République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche
**Université Abderrahmane Mira – Bejaia**
Faculté de Technologie Département Génie Electrique

2016/2017

**Mémoire de fin de cycle**

En vu de l'obtention d'un diplôme du Master en Electrotechnique
Option : Automatisme Industriel

Thème

# Automatisation et supervision d'une centrale de production d'air comprimé au complexe CEVITAL

**Réalisé par :**

- Allouache Lounis
- Oukil Syphax

**Encadré par :**

* Taib Nabil
* Kherrouni Abdelhakim

# SOMMAIRE

# LE PROTOCOLE MODBUS

# GÉNÉRALITÉS SUR LES UTILITAIRES DANS LE SITE DE PRODUCTION

# ÉLABORATION DE LE PROGRAMATION ET LA SUPERVISION

# CONCLUSION GÉNÉRALE

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

# RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

# DÉSCRIPTION DES ÉLÉMENT DE LA CENTRALE

# AVANT PROPOS

# ANNEXE

## Sommaire

Introduction générale……..1

## Avant-propos : description du complexe CEVITAL

1.Introduction……..2

2.Historique……2

3.Situation géographique……2

4.Mission et objectifs……...2

5.Direction énergie et utilités……...6

## Chapitre I : généralités sur les utilitaires dans les sites de production

I.1 Introduction……7

I.2.1 La production de l'air comprimé……7

I.2.2 Quelques compresseurs volumétriques……...7

I.2.2.1 Compresseur à pistons alternatifs……8

I.2.2.2 Compresseur à palettes……9

I.2.2.3 Compresseur à lobes……...10

I.1.7 Compresseur à vis……..11

I.2.3 Les équipements nécessaires au traitement de l'air comprimé……..12

I.3 Production de l'énergie électrique……13

I.4 L'osmose inverse ou déminéralisation sans réactif chimique……...13

I.5 Conclusion……...13

## Chapitre II : description des éléments de la centrale

II.1. Introduction……14

II.2 Choix du compresseur……...……..14

II.2.2 Le compresseur à vis lubrifié série L 37…….……..14

II.2.3 Description du compresseur choisi……...15

II.2.3 Constitution et Fonctionnement……...……16

II.2.3.1 Circuit d'huile…….....……16

II.2.3.2 Circuit d'air……...……17

II.2.3.3 Régulation L37……..17

II.2.4 Mode de fonctionnement du régulateur d'aspiration……20

II.2.4.1 Mode de charge……...……..20

II.2.4.2 Marche à vide……...……21

II.3 Purgeur de condensats BEKOMAT……21

II.3.1 Définition……21

II.3.2 Avantages……....22

II.3.3 Fonctionnement……...23

a. Etat vide……..23

b. Etat rempli……..23

II.4 Réservoir (ballon de stockage)……23

a. Fonction de stockage……..24

b. Fonction refroidissement……...24

II.5 Les Filtres……24

II.5.1 Une filtration en sortie de réservoir……..24

II.5.2 Une filtration au poste utilisateur……24

II.5.3 Séparateur d'eau /huile……24

II.6 Les vannes……...25

II.6.1 Définition……25

II.6.2 Structure……...25

II.6.3 Le choix de la vanne……25

II.7 Sécheurs d'air……..26

II.7.1 Sécheurs par réfrigération……26

II.8 Problématique……26

II.9 Conclusion……..27

## Chapitre III :Le protocole Modbus

III.1 Introduction……...28

III.2 Principe général……28

III.3 LIAISON SERIE RS485……...28

III.3.1 Transmission série asynchrone……...28

III.3.2 Transmission série synchrone……29

III.3.3 Câblage liaison Modbus RS485……..29

III.3.4 Liaison symétrique (ou différentielle)……29

III.4 LES TYPES DE TRANSMISSIONS……30

III.4.1 Transmission simplex : mono-directionnel……30

III.4.2 Transmission half-duplex : bi-directionnel alterné……30

III.4.3 Transmission full-duplex : bi-directionnel simultané……31

III.4.4 Une transmission numérique série asynchrone half-duplex……....31

III.5 LES SUPPORTS PHYSIQUES……31

III.5.1 Les principaux supports utilisés……..31

III.6 TRAME MODBUS……...32

III.6.1 Principe général……..32

III.6.2 Trame MODBUS RTU (Remote Terminal Unit ⇔Unité Terminale Distante)……..33

III.6.3 Trame MODBUS ASCI……..34

III.6.4 Transmission d'un message……34

III.6.5 Données……..34

III.6.6 Code fonction……37

III.6.7 Exemple d'utilisation du Modbus RTU……..38

III.7 LE CRC16 EN MODBUS RTU……39

III.7.1 Fonctionnement ……39

III.8 Exemples de trame du compresseur CompAir L37……40

III.8.1 Lecture de la pression finale……40

III.8.2 Lecture de la température du compresseur……..40

III.8.3 Envoi de la commande de démarrage du compresseur……...41

III.8.4 Envoie de la commande Quitter……41

III.9 conclusion……..42

## Chapitre IV : Elaboration du programme et supervision

IV.1 Introduction……...43

IV.2 Configuration matérielle (Partie Hardware)……..43

IV.2.1 Caractéristiques de la CPU……45

IV.2.2 Architecture du programme réalisé……45

IV.3 Les programmes de la centrale……...45

IV.3.1 Programmation des blocs……45

IV.3.2 Création de la table des mnémoniques……59

IV.3.3 Configuration de la communication modbus via CP 341 RS485……61

IV.3.4 Configuration du maitre modbus en mode lecture……..62

IV.4 Réalisation de la supervision de la centrale……64

IV.4.1 Introduction a la supervision……..64

IV.4.2 Planifier la création de vues……64

IV.4.3 Constitution d'une vue……64

a. Elaboration vue système……...65

b. Elaboration de la vue de la centrale……...66

c. Elaboration de la vue du compresseur principal……67

d. Elaboration de la vue du compresseur secondaire……68

e. Elaboration de la vue des alarmes……..69

IV.5 Conclusion……70

# Liste des figures

**Figure I.1** : Classification des compresseurs……...8
**Figure I.2** : Compresseur à piston alternatif. Système bielle-manivelle : vue en coupe…….8
**Figure I.3** : Compresseur à palettes : principe de fonctionnement…….9
**Figure I.4** : Ancêtre des machines à palettes……10
**Figure I.5** : Compresseur à lobes : vue en coupe……...11
**Figure I.6** : Compresseur à vis……..12
**Figure I.7** : Compresseur à vis : principe de fonctionnement……12
**Figure II.1** : La structure interne du compresseur CompAir L37…….15
**Figure II.2** : Mode de charge……20
**Figure II.3** : Marche à vide……...21
**Figure II.4** : Purgeur BEKOMAT……22
**Figure III.1**: Mono directionnel……30
**Figure III.2** : Bi-directionnel alterné……..……..31
**Figure III.3**: Transmission half-duplex……31
**Figure III.4** : Principe maitre esclave……...32
**Figure IV.1**: Choix des embases d'E/S……..44
**Figure IV.2**: Blocs du projet……45
**Figure IV.3**: Table des mnémoniques du projet……60
**Figure IV.4**: Configuration du CP 341 en maitre modbus…….61
**Figure IV.5**: Réglage des paramètres du maitre modbus……..62
**Figure IV.6**: Configuration du maitre modbus en lecture (adresse 0004)…….63
**Figure IV.7**: Configuration du maitre modbus en écriture(adresse 3300)…….63
**Figure IV.8**: Vue système…….65
**Figure IV.9**: Vue de la centrale……66
**Figure IV.10**: Vue compresseur principal……67
**Figure IV.11**: Vue compresseur secondaire……..68
**Figure IV.12**: Vue des alarmes…….69

# Liste des tableaux

**Tableau II.1** : Caractéristiques du compresseur à vis lubrifié série L 37…….15

**Tableau III.1:** Liaison symétrique……30

**Tableau III.2:** Trame MODBUS RTU…….33

**Tableau III.3:** Trame MODBUS ASCII……..34

**Tableau III.4 :** Code fonction……...38

**Tableau III.5 :** Lecture de la pression finale (question)……40

**Tableau III.6 :** Lecture de la pression finale (réponse)……40

**Tableau III.7 :** Lecture de la température du compresseur (question)…….40

**Tableau III.8 :** Lecture de la température du compresseur(réponse)……41

**Tableau III.9:** Envoi de la commande de démarrage du compresseur…….41

**Tableau III.10 :** Envoi de la commande de démarrage du compresseur (démarrage)……...41

**Tableau III.11 :** Envoie de la commande Quitter (question)……41

**Tableau III.12 :** Envoie de la commande Quitter (réponse)…….42

# Introduction générale

L'air comprimé est une des formes les plus anciennes de l'énergie que l'homme a utilisé. Les premières traces d'applications remontent à plus de 20 siècles. Sa production nécessite l'installation d'une centrale chargée de comprimer l'air, mais aussi de la stocker et de la maintenir disponible et de bonne qualité pour les équipements.

Dans l'objectif d'améliorer la production et la distribution de l'air comprimé, les industriels installent des centrales d'air comprimé dans leurs sites. Dans notre cas au complexe CEVITAL dans l'unité énergie et utilités département cogénération, il existe une centrale de production qui assure les besoins en air comprimé des deux unités énergie et sucre liquide.

Cette centrale n'est pas automatisée ni supervisée par conséquent elle fonctionne en mode manuel. Ce fonctionnement génère des retards dans la production et augmente le risque d'usure du matériel.

Notre travail consiste à faire une étude pour chaque élément composant cette centrale à fin d'élaborer une automatisation et une supervision globales.

Pour communiquer entre l'automate et les machines, il existe différents protocoles de communication. Nos compresseurs (esclaves) sont prédisposés à dialoguer via le protocole Modbus RS485 RTU avec l'automate (maitre) Siemens S7 300.

A cet effet le présent mémoire est repartie en quatre chapitres décrivant les volets principaux :

Le premier chapitre consistera à introduire les éléments de la centrale ainsi que des généralités sur l'air comprimé, les compresseurs et leur principe de fonctionnement.

Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation du protocole de communication Modbus RS485 RTU, à définir ses caractéristiques et la transmissions des données entre maitre et esclave.

Le troisième chapitre traitera la partie programmation sous logiciel Step7 avec un langage à contact des éléments de la centrale ainsi que la configuration Modbus.

Le dernier chapitre de ce mémoire sera dédié à la supervision de la centrale d'air comprimé sous WinCC flexible

Enfin on termine par une conclusion générale.

## 1. Introduction

Cevital est parmi les plus grand complexe agroalimentaire en Algérie, dans cette partie nous allons parler de son évolution historique, ses principaux objectifs, sa situation géographique, ainsi que la structure générale de la direction énergie et utilités, enfin nous allons présenter les objectifs de cevital et quelques chiffre clés.

## 2. Historique

Cevital est parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée de notre pays en économie de marché. Elle a été créée par des fonds privé en 1998. Son complexe de production se situe dans le port de Bejaia et s'étend sur une superficie de 4500m². Cevital contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale, elle vise à satisfaire le marché national et exporter le surplus, on offrant une large gamme de produit de qualité.

En effet les besoins du marché national sont de 1200T/j d'huile l'équivalent de 12 litres par personne et par an. Les capacités actuelles de Cevital sont de 1800 T/j, soit un excédent commercial de 600 T/j.

Les nouvelles données économiques nationales dans le marché de l'agro-alimentaire, font que les meilleurs sont ceux qui maitrisent d'une façon efficace et optimal les couts, les charges et ceux qui offrent le meilleur rapport qualité/prix [1].

## 3. Situation géographique

Cevital est implanté du nouveau quai du port du Bejaia à 3Km du sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN 26. Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet elle se trouve proche du port et l'aéroport, il s'étend sur une superficie de 14 Hectares [1].

## 4. Missions et objectifs

L'entreprise a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser [1].

**. Les objectifs visés par Cevital peuvent se présenter comme suit** :

- L'extension de ses produits dans tout le territoire national ;
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail ;
- L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses ;
- La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production ;
- Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leurs exportations.

Cevital Agro-Industrie est le leader du secteur agroalimentaire en Algérie et possède le plus grand complexe privé en Algérie.

Cevital Agro-industrie compte parmi ses clients des grands noms du domaine de l'agro-business ; citons : Coca-Cola, Kraft Food, Danone…[1].

**. Chiffres clés :**

- Près de 500 000 tonnes de sucre blanc raffiné norme CEE N°2 exportées en 2015

Cevital s'est construit autour de l'ambition et de la vision de son fondateur de bâtir un groupe industriel d'envergure mondiale, très compétitif, tourné vers l'exportation et l'international.

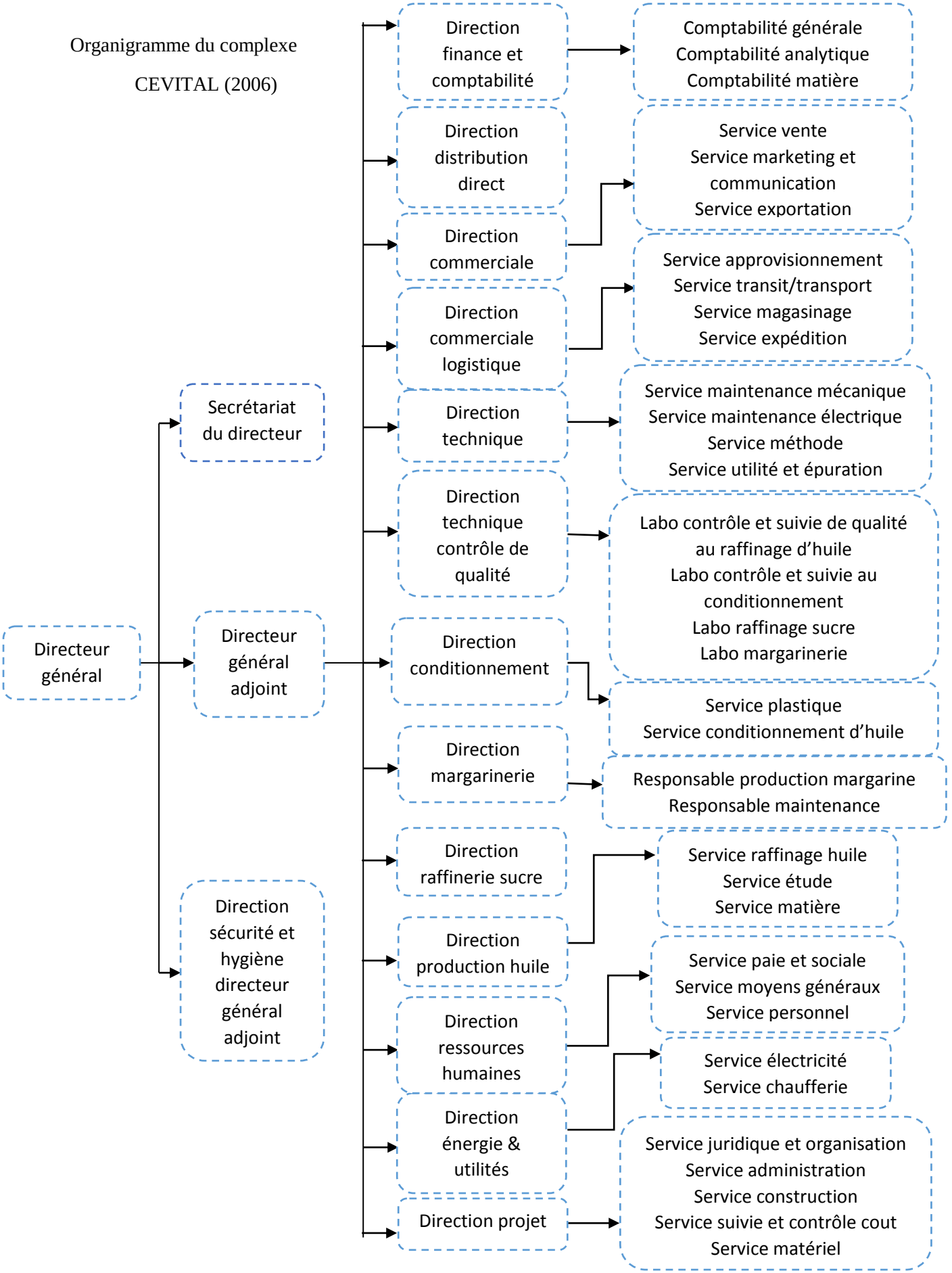
Le groupe possède des unités de production de taille mondiale, équipées des technologies les plus évoluées. La stratégie du Groupe s'appuie sur une forte compétitivité en termes de prix, de qualité, de volumes, de logistique, de robotisation, de co-localisation.

Une place de choix est également accordée à la Recherche et Développement, à l'innovation et au talent des collaborateurs. Ces atouts compétitifs forment le socle d'une industrie dynamique, exportatrice, créatrice d'emplois et attractive pour la jeunesse algérienne.

Selon Issad Rebrab, fondateur de Cevital, le succès du Groupe repose sur 7 points clés :

- Le réinvestissement systématique des gains dans des secteurs porteurs à forte valeur ajoutée
- La recherche et la mise en œuvre des savoir-faire technologiques les plus évolués
- L'attention accordée au choix des hommes et des femmes, à leur formation et au transfert des compétences
- L'esprit d'entreprise
- Le sens de l'innovation
- La recherche de l'excellence
- La fierté et la passion de servir l'économie nationale [1].

Organigramme du complexe CEVITAL (2006)

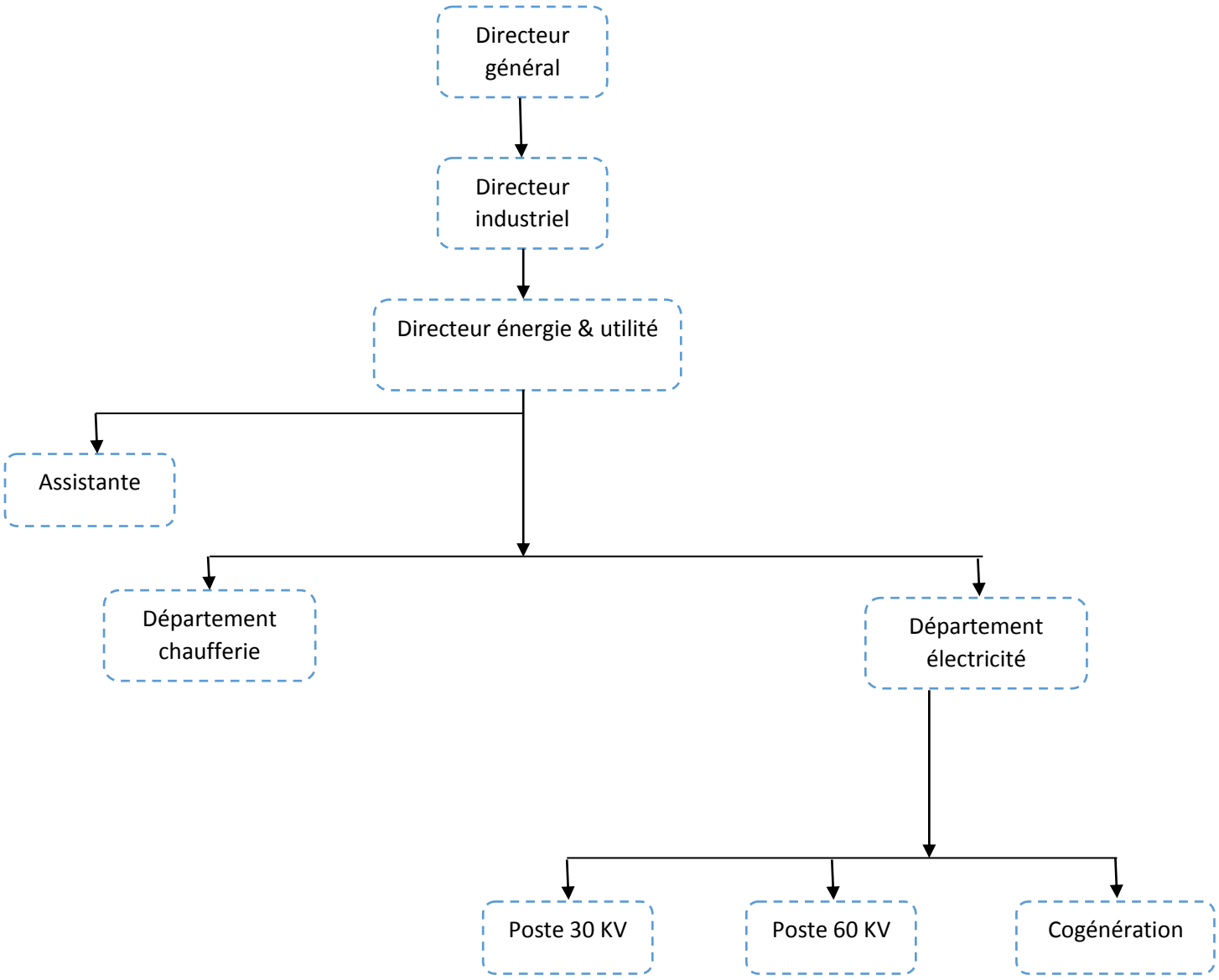


**5. Direction Energie et utilités**

C'est constitué de deux départements qui sont :

- ✓ Département électricité (production et distribution de l'énergie électrique) On distingue :
  - Le poste 60kV
  - Le poste 30kV
  - La cogénération (ou nous avons fait notre stage de fin de cycle)

- ✓ Département chaufferie (production et distribution de la vapeur)




Organigramme énergie et utilités (2006)

## I.1 Introduction

Deuxième source d'énergie industrielle, après l'électricité, l'air comprimé doit légitimement bénéficier d'études particulières pour optimiser sa production et son utilisation. Ceci d'autant plus que, malgré les idées reçues, l'air comprimé n'est pas une énergie gratuite. C'est pourquoi, les réseaux qui véhiculent l'air comprimé constituent logiquement un enjeu d'importance, pour chaque entreprise, en termes de coûts d'exploitation et de maintenance.

### I.2.1 La production de l'air comprimé

Produire de l'air comprimé peut se faire par deux méthodes :

• La compression dynamique (transformation de la vitesse de l'air en pression) : compresseurs centrifuges et compresseurs axiaux.
• La compression volumétrique (réduction de volume à l'aide d'un élément comprimant) : compresseurs alternatifs (le plus souvent à piston) et rotatifs (compresseurs à vis, à palettes, à lobes etc).

### I.2.2 Quelques compresseurs volumétriques

Présentons sur la figure I.1, sous une forme arborescente, les différentes technologies de compresseurs volumétriques que nous allons passer en revue.

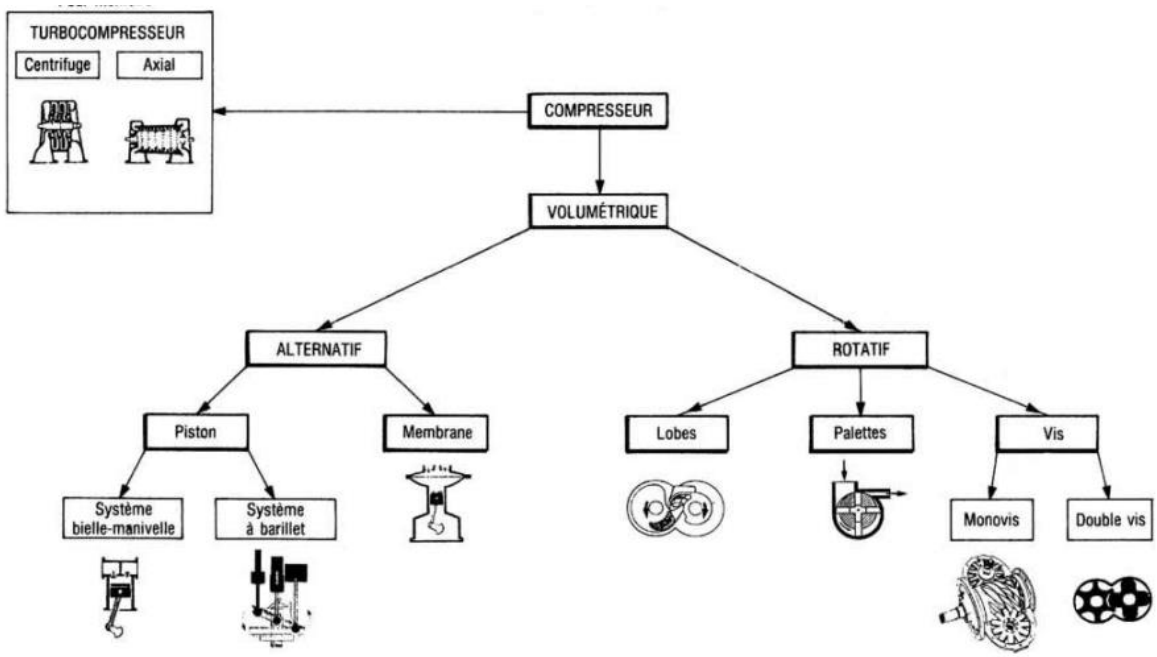



**Figure I.1** – Classification des compresseurs

### I.2.2.1 Compresseur à pistons alternatifs

- **Principe de fonctionnement (Système bielle-manivelle)**

La variation de volume et la compression du gaz sont obtenues par le mouvement alternatif d'un piston à l'intérieur d'un cylindre, ce mouvement étant créé par un système bielle-manivelle **(**Figure 2**).**

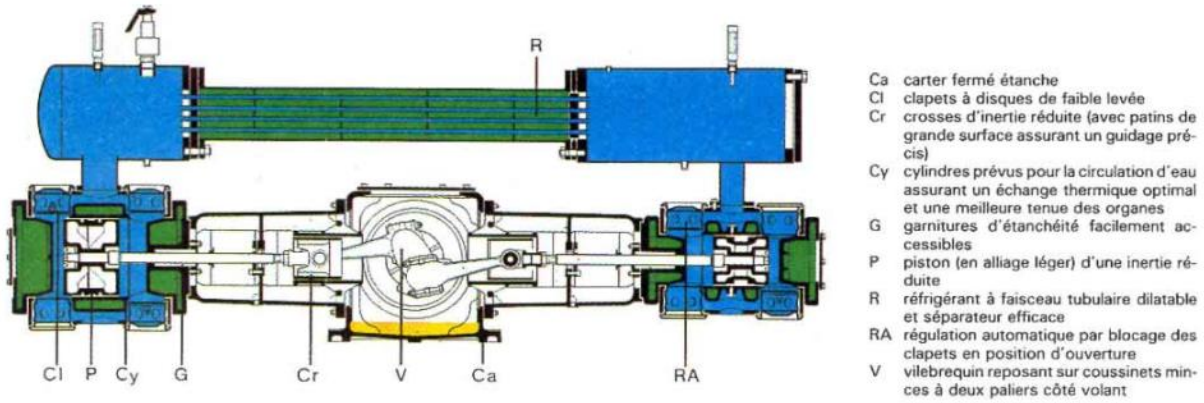



**Figure I.2**– Compresseur à piston alternatif. Système bielle-manivelle : vue en coupe

En partant du volume maximal **V**1, le cycle comprend successivement : la compression et le refoulement pendant la course aller, la détente et l'aspiration pendant la course retour. Dans un cycle idéal, où le volume est nul en fin de refoulement, le débit-volume, mesuré aux conditions

thermodynamiques d'aspiration est, pour chaque tour de vilebrequin, égal au volume **V**1 engendré par le déplacement du piston pendant la course d'aspiration [2].

### I.2.2.2 Compresseur à palettes

- **Principe de fonctionnement**

Dans un cylindre et autour d'un axe excentré tourne un rotor tangent au cylindre et pourvu de palettes radiales qui coulissent librement dans leur logement et sont constamment appliquées sur la paroi par la force centrifuge (figure 8)

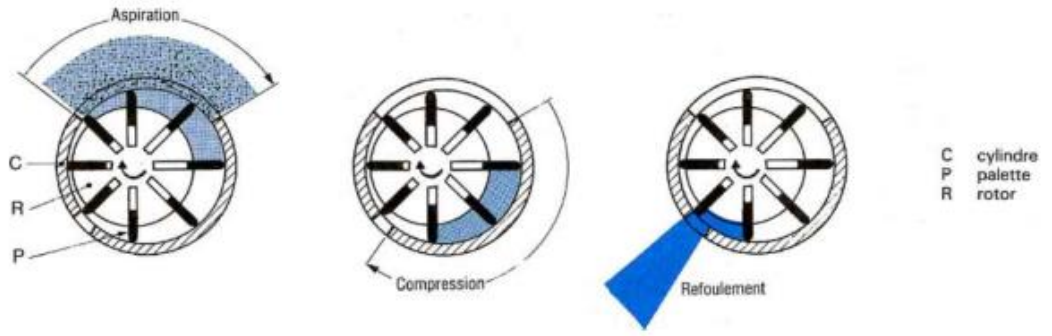



**Figure I.3**– Compresseur à palettes : principe de fonctionnement

Le volume compris entre deux palettes consécutives est variable. On distingue trois phases :

— **l'aspiration :** le volume de la cellule de compression compris entre deux palettes consécutives immédiatement après la génératrice de contact se remplit de gaz et augmente progressivement pendant la rotation, d'une valeur nulle jusqu'à un maximum.

— **la compression :** le volume de la cellule de compression compris entre les deux palettes décroît régulièrement et provoque la compression du gaz.

— **le refoulement :** la cellule de compression se présente devant les lumières de refoulement ; le gaz comprimé s'échappe dans le collecteur de sortie. De manière générale et quelle que soit l'utilisation, on trouve les éléments suivants :

— un arbre par lequel est transmise l'énergie mécanique du moteur au compresseur.

— un rotor, claveté sur cet arbre (ou solidaire de cet arbre), présentant extérieurement une surface cylindrique de génératrice parallèle à l'axe de l'arbre.

— un carter entourant ce rotor, constitué de deux flasques perpendiculaires à l'axe du rotor, ainsi que d'un corps tubulaire dont la surface intérieure cylindrique, appelée surface statorique, possède des génératrices parallèles à l'axe du rotor, la directrice étant appelée courbe statorique.

— un ensemble de palettes coulissant dans des rainures disposées soit dans le rotor, soit dans la partie tubulaire du carter ; ces palettes restent en contact permanent avec le rotor et la partie intérieure du carter, de manière à séparer en plusieurs cellules de travail le volume utile compris entre le rotor et le carter.

— des lumières, ou des clapets commandés ou automatiques, disposés dans les flasques et/ou dans la partie intérieure du carter ou plus rarement dans le rotor, de manière à permettre l'admission et l'échappement du gaz [2].

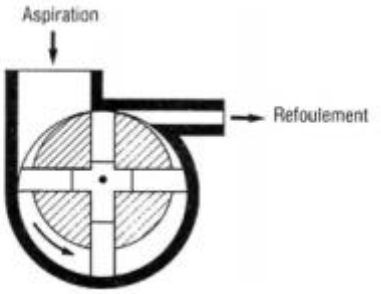



**Figure I.4** – Ancêtre des machines à palettes

### I.2.2.3 Compresseur à lobes

- **Principe de fonctionnement**

Compresseurs à dents ou à pistons rotatifs pour les uns, à lobes pour les autres, ils utilisent un principe identique. Dans un même stator se trouvent deux rotors non lubrifiés (figure 12). Ces deux rotors, synchronisés en rotation, tournent en sens inverse et comportent chacun une ou deux « dents » qui vont permettre en un tour d'effectuer un ou deux cycles aspiration, compression puis refoulement, et cela en masquant ou dégageant des orifices d'aspiration (A) et de refoulement (R) pratiqués sur les côtés du carter. La compression est mono ou bi étagée. Cette technologie est limitée, principalement, au marché de l'air comprimé

exemptd'huile, pour des pressions de refoulement de 2,5 ou 7 bar et des débits allant de 6 à 15 $m^3$/min.

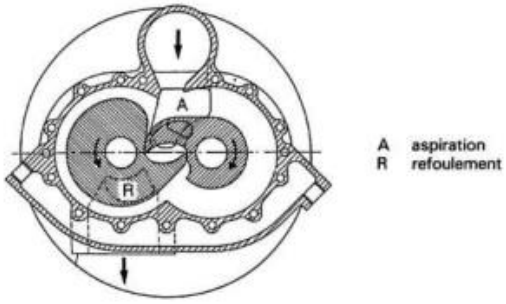



**Figure I.5** – Compresseur à lobes : vue en coupe

### I.1.7 Compresseur à vis

- **Principe de fonctionnement**

La variation du volume occupé par le gaz que l'on désire comprimer est obtenue par le déplacement relatif de deux rotors à l'intérieur d'un carter de forme appropriée (figure I.6). Les deux rotors ont des profils conjugués, l'un formant des lobes (rotor mâle), l'autre formant des alvéoles (rotor femelle). Ces profils sont décalés le long de l'axe de la machine suivant une hélice à pas constant, d'où le nom d'hélico-compresseur également donné à la machine. Choisissons le moment où une alvéole du rotor femelle et le creux entre deux lobes du rotor mâle sont en communication avec la lumière d'admission (figure I.7). La rotation fait découvrir un volume délimité par l'enveloppe des rotors, les parois de l'alvéole et les lobes correspondants. Ce volume se remplit de gaz par succion. L'alvéole et les lobes, en tournant, dépassent la zone de la lumière d'admission. Le volume emprisonné définit la cylindrée par lobe et par tour de rotor mâle. Les rotors continuant à tourner, la section de fermeture créée par la forme conjuguée se déplace longitudinalement vers le refoulement ; ainsi, le volume emprisonné diminue et la pression du gaz augmente. Lorsque la pression du gaz atteint la valeur prédéterminée, le volume restant est en face de la lumière d'échappement. Le gaz ainsi libéré s'échappe dans le réseau d'utilisation. Les rotors continuant à tourner font disparaître complètement le creux formé par l'alvéole et les lobes. La totalité du gaz est refoulée dans le réseau. Cette dernière phase est comparable à celle du compresseur à pistons puisque le gaz à la pression du réseau d'utilisation est repoussé par le jeu de l'engrènement des rotors. Si la machine est bien adaptée, la pression du gaz emprisonné est sensiblement égale à la pression du réseau au moment précis où le volume s'ouvre vers l'échappement [2].

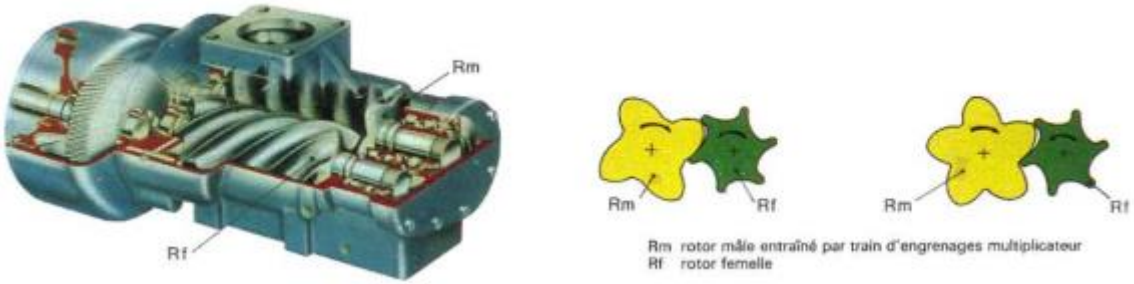



**Figure I.6** – Compresseur à vis

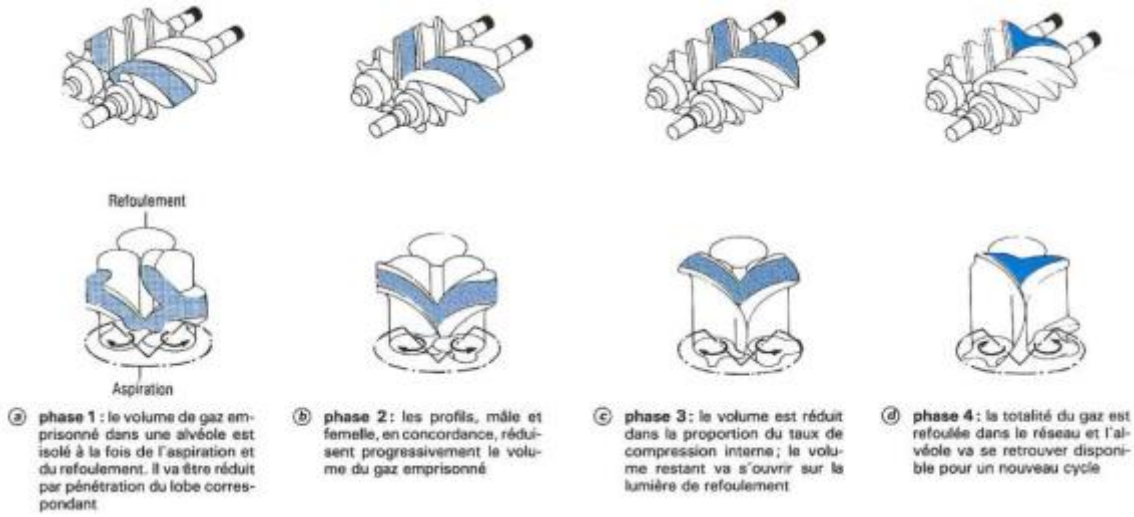



**Figure I.7** – Compresseur à vis : principe de fonctionnement

### I.2.3 Les équipements nécessaires au traitement de l'air comprimé.

- Le réservoir permet :

  • d'obtenir momentanément une distribution d'air supérieure au débit délivré par le compresseur,

  • de maintenir une pression quasi constante dans le circuit,

  • de refroidir l'air comprimé et de récupérer le condensat.

- Le rôle du sécheur est de diminuer la teneur en vapeur d'eau contenue dans l'air comprimé. Cette vapeur d'eau, en se condensant, peut en effet avoir de graves conséquences sur le réseau et l'outillage.

  Deux méthodes principales : le séchage par absorption et le séchage par réfrigération.

- Les filtres limitent la concentration des particules, de l'huile et de l'eau qui sont véhiculées par l'air comprimé dans le réseau.

- Les purges évacuent les condensats (eau condensée mélangée avec de l'huile) générés par la production d'air comprimé.

- Le séparateur reçoit les condensats en provenance des purges. Sa fonction est de séparer l'huile de l'eau, évitant ainsi tout risque de rejet polluant.

## I.3 Production de l'énergie électrique sur le site.

L'alternateur est la partie commune à toutes les centrales électriques : l'énergie mécanique reçue par l'alternateur est convertie en partie en énergie électrique. Pour cela, l'alternateur est couplé à une turbine en rotation.
Les centrales électriques produisent de l'énergie électrique en utilisant une source d'énergie dite primaire.

Dans les centrales thermiques à flamme (pétrole, gaz, charbon), c'est de la vapeur d'eau sous pression, envoyée sur les pales de la turbine, qui fait tourner l'alternateur. Ces centrales ne diffèrent que par le dispositif qui produit la vapeur.

## I.4 L'osmose inverse ou déminéralisation sans réactif chimique

Ce procédé de traitement en continu est utilisé pour la déminéralisation des eaux à destination des circuits de refroidissement, des chaudières ou de la fabrication (agro-alimentaire). Il ne nécessite pas le recours à des produits chimiques.

## I.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté quelques généralités sur les compresseurs et sur les utilitaires dans sites de production spécialement la production de l'énergie électrique et l'eau osmosée.

## II.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons faire une description de chaque élément composant la centrale de production d 'air comprimé en commencant par les deux compresseur CompAir L37(à vis lubrifié), le ballon de stockage, les filtres, le sécheur et les purgeurs BEKOMAT.

## II.2 Choix du compresseur

Le choix optimal de la technologie de compresseur doit prendre en compte les besoins spécifiques du procès. Ce choix est important car il affecte directement l'efficacité énergétique du système, en jouant à la fois sur les performances du compresseur lui-même, mais aussi sur les autres éléments du réseau d'air.

Ce choix se fait sur la base de trois paramètres essentiels, qui sont :

- Le débit d'air comprimé en $m^3/s$
- La plage de variation de la pression (bar)
- La puissance du moteur installé (kW)

### II.2.1 Le compresseur à vis lubrifié série L 37.

Le tableau suivant montre les différentes caractéristiques du compresseur à vis lubrifié série L37 [3].

| Débit d'air comprimé $Nm^3/min$ | Plage de variation de la pression bar | Puissance utile du moteur KW |
|---|---|---|
| 32.76 | 5-13 | 37 |

**Tableau II.1** : Caractéristiques du compresseur à vis lubrifié série L 37.

### II.2.2 Description du compresseur choisi

Le compresseur choisit est un compresseur à vis lubrifié de type L37 (constructeur COMPAIR). Les conditions, liées à des impératifs sévères en matière de qualité, permettent la fabrication de compresseur à vis d'une durée de vie élevée, de haute fiabilité et de fonctionnement économique. Il est bien entendu que les impératifs en matière de protection de l'environnement sont également respectés [4].

La figure II.1 suivante montre sa structure interne.

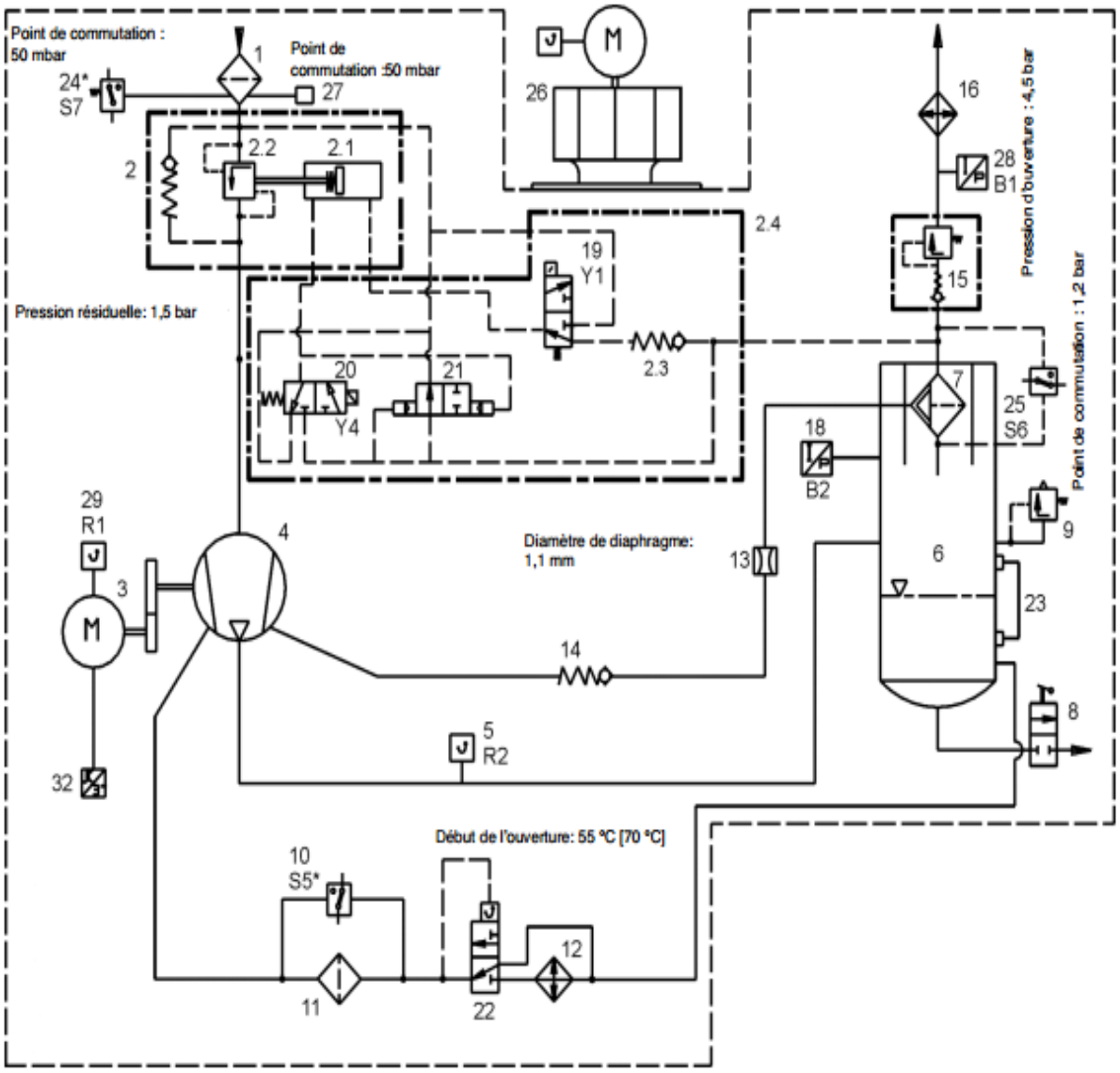



**Figure II.1** : La structure interne du compresseur CompAir L37

1. filtre d'aspiration 2.4 bloc de regulation
2. regulateur d aspiration 3 electromoteur

2.1 verrin de réglage 4 bloc du compresseur

2.2 soupape de pression 5 capteur de la temperature finale de compression (R2)

2.3 clapet anti-retour 6 reservoir sous pression

7 separateur fin 8 robinet à boisseau spherique pour l'ecoulement d'huile

9 soupape de surete 10 dispositif de surveillence du filtre à huile (S5)

11 filtre à huile 12 refroidiseur d'huile

13 dispositif d'etranglement 14 clapet anti-retour

15 soupape de de maintien de la pression et clapet anti-retour

16 reffroidiseur secondaire d'aire comprimé

18 capteur dde la pression finale de compression (B2)

19 électrovanne a 3 voies et 2 positions (vanne de décharge) (Y1)

20 électrovanne a 2 voies et 2 positions (vanne de décharge) (Y4)

21 soupape d'évacuation

22 régulateur de la temperature de l'huile

23 indicateur du niveaux d'huile

24 dispositif de surveillence du filtre d'aspiration (S7)

25 dispositif de surveillence du séparateur fin (S6)*

26 ventilateur d'air de refroidissement

27 dispositif de surveillence optique de l aspiration

28 capteur de la pression du reseaux (B1)

29 temperature du moteur (R1)

30 dispositif d'étronglement de la quantité d huile

32 unité electronique de moteur SR (seulement L37SR-L45SR)

### II.2.3 Constitution et Fonctionnement

#### II.2.3.1 Circuit d'huile

L'huile circule du réservoir de pression (- 6 - Fig II.1) vers le régulateur de température de l'huile (- 22 - Fig II.1). Tant que la température de l'huile est < 55 °C/131 °F, l'huile s'écoule

directement par le tuyau de by-pass du refroidisseur d'huile au travers du filtre à huile (- 11 - Fig. 18) pour être injectée dans le compresseur à vis (- 4 - Fig II.1). Aux températures d'huile comprises entre 55 °C/131 °F et 70 °C/158 °F, le débit d'huile est divisé entre le refroidisseur d'huile (- 12 - Fig II.1) et le by-pass. A partir d'une température d'huile de 70 °C/158 °F, la totalité du débit d'huile circule par le refroidisseur d'huile et le filtre à huile vers le compresseur à vis. L'huile recueillie dans le séparateur d'huile fin (- 7 - Fig II.1) est transmise au compresseur à vis par une conduite d'huile. L'ensemble de la circulation dans le circuit d'huile repose sur le principe de l'existence d'une pression différentielle dans le système. Compte tenu d'une différence de pression de l'ordre de 2 bars/29 PSI dans le circuit d'huile, l'huile est injectée à une pression d'environ 8 bars/116 PSI dans le compresseur à vis lorsque la pression régnant dans le réservoir est d'environ 10 bars/145 PSI. Lors de la marche à vide du compresseur à vis, on obtient une différence de pression suffisamment importante et, de ce fait, la quantité d'huile injectée nécessaire, en générant une dépression sur la tubulure d'aspiration alors que le régulateur d'aspiration est fermé (- 2 - Fig II.1) et une surpression d'environ 1,5 bar (pression résiduelle) dans le réservoir sur le point d'injection [4].

### II.2.3.2 Circuit d'air

L'air aspiré passe par le filtre d'aspiration (- 1 - Fig II.1) et le régulateur d'aspiration (- 2 - Fig II.1) pour aboutir au compresseur à vis (- 4 - Fig II.1). Au cours du processus de compression, l'air est refroidi par l'huile injectée et le mélange air comprimé/huile qui en résulte s'écoule tangentiellement dans le réservoir de pression (- 6 - Fig II.1). Après décantation grossière, puis décantation fine dans le séparateur d'huile fin (- 7 - Fig II.1), l'air comprimé à faible teneur en huile franchit le clapet de refoulement et de maintien de pression (- 14 - Fig II.1) et le refroidisseur d'air (- 15 - Fig II.1) avant d'être introduit dans le réseau de distribution [4].

### II.2.3.3 Régulation L37

- **Arrêt de l'installation**

• En cas d'un arrêt, le régulateur d'aspiration (-2-) doit être fermé par une alimentation en tension dans le compartiment de commande inférieur du cylindre de réglage (-2.1-).
• Les électrovannes (- 19 - (Y1) et - 20 - (Y4)) sont hors tension.

• Le réservoir de séparation d'huile (-6-) est déchargé quant à la pression atmosphérique par l'intermédiaire de la soupape de purge (-21-) [4].

- **Démarrage de l'installation**

• Le moteur d'entraînement démarre en mode Y.

• Le régulateur d'aspiration est fermé.

• Au moyen d'une conduite à bypass avec clapet antiretour, le compresseur aspire une certaine quantité d'air. La pression monte dans le réservoir.

• L'alimentation en huile du compresseur à vis est réalisée par la chute de pression entre le réservoir de séparation d'huile et le point d'injection dans le compresseur à vis.

• Lorsque le moteur d'entraînement est commuté sur le mode de service **Δ**, les électrovannes (- 19 - (Y1) et 20 (Y4)) sont mises en circuit car elles sont alimentées en courant.

• L'air qui est en circulation dans le système afflue dans le compartiment de commande supérieur du cylindre de réglage (-2.1-) par l'électrovanne (-20-(Y4)). La soupape de purge (- 21-) est fermée.

• Le compartiment de commande inférieur du cylindre de réglage (-2.1-) est verrouillé envers le réservoir de séparation d'huile et est purgé.

• La soupape de pression (- 2.2 -) dans le régulateur d'aspiration (- 2 -) est ouverte.

• Lors d'une pression de réservoir d'environ 4,5 bar

• 65 PSI, la soupape de maintien de la pression et clapet anti-retour (- 15 -) s'ouvre.

• Le convoyage de l'air comprimé dans le réseau de consommateur commence.

• L'installation se trouve dans le mode de charge

- **Immobilisation de l'installation :**

• Après que la touche ARRET (OFF) sur le pupitre opérateur de commande du compresseur Delcos- 3100 ait été enfoncée, les électrovannes (- 19 - (Y1) et - 20 - (Y4)) sont mises hors tension.

• La soupape de pression (- 2.2 -) dans le régulateur d'aspiration (- 2 -) se ferme et le réservoir sous pression est soulagé à la pression atmosphérique.

• Après l'expiration d'un temps de 30 secondes, le moteur d'entraînement (- 3 -) et le moteur du ventilateur d'air de refroidissement (- 26 - Fig II.1) sont stoppés.

- **Mode automatique (mode OUVERT / FERME)**

• Dès que la pression sur le capteur de la pression du réseau (- 28 - (B1)) atteint le point de commutation supérieur ajusté, les électrovannes (- 19 - (Y1) et - 20 - (Y4)) sont mises hors tension.

• La soupape de pression (- 2.2 -) se ferme.

• Cela se produit car le compartiment de commande inférieur du cylindre de réglage (-2.1-) est alimenté en pression par la soupape (-19- Y1) dans laquelle plus aucun courant de passe ; le compartiment de commande supérieur est purgé par l'électrovanne (-20- Y4).

• Le réservoir de séparation d'huile (-6-) est déchargé quant à la pression de marche à vide (pression résiduelle).

• Le compresseur à vis tourne maintenant en marche à vide.

• Le moteur du ventilateur d'air de refroidissement (- 26 - Fig II.1) est enclenché, puis mis hors service en fonction de la température finale de compression.

• Si la pression sur le capteur de la pression du réseau (- 28 - (B1)) ne baisse pas sur le point de commutation inférieur défini pendant l'intervalle de temps ajusté pour la poursuite de course du moteur (par exemple, 120 secondes), le moteur d'entraînement (- 3 -) et le moteur du ventilateur d'air de refroidissement (- 26 - Fig II.1) sont stoppés et l'installation est soulagée à la pression atmosphérique.

• L'installation est maintenant en mode « Stand-By » et peut redémarrer à tout moment si la pression de réseau tombe sur le point de commutation inférieur ajusté (voir au paragraphe « Démarrage de l'installation »).

• Si la pression sur le capteur de la pression du réseau (- 28 - (B1)) baisse avant l'expiration du temps ajusté pour la poursuite de course du moteur sur le point de commutation inférieur préajusté, les électrovannes (- 19 - (Y1) et - 20 - (Y4)) sont à nouveau excitées par du courant.

• L'installation se met alors dans le mode de charge [4].

### II.2.4 Mode de fonctionnement du régulateur d'aspiration

#### II.2.4.1 Mode de charge

Pendant la commutation sur le circuit en triangle, les deux électrovannes (7 (Y1) et 9 (Y4)) sont alimentées en courant. Le piston de décharge (11) est fermé. Au même moment, l'air comprimé afflue par la conduite (20) dans le compartiment de commande supérieur du cylindre de réglage. La soupape de régulation d'aspiration s'ouvre et le compartiment de commande inférieur est purgé par la conduite (22) par l'intermédiaire de l'électrovanne (7 (Y1)) [4]

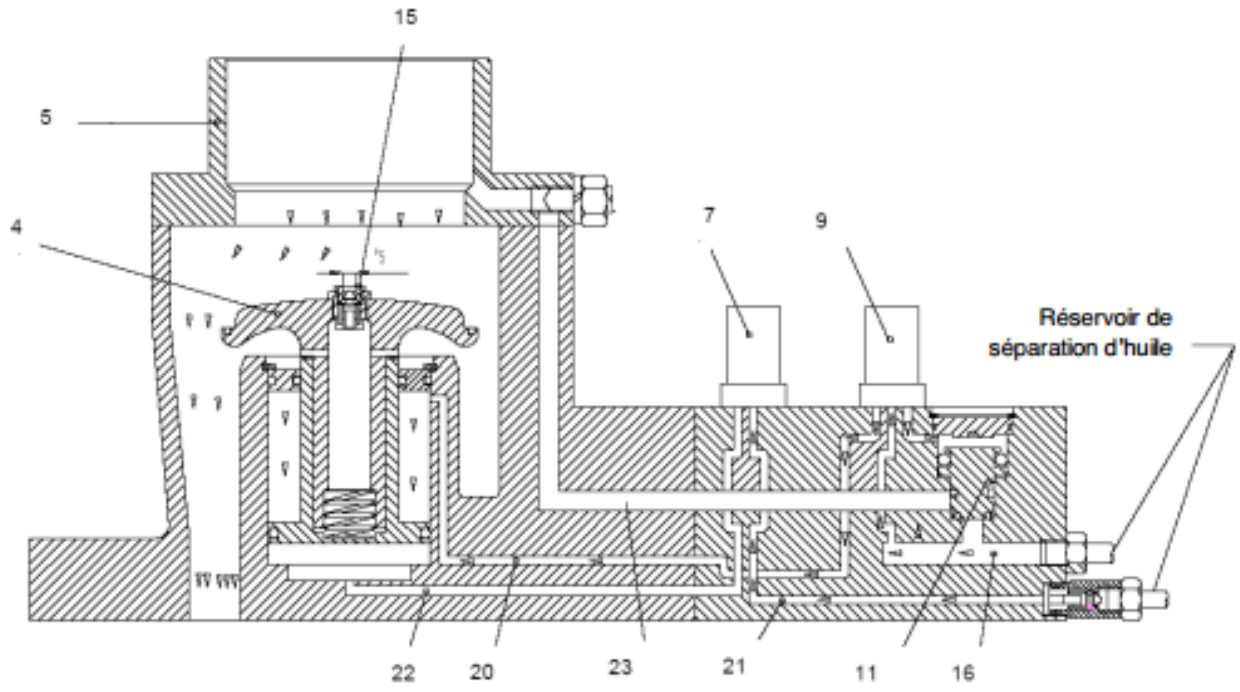



**Figure II.2** : Mode de charge

### II.2.4.2 Marche à vide

Dès que la pression de réseau est atteinte, le courant ne passe plus dans les deux électrovannes (7 (Y1) et 9 (Y4)). Le cylindre de réglage est fermé par les conduites (21) et (22). Simultanément, un piston de purge (11) s'ouvre et décharge le réservoir de séparation d'huile par les conduites (16) et (23). Une faible quantité d'air est aspirée par la soupape de bypass (15) [4].

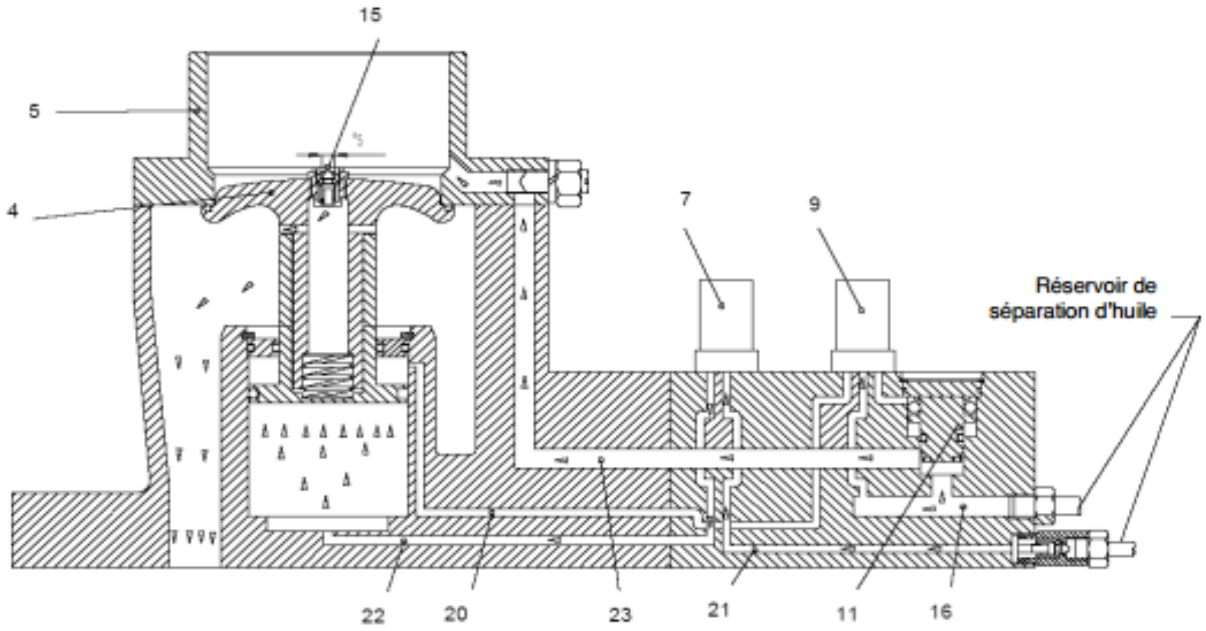



**Figure II.3** : Marche à vide

## II.3 Purgeur de condensats BEKOMAT

### II.3.1 Définition :

La formation de condensat est inévitable. Celui-ci apparaît lors de la production d'air et se propage dans tout le réseau. Ce condensat peur être agressif, contenir des impuretés, des substances toxiques ou être huileux (cas des installations avec compresseurs lubrifiés). Il se forme lorsqu'il existe des différentielles de température, lors de zones climatiques différentes, selon l'altitude de l'emplacement, distance de la mer et selon le débit d'air comprimé. Le purgeur BEKOMAT est la solution aux dommages inutiles causés par ces paramètres. Le purgeur BEKOMAT fonctionne sur le principe d'une sonde capacitive. Grâce à sa fiabilité et avant tout

à son fonctionnement sans pertes de charge et aussi sa faible consommation n'énergie, le purgeur BEKOMAT est devenu la référence industrielle pour de nombreux process industriels [6].

### II.3.2 Avantages :

- Insensible aux impuretés
- Report d'alarme
- Peu d'entretien
- Evite la formation d'émulsion
- Travaille en fonction du volume de condensat
- Evite les pertes de charge
- Gamme de Ø importants répondant à tous les applications et process.

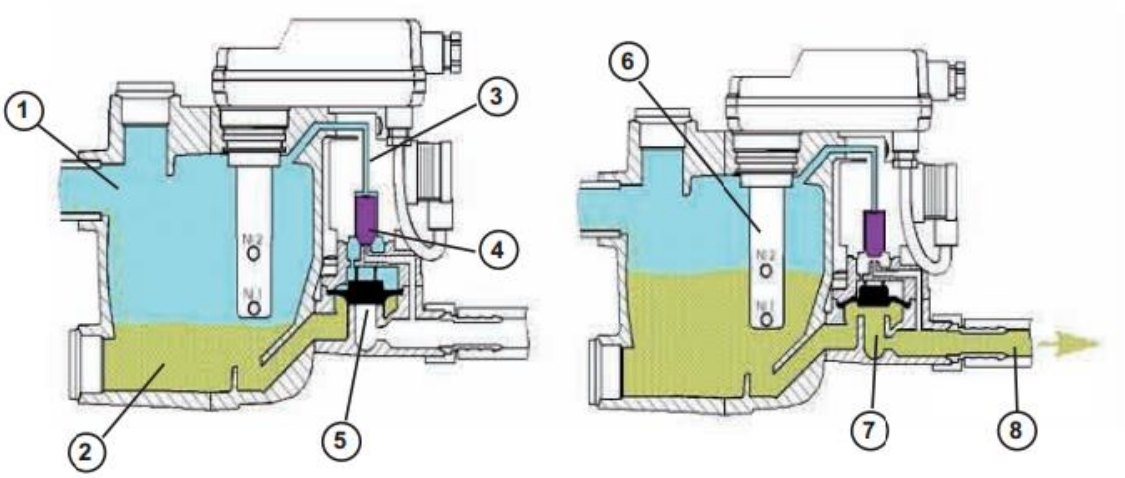



**Figure II.4** : Purgeur BEKOMAT

(1) : Orifice d'entrée

(2) : Réservoir

(3) : Conduite pilote

(4) : Electrovanne

(5) : Membrane

(6) : Capteur capacitif

(7) : Siège

(8) : Conduite d'écoulement

### II.3.3 Fonctionnement :

#### a. Etat vide :

Le condensat collecté dans le réservoir (2) arrive goutte à goutte par l'orifice d'entrée (1). Le clapet à membrane (5) est alors fermé. La pression de part et d'autre du clapet est équilibré par l'intermédiaire de la conduite pilote (3) et de l'électrovanne (4). La surface de la membrane étant supérieure, la pression de fermeture de la membrane est plus élevée et le siège du clapet est fermé et étanche [6].

#### b. Etat rempli :

Dès que le réservoir (2) est rempli de condensat et que le niveau supérieur de capteur capacitif (6) est atteint, celui-ci commande le fonctionnement de l'électrovanne et la zone située au-dessus de la membrane est mis à l'atmosphère. Le clapet se soulève de son siège (7), la pression régnant alors dans le corps du purgeur refoule le condensat dans l'orifice d'écoulement (8).

L'électronique de commande du purgeur BEKOMAT détermine à cet instant la vitesse d'écoulement jusqu'au point bas et calcule la durée d'ouverture exacte de la soupape. Celle-ci est fermée sans aucune fuite, avant que l'air comprimé ne puisse s'échapper. Si l'écoulement du condensat est perturbé (conduite bouchée, membrane défectueuse), le mode alarme est activé au bout de 60 secondes. La diode LED rouge clignote, un signal d'alarme est délivré par un contact sans potentiel, pour un éventuel système de surveillance. Dans cet état, l'électrovanne s'ouvre durant 7.5 secondes, ainsi un purgeur BEKOMAT qui s'est rempli pendant la période hors pression, sort automatiquement de l'état d'alarme dès que la pression de service revient [6].

## II.4 Réservoir (ballon de stockage)

Dans le cycle du traitement de l’air comprimé, les réservoirs ont deux fonctions essentielles :

**a. Fonction de stockage**

Equilibrer les variations de consommation d'air comprimé, réduit selon son dimensionnement les cycles Marche/Arrêt du compresseur et éventuellement l'écart de pression de régulation (1 bar de plus augmente les coûts énergétiques de 6 à 10 %).

**b. Fonction refroidissement**

L'air comprimé se refroidit au contact des parois du réservoir. Ce phénomène participe au cycle d'épuration car une partie des condensats (40 à 60 %) précipite et s'accumule au fond du réservoir pour être ensuite évacuée par la purge.

## I.5 Les Filtres

Les filtres sont utilisés à la fois avant et après la compression. En filtrant l'air entrant, les particules les plus grosses sont retenues, ce qui permet de protéger l'entrée du compresseur contre l'usure. Lors de la compression, l'air peut être contaminé avec l'huile (provenant des machines lubrifiées) retenue par les filtres. L'efficacité du filtre dépend du type de compresseur, de son ancienneté, de son modèle et de son état. Les filtres sont souvent montés avec d'autre. Les filtre à fibre ne peuvent retenir que les gouttelettes d'huile alors que les filtres à charbon actif peuvent retenir la vapeur d'huile [5].

### I.5.1 Une filtration en sortie de réservoir

Ces filtres coalescents de haute efficacité éliminent les particules solides et toute trace d'aérosol, ils sont nécessaires mais pas suffisants.

### I.5.2 Une filtration au poste utilisateur

Avant d'utiliser l'air, il faut le filtrer, l'assécher, le graisser et réguler sa pression. Ainsi, avant chaque SAP (Système Automatisé de Production), on place une unité de conditionnement FRL (Filtration, Régulation, Lubrification) qui adapte l'énergie pneumatique au système. Cette unité est constituée d'un Filtre, d'un Mano- Régulateur et d'un Lubrificateur [5].

### I.5.3 Séparateur d'eau /huile

Les séparateurs d'eau/huile : ont été conçus pour éliminer efficacement toute contamination liquide dans l'air comprimé. L'air contient toujours de la vapeur d'eau.

Lorsqu'il est comprimé, il s'échauffe, il se refroidit ensuite dans le réseau de distribution, ce qui entraine la condensation sous forme de brouillard d'une partie de la vapeur d'eau. Cette eau se mélange à l'huile émise par le compresseur et aux poussières de rouille des tuyauteries du réseau. Pour les compresseurs lubrifiés, l'air produit est saturé de vapeurs d'huile et requiert un traitement énergétique pour éliminer ces vapeurs. Ce traitement ce fait dans les séparateurs d'huile [5].

## I.6 Les vannes

### I.6.1 Définition

Comme n'importe quel actionneur elle agit sur la grandeur replante qui sera toujours pour une vanne de deux voies, la grandeur réglée sera une pression, un débit, un niveau, une température et un rapport de concentration.

### I.6.2 Structure

Quelques soit le fabricant, le type de vanne ou sa génération, une vanne est toujours décomposable technologiquement en deux parties :

• La vanne (Corps de vanne, siège, clapet) ;

• L'actionneur (Arcade, servomoteur).

### I.6.3 Le choix de la vanne

Le choix de la technologie de la vanne va faire intervenir de très nombreux critères :

- La nature du fluide traité
- L'agressivité mécanique (et/ou) chimique du fluide
- La température de fonctionnement
- La pression du fluide en amont et en aval
- Les dispositifs anti cavitation
- Les dispositifs limitant le bruit
- Le niveau d'étanchéité souhaité entre siège et clapet
- Circulation du fluide en un seul sens ou deux sens
- La force ou le moment à développer pour mouvoir le clapet

- Le poids, l'encombrement
- Raccordement aux conduites
- La maintenance (facilité de montage démontage)

### I.7 Sécheurs d'air

Deux technologies différentes de sécheurs existent et offrent à l'utilisateur des performances complémentaires. Il s'agit des sécheurs par adsorption et des sécheurs par réfrigération.

### I.7.1 Sécheurs par réfrigération

Le sécheur par réfrigération refroidit l'air comprimé. Lors de ce processus, la condensation d'eau est très importante et une grande quantité de cette eau peut être séparée. L'air comprimé est ensuite chauffé pour que la condensation ne se forme pas à extérieur du système de conduites [7].

L'air comprimé est refroidi grâce un système de refroidissement fermé dans lequel on utilise un agent refroidissant. Pour se faire, CompAir utilise de gaz écologique. En refroidissant l'air comprimé entrant avec l'air comprimé sortant dans l'échangeur thermique l'énergie du sécheur par réfrigération est réduite [7].

### I.8 Problématique

Le mode de fonctionnement de cette centrale d'air comprimé est manuel, ce qui cause le déplacement de l'opérateur plusieurs fois par jours ainsi que des retards dans la production vu son éloignement de la tour de contrôle.

Pour solutionner cette problématique nous avons proposé un programme pour chaque élément de cette centrale et une configuration modbus avec les compresseurs ainsi qu'une supervision de toute la centrale avec une vue sur les alarmes et des arrêts d'urgence.

## I.9 Conclusion

La description des éléments de la centrale nous a permis de bien comprendre les différentes étapes de production et de traitement de l'air comprimé ainsi que le rôle de chaque constituant dans le cycle de production, ce qui nous facilitera la tâche pour l'élaboration d'une analyse fonctionnelle complète du cycle de fonctionnement de la centrale.

## III.1 Introduction :

Le bus Modbus répond aux architectures Maître/Esclave. Il a été créé par la société Modicon pour interconnecter les automates programmables. Ce protocole a rencontré beaucoup de succès depuis sa création du fait de sa simplicité et de sa bonne fiabilité.

- Historique :
o 1979 : Création de MODBUS par MODICON (Modular Digital Controller).
o 1994 : Modicon fusionne avec Schneider (Telemecanique / April / Square D).
o 2003 : Transfert de compétences Schneider à MODBUS-IDA.
o 2004 : Pré-Standard international IEC62030.
o 2004 : MODBUS/TCP leader mondial (840000 nœuds).
o 2005 : MODBUS adopté en tant que standard chinois.
- Domaines d'utilisation :
o Manufacturier, Infrastructures, Energie, Bâtiment.
- Applications :
o Echanges automate ⇔ périphérie décentralisée.
o Echanges supervision ⇔ automate.

## III.2 Principe général :

Le bus est composé d'une station Maître et de stations esclaves. Seule la station Maître peut être à l'initiative de l'échange (la communication directe entre stations Esclaves n'est pas réalisable). Le maître peut s'adresser aux esclaves individuellement ou envoyer un message de diffusion générale à tous les esclaves. Les esclaves renvoient un message (réponse) aux requêtes qui leur sont adressées individuellement. Les requêtes de diffusion générale n'attendent pas de réponses en retour [9].

Le bus Modbus RS485 peut accueillir 32 nœuds : 1 maître et jusqu'à 31 esclaves.

## III.3 Liaison série RS485 :

### III.3.1 Transmission série asynchrone :

En environnement industriel on préfère utiliser la transmission Série asynchrone plus simple à mettre en œuvre et moins coûteuse. La ligne peut ne comporter qu'un fil; on en utilise en général 3: **émission**; **réception**; **masse**.

Les éléments binaires d'informations (bits) d'un mot ou caractère sont alors envoyés successivement les uns après les autres (sérialisation) au rythme d'un signal d'horloge. Le récepteur effectue l'opération inverse : transformation Série / parallèle à partir de son horloge ayant la même fréquence que celle de l'émetteur.

- Les informations peuvent être transmises de façon irrégulière, cependant l'intervalle de temps entre deux bits est fixe. Des bits de synchronisation (START, STOP) encadrent les informations de donnée [9].

### III.3.2 Transmission série synchrone :

Pour une transmission synchrone, c'est la réception du signal d'horloge sur un fil séparé ou contenu dans les données (code Manchester) qui lance exploitation des données par le récepteur.

- les informations son transmise de façon continue. Un signal de synchronisation est transmis en parallèle aux signaux de donnée [9].

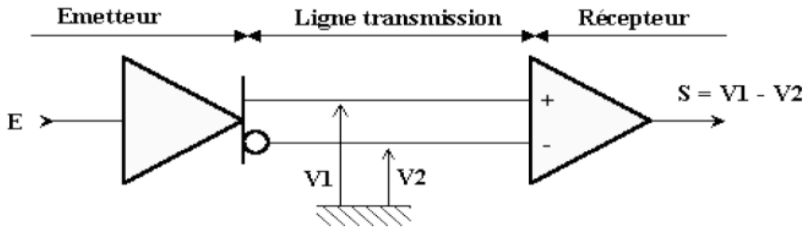
### III.3.3 Câblage liaison Modbus RS485 :

RS485 est une liaison série, de type asynchrone, différentielle qui permet un débit élevé (jusqu'à 10 Mégabits/secondes) sur une distance importante (jusqu'à 1200 mètres).

### III.3.4 Liaison symétrique (ou différentielle) :

Une liaison symétrique comporte deux conducteurs actifs par sens de transfert. L'émetteur possède un amplificateur différentiel qui va transmettre les états logiques à la double ligne de transmission sous forme de deux tensions V+ et V- ou V- et V+ selon le niveau logique.

Le récepteur est un montage à amplificateur opérationnel, il n'est donc concerné que par la différence de tension entre les deux fils de ligne [9].




| E | V1 | V2 | S |
|---|---|---|---|
| 0 | -V | +V | -2V |
| 1 | +V | -V | +2V |

La liaison symétrique (Tableau III.1) ou différentielle permet de transmettre des données sur de grandes

distances à des vitesses élevées. Elle est peu sensible aux parasites induits, ceux-ci affectent les deux fils de la ligne et se trouvent inhibés par l'entrée différentielle du récepteur.

| E | V1 | V2 | Parasite | S = V1 – V2 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | -V | +V | VP | (-V+VP) - (+V+VP) = -2V |
| 1 | +V | -V | VP | (+V+VP) - (-V+VP) = +2V |

**Tableau III.1 :** Liaison symétrique

### III.4 Les types de transmissions:

#### III.4.1 Transmission simplex : mono-directionnel

- Unidirectionnelle. (voir figure III.1)

- Les données sont transmises dans un seul sens.

- Ce mode de communication est utilisé quand il n'est pas nécessaire pour l'émetteur d'obtenir une réponse de la part du récepteur. Un circuit électronique comme un capteur qui envoie régulièrement et de manière autonome des données pourra utiliser une liaison simplex.

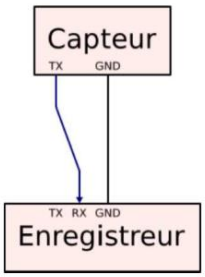



**Figure III.1 :** Mono directionnel

#### III.4.2 Transmission half-duplex : bi-directionnel alterné

- Bidirectionnelle. (voir figure III.2)

- La transmission est possible dans les deux sens, mais pas simultanément.

- Il ne peut y avoir sur la ligne qu'un seul équipement en train d'émettre.

- Dans la communication half-duplex, deux systèmes interconnectés sont capables d'émettre et de recevoir chacun leur tour.

- Il faut que les systèmes communicants soient en mesure de déterminer qui a le droit de parler. Dans le cas contraire, on risque d'avoir une collision (quand les deux systèmes tentent de parler simultanément).

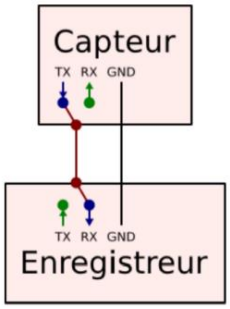



**Figure III.2 :** Bi-directionnel alterné

### III.4.3 Transmission full-duplex : bi-directionnel simultané

- Bidirectionnelle.

- Les données sont reçues ou transmises simultanément dans les 2 sens. Deux systèmes interconnectés sont capables d'émettre et de recevoir simultanément.

Pour des raisons liées au coût et à la robustesse, la plupart des réseaux de communication industriels utilisent

### III.4.4 Une transmission numérique série asynchrone half-duplex.

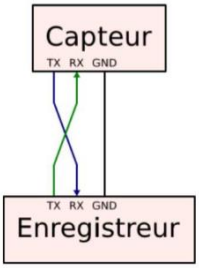



**Figure III.3 :** Transmission half-duplex

L'avantage de ce système de communication par rapport au mode full-duplex (figureIII.3) est qu'il réduit par deux le nombre de canaux de communication nécessaires**.**

### III.5 Les supports physiques:

### III.5.1 Les principaux supports utilisés.

Les supports de transmission ou MEDIUMS influent sur :

- Vitesse,

- Distance,

- Immunité électromagnétique. Mediums les plus utilisés :

- La paire de fils torsadés :

Le plus **simple** à mettre en œuvre, et le **moins cher**. C'est le plus utilisé sur les bus de terrain.

- Le câble coaxial :

Il se compose d'un conducteur en cuivre, entouré d'un écran mis à la terre. Entre les deux, une couche isolante de matériau plastique. Le câble coaxial a d'excellentes propriétés électriques et se prête aux transmissions à grande vitesse. Plus difficile à mettre en œuvre.

- La fibre optique :

Ce n'est plus un câble en cuivre qui porte les signaux électriques mais une fibre optique qui transmet des signaux lumineux. Convient pour les environnements industriels agressifs, les transmissions sont sûres, et les longues distances (maxi 10000 mètres) [9].

### III.6 Trame modbus :

Les trames sont de 2 types :

- Mode RTU (Remote Terminal Unit) : les données sont sur 8 bits.

- Mode ASCII : les données sont sur 7 bits (les trames sont donc visibles en hexadécimal et il faut deux caractères pour représenter un octet). Ce dernier mode est quasiment tombé en désuétude.

### III.6.1 Principe général :

Le protocole Modbus consiste en la définition de trames d'échange.

Le maître peut aussi diffuser un message à tous les esclaves présents sur le réseau. Ceux-ci exécutent l'ordre du message sans émettre une réponse.

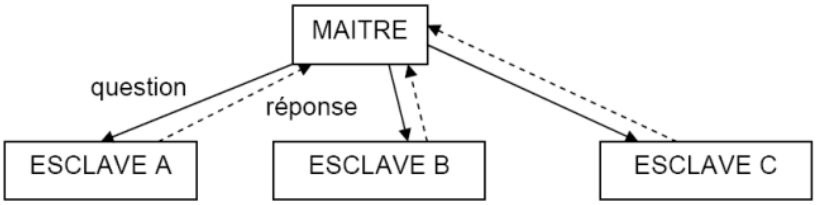



**Figure III.4 :** Principe maitre esclave

Le maître envoie une **demande** et attend une **réponse**. (figure III.4)

### III.6.2 Trame MODBUS RTU (Remote Terminal Unit ⇔Unité Terminale Distante) :

Le mode de transmission utilisé est le mode RTU (tableau III.2). La trame ne contient ni octet d'en-tête de message, ni octet de fin de message. Elle est définie de la manière suivante :

| START | Adresse | Fonction | Données | CRC | END |
|---|---|---|---|---|---|
| Silence | 1 octet | 1 octet | n octets | 2 octets | Silence |

| N° esclave | Code fonction | 1er paramètre | | Autre paramètres | CRC 16 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 octet | 1 octet | PF :1 octet | Pf :1 octet | N octets | PF :1 octet | Pf :1 octet |

**Tableau III.2 :** Trame MODBUS RTU

Les données sont transmises en binaire. CRC16 : paramètre de contrôle polynomial (cyclical redundancy check). La détection de fin de trame est réalisée sur un silence supérieur ou égal à 3 caractères.

- N° esclave : de 1 à 247.
- N° fonction :

01 : Lecture de n bits de sortie consécutifs,
02 : Lecture de n bits de sortie consécutifs,
03 : Lecture de n mots de sortie consécutifs,
04 : Lecture de n mots d'entrées consécutifs,
05 : Ecriture d'un bit interne ou de sortie,
06 : Ecriture d'un mot interne ou registre…

Il existe 19 fonctions possibles sur Modbus. Ces fonctions sont codées sur 1 octet en hexadécimal, tous les équipements ne supportent pas toutes les fonctions.

- 1er paramètre : Adresse du bit ou du mot adressé.

- 2ème paramètre : Quantité de mots adressés ou valeur du bit ou du mot écrit selon la fonction utilisée.

- Autres paramètres : Données écrites dans plusieurs mots consécutifs.

- CRC16 : Contrôle par redondance cyclique pour détecter les erreurs de transmission.

- La détection de fin de trame est réalisée sur un silence supérieur ou égal à 3 caractères [11].

### III.6.3 Trame MODBUS ASCII :

Chaque octet composant une trame est codé avec 2 caractères ASCII (2 fois 8 bits). (voir tableau III.3)

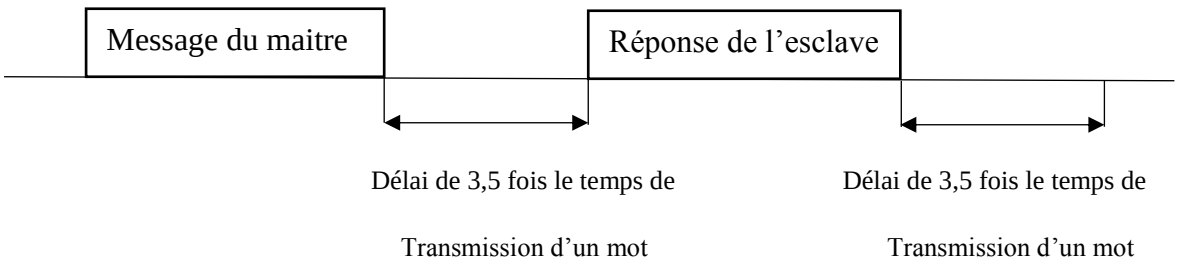
| START | Adresse | Fonction | données | LRC | END |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 caractère | 2 caractères | 2 caractères | n caractères | 2 caractères | 2 caractères |

**Tableau III.3 :** Trame MODBUS ASCII

Le mode ASCII permet d'avoir des intervalles de plus d'une seconde entre les différents caractères sans que cela ne génère d'erreurs, alors que le mode RTU permet un débit plus élevé pour une même vitesse de transmission

### II.6.4 Transmission d'un message :

Avant et après chaque message, il doit y avoir un silence équivalent à 3,5 fois le temps de transmission d'un mot.




L'ensemble du message doit être transmis de manière continue. Si un silence de plus de 1,5 fois le temps de transmission d'un mot intervient en cours de transmission, le destinataire du

message considérera que la prochaine information qu'il recevra sera l'adresse du début d'un nouveau message.

**III.6.5 Données :**

Vitesse de transmission : 9600 ou 19200 bits/seconde

Trame : 8 bits sans parité

Parité : sans parité

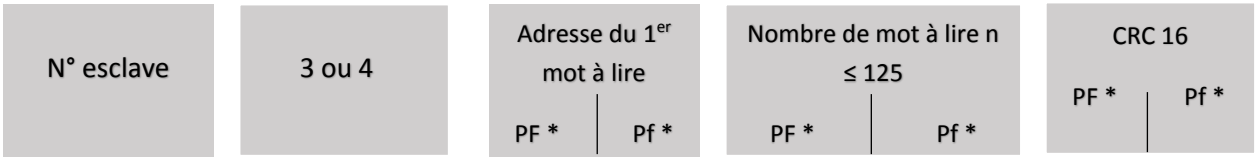
- 1 stop

**. La question :**

Elle contient un code fonction indiquant à l'esclave adressé le type d'action demandé. Les données contiennent des informations complémentaires dont l'esclave a besoin pour exécuter cette fonction.

Le mot de contrôle permet à l'esclave de s'assurer de l'intégralité du contenu de la question Remarque : le " mot " représente ici 2 octets soit 16 bits [10].

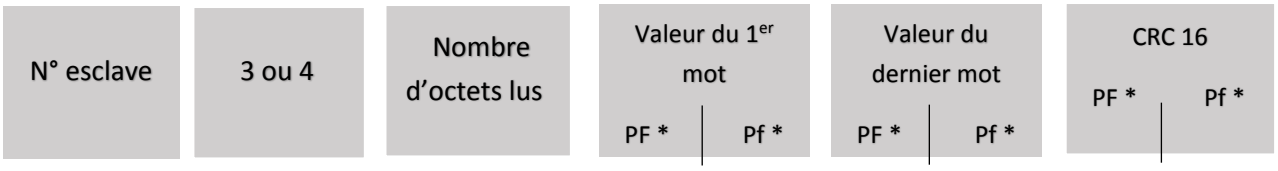
Lecture de n mots : fonction 3 ou 4




1 octet 1 octet 2 octets 2 octets 2 octets

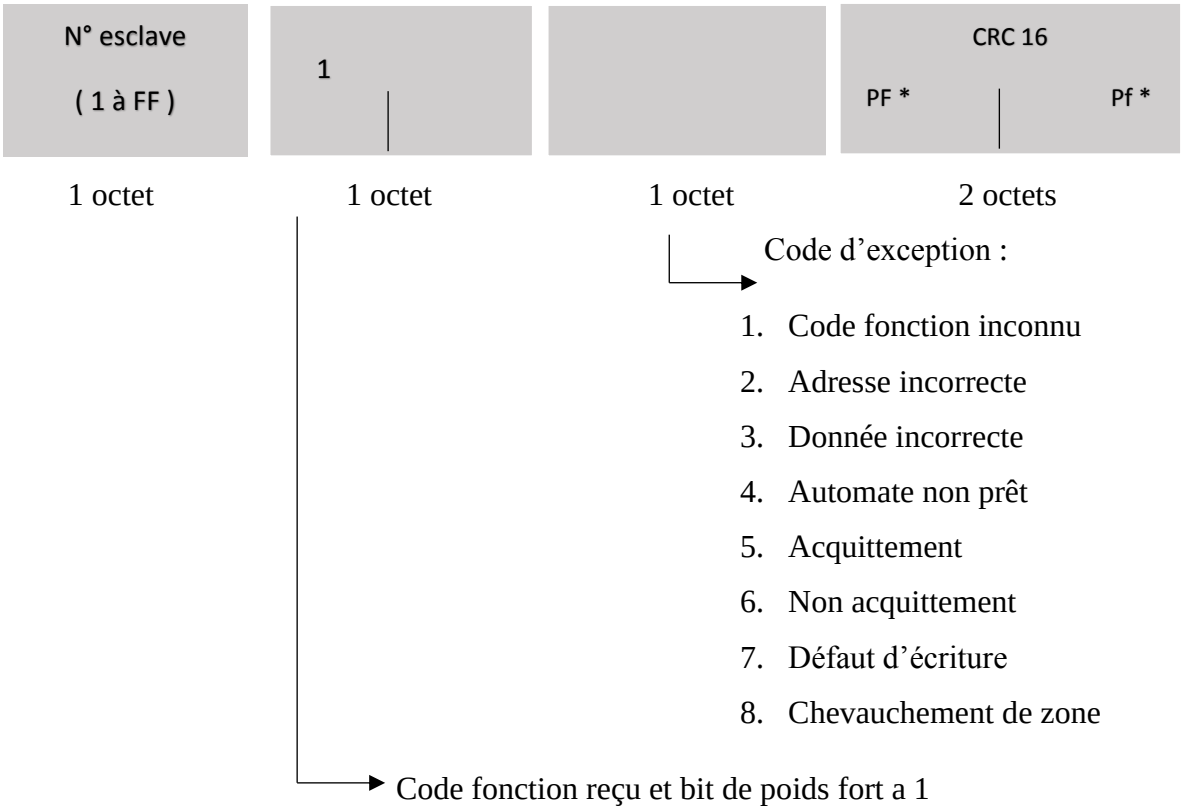
**. La réponse :**

La réponse est toujours sous une forme identique à la question.




1 octet 1 octet 1octet 2 octets 2 octets 2 octets

**. La réponse si erreur :**




**. Exemple de lecture d'un mot sur l'esclave 1**

Numéro d'esclave 1

Fonction 3 (lecture de n mot)

Adresse du mot à lire : 800 (PF : 03 pf : 20) ==>800d/256=03h et il reste 32d qui fait 20h

Nombre de mots à lire : 1 (PF : 00 pf : 01)

CRC : -31356 (PF : 85 pf : 84)

La trame qui sera envoyée est la suivante : 01 03 0320 0001 8584

Sous la forme Chr(01)+Chr(03)+Chr(03)+Chr(20)+Chr(00)+Chr(01)+Chr(85)+Chr(84)

Forme générale d'une trame RTU :

**Le maître** s'adresse à l'esclave. Le code fonction indique à l'esclave le type d'action à réaliser.

**. Exemple :**

Lecture de registre, code de fonction 03 hex. Le champ de données est codé sur n mots en hexadécimal de 00 à FF, soit sur n octets. Selon le code fonction, le champ de données contient diverses informations complémentaires permettant à l'esclave de décoder le message. Dans le cas du mode RTU, le champ contrôle d'erreur CRC (Cyclical Redundancy Check) sert à s'assurer de l'intégrité des données reçues. Le CRC contient une valeur codée sur 16 bits.

**L'esclave** renvoie sa réponse ; il place sa propre adresse dans le champ adresse afin que le maître puisse l'identifier. Pour une réponse normale, l'esclave reprend le même code fonction que celui du message envoyé par le maître. Le champ contrôle d'erreur contient une valeur codée sur 16 bits. Cette valeur est le résultat d'un CRC calculé à partir du message [10].

**. Support de transmission :**

Chaque octet composant un message est transmis en mode RTU de la manière suivante : Sans contrôle de la parité :

| START | Bit 0 | Bit 1 | Bit 2 | Bit 3 | Bit 4 | Bit 5 | Bit 6 | Bit 7 | STOP | STOP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Avec contrôle de la parité :

| START | Bit 0 | Bit 1 | Bit 2 | Bit 3 | Bit 4 | Bit 5 | Bit 6 | Bit 7 | Parité | STOP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Dans le cas d'un contrôle de parité, il vous est demandé de confirmer l'état du contrôle :

Paire ou impaire ('évent' ou 'Oddo').

Avant et après chaque message (trame), il doit y avoir un silence minimum de 3,5 fois le temps de transmission d'un octet. L'ensemble du message doit être transmis de manière continue. Le temps maximum entre 2 octets doit être inférieur à 1,5 fois le temps de transmission d'un octet. Dans le cas contraire, il y a une erreur de transmission. Le protocole MODBUS ne définit que la structure des messages et leur mode d'échange [9].

### III.6.6 Code fonction :

MODBUS offre 19 fonctions différentes (tableau III.4). Elles se caractérisent par un code fonction sur un octet (en hexadécimal). Tous les équipements ne supportent pas tous les codes fonction [9].

| Code | Nature des fonction MODBUS | TSX 37 |
|---|---|---|
| H'01' | Lecture de n bits de sortie consécutifs | * |
| H'02' | Lecture de n bits de sortie consécutifs | * |
| H'03' | Lecture de n mots de sortie consécutifs | * |
| H'04' | Lecture de n mots consécutifs d'entrée | * |
| H'05' | Ecriture de1 bit de sortie | * |
| H'06' | Ecriture de1 mot de sortie | * |
| H'07' | Lecture du statut d'exception | |
| H'08' | Accès aux compteur de diagnostic | |
| H'09' | Téléchargement, télé déchargement et mode de marche | |
| H'0A' | Demande de CR de fonctionnement | |
| H'0B' | Lecture du compteur d'évènements | * |
| H'0C' | Lecture des évènements de connexion | * |
| H'0D' | Téléchargement, télé déchargement et mode de marche | |
| H'0E' | Demande de CR de fonctionnement | |
| H'0F' | Ecriture den bits de sortie | * |
| H'10' | Ecriture den mots de sortie | * |
| H'11' | Lecture d'identification | * |
| H'12' | Téléchargement, télé déchargement et mode de marche | |
| H'13' | Reset de l'esclave après erreur non recouverte | |

**Tableau III.4 :** Code fonction

### III.6.7 Exemple d'utilisation du Modbus RTU

Caractéristiques de l'interface Modbus :

Type de bus : RS485
Protocol : MODBUS RTU, 16 bit CRC
Baud : 4800, 9600,19200 (défaut)
Data bit : 8
Parité : Paire (even)
Stop bit : 1
Distance : 1200 mètre max
Câble : JYSTY (nx2x0.8)

Nombre max d'esclave : 32 par bus

Adresses : 0-247 paramétrable

### III.7 Le CRC 16 en modbus RTU

Quand on parle de communication entre une machine et un PC (ou un automate), c'est un dialogue en question/réponse. Mais si on peut envoyer n'importe quoi, il faut quand même que la machine comprenne en quelle langue on parle et comment décoder la trame. Pour ce faire, on utilise le CRC (Contrôle de redondance cyclique) et il en existe plusieurs en fonction du type de codage utilisé (8, 16 ou 32 bits) pour la communication.
Le plus souvent, on utilise un CRC16, c'est le système le plus courant, l'autre étant le 32 bits (CRC32).

Le calcul du CRC fait appel à des notions de programmation logique avec des (OR, XOR, AND et XAND, etc…), Ci-dessous on trouve deux fonctions, CRC16 et AddCRC16 :

- CRC16 : renvoie un tableau contenant le bit de poids fort et le bit de poids faible en fonction d'une trame sans CRC en Byte.
- AddCRC16 : corrige la trame envoyée sans CRC en Byte en rajoutant le CRC à la fin.

Quand on souhaite envoyer une trame, on a souvent besoin d'ajouter le CRC après calcul quand le trame est variable, d'où la modification de la fonction CRC16 en AddCRC16 qui permet de restituer une trame exploitable immédiatement [11].

#### III.7.1 Fonctionnement

Le calcul va utiliser le principe de la division polynomiale. Ainsi, on va diviser la trame d'entrée A par un polynôme et donc récupérer le CRC. A l'arrivée on redivisera la trame B complète (A+CRC) par ce même polynôme. Si le reste est nul, c'est que la trame de départ est la même que la trame d'arrivée.

Le choix du polynôme générateur est fonction de la qualité du résultat du CRC. Sans rentrer dans les détails mathématiques, le plus simple est d'utiliser ceux qui sont définie comme étant de bonne qualité. Les CRC-16 et 32 donne une fiabilité de près de 100% au niveau de l'intégrité de la trame [11].

### III.8 Exemples de trame du compresseur CompAir L37

### Registres d'état du compresseur

Parmi les mesurandes à lire nous avons les adresses suivantes :

Pression finale : 0004h (1/10 bar) [Byte], Température du compresseur : 1006h (°C) [Entier] [8].

### II.8.1 Lecture de la pression finale

. Question :

| 01 | 03 | 0004 | 0001 | CRC |
|---|---|---|---|---|
| Adresse de l'esclave 1 | Fonction lecture de registre | Adresse du registre de départ | Nombre de registre à lire | CRC 16 bits |

**Tableau III.5 :** Lecture de la pression finale(question)

. Réponse pour une pression de 7,3 bar (49h)

| 01 | 03 | 02 | 0049 | CRC |
|---|---|---|---|---|
| Adresse de l'esclave 1 | Fonction lecture de registre | Nombre de bits lus | Message de donnée | CRC 16 bits |

**Tableau III.6 :** Lecture de la pression finale(réponse)

### III.8.2 Lecture de la température du compresseur

. Question :

| 01 | 03 | 1006 | 0001 | CRC |
|---|---|---|---|---|
| Adresse de l'esclave 1 | Fonction lecture de registre | Adresse du registre de départ | Nombre de registre à lire | CRC 16 bits |

**Tableau III.7 :** Lecture de la température du compresseur (question)

. Réponse pour une température de 84°C (54h)

| 01 | 03 | 02 | 0054 | CRC |
|---|---|---|---|---|
| Adresse de l'esclave 1 | Fonction lecture de registre | Nombre de bits lus | Message de donnée | CRC 16 bits |

**Tableau III.8 :** Lecture de la température du compresseur(réponse)

**III.8.3 Envoi de la commande de démarrage du compresseur** (message de donnée 0=stop, 1= start)

| 01 | 10 | 3300 | 0001 | 02 | 0001 | CRC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Adresse de l'esclave 1 | Fonction set registre | Adresse du registre de départ | Nombre de registres | Nombre de bits | Message de donnée | CRC 16 |

**Tableau III.9 :** Envoi de la commande de démarrage du compresseur

. Réponse si le compresseur démarre

| 01 | 10 | 3300 | 0001 | CRC |
|---|---|---|---|---|
| Adresse de l'esclave 1 | Fonction set registre | Adresse du registre | Message de donnée | CRC 16 bits |

Réponse d'exception 01 90 04 4DC3

**Tableau III.10 :** Envoi de la commande de démarrage du compresseur (si le compresseur démarre)

**III.8.4 Envoie de la commande Quitter**

| 01 | 10 | 3302 | 0001 | 02 | 0001 | CRC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Adresse de l'esclave 1 | Fonction set registre | Adresse du registre de départ | Nombre de registres | Nombre de bits | Message de donnée | CRC 16 |

**Tableau III.11 :** Envoie de la commande Quitter ( question )

. Réponse

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 01 | 10 | 3302 | 0001 | CRC |
| Adresse de l'esclave 1 | Fonction set registre | Adresse du registre | Message de donnée | CRC 16 bits |

Réponse d'exception 01 90 04 4DC3

**Tableau III.12 :** Envoie de la commande Quitter (réponse)

### III.9 Conclusion

Modbus est le protocole réseau le plus utilisé dans l'environnement industriel grâce à sa fiabilité, son débit élevé sur de grandes distances et sa simplicité de mettre en place. Il permet de communiquer des automates programmables et des millions de dispositif d'automatisation. De plus il est utilisé pour contrôler, programmer et communiquer des dispositifs de terrain intelligents avec des capteurs et des instruments.

## IV.1 Introduction

Apres l'étude de nos compresseurs et des éléments de notre système nous allons dans ce chapitre présenter les programmes dédiés à chaque élément de cette centrale et à la configuration de la communication modbus RS485 RTU entre l'automate Siemens S7-315-2PN/DP et les compresseurs Delcos CompAir L37. Nous allons aussi mettre en évidence les étapes et les opérations suivies dans l'élaboration de la supervision à partir de la modélisation du système étudié par l'élaboration du programme.

## IV.2 Configuration matérielle (Partie Hardware)

C'est une étape importante, qui correspond à l'agencement des châssis, des modules et de la périphérie décentralisée.

Les modules sont fournis avec des paramètres définis par défaut en usine. Une configuration matérielle est nécessaire pour :

· Modifier les paramètres ou les adresses prérègles d'un module,

· Configurer les liaisons de communication.

Le choix du matériel SIMATIC S300 avec une CPU315-2PN/DP nous conduit à introduire la hiérarchie suivante :

On commence par le choix du châssis selon la station choisie auparavant, Pour la station SIMATIC S300, on aura le châssis « RACK-300 » qui comprend un rail profilé.

Sur ce profile, l'alimentation préalablement sélectionnée se trouve dans l'emplacement n°1.

Parmi celles proposées notre choix s'est porte sur la << PS-307 2A ».

La << CPU 315-2PN/DP » est impérativement mise à l'emplacement n°2.

L'emplacement n°3 est réservé comme adresse logique pour un coupleur dans une configuration multi-châssis [13].

- Pour la configuration du matériel Nous allons y mettre les modules d'entrées et de sorties analogiques et numériques ; D'après l'identification des E/S du PLC il y a :

- 4 entrées analogiques (AI)
- 13 entrées numériques (DI)
- 26 sorties numérique (DO)

Pour assurer la flexibilité du système, 20% de réserves des E/S sont à pourvoir lors de l'implantation du PLC, donc les cartes des E/S sont comme suit :

- 2 embases de 4 entrées analogiques (2 × 4 AI)
- Une embase de 32 entrées numériques (32 DI)
- Une embase de 32 sorties numériques (32 DO)

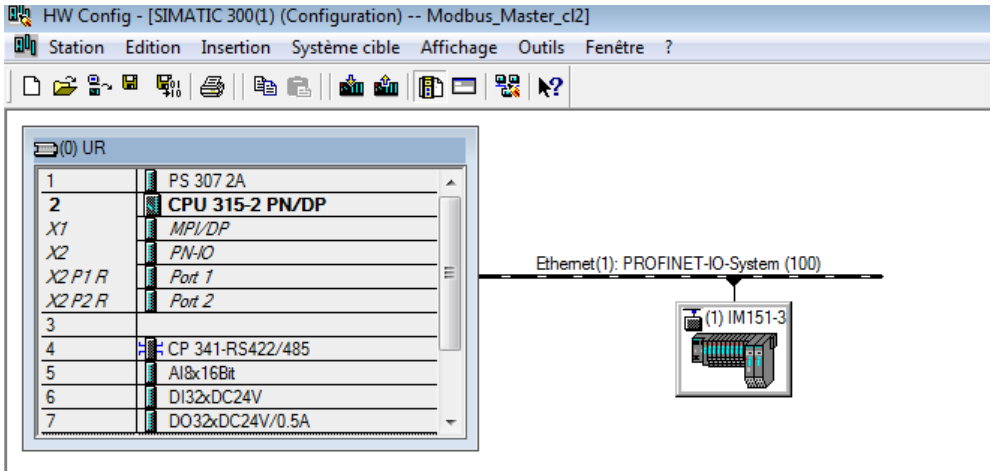



**Figure IV.1 :** Choix des embases d'E/S

### IV.2.1 Caractéristiques de la CPU

La CPU 315-2 PN/DP présente les caractéristiques suivantes :

- Mémoire de travail 125Ko
- Alimentation DC 24V
- Extension des entrées/sorties intégrées
- Jusqu'à 3 modules de communication
- Jusqu'à 8 modules de E/S en extension
- 2 interface profinet pour programmation

### IV.2.2 Architecture du programme réalisé

Le programme réalisé contient les blocs suivants :

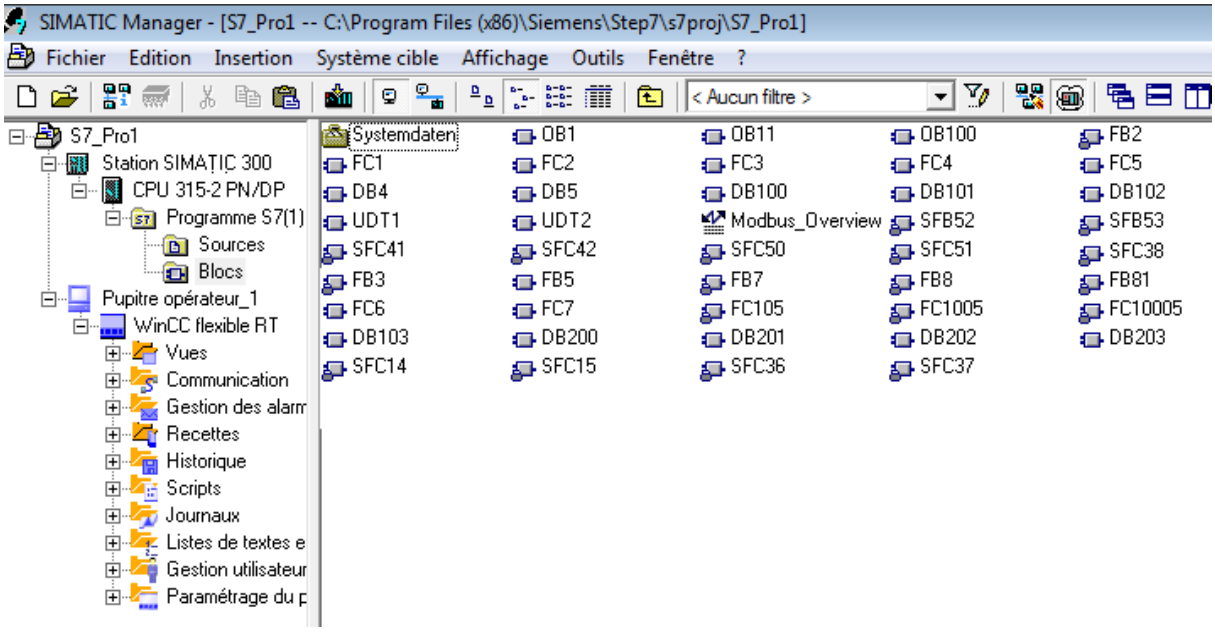



**Figure IV.2** : Blocs du projet

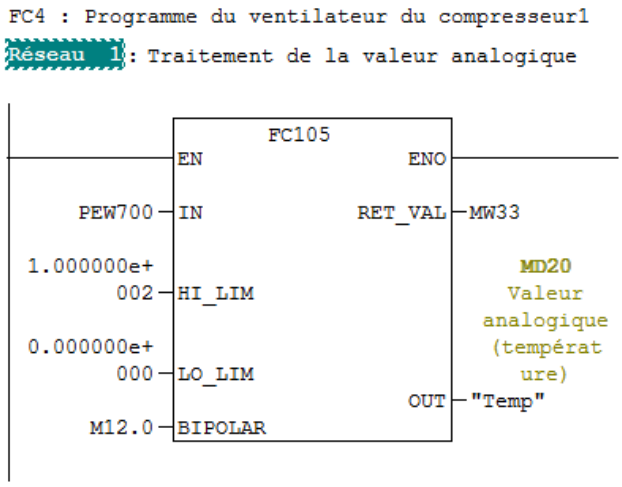
## IV.3 Les programmes de la centrale

### IV.3.1 Programmation des blocs

Pour la programmation des blocs nous avons choisi le langage à contact (CONT), nous allons débuter avec les fonctions FC105, FC106 et FC 107.

- **FC105, FC106 et FC107**

Ces trois fonctions sont programmées pour le traitement des entrées analogiques, pression et température de chaque compresseur :

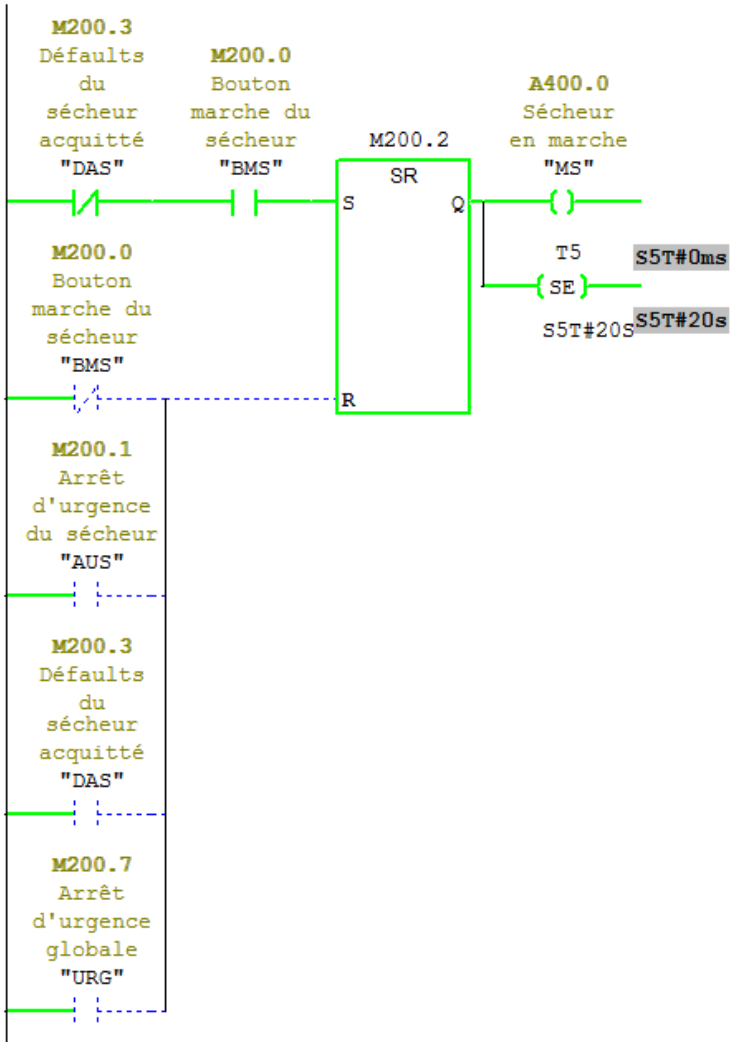



- **FC1**

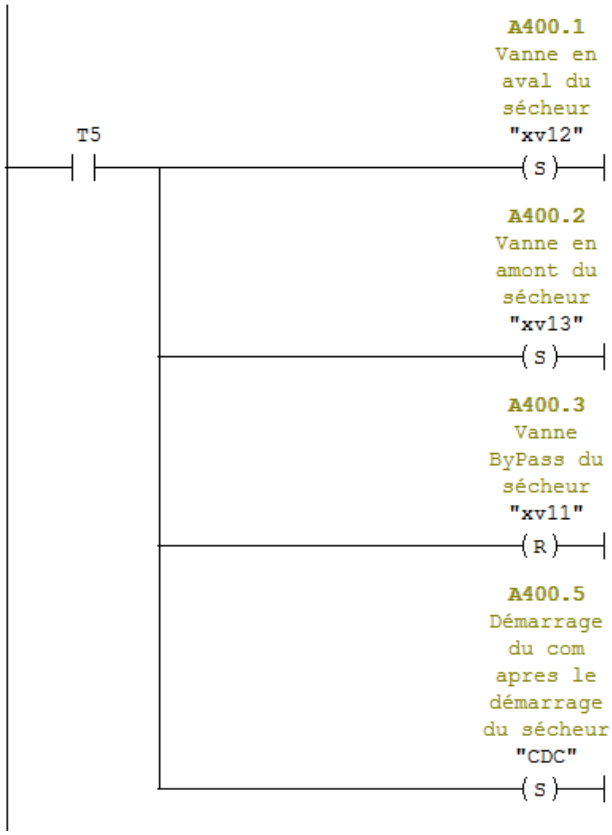
La fonction FC1 est programmée pour la commande du sécheur (marche/arrêt) ainsi que pour ces électrovannes (vanne en amont et en aval du sécheur et vanne du bypass).

FC1 : Programme du sécheur

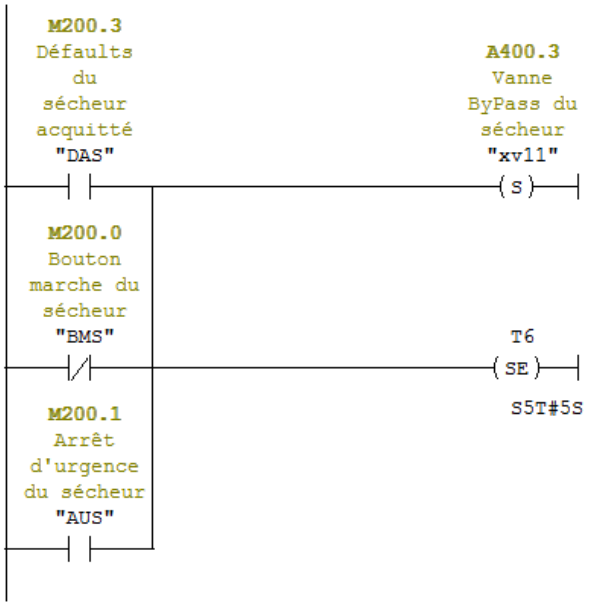
Réseau 1 : Commande de démmarage et arrêt du sécheur



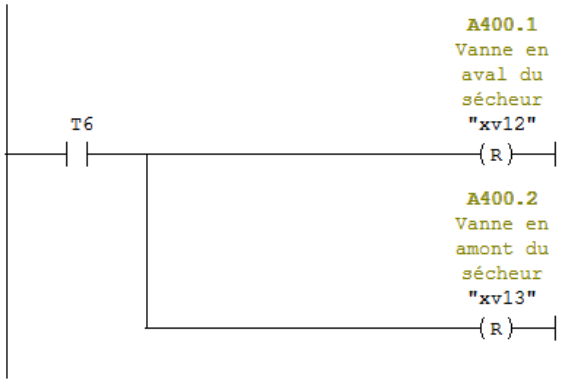
**Réseau 2 :** Commande des vannes du sécheur




**Réseau 3 :** Commande de la vanne du ByPass du sécheur



Réseau 4 : Commande des vannes du ByPass du sécheur

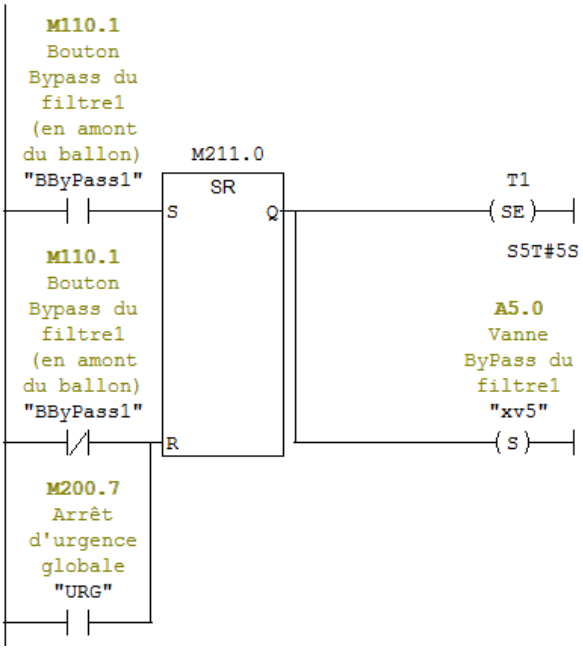



- **FC2**

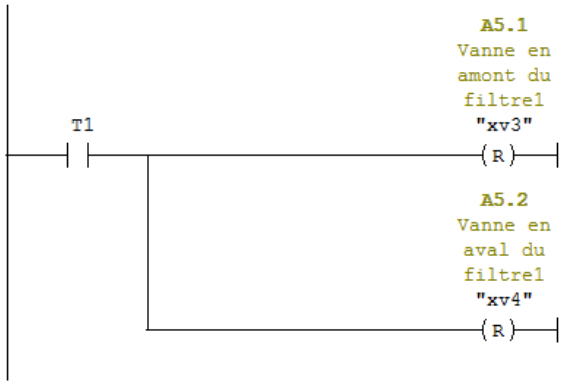
La fonction FC2 est programmée pour l'ouverture et la fermeture des électrovannes en amont et aval du ballon de stockage.

FC2 : Programme électrovannes des filtres et du ballon de stockage

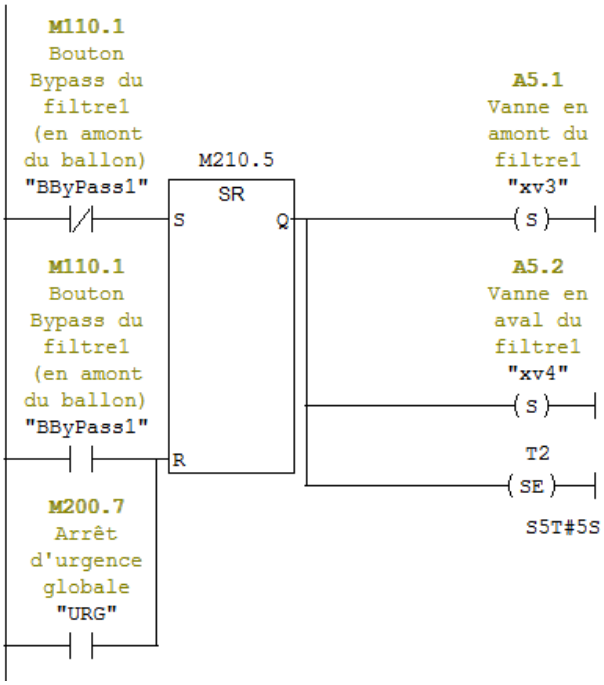
Réseau 1 : Commande Bypass Filtre1



**Réseau 2 :** Commande ByPass Filtre1



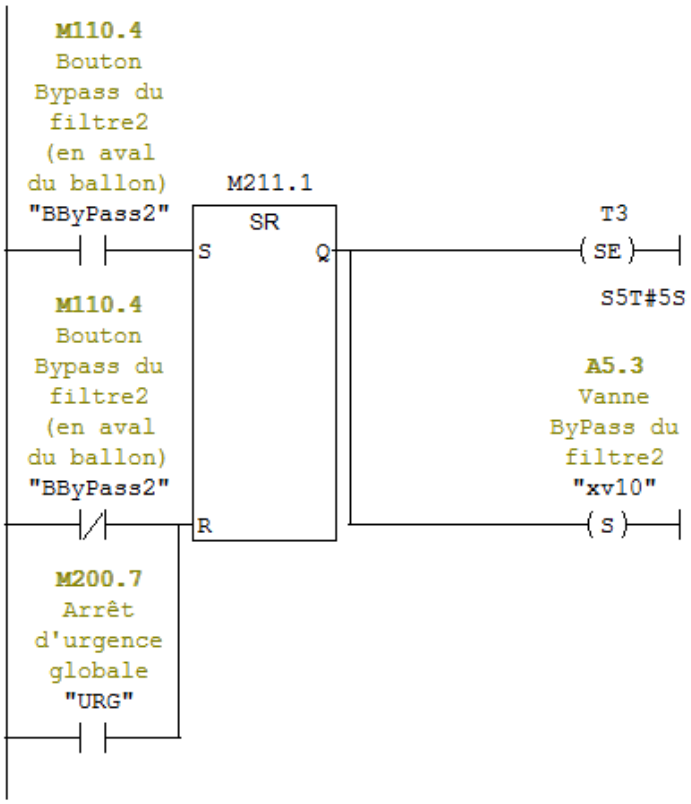

**Réseau 3 :** Commande ByPass Filtre1



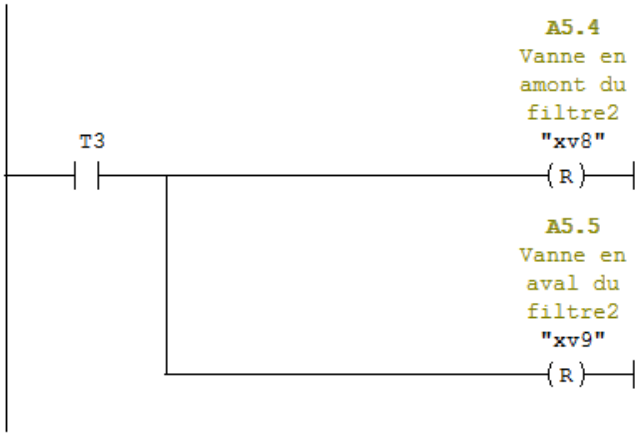

**Réseau 4 :** Commande ByPass Filtre1



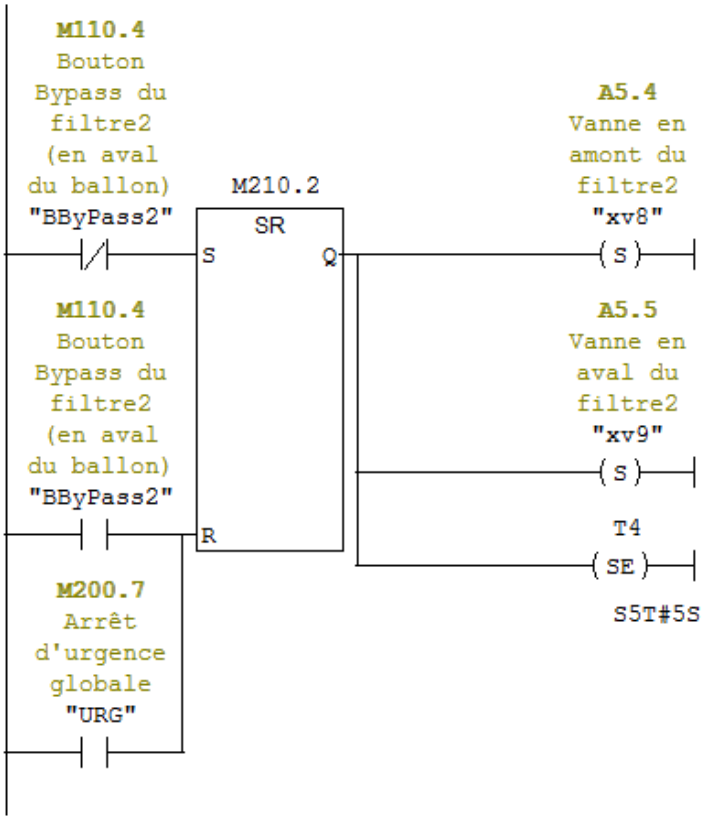
**Réseau 5 :** Commande ByPass Filtre2




**Réseau 6 :** Commande ByPass Filtre2



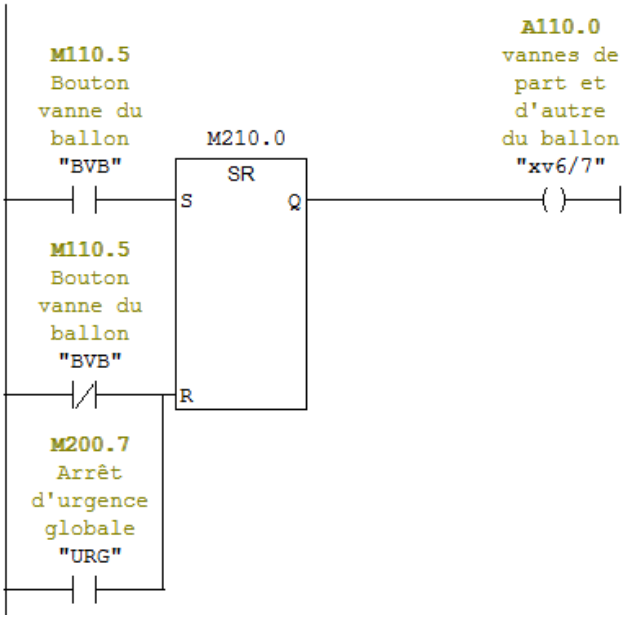
Réseau 7 : Commande ByPass Filtre2




Réseau 8 : Commande ByPass Filtre2



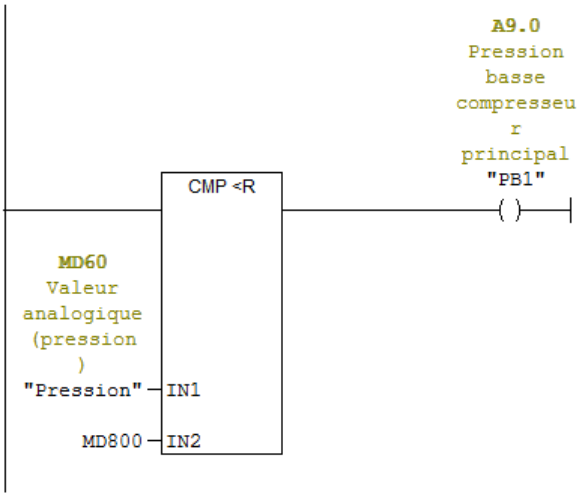
Réseau 9 : Commande vannes du ballon de stockage



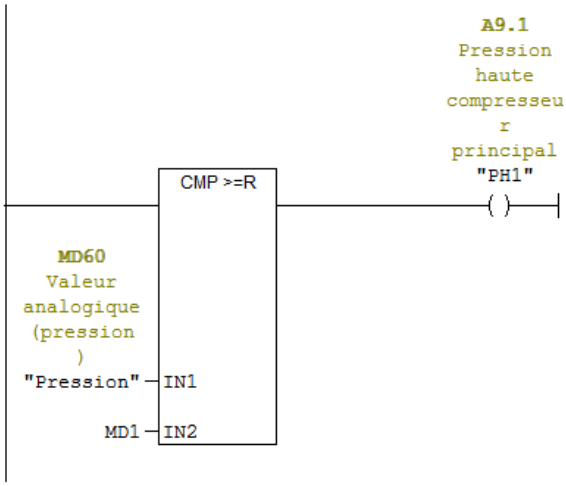

- **FC3 et FC5**

Les fonctions FC3 et FC5 sont programmées pour la commande des compresseurs principal et secondaire respectivement en comparant les valeurs analogiques de pression pour le démarrage et l'arrêt de chacun des compresseurs.

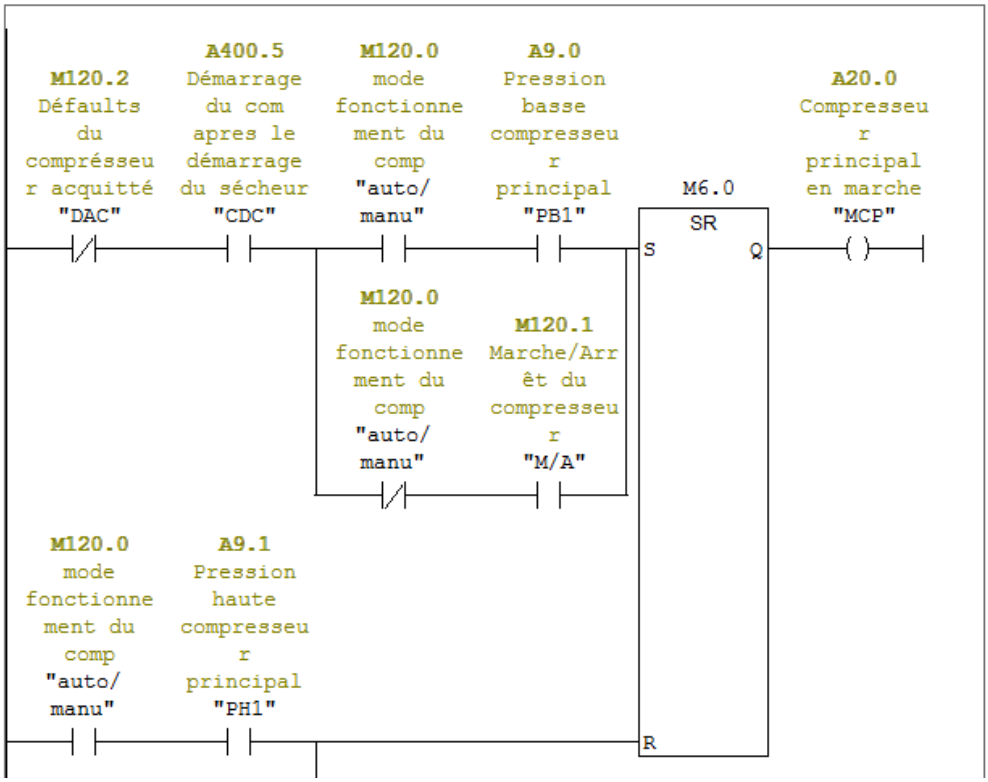
Réseau 2 : Comparateur de pression (basse)

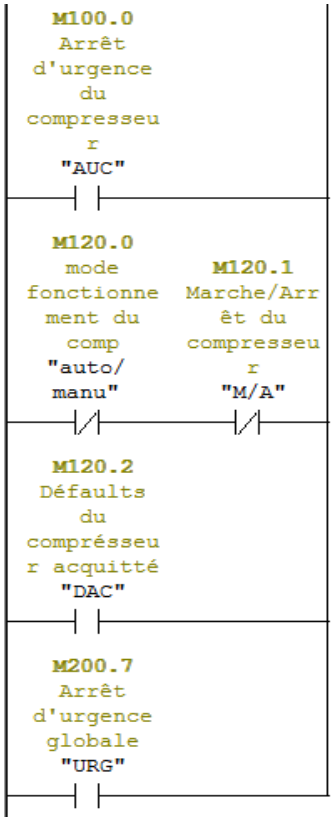


Réseau 3 : Comparateur de pression (haute)

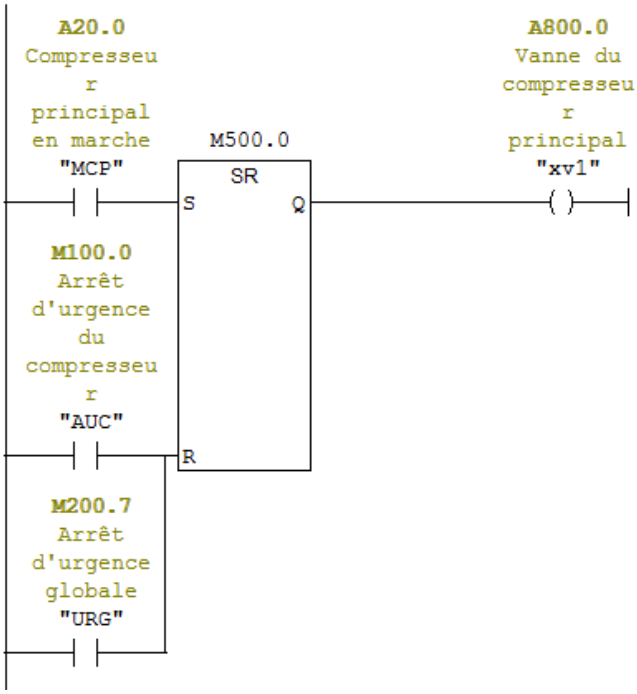



Réseau 4 : Commande du compresseur principal



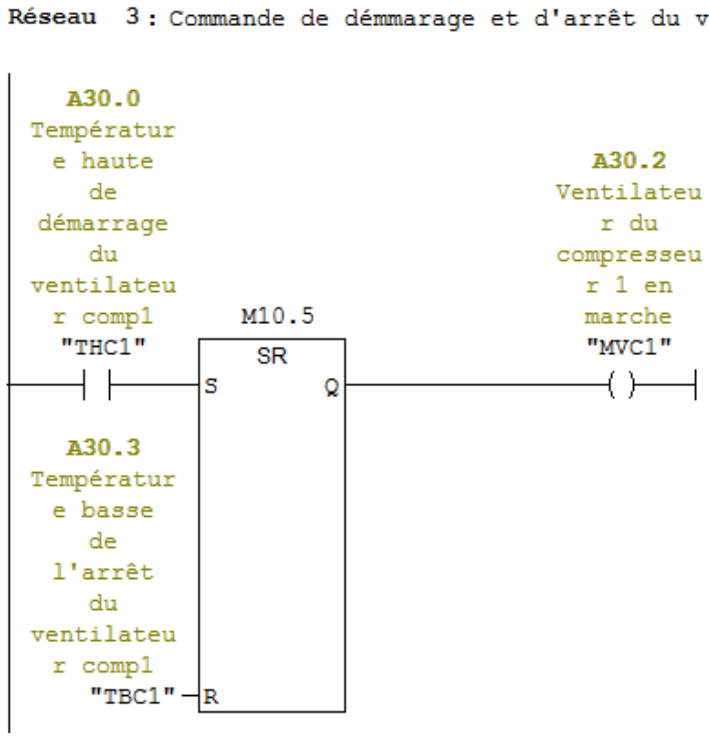



**Réseau 5 :** Commande vanne du compresseur principal

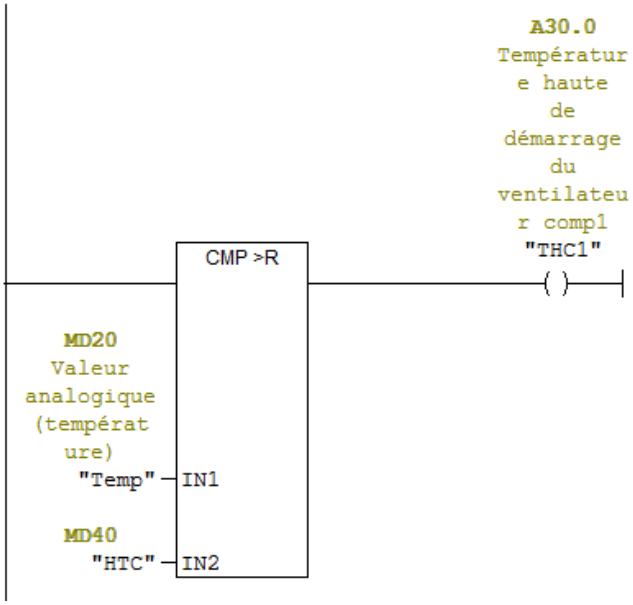


- **FC4 et FC7**

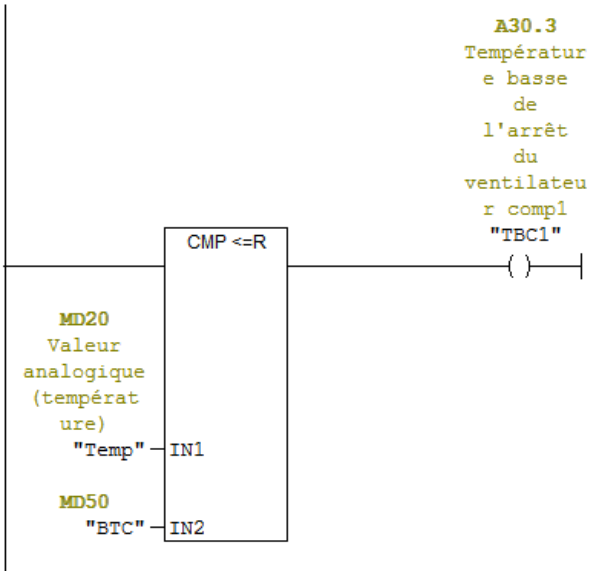
Les fonctions FC4 et FC7 sont programmée pour le démarrage et arrêt du ventilateur de refroidissement de chaque compresseur principal et secondaire respectivement en comparant les valeurs analogiques de température lus avec la fonction FC106.



Réseau 2 : Comparateur de température (haute)




Réseau 4 : Comparateur de température (basse)

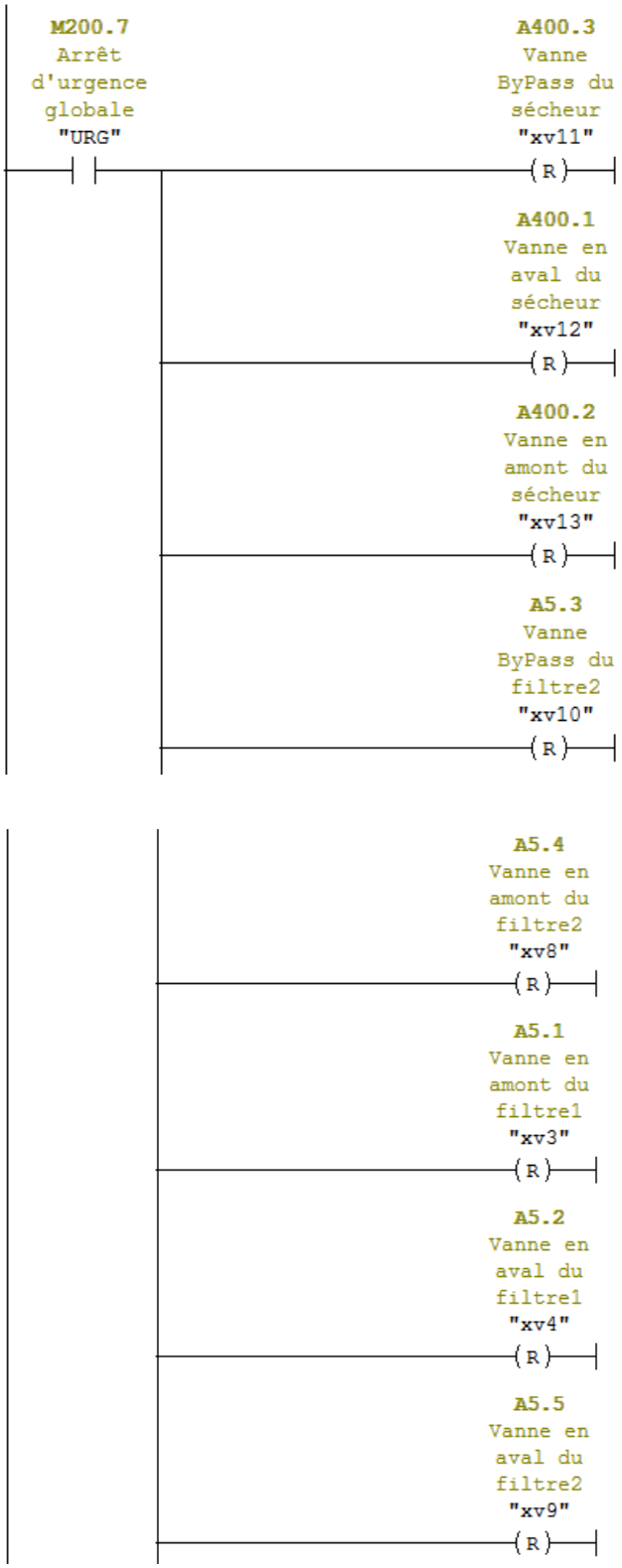


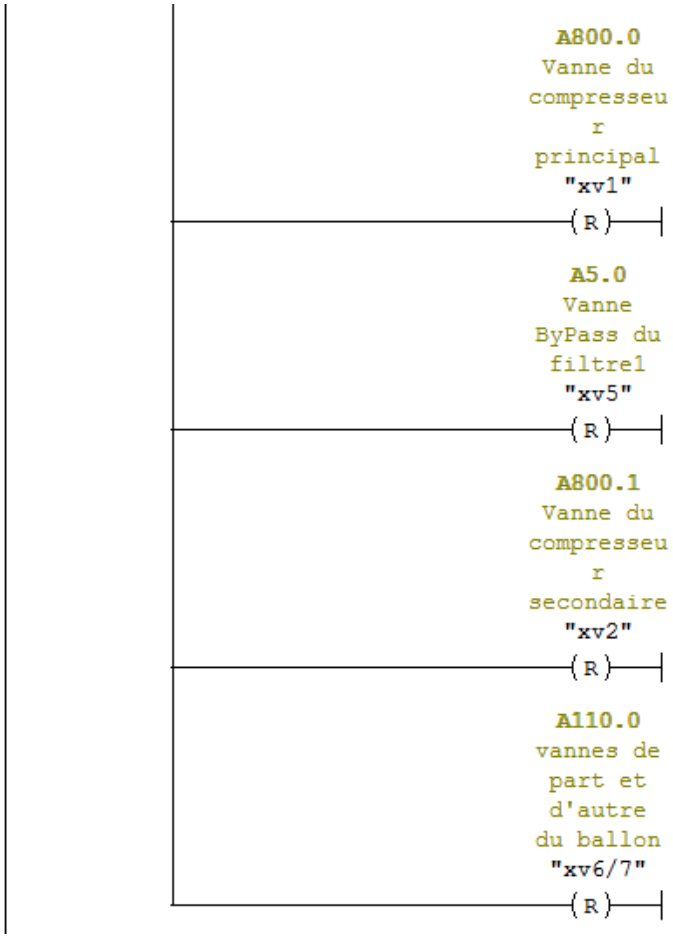

- **FC6**

La fonction FC6 est programmée pour la fermeture d'urgence de toutes les vannes de la centrale en cas d'arrêt d'urgence globale de la production.

FC6 : Programme d'arrêt d'urgence (électrovannes)

Réseau 1 : Commande de fermeture des vannes de la centrale






### IV.3.2 Création de la table des mnémoniques

Dans tout programme il faut définir la liste des variables qui vont être utilisées lors de la programmation. Pour cela la table des mnémoniques est créée. L'utilisation des noms appropriés rend le programme plus compréhensible est plus facile à manipuler.

| | Etat | Mnémonique | Opérande | Type de d | Commentaire |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | alarme1 | MW 10 | WORD | |
| 2 | | alarme2 | MW 12 | WORD | |
| 3 | | alarme3 | MW 14 | WORD | |
| 4 | | AUC | M 100.0 | BOOL | Arrêt d'urgence du compresseur |
| 5 | | AUCS | M 100.1 | BOOL | Arrêt d'urgence compresseur secondaire |
| 6 | | AUS | M 200.1 | BOOL | Arrêt d'urgence du sécheur |
| 7 | | auto/manu | M 120.0 | BOOL | mode fonctionnement du comp |
| 8 | | BByPass1 | M 110.1 | BOOL | Bouton Bypass du filtre1 (en amont du ballon) |
| 9 | | BByPass2 | M 110.4 | BOOL | Bouton Bypass du filtre2 (en aval du ballon) |
| 1 | | BMS | M 200.0 | BOOL | Bouton marche du sécheur |
| 1 | | BTC | MD 50 | REAL | |
| 1 | | BTC2 | MD 90 | REAL | |
| 1 | | BVB | M 110.5 | BOOL | Bouton vanne du ballon |
| 1 | | CDC | A 400.5 | BOOL | Démarrage du com apres le démarrage du sécheur |
| 1 | | CONVERSION_DB... | DB 100 | DB 100 | |
| 1 | | CONVERSION_DB... | DB 200 | DB 200 | |
| 1 | | Cycle Execution | OB 1 | OB 1 | |
| 1 | | DAC | M 120.2 | BOOL | Défaults du compréssseur acquitté |
| 1 | | DAC2 | M 120.3 | BOOL | Défault acquitté comp2 |
| 2 | | DAS | M 200.3 | BOOL | Défaults du sécheur acquitté |
| 2 | | Data_for_Master | UDT 1 | UDT 1 | Includes the sourcedata for the communication with a slave plus some diagnostic |
| 2 | | DIS_AIRT | SFC 41 | SFC 41 | Delay the Higher Priority Interrupts and Asynchronous Errors |
| 2 | | DMSK_FLT | SFC 37 | SFC 37 | Unmask Synchronous Errors |
| 2 | | DPRD_DAT | SFC 14 | SFC 14 | Read Consistent Data of a Standard DP Slave |
| 2 | | DPWR_DAT | SFC 15 | SFC 15 | Write Consistent Data to a Standard DP Slave |
| 2 | | EN_AIRT | SFC 42 | SFC 42 | Enable Higher Priority Interrupts and Asynchronous Errors |
| 2 | | HTC | MD 40 | REAL | |
| 2 | | HTC2 | MD 80 | REAL | |
| 2 | | I_Modbus_Master | DB 5 | FB 5 | Instance DB of FB Modbus_Master (FB81) |
| 3 | | I_S_MODB1 | DB 102 | FB 81 | Instance data block of FB81 |
| 3 | | I_S_MODB2 | DB 202 | FB 81 | Instance data block of FB81 |
| 3 | | M/A | M 120.1 | BOOL | Marche/Arrêt du compresseur |
| 3 | | Master_Data | DB 4 | DB 4 | Contains arrays of UDT1 and UDT2 plus output parameters of Modbus_Master (FB5) |
| 3 | | MCP | A 20.0 | BOOL | Compresseur principal en marche |
| 3 | | MCS | A 20.1 | BOOL | Compresseur secondaire en marche |
| 3 | | MS | A 400.0 | BOOL | Sécheur en marche |
| 3 | | MVC1 | A 30.2 | BOOL | Ventilateur du compresseur 1 en marche |
| 3 | | MVC2 | A 40.2 | BOOL | Ventilateur du compresseur 2 en marche |
| 3 | | PB1 | A 9.0 | BOOL | Pression basse compresseur principal |
| 4 | | PB2 | A 9.2 | BOOL | Pression basse compresseur secondaire |
| 4 | | PH1 | A 9.1 | BOOL | Pression haute compresseur principal |
| 4 | | PH2 | A 9.3 | BOOL | Pression haute compresseur secondaire |
| 4 | | Pression | MD 60 | REAL | Valeur analogique (pression) |
| 4 | | T | A 30.1 | BOOL | |
| 4 | | TBC1 | A 30.3 | BOOL | Température basse de l'arrêt du ventilateur comp1 |
| 4 | | TBC2 | A 40.1 | BOOL | Température basse de l'arrêt du ventilateur comp2 |
| 4 | | Temp | MD 20 | REAL | Valeur analogique (température) |
| 4 | | THC1 | A 30.0 | BOOL | Température haute de démarrage du ventilateur comp1 |
| 4 | | THC2 | A 40.0 | BOOL | Température haute de démarrage du ventilateur comp2 |
| 5 | | TVC2 | MD 70 | REAL | |
| 5 | | URG | M 200.7 | BOOL | Arrêt d'urgence globale |
| 5 | | xv1 | A 800.0 | BOOL | Vanne du compresseur principal |
| 5 | | xv10 | A 5.3 | BOOL | Vanne ByPass du filtre2 |
| 5 | | xv11 | A 400.3 | BOOL | Vanne ByPass du sécheur |
| 5 | | xv12 | A 400.1 | BOOL | Vanne en aval du sécheur |
| 5 | | xv13 | A 400.2 | BOOL | Vanne en amont du sécheur |
| 5 | | xv2 | A 800.1 | BOOL | Vanne du compresseur secondaire |
| 5 | | xv3 | A 5.1 | BOOL | Vanne en amont du filtre1 |
| 5 | | xv4 | A 5.2 | BOOL | Vanne en aval du filtre1 |
| 6 | | xv5 | A 5.0 | BOOL | Vanne ByPass du filtre1 |
| 6 | | xv6/7 | A 110.0 | BOOL | vannes de part et d'autre du ballon |
| 6 | | xv8 | A 5.4 | BOOL | Vanne en amont du filtre2 |
| 6 | | xv9 | A 5.5 | BOOL | Vanne en aval du filtre2 |

**Figure IV.3 :** Table des mnémoniques du projet

### IV.3.3 Configuration de la communication modbus via CP 341 RS485

Pour réaliser une communication MODBUS, il est nécessaire de configurer le CP 341 en tant que maitre modbus RTU.

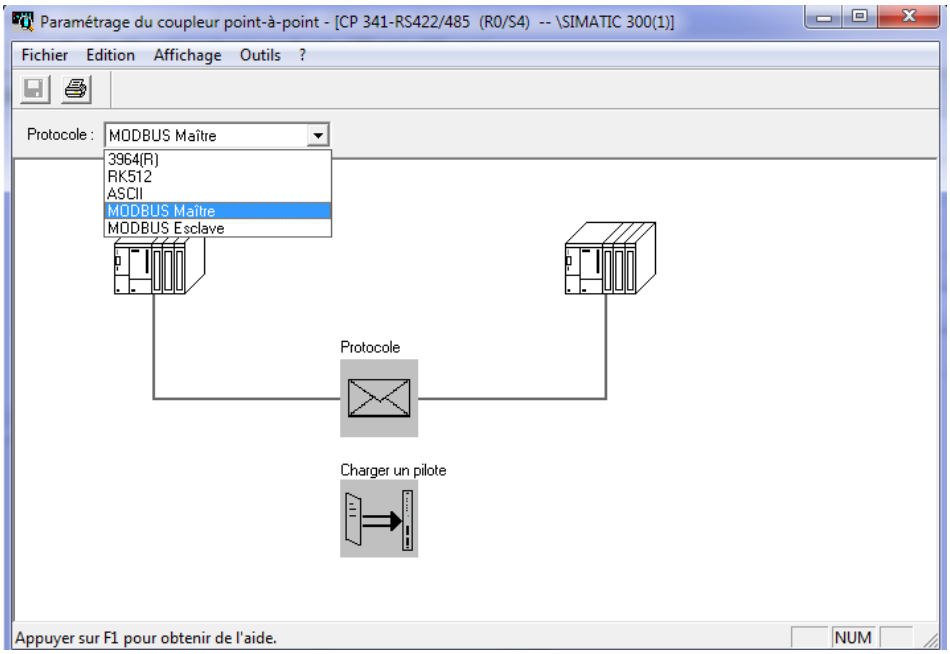



**Figure IV.4 :** Configuration du CP 341 en maitre modbus

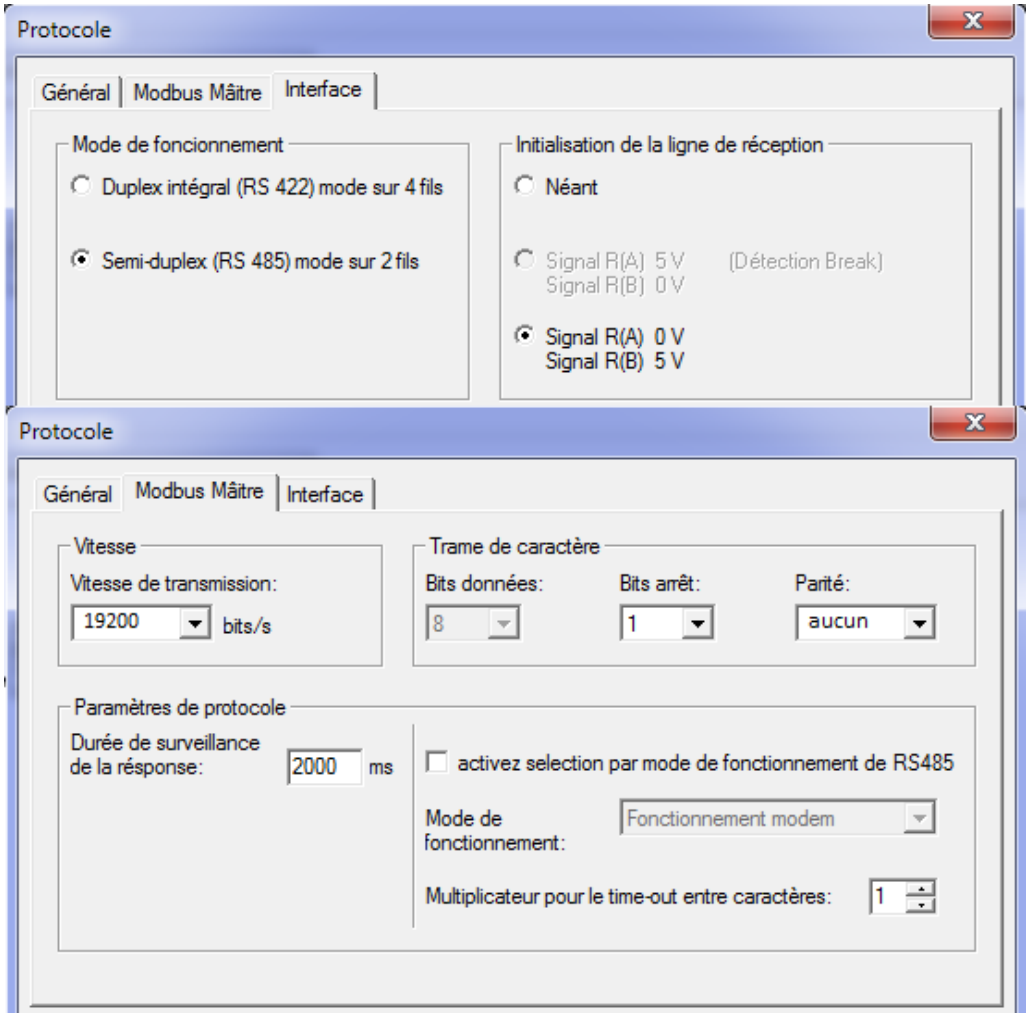



**Figure IV.5 :** Réglage des paramètres du maitre modbus

Les paramètres de communication vitesse de transmission 19200 et parité (sans) doivent être identiques pour l'ensemble des partenaires (maitre et esclave).

### IV.3.4 Configuration du maitre modbus en mode lecture

Les figures suivantes montrent la configuration pour lire les adresses 0004 (pression du compresseur) et 1006 (température du compresseur)

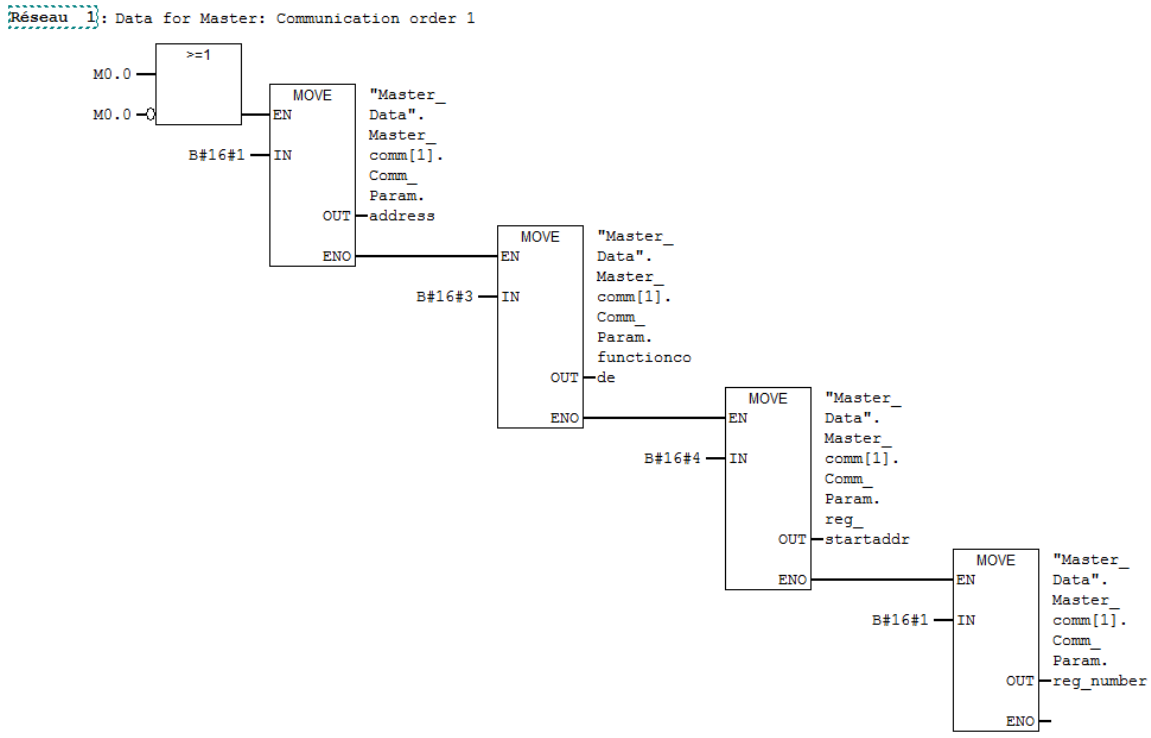



**Figure IV.6 :** Configuration du maitre modbus en lecture (adresse 0004)

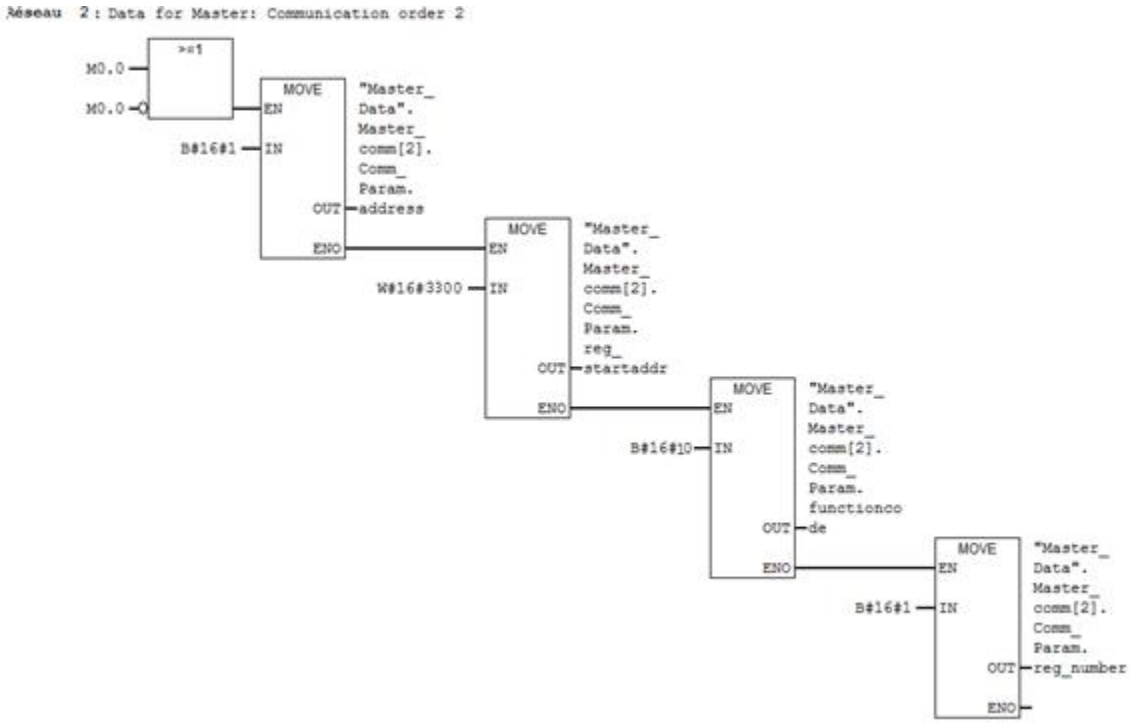



**Figure IV. 7 :** Configuration du maitre modbus en écriture (adresse 3300)

## IV.4 Réalisation de la supervision de la centrale

### IV.4.1 Introduction à la supervision

Lorsque la complexité des processus augmente et que les machines et l'installation doivent répondre à des spécifications de fonctionnalité toujours plus sévères, l'opérateur a besoin d'un maximum de transparence. Cette transparence s'obtient au moyen de l'Interface Homme Machine (IHM). Un système IHM constitue l'interface entre l'homme (opérateur) et le processus (machine/installation).

### IV.4.2 Planifier la création de vues

Les principales étapes ci-dessous sont nécessaires à la création de vues :

- Planifier la structure de la représentation du process (Combien de vues sont nécessaires et dans quelle hiérarchie)
- Planifier la navigation entre les diverses vues
- Adapter le modèle ;
- Créer les vues [14].

### IV.4.3 Constitution d'une vue

Une vue peut être composée d'éléments statiques et d'éléments dynamiques.

- Les éléments statiques, tels que du texte
- Les éléments dynamiques varient en fonction de la procédure.

Nous disposons des vues suivantes :

- Vue 1 : Vue de la centrale
- Vue 2 : Compresseur principal
- Vue 3 : Compresseur secondaire
- Vue 4 : Système
- Vue 5 : Alarme

### a. Elaboration vue système

Le projet comporte plusieurs vues, et pour faciliter la supervision on commence par concevoir un menu de vue système qui donne l'accès aux différentes vue détaillés des autres éléments de l'installation. Voir la figure **(IV.8)**

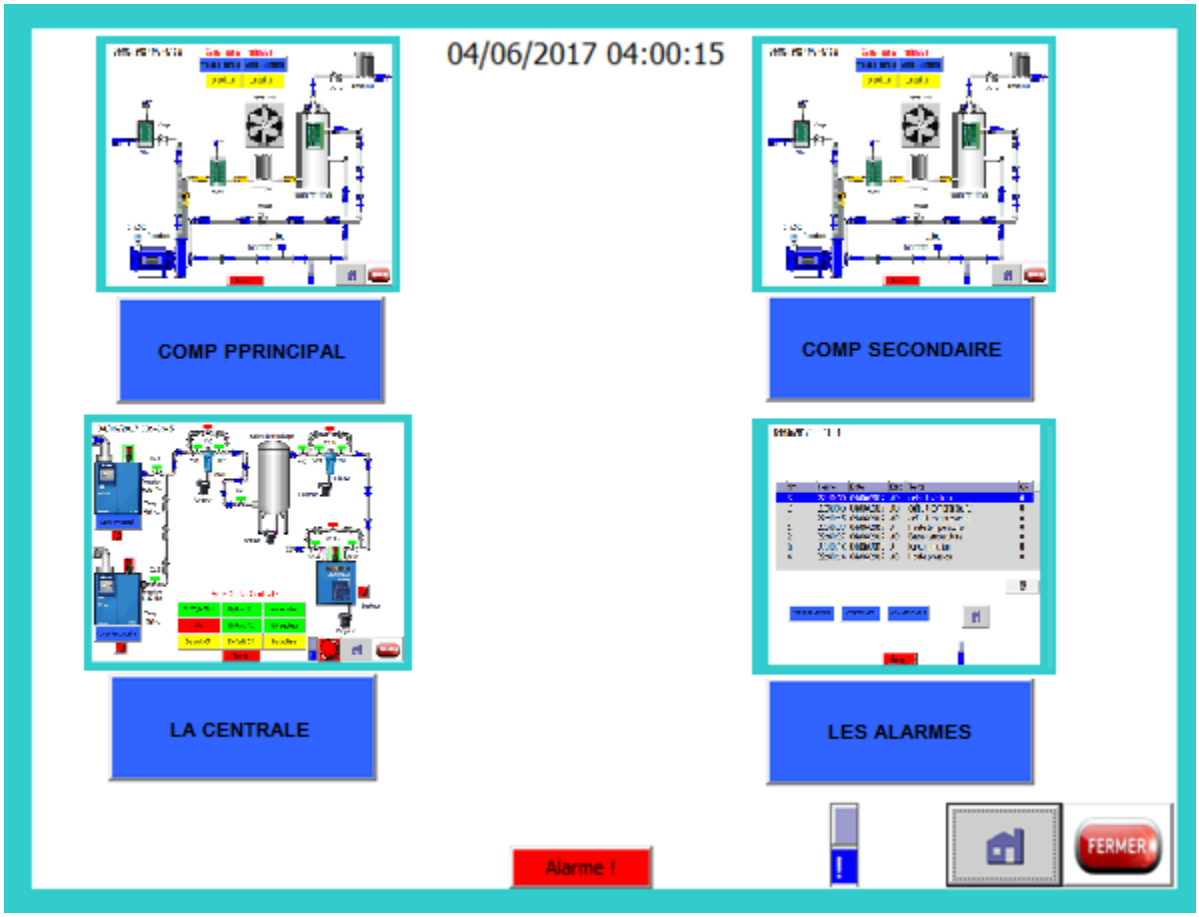



**Figure IV.8 :** Vue système

**b. Elaboration de la vue de la centrale**

La figure (**IV.9**) représente l'état de la centrale. Elle permet de voir l'état des compresseurs, les électrovannes, les defaults, le sécheur, les purgeurs et les filtres.

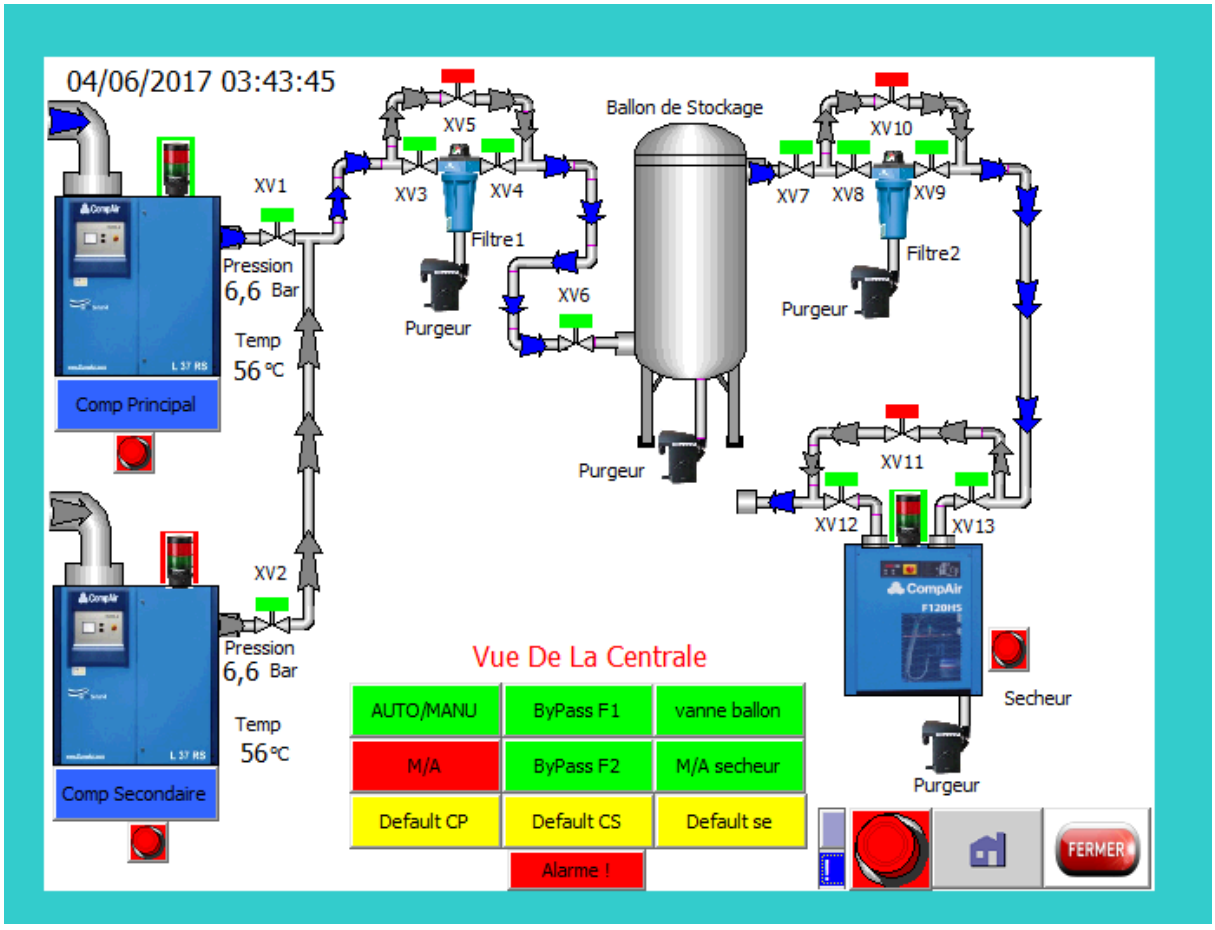



**Figure IV.9 :** Vue de la centrale

### c. Elaboration de la vue du compresseur principal

La figure (**IV.10**) représente l'état du compresseur principal. Elle permet de visualiser l'état du compresseur principal et du ventilateur et ces defaults.

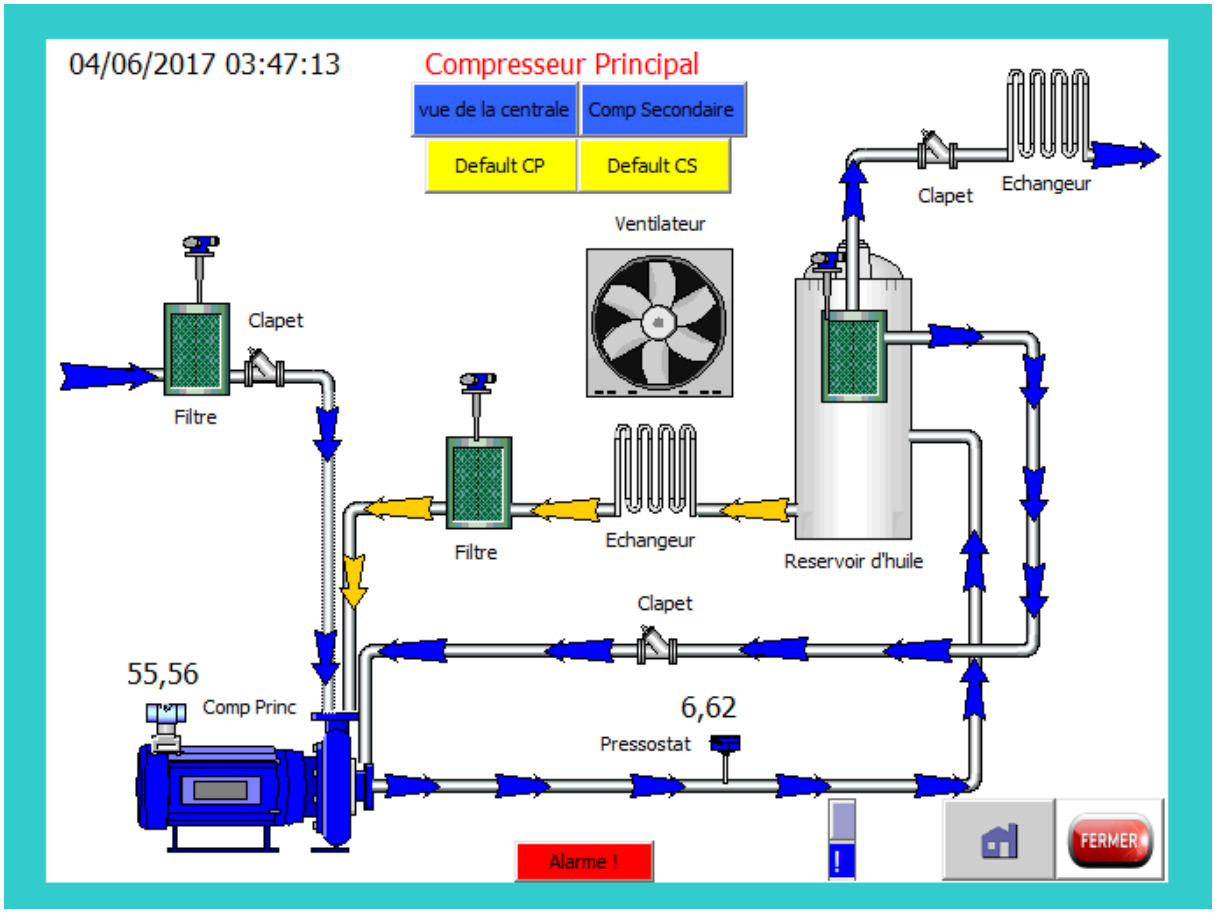



**Figure IV.10 :** Vue compresseur principal

**d. Elaboration de la vue du compresseur secondaire**

La figure (**IV.11**) représente l'état du compresseur secondaire. Elle permet de visualiser l'état du compresseur secondaire et du ventilateur et ces defaults

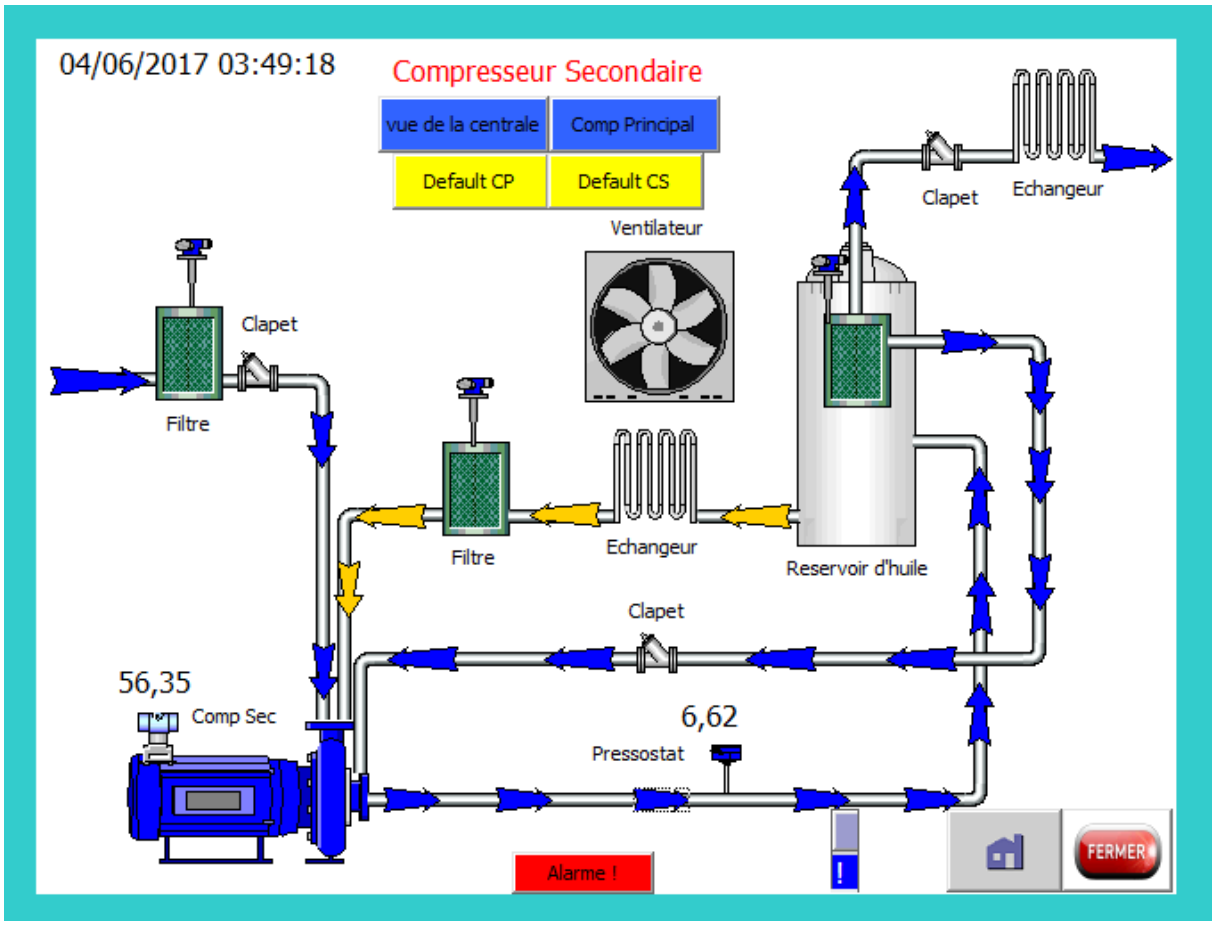



**Figure IV.11 :** Vue compresseur secondaire

**e. Elaboration de la vue des alarmes**

La figure (**IV.12**) représente l'état des alarmes. Elle permet de visualiser l'état des alarmes et defaults sous forme de message.

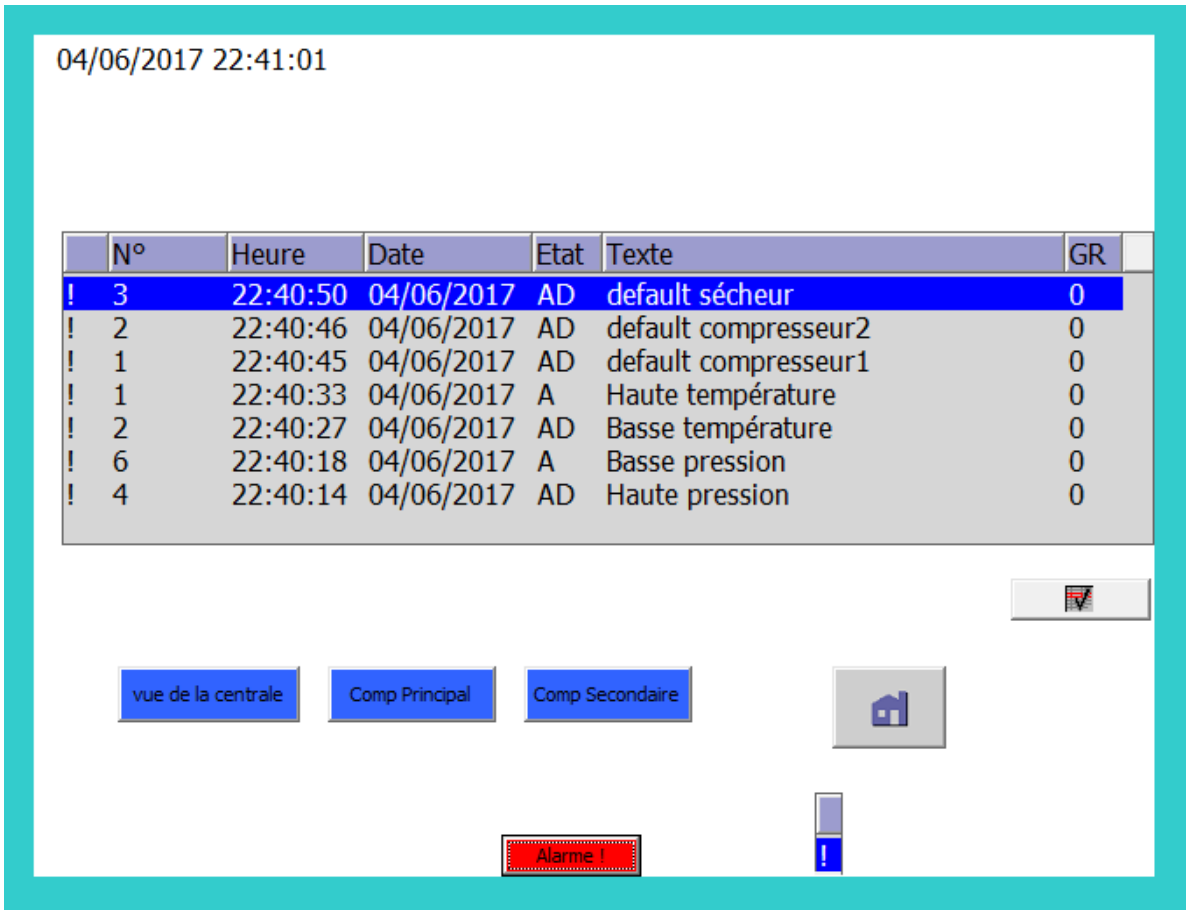



**Figure IV.12 :** Vue des alarmes

## IV.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les programmes dédiés aux compresseurs, aux autres éléments de la centrale d'air comprimé ainsi que la configuration de la communication modbus RS485 RTU entre l'automate S7-315-2PN/DP et les compresseurs CompAir L37. Nous avons également présenté les différentes étapes de la création de la supervision et sa réalisation.

## Conclusion générale

Notre travail est porté sur l'automatisation et la supervision d'un groupe de production d'air comprimé pour l'unité de cogénération de CEVITAL et ce, en utilisant l'automate programmable S7-300, le logiciel Step7 et le WinCC Flexible.

Pour atteindre l'objectif de notre projet, nous avons commencé par prendre connaissance de notre installation ainsi que l'identification des différents éléments du système.

Une fois le fonctionnement décrit nous avons élaboré des programmes qui sont la solution proposée pour l'automatisation de la centrale d'air comprimé. La simulation des programmes a été réalisée à l'aide de logiciel Step7.

L'analyse et l'étude de notre système nous a permi de bien assimiler ces caractéristiques et ces interactions avec le reste de l'installation ce qui nous a offert une meilleure approche pour élaborer le programme dont les points essentiels sont portés là dessous :

- Les modifications nécessaires sur l'ancienne installation ont été apportées
- Elaboration d'un programme qui illustre le fonctionnement du groupe de production d'air comprimé à l'aide du logiciel Step7 tout en utilisant un automate programmable industrielle S7 300 ;
- La réalisation d'une IHM nous permettra un meilleur suivi du processus et le diagnostic d'éventuelles pannes. Pour cela, un programme de supervision a été réalisé en utilisant le logiciel WinCC Flexible.

Nous espérons enfin que ce travail sera une meilleure solution à la problématique posée et sera bénéfique aux promotions futures.

[1] Site officiel CEVITAL<<www.cevital.com>>.

[2] Thierry DESTOOP, Document Compresseur volumétrique.

[3] Manuel delcos 3100.

[4] Manuel d'utilisation compresseur d'air avis rotative L37 CompAir.

[5] Document filtre brochure CompAir.

[6] Document des purgeur BEKOMAT <<www.deltap.fr>>.

[7] Document sécheurs d'air par réfrigération F120HS CompAir.

[8] Manuel delcos3100 Modbus RTU(L-Range).

[9] Liaison série Modbus <<www.Modbus.odt.com>>.

[10] JP Sarteaux RS232/485 Modbus centre nationale de la recherche scientifique (DR06)-Strasbourg 16/09/08 -Nancy 24/09/08 –Bordeaux 06/10/09 –Marseille 14/10/09 –Paris 18/11/10 –Toulouse 20/10/11

[11] Modules de communication Modbus RTU RS485 <<www.siemens.com>>

[12] Sami REKIK, Circuit pneumatique, conception et maintenance.

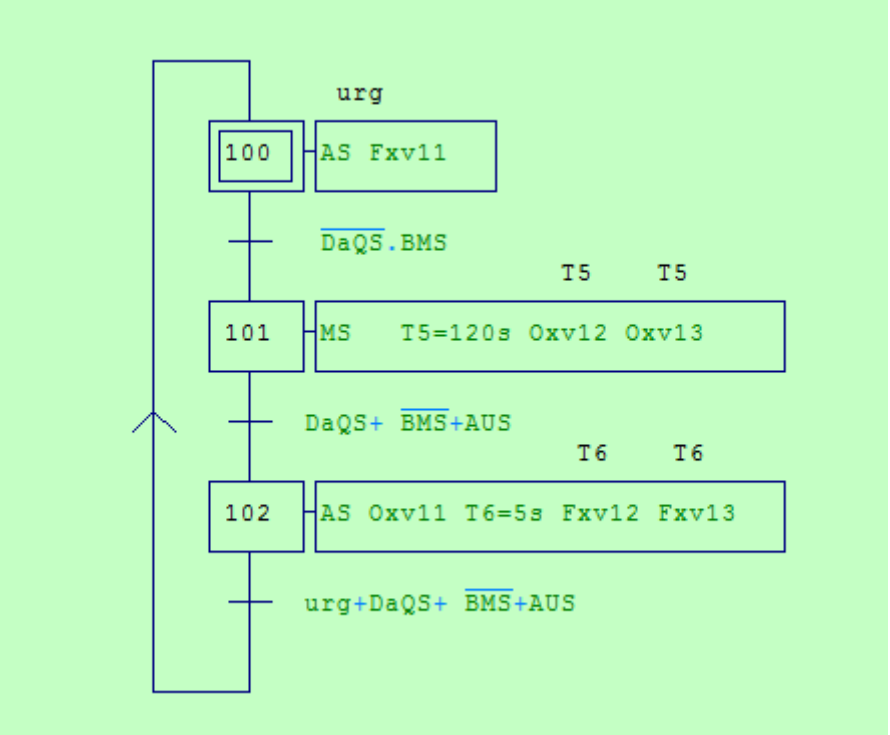
[13] Manuel SIEMENS, Programmation avec STEP7, 2000

[14] Document Siemens WinCC flexible 2008 maintenance Niveau <1> SITRAIN Formation Automatisation et entraînements.

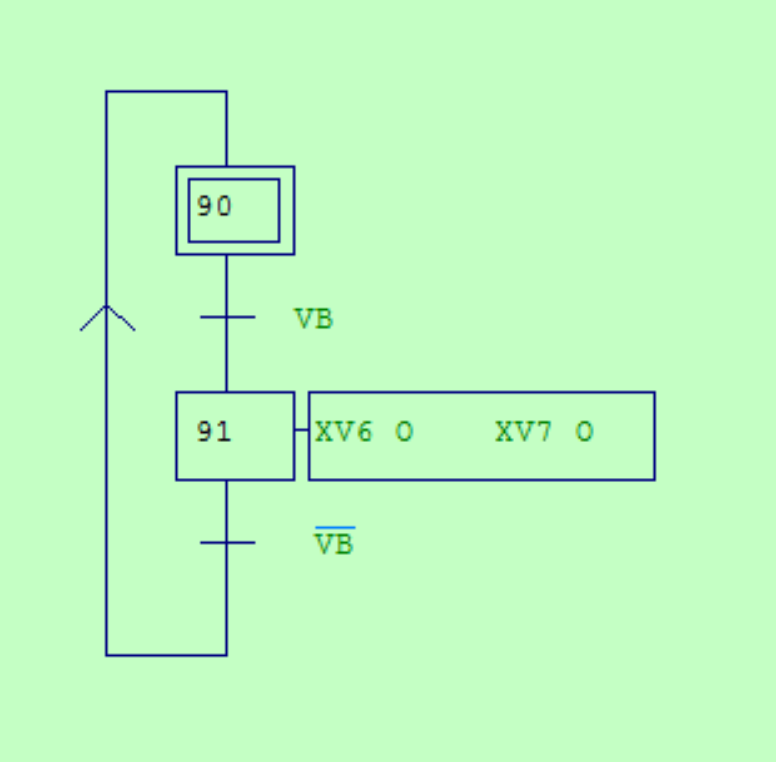
.

# Annexe 1

Grafcet sécheur

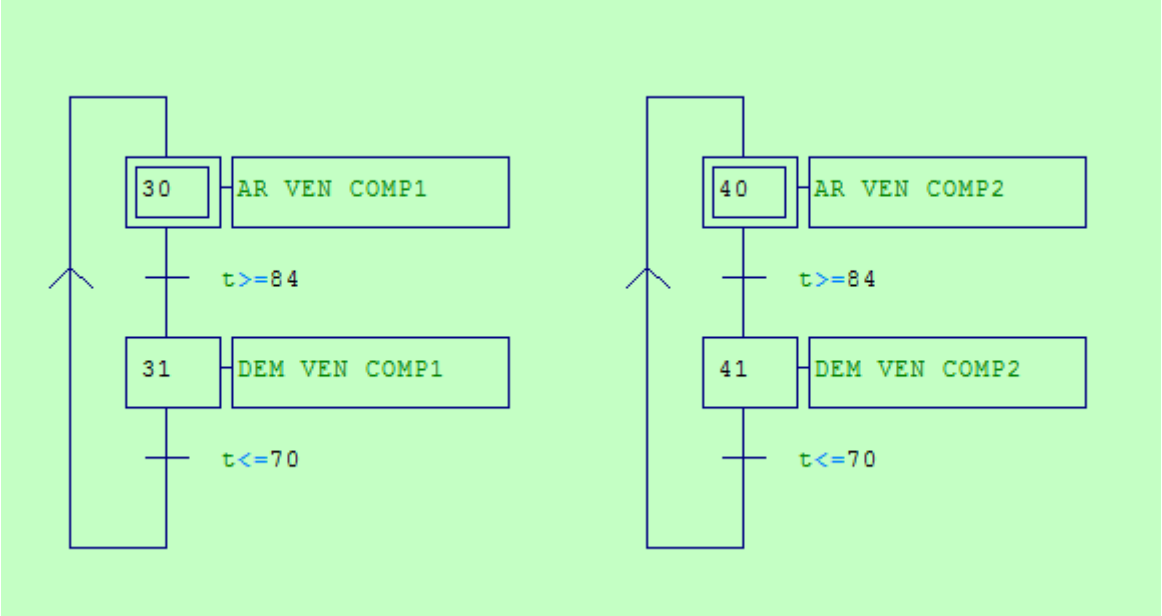



Grafcet électrovanne du ballon

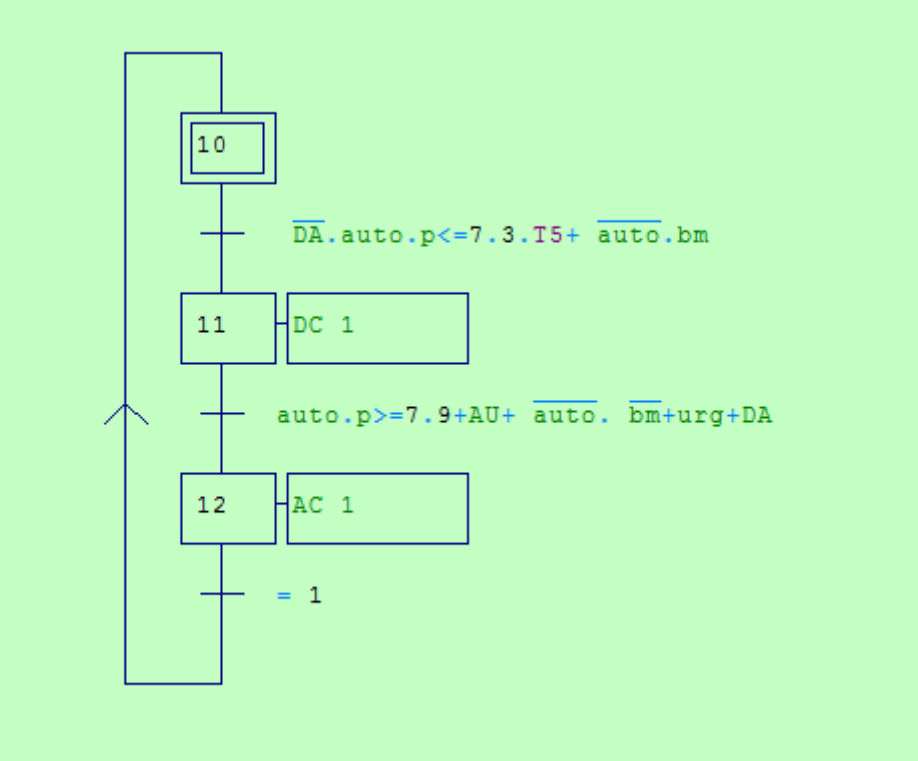


# Annexe 2

Grafcet démarrage du ventilateur

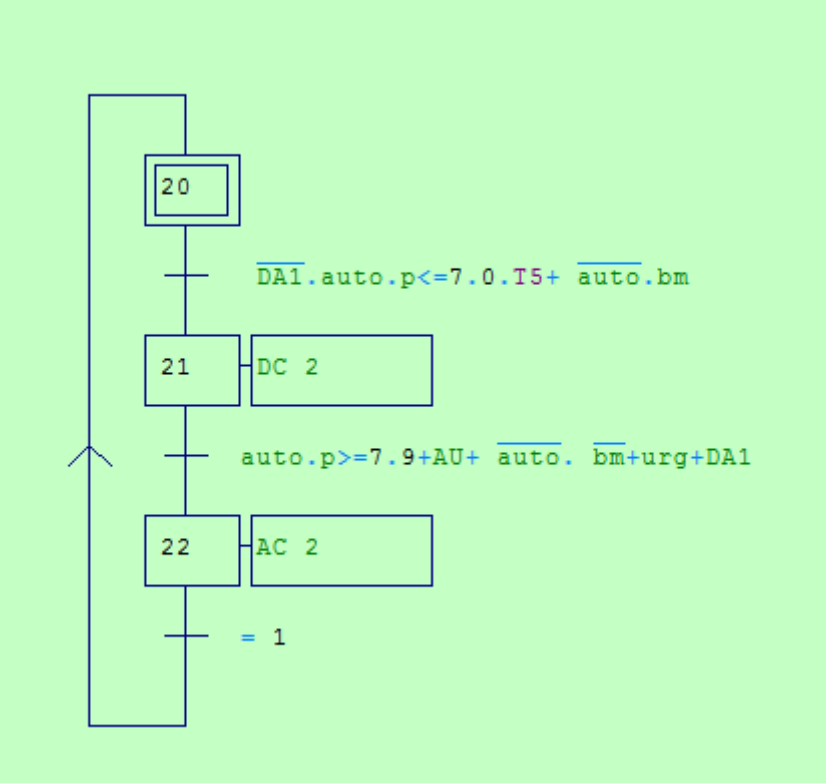



Grafcet du compresseur principal

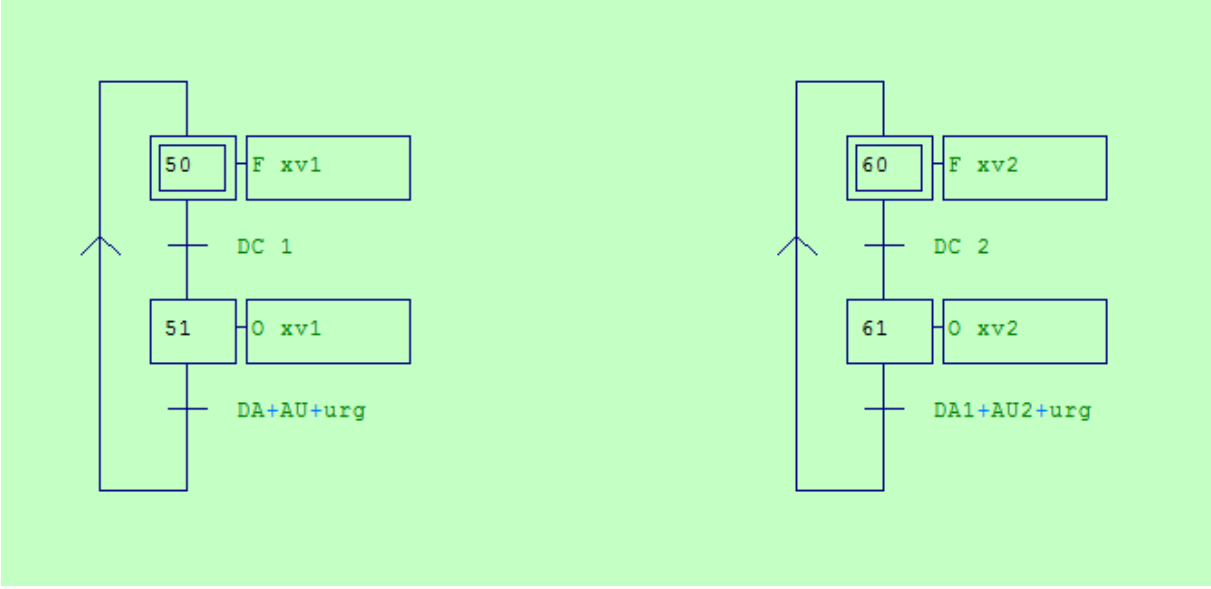


# Annexe 3

Grafcet du compresseur secondaire

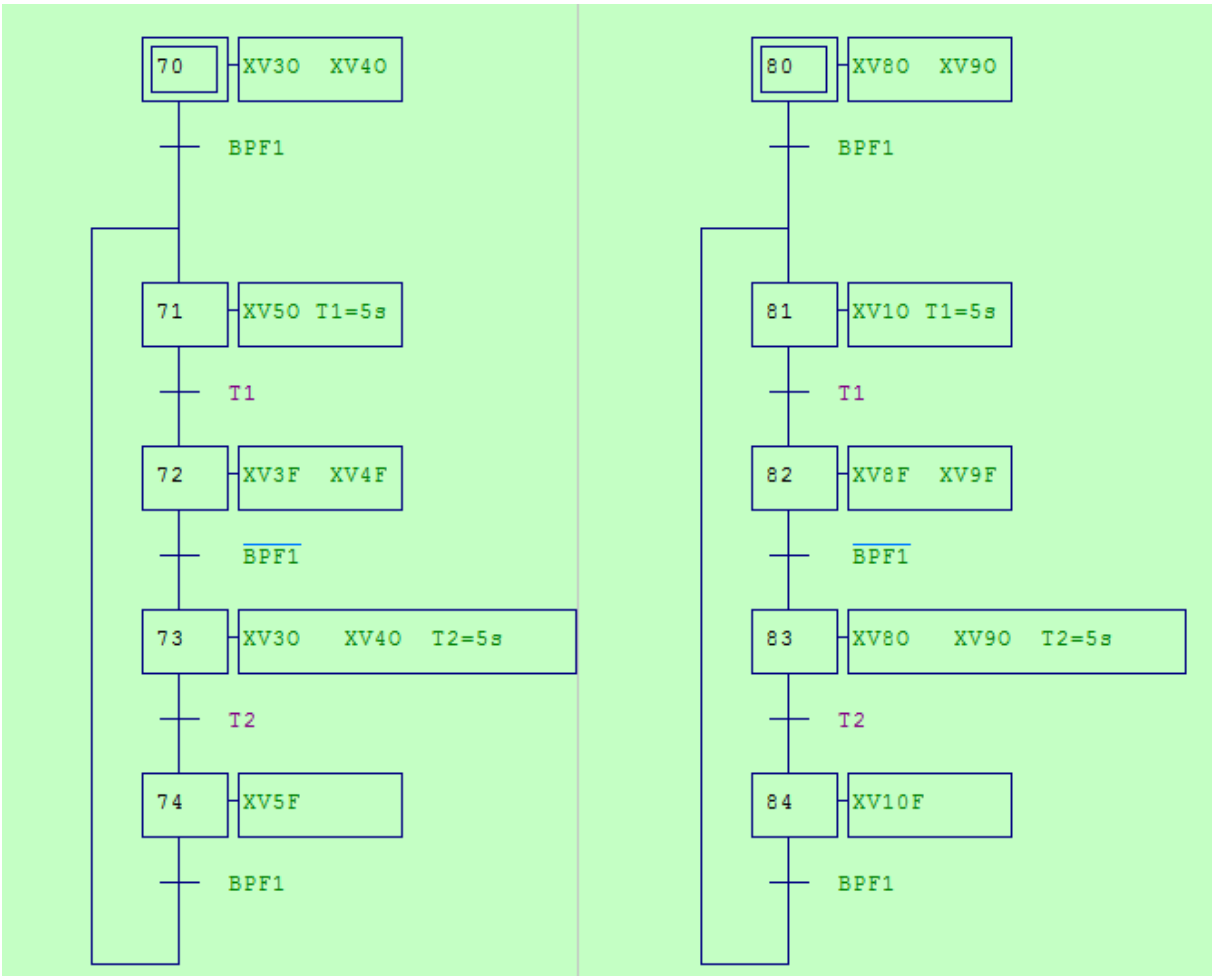



Grafcet des électrovannes du compresseur principal et secondaire

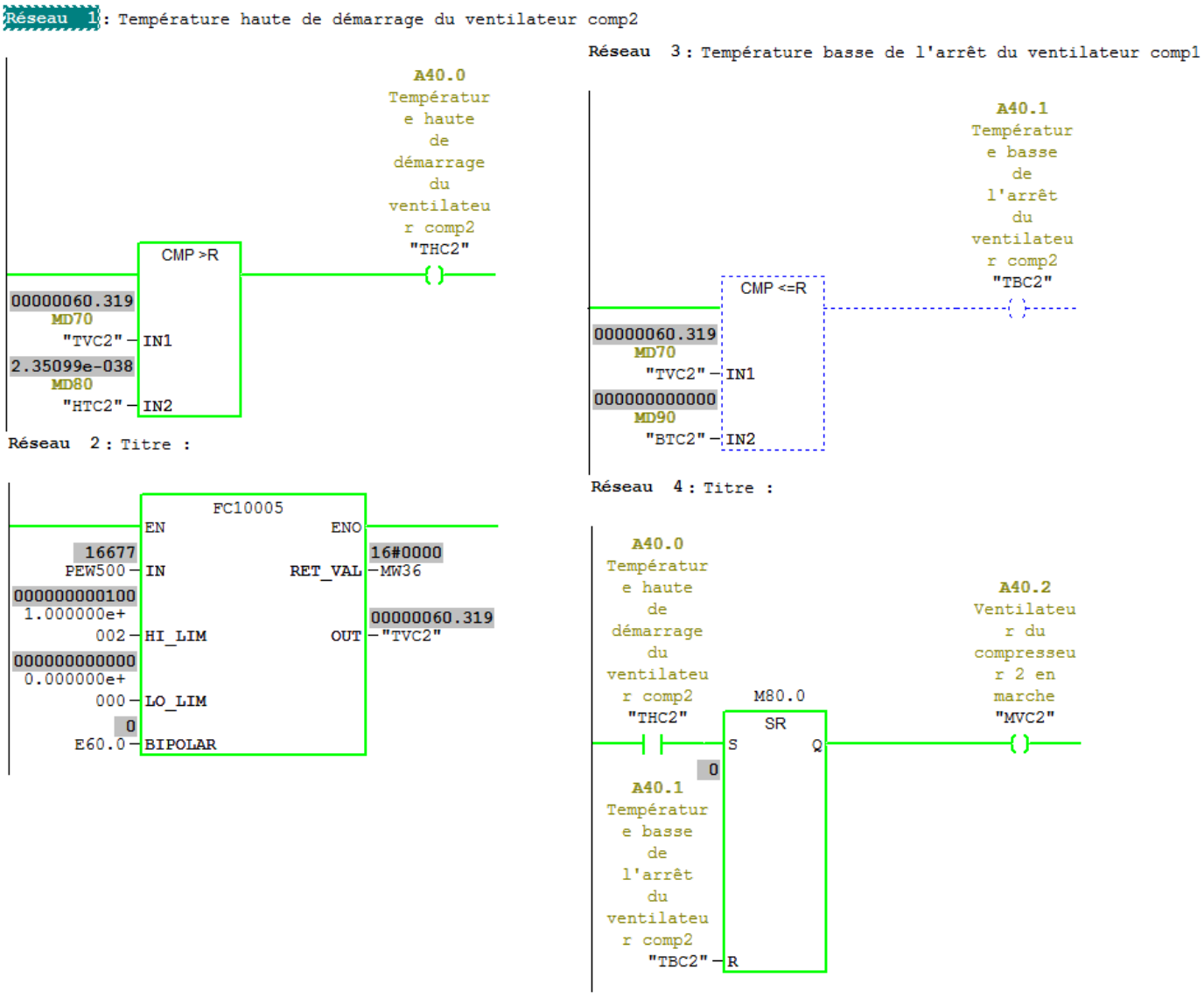


# Annexe 4

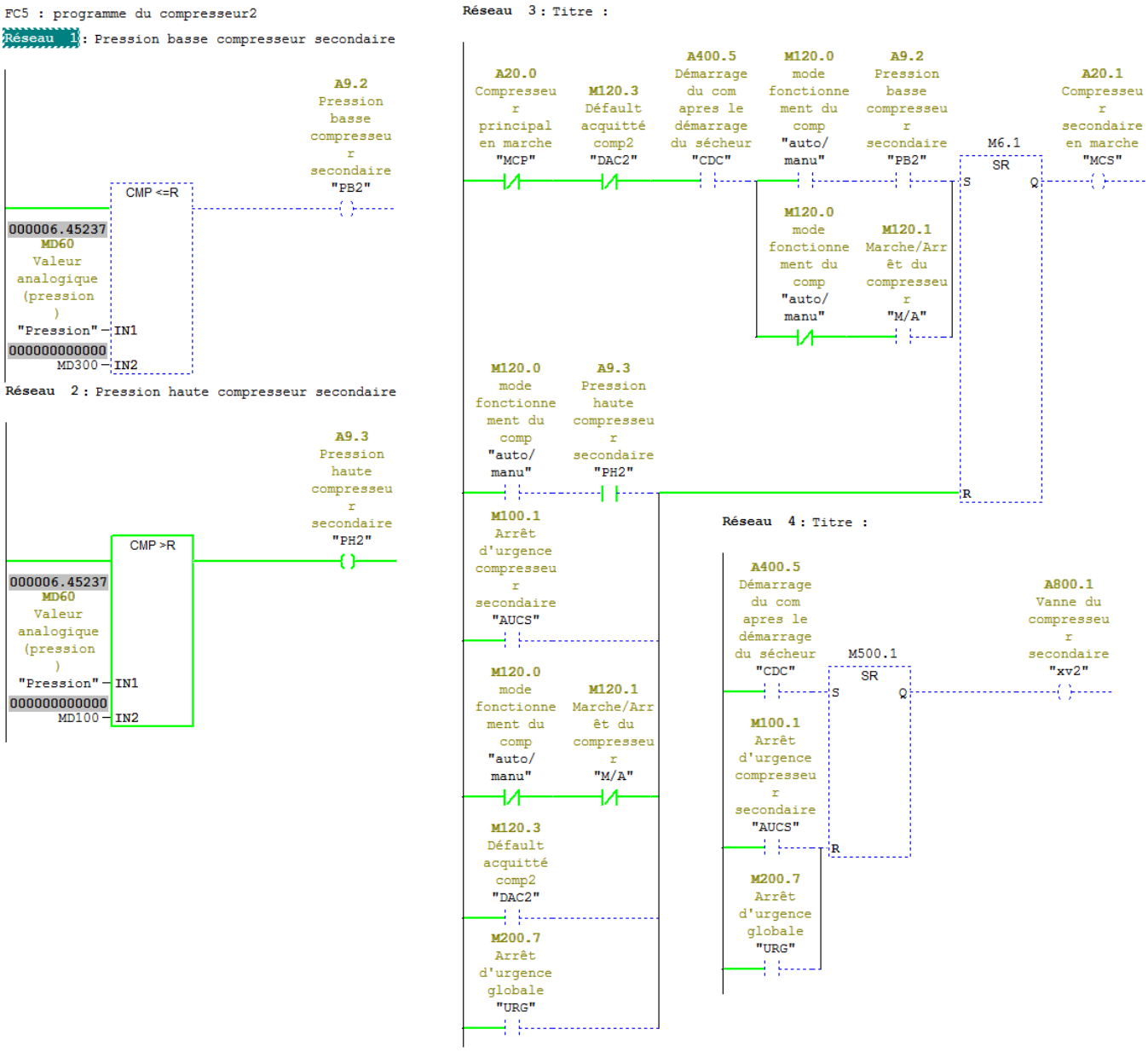
Grafcet des électrovannes du filtre 1 et 2 by-pass



# Annexe 5


Réseau 1 : Température haute de démarrage du ventilateur comp2
A40.0
Température haute de démarrage du ventilateur comp2
"THC2"
CMP >R
00000060.319
MD70
"TVC2"
IN1
2.35099e-038
MD80
"HTC2"
IN2
Réseau 2 : Titre :
FC10005
EN
ENO
16677
PEW500
IN
RET_VAL
16#0000
MW36
000000000100
1.000000e+002
HI_LIM
OUT
00000060.319
"TVC2"
000000000000
0.000000e+000
LO_LIM
0
E60.0
BIPOLAR
Réseau 3 : Température basse de l'arrêt du ventilateur comp1
A40.1
Température basse de l'arrêt du ventilateur comp2
"TBC2"
CMP <=R
00000060.319
MD70
"TVC2"
IN1
000000000000
MD90
"BTC2"
IN2
Réseau 4 : Titre :
A40.0
Température haute de démarrage du ventilateur comp2
"THC2"
M80.0
SR
S
Q
0
A40.1
Température basse de l'arrêt du ventilateur comp2
"TBC2"
R
A40.2
Ventilateur du compresseur 2 en marche
"MVC2"

# Annexe 6


FC5 : programme du compresseur2
Réseau 1 : Pression basse compresseur secondaire
A9.2
Pression basse compresseur secondaire
"PB2"
CMP <=R
000006.45237
MD60
Valeur analogique (pression)
"Pression"
IN1
000000000000
MD300
IN2
Réseau 2 : Pression haute compresseur secondaire
A9.3
Pression haute compresseur secondaire
"PH2"
CMP >R
000006.45237
MD60
Valeur analogique (pression)
"Pression"
IN1
000000000000
MD100
IN2
Réseau 3 : Titre :
A20.0
Compresseur principal en marche
"MCP"
M120.3
Défault acquitté comp2
"DAC2"
A400.5
Démarrage du com apres le démarrage du sécheur
"CDC"
M120.0
mode fonctionnement du comp
"auto/ manu"
A9.2
Pression basse compresseur secondaire
"PB2"
M6.1
SR
S
Q
A20.1
Compresseur secondaire en marche
"MCS"
M120.0
mode fonctionnement du comp
"auto/ manu"
M120.1
Marche/Arrêt du compresseur
"M/A"
M120.0
mode fonctionnement du comp
"auto/ manu"
A9.3
Pression haute compresseur secondaire
"PH2"
R
M100.1
Arrêt d'urgence compresseur secondaire
"AUCS"
M120.0
mode fonctionnement du comp
"auto/ manu"
M120.1
Marche/Arrêt du compresseur
"M/A"
M120.3
Défault acquitté comp2
"DAC2"
M200.7
Arrêt d'urgence globale
"URG"
Réseau 4 : Titre :
A400.5
Démarrage du com apres le démarrage du sécheur
"CDC"
M500.1
SR
S
Q
A800.1
Vanne du compresseur secondaire
"xv2"
M100.1
Arrêt d'urgence compresseur secondaire
"AUCS"
R
M200.7
Arrêt d'urgence globale
"URG"

# Annexe 7

Programme du maire modbus

