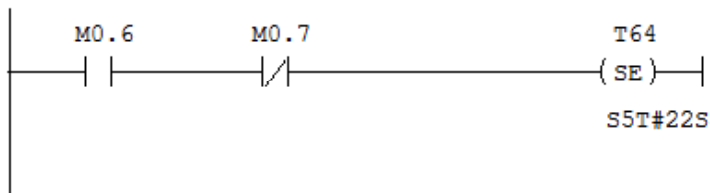
## Réseau 6 : defaillance phase 3

Commentaire :



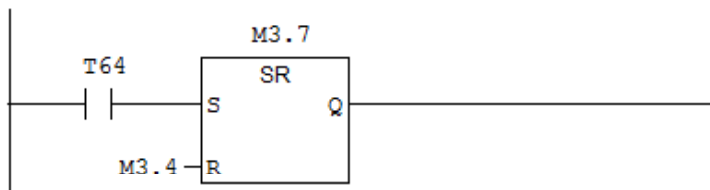
## Réseau 7 : Titre :

Commentaire :



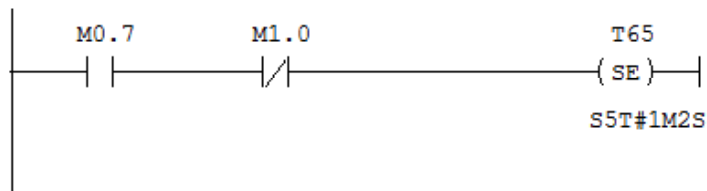
## Réseau 8 : defaillance phase 4

Commentaire :



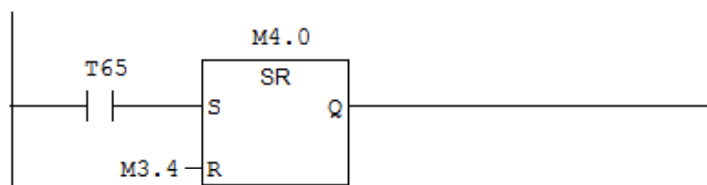
Réseau 9 : Titre :

Commentaire :



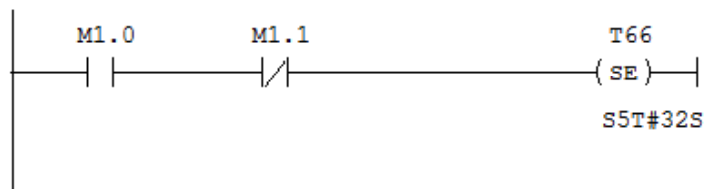
Réseau 10 : def phase 5

Commentaire :



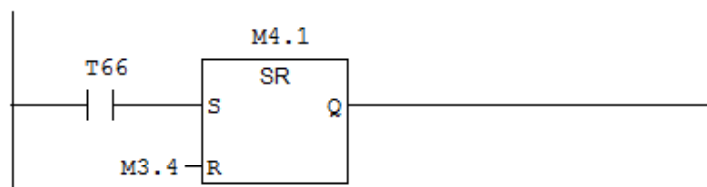
Réseau 11 : Titre :

Commentaire :



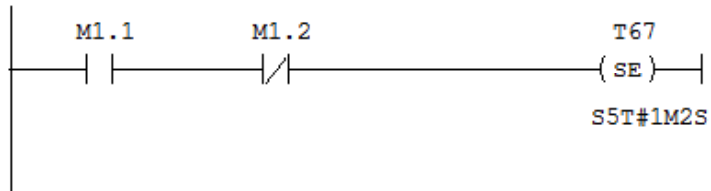
Réseau 12 : defaillance phase 6

Commentaire :



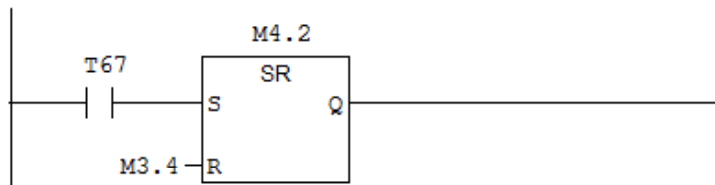
Réseau 13 : Titre :

Commentaire :



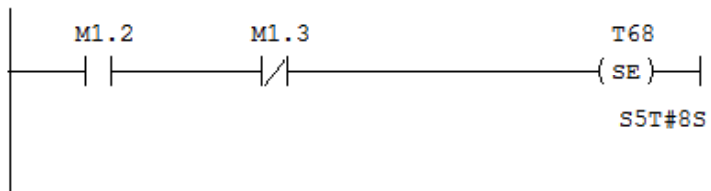
Réseau 14 : defaillance phase 7

Commentaire :



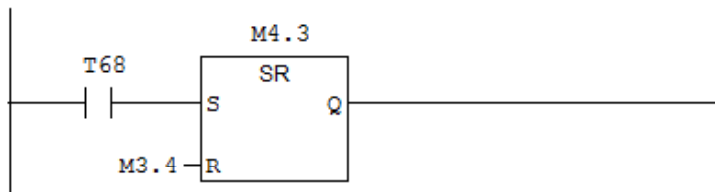
Réseau 15 : Titre :

Commentaire :



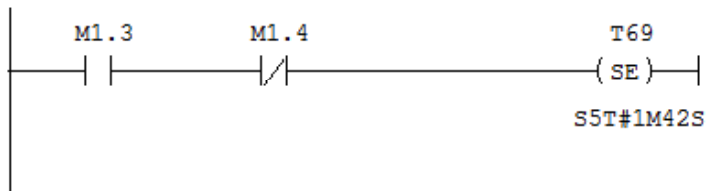
Réseau 16 : defaillance phase 8

Commentaire :



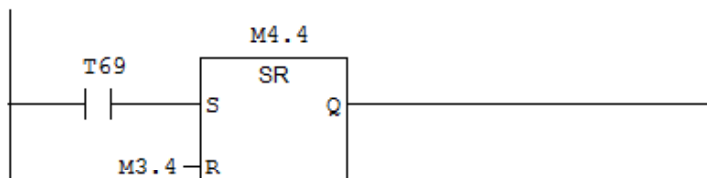
Réseau 17 : Titre :

Commentaire :



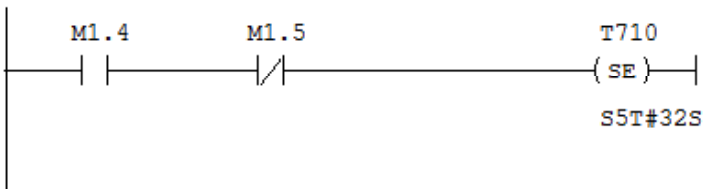
Réseau 18 : defaillance phase 9

Commentaire :



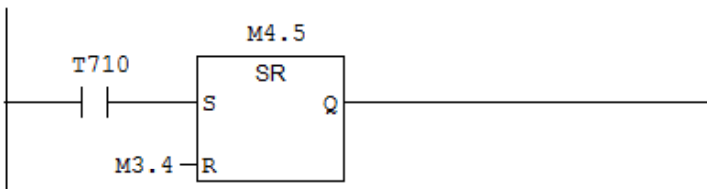
Réseau 19 : Titre :

Commentaire :



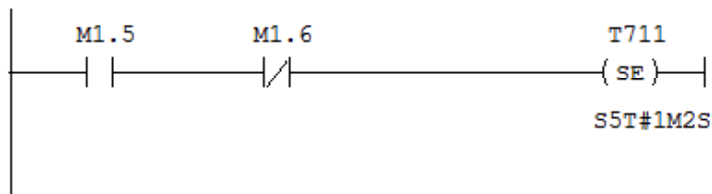
Réseau 20 : defaillance phase 10

Commentaire :



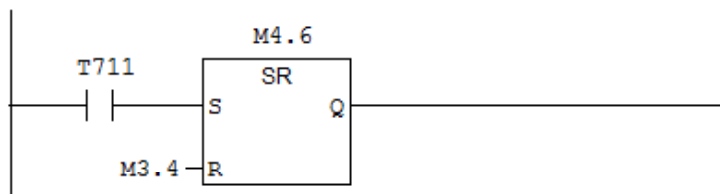
Réseau 21 : Titre :

Commentaire :



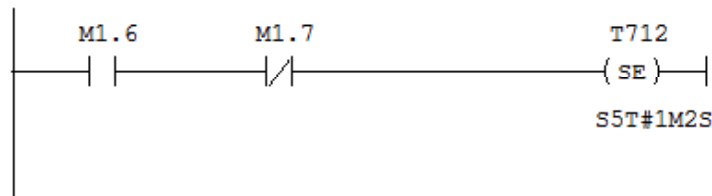
Réseau 22 : defaillance phase 11

Commentaire :



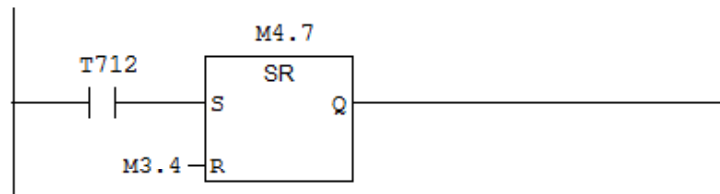
Réseau 23 : Titre :

Commentaire :



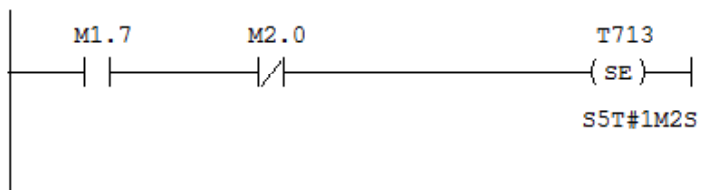
Réseau 24 : defaillance phase 12

Commentaire :



Réseau 25 : Titre :

Commentaire :



Réseau 26 : defaillance phase 13

Commentaire :

