

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A/Mira de Bejaïa
Faculté des Sciences Technologies Département Génie Électrique



ceVital

MEMOIRE FIN DE CYCLE



En vue de l'obtention du Diplôme de Master électrotechnique
Option : Électromécanique

Thème :

Etude et automatisation d'une
station de pompage d'eau glacée

Réalisé par :

Mr.IMATOUKEN Belkacem

Mr.SAHEB Yanis

Encadré par :

Mr.TAZERART Farid

Mr.BENCHALAL Samir

Examine par:

Mr. MOKRANI

Mr. Fella

Promotion 2017/2018

REMERCIEMENT

Ce mémoire a été réalisé à l'Université A-Mira de Bejaia, faculté de Technologie département de Génie Electrique.

Tout d'abord, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné le Courage et la patience durant toutes ces années d'études, et que grâce à lui ce Travail a pu être réalisé.

Merci à nos parents d'avoir su nous écouter et nous motiver, nos amis(e), qui ont été là pendant les périodes de doute et de stress.

Nous remercierons particulièrement notre promoteur Mr.OUATAH El hanafi pour son aide précieuse, ses conseils et pour le temps qu'il nous a consacré tout au long de ce travail.

Nous remercions particulièrement notre encadreur de stage Mr.BENMAMMAR Salem pour sa disponibilité, ses conseils et pour l'aide qu'il nous a apporté non seulement sur le plan travail mais aussi sur le plan moral, nous remercierions aussi toute personne ayant contribués de près ou de loin à l'accomplissement de ce modeste travail.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury d'avoir accepté de juger notre travail.

Dédicace :

Nous avons l'honneur de dédier ce travail,

*Aux êtres les plus cher de notre vie : père & mère qui nous ont
encouragé, aidé du mieux qu'il leur est possible de faire, et qui avec
patience ont attendu ce joyeux événement. Que Dieu leur prête une très
longue vie de paix et de prospérité.*

A nos frère, à nos sœurs, à toute la famille DJEBARA et BELKAID ;

A tous nos camarades et amis d'ici et d'ailleurs ;

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce
modeste travail ;*

Et à tous ceux qui sèment le bonheur dans notre chemin.

*En ces quelques mots, on leurs exprime toute notre gratitude et nos
sincères salutation.*

Liste d'abréviation

DC : courant continue

AC: courant alternative

PC : Partie Commande.

PO : Partie Opérative.

CPU: Central Processing Unite.

RAM: Random Access Memory.

ROM: Read Only Memory

PROM: Programmable Read-Only Memory

EPROM: Erasable Programmable Read-Only Memory

EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory

EAPROM: Electronically Alterable Programmable Read-Only Memory

TOR: Tout Ou Rien

API : Automate Programmable Industriel

GRAFCET : Graphe Fonctionnel de Commande des Etapes et Transitions

SFC: Sequential Function Chart.

FBD: Function Bloc Diagram.

V : Volt

mA : milliampère.

IN: Input (entrée)

OUT: Output (sortie).

LCD : Liquide Cristal Display

BP : Bouton Poussoir.

Dis : Disjoncteur Tripolaire.

ATV31 : Altivar 31

KM : Contacteur Moteur.

KA : Contacteur Auxiliaire

Mgt : Magnétothermique.

P : Pompe

BPA : Bouton Poussoir Arrêt.

BPM : Bouton Poussoir Marche.

Q : débit.

F : fréquence de rotation.

Ph : Phase de tension.

CDA Capteur de Débit Analogique.

Db : Débistat.

SFA : Seuil de Fréquence Atteint.

DV : Défaut Variateur.

CEI : Commission Electrotechnique Internationale.

MOA: Maitrise d'ouvrage.

MOE: Maitrise d'œuvre.

INCOSE: International Council On Systems Engineering

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

AFNOR : Association Française de Normalisation;

CNES: Centre National d'Etude Spatial.

CDCF : Cahier Des Charges Fonctionnel.

R134a : gaz réfrigérant

IE2 : indice énergétique (haut rendement).

IP55 : indice de protection (contre les poussières et les jets d'eau de toute direction à la lance)

EN : European Norme.

UL : Underwriters Laboratories.

CSA : Association Canadienne de Normalisation.

Liste des figures

Presentation de l'entreprise d'accueil.

| | |
|---|---|
| Figure 1 : étapes historique de l'entreprise CEVITAL | 3 |
| Figure 2 : Plan de masse du complexe CEVITAL | 4 |
| Figure 3 : Organigramme du complex Cevital..... | 6 |

Chapitre I : Généralités et description du système actuel.

| | |
|--|----|
| Figure I.1 : Tour aéroréfrigérante ouverte..... | 8 |
| Figure I.2 : Système de refroidissement par air | 9 |
| Figure I.3 : Tour de refroidissement à circuit fermé | 10 |
| Figure I.4 : Systèmes hybrides | 11 |
| Figure I.5 : Refroidisseurs adiabatiques..... | 12 |
| Figure I.6 : Schéma hydraulique de la station de pompage d'eau glacée | 14 |

Chapitre II : Identification des équipements de la station.

| | |
|---|----|
| Figure II.1 : Réservoir sous pression | 16 |
| Figure II.2 : Groupe d'eau glacé TRAN. | 18 |
| Figure II.3 : Echangeur de chaleur tube et calandre | 20 |
| Figure II.4 : Echangeur de chaleur à plaque et joints | 20 |
| Figure II.5 : Circulateur associé à un moteur..... | 21 |
| Figure II.6 : Symbole de circulateur | 21 |
| Figure II.7 : Vase d'expansion..... | 22 |
| Figure II.8 : Soupape de sécurité | 23 |
| Figure II.9 : Vanne manuelle | 24 |
| Figure II.10 : Filtre..... | 24 |
| Figure II.11 : By-pass | 26 |
| Figure II.12 : Principe de fonctionnement d'une MAS | 27 |
| Figure II.13 : Courbes courant, couple et vitesse d'une MAS..... | 29 |
| Figure II.14 : Aspect visuel d'un ATV31 | 30 |
| Figure II.15 : Accès au menu du variateur ATV 31. | 30 |
| Figure II.16 : Disjoncteurs utilisés dans la station..... | 31 |

| | |
|--|----|
| Figure II.17 : Disjoncteur magnétothermique..... | 32 |
| Figure II.18 : Source d'alimentation utilisée pour notre essai..... | 32 |
| Figure II.19 : Capteur de débit..... | 33 |

Chapitre III : Automate programmable et logiciel associé.

| | |
|---|----|
| Figure III.1 : Structure d'un système automatisé..... | 36 |
| Figure III.2 : Architecture d'un API..... | 37 |
| Figure III.3 : Modules d'entrées/sorties..... | 38 |
| Figure III.4 : Module compact Allen Bradley | 39 |
| Figure III.5 : Module Siemens modulaire..... | 40 |
| Figure III.6 : Langages de programmation des API..... | 40 |
| Figure III.7 : Zelio logic SR2B201FU compact. | 42 |
| Figure III.8 : Zelio Soft 2..... | 43 |
| Figure III.9 : Aspect visuel du schéma Zelio Soft en langage LADDER..... | 43 |
| Figure III.10 : Aspect visuel du schéma Zelio Soft en langage FBD. | 45 |

Chapitre IV : Elaboration des schémas électriques et programmation.

| | |
|---|----|
| Figure IV.1 : Schéma de puissance du système actuel..... | 49 |
| Figure IV.2 : Schéma de commande du système actuel..... | 50 |
| Figure IV.3 : Schéma de puissance du système automatisé..... | 56 |
| Figure IV.4 : Schéma de commande du système automatisé. | 57 |
| Figure IV.5 : Schéma visuel du programme pour l'automate en langage FBD..... | 59 |
| Figure IV.6 : Schéma ladder de marche variateur..... | 60 |
| Figure IV.7 : Schéma de la pompe prête à l'emploi | 60 |
| Figure IV.8 : Conditions initiales du démarrage des pompes. | 60 |
| Figure IV.9 : Schéma ladder du démarrage de la pompe 1 | 61 |
| Figure IV.10 : Schéma ladder du démarrage de la pompe 2..... | 61 |
| Figure IV.11 : Schéma ladder du démarrage de la pompe 3..... | 61 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau II.1 : Caractéristiques principale du refroidisseur implanté à l'usine | 21 |
| Tableau II.2 : Caractéristiques du circulateur | 23 |
| Tableau II.3 : Caractéristiques du vase d'expansion | 25 |
| Tableau II.4 : Plaque signalétique du moteur existant dans station..... | 28 |
| Tableau II.5 : Caractéristique du moteur existant dans la station..... | 28 |
| Tableau II.6 : Fiche caractéristique du variateur ATV31 | 30 |
| Tableau II.7 : Codes les plus utilisé pour le paramétrage du variateur..... | 32 |
| Tableau III.1 : Fiche technique de Zelio SR2B201FU | 44 |
| Tableau III.2 : Les éléments les plus utilisé en Ladder. | 46 |

Liste des organigrammes

| | |
|---|----|
| Organigramme IV.1 : Variateur marche. | 47 |
| Organigramme IV.2 : Variateur marche. | 48 |
| Organigramme IV.3 : Variateur marche. | 48 |
| Organigramme IV.4 : Variateur marche. | 51 |
| Organigramme IV.5 : Pompe prête à l'emploi. | 51 |
| Organigramme IV.6 : Accélération de la vitesse de rotation..... | 52 |
| Organigramme IV.7 : Décélération de la vitesse de rotation..... | 52 |
| Organigramme IV.8 : Vitesse de rotation constante..... | 52 |
| Organigramme IV.9 : Conditions initiales et communes pour le démarrage des pompes..... | 53 |
| Organigramme IV.10 : Démarrage de pompe 1 sous variateur. | 53 |
| Organigramme IV.11 : Démarrage de la pompe 1 sous tension du réseau..... | 53 |
| Organigramme IV.12 : Démarrage de la pompe 2 sous variateur. | 54 |
| Organigramme IV.13 : Démarrage de la pompe 2 sous tension réseau..... | 54 |
| Organigramme IV.14 : Démarrage de la pompe 3 sous variateur. | 55 |
| Organigramme IV.15 : Démarrage de la pompe 3 sous tension du réseau..... | 55 |

Sommaire :

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

Présentation de l'entreprise d'accueil.

| | |
|---|---|
| 1. Introduction | 2 |
| 1.1.Historique de l'entreprise Cevital | 2 |
| 1.2. Situation géographique..... | 4 |
| 1.3. Missions, objectifs et avantages de l'entreprise | 5 |
| 1.4. Activités de Cevital | 5 |

Chapitre I: Généralités et description du système actuel.

| | |
|--|----|
| I. Introduction..... | 7 |
| I.1.Généralités sur les systèmes de refroidissement industriel..... | 7 |
| I.1.1.Tours aéroréfrigérantes ouvertes | 8 |
| I.1.2.Système de refroidissement en circuit fermé | 9 |
| I.1.2.1.Systèmes de refroidissement à l'air | 9 |
| I.1.2.2.Systèmes de refroidissement par voie humide en circuit fermé | 10 |
| I.1.3.Refroidissement hybride | 11 |
| I.1.4.Refroidisseurs adiabatiques..... | 12 |
| I.1.4.1.Mode sec | 12 |
| I.1.4.2.Mode adiabatique | 12 |
| I.1.5.Coûts des systèmes de refroidissement | 13 |
| I.3.Description du fonctionnement du système actuel | 14 |
| I.3.1.Description du fonctionnement | 14 |
| I.3.2.Inconvénients du système | 15 |
| I.4.Conclusion | 15 |

Chapitre II: Identification des équipements de la station.

| | |
|---|----|
| II .Introduction | 16 |
| II.1. Identification des équipements de la station..... | 16 |
| II.1.1. Partie hydraulique | 16 |
| II.1.1.1. Réservoir sous pression | 16 |
| II.1.1.2. Refroidisseur ou groupe d'eau glacée | 17 |
| II.1.1.3. Échangeurs de chaleur..... | 19 |
| II.1.1.4. Pompe de circulation | 21 |
| II.1.1.5. Vase d'expansion | 22 |
| II.1.1.6. Soupape de sécurité | 23 |
| II.1.1.7. Vanne | 24 |
| II.1.1.8. Filtres..... | 24 |
| II.1.1.9. By-pass | 25 |
| II.1.2. Partie Electrique..... | 25 |
| II.1.2.1. Moteur asynchrone triphasé | 25 |
| II.1.2.2. Variateur de fréquence de type altivar 31 | 27 |
| II.1.2.3. Disjoncteur | 31 |
| II.1.2.4. Disjoncteur magnétothermique | 32 |
| II.1.2.5. Source d'alimentation | 32 |
| II.1.2.6. Capteur de débit | 33 |
| II.5. Conclusion | 33 |

Chapitre III: Automate programmable et logiciel associé.

| | |
|---|----|
| III. Introduction | 34 |
| III.1. Historique | 34 |
| III.2. Définitions..... | 35 |
| III.3. Structure d'un système automatisé..... | 36 |
| III.4. Généralités sur les automates programmables | 37 |
| III.4.1. Définition d'un API..... | 37 |
| III.4.2. Architecture d'un automate | 37 |
| III.4.3. Les types d'APIs..... | 39 |
| III.5. Langage de programmation utilisé pour les API..... | 40 |

| | |
|--|----|
| III.6.Présentation des modules logiques ZELIO LOGIC | 41 |
| III.7.Présentation de l'automate Zelio Logic SR2B201FU | 42 |
| III.8.Description du logiciel ZELIO SOFT 2 Version 5.0 | 43 |
| III.9.Conclusion..... | 46 |

Chapitre IV: Elaboration des schémas électriques et programmation.

| | |
|---|----|
| II. Introduction | 47 |
| IV.1.Description du système actuel..... | 47 |
| IV.2.Système après son automatisation..... | 51 |
| IV.3.La programmation de l'automate ZELIO LOGIC | 58 |
| IV.4.Description du système automatisé en Ladder..... | 60 |
| IV.5.Conclusion | 62 |
| Conclusion générale | 63 |

Introduction générale

Dans le monde industriel, où la concurrence est un facteur essentiel dans la survie de l'entreprise, l'automatisation est une nécessité.

Les progrès réalisés dans l'électronique et la baisse des coûts des composants électronique ont amené les responsables des entreprises à recourir à l'automatisation.

Pour la résolution de nombreux problèmes de commande, le choix s'oriente beaucoup plus sur les automates programmables industriels (API).

L'apparition des microprocesseurs et des automates programmables ont donné une poussé exorbitante au monde de l'industrie et ont permis de développer de nouvelles techniques qui facilite et simplifie le travail éprouvant d'un opérateur.

De nos jours, l'automatisme est devenu la tendance de l'industrie et c'est un élu du comportement des systèmes productifs en fonction des informations provenant du milieu extérieur ; d'autre part, il permet d'accélérer la fabrication, augmenter la quantité, développer la qualité.

L'objectif de notre travail est d'améliorer un système de pompage d'eau glacé se trouvant au niveau de la section de conditionnement d'huile du complexe CEVITAL en le rendant plus flexible et moins lassant, économique et précis.

A cet effet, le présent mémoire est réparti en quatre chapitres et structuré comme suit :

Le premier chapitre sera prévu pour les généralités sur les systèmes de refroidissement ainsi la description du fonctionnement de notre système.

Le second chapitre englobera l'identification des divers équipements constituant cette station de pompage.

Le troisième chapitre sera consacré aux automates programmables dans l'industrie ainsi leurs logiciels associés et les différents langages de programmation.

Enfin, le dernier chapitre expliquera le système avant et après son automatisation (schémas électriques, organigramme et langage Ladder) en suite la programmation du module Zelio.

1. Introduction

Dans cette partie nous allons présenter l'historique et l'évolution de l'entreprise Cevital et ses multiples activités industrielles en citant ces différents points :

- Historique de l'entreprise Cevital
- Situation géographique
- Missions, objectifs et avantages de l'entreprise
- Activités de Cevital
- Organigramme du complexe Cevital

1.1. Historique de l'entreprise Cevital

Cevital est un Groupe familial qui s'est bâti sur une histoire, un parcours et des valeurs qui ont fait sa réussite et sa renommée.

Première entreprise privée algérienne à avoir investi dans des secteurs d'activités diversifiés, elle a traversé d'importantes étapes historiques pour atteindre sa taille et sa notoriété actuelle.

Industrie agroalimentaire et grande distribution, électronique et électroménager, sidérurgie, industrie du verre plat, construction industrielle, automobile, services, médias... le Groupe Cevital s'est construit, au fil des investissements, autour de l'idée forte de constituer un ensemble économique.

Porté par 18 000 employés répartis sur 3 continents, il représente un atout majeur pour l'économie Algérienne, et œuvre continuellement dans la création d'emplois et de richesse[1].

La figure 1 suivante nous éclairci bien l'historique de l'entreprise.

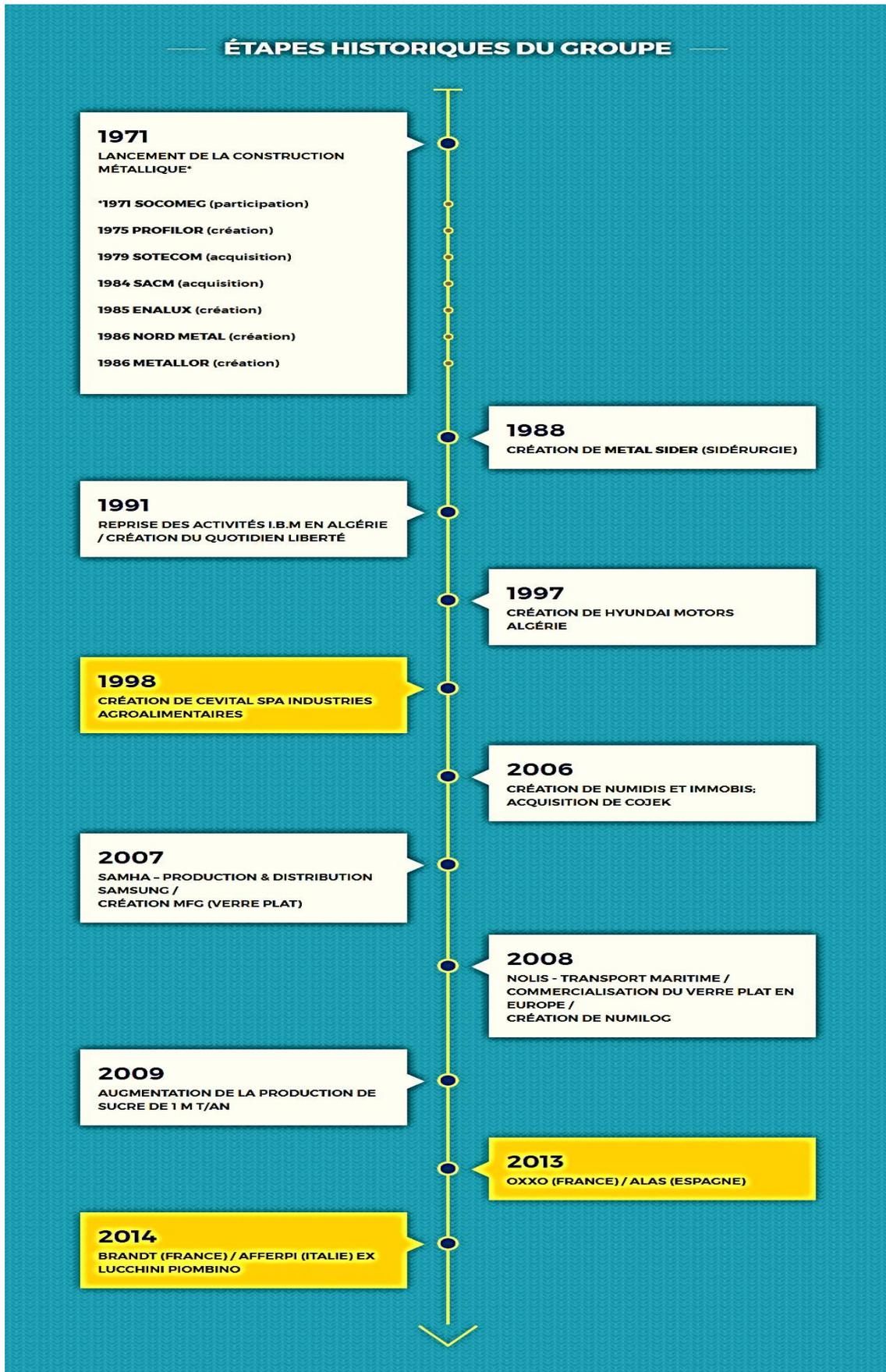


Figure 1 : Etapes historique de l'entreprise Cevital [1]

1.2. Situation géographique

Cevital, est implanté au niveau du nouveau quai du port de Bejaïa, à 3 Km du sud-ouest de cette ville. 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 de l'aéroport, et elle s'étend sur une superficie de 14 hectares [2].

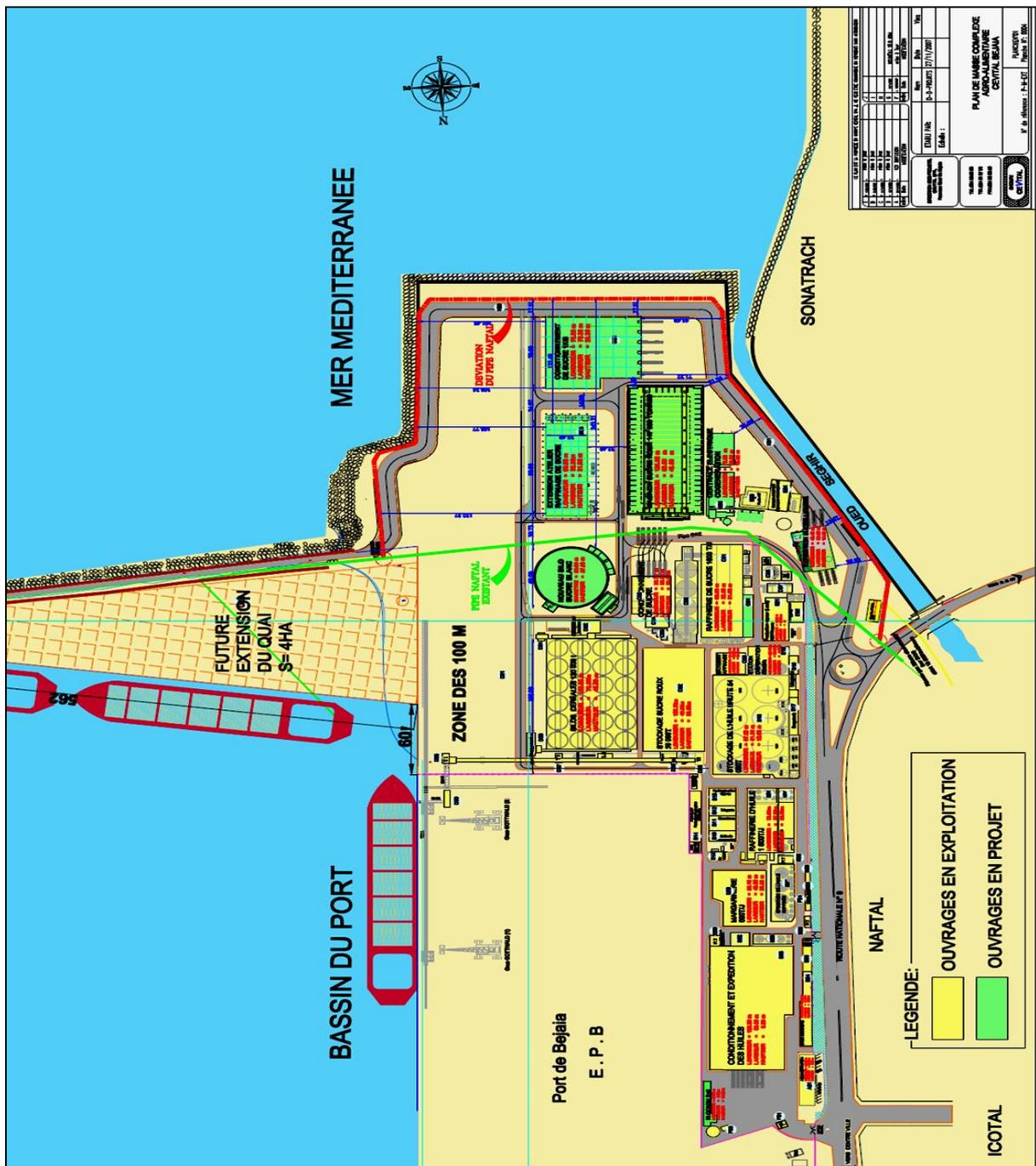


Figure 2 : Plan de masse du complexe CEVITAL

1.3. Missions, objectifs et avantages de l'entreprise

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 plus compétitifs, et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser.

Les objectifs visés par Cevital peuvent se présenter comme suit :

- L'extension de ses produits sur tout le territoire national ;
- L'importation de graine oléagineuse pour l'extraction directe des huiles brutes ;
- 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 ;
- Le choix du site : l'avantage de la localisation est un facteur clé du succès ;
- La présence d'un réseau de distribution couvrant l'ensemble du territoire ; national [2].

1.4. Activités de Cevital

Lancé en mai 1998, le complexe Cevital a débuté son activité par le conditionnement d'huile en décembre 1998. En février 1999, les travaux de génie Civil de la raffinerie ont débuté, cette dernière est devenue fonctionnelle en Août 1999. L'ensemble des activités de Cevital est concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et du sucre et se déclinent comme suit :

- Raffinage des huiles (1800 tonnes/jour) ;
- Conditionnement d'huile (1400 tonnes/heure) ;
- Production de margarine (600 tonnes/jour) ;
- Fabrication d'emballage (PET) : poly-Éthylène-Téréphtalate (9600unités/heure) ;
- Raffinage du sucre (3000 tonnes/jour) [2].

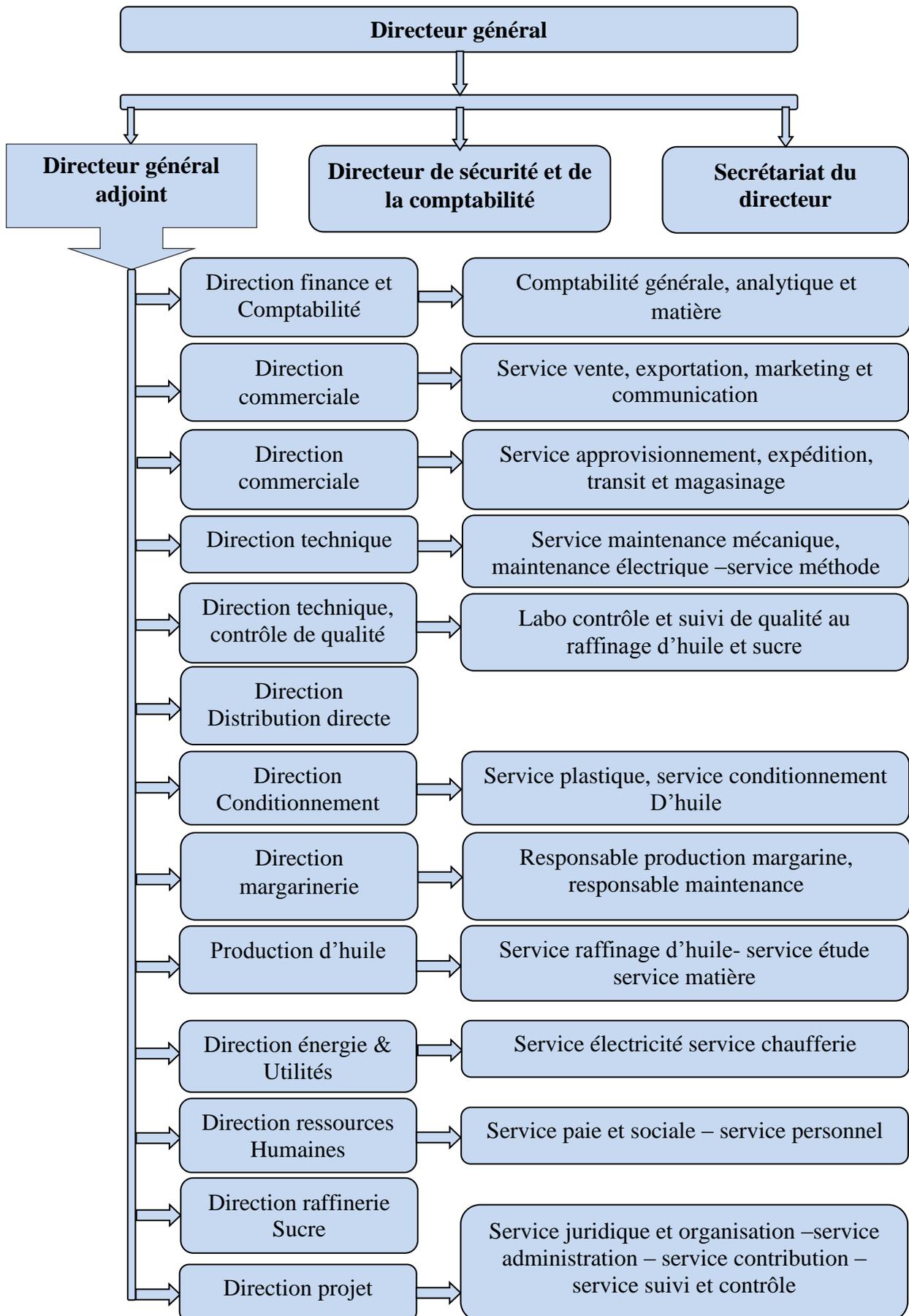


Figure 3 : Organigramme du complex Cevital [2]

I. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons décrire notre station de pompage d'eau glacé ou autrement dit station de refroidissement, puis nous allons élaborer un cahier des charges afin de l'automatiser.

Avant de présenter cela, on va expliquer d'une manière générale les différentes techniques de refroidissement industriel pour avoir une certaine idée sur l'aspect technologique et l'utilité du froid industriel.

I.1.Généralités sur les systèmes de refroidissement industriel

• Introduction

Dans la pratique, plusieurs noms sont utilisés pour désigner le matériel et les configurations de refroidissement. La nomenclature est souvent liée à l'objectif de l'application, dans les sites de production électriques, la typologie se réfère aux procédés de condensation.

En général, la liste suivante des systèmes habituellement utilisés dans l'industrie est :

- Tours aéroréfrigérante ouverte
- Systèmes de refroidissement en circuit fermé
 - ✓ Systèmes de refroidissement par air
 - ✓ Systèmes de refroidissement en circuit fermé par voie humide
- Refroidissement hybride
- Refroidisseurs adiabatiques
 - ✓ Mode sec
 - ✓ Mode adiabatique

I.1.1. Tours aéroréfrigérantes ouvertes

- **Description technique**

Les tours aéroréfrigérantes ouvertes sont également appelés systèmes de refroidissement évaporatifs ouverts. Dans ce type de système, l'eau de refroidissement qui traverse l'échangeur de chaleur est refroidi dans une tour de refroidissement où l'essentiel de la chaleur sera rejeté dans l'environnement. Dans la tour de refroidissement, l'eau chauffée est dispersée sur le corps de refroidissement de la tour, puis est refroidie par contact avec de l'air, et collectée dans un réservoir. Après quoi elle sera pompée de nouveau vers la source de chaleur pour être réutilisée en tant que réfrigérant. Le mouvement de l'air est créé naturellement, ou à l'aide de ventilateurs qui poussent/aspirent l'air dans la tour [3].

- **Application**

Les systèmes à circulation forcée sont utilisés dans une vaste gamme de procédé. Une caractéristique est la réduction de la charge thermique vers un cours d'eau de réception, en faisant passer une partie de la chaleur résiduelle de l'eau de surface vers l'air [3].

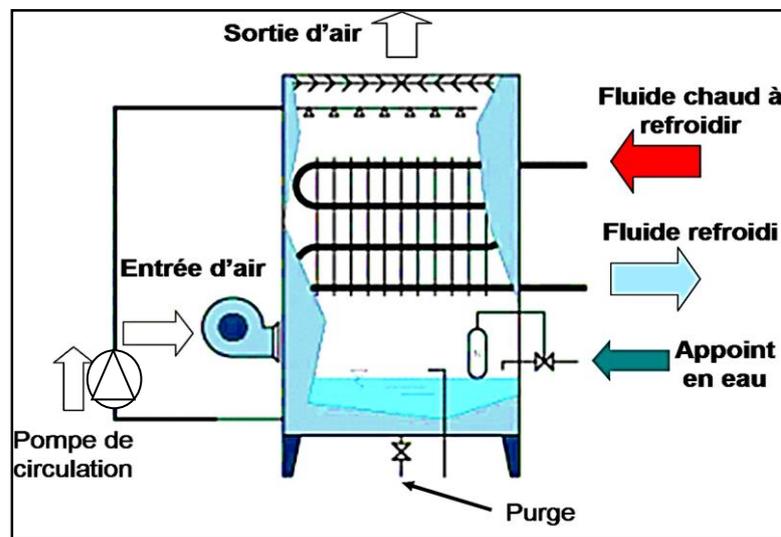


Figure I.1 : Tour aéroréfrigérante ouverte

I.1.2. Système de refroidissement en circuit fermé

I.1.2.1. Systèmes de refroidissement à l'air

- **Description technique**

En fonction de l'application, les systèmes de refroidissement par air en circuit fermé se composent d'éléments tubulaires (à ailettes), de serpentins ou de conduits d'un condenseur, de ventilateurs à moteurs et d'une structure en acier ou d'une tour. Le fluide de procédé lui-même ou un fluide de refroidissement circule dans les tubes. Un flux d'air est créé, naturellement ou par les ventilateurs. Il circule entre les tubes en refroidissant donc le fluide par conduction et convection. Dans la plupart des cas, le flux d'air circule en diagonale à travers l'échangeur de chaleur. Le fluide de procédé passe dans l'échangeur de chaleur dans une configuration à passage unique ou en plusieurs passes. Une grande variété de matériaux résistants à la corrosion est utilisée pour leur fabrication [3].

- **Application**

Les échangeurs de chaleur par air sec sont utilisés dans de nombreuses industries de petite et de grande taille. Ils servent à refroidir les produits dans l'industrie chimique et pétrochimique, pour la condensation à vide dans les centrales électriques et pour le refroidissement des gaz d'échappement [3].

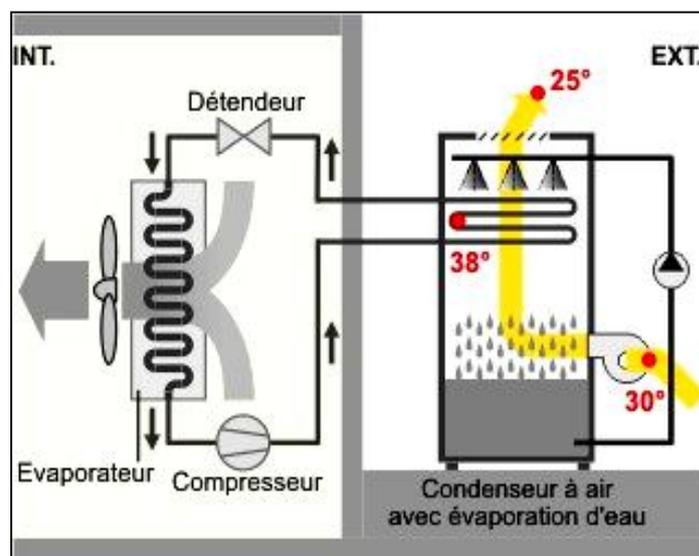


Figure I.2 : Système de refroidissement par air

I.1.2.2. Systèmes de refroidissement par voie humide en circuit fermé

- **Description technique**

Dans des systèmes en circuit fermé, le fluide à refroidir circule dans un circuit fermé sans aucun contact avec l'environnement. Le fluide est conduit à travers un échangeur tubulaire ou « serpentín ». Les serpentíns sont mouillés sur leur face externe. La chaleur est transférée du fluide vers l'eau pulvérisée. L'évaporation d'une petite partie de l'eau amène à un refroidissement par évaporation et la chaleur est transférée de l'eau vers l'air [3].

- **Application**

Les systèmes de refroidissement en circuit fermé sont utilisés dans de nombreuses applications. Ils sont bien adaptés au refroidissement des moteurs à gaz et des compresseurs, et peuvent s'avérer fiables pour contrôler les températures de procédés industriels. Ils peuvent être utilisés à la fois pour les grosses et les petites applications. On peut s'en servir comme refroidisseurs de liquides (huiles lubrifiantes, eau de refroidissement pour les compresseurs), refroidisseurs de gaz (moteurs diesel, gaz de procédé) et condenseurs à air (cycles combinés, turbines à vapeur) [3].

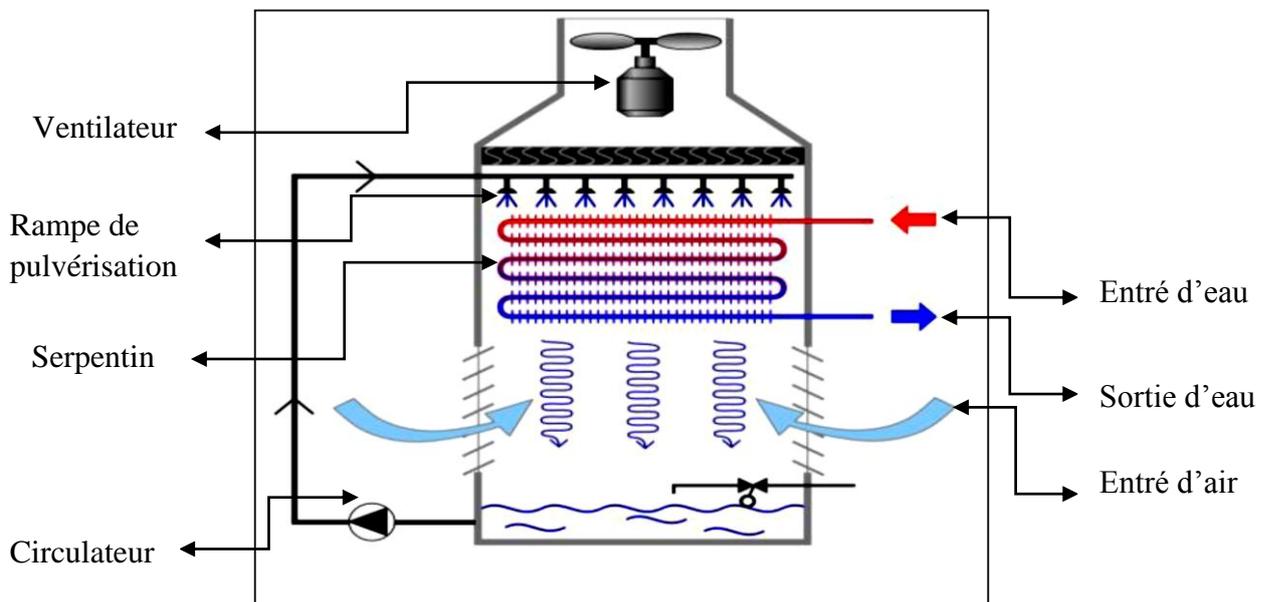


Figure I.3 : Tour de refroidissement à circuit fermé

I.1.3. Refroidissement hybride

- **Principe**

Une autre solution de refroidissement se situe entre la tour de refroidissement humide et le refroidisseur sec. Les systèmes hybrides mélangent ces deux technologies. Durant les périodes relativement fraîches que sont les intersaisons, le système fonctionne comme un simple drycooler, puis en été lorsque la température ambiante est trop élevée pour avoir un niveau de température du fluide de refroidissement suffisamment faible, le système passe alors en mode évaporatif similaire à une tour humide. Ce système peut, par exemple, être mis en place en ajoutant une rampe de spray d'eau en direction de l'échangeur air/eau d'un drycooler. La combinaison de ces deux modes permet de réaliser des économies d'eau tout au long de l'année et de limiter les risques de bactéries [4].

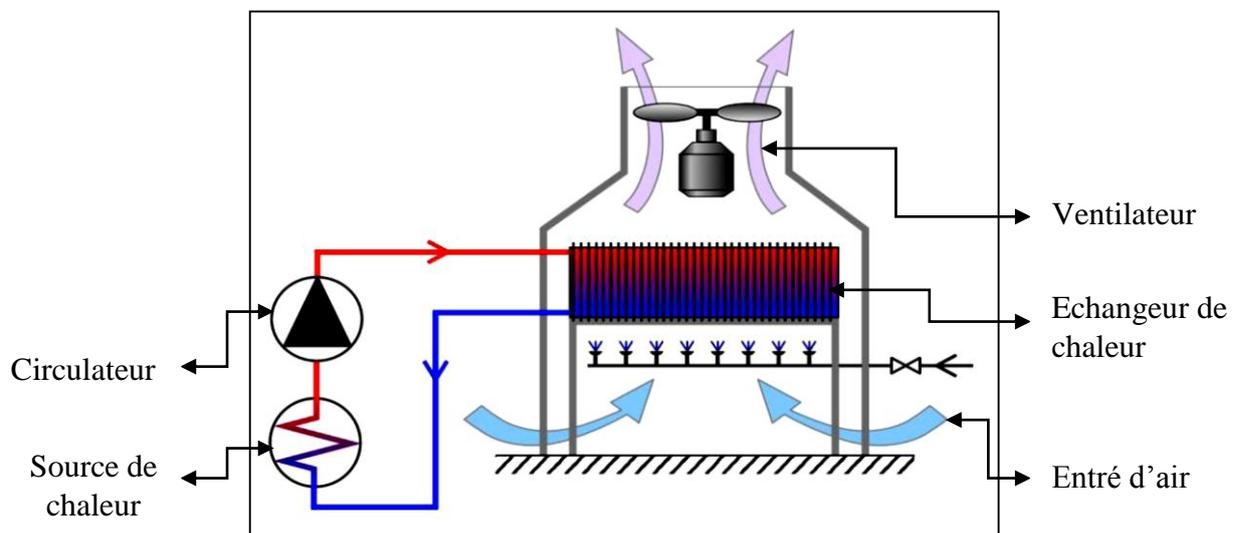


Figure I.4 : Système hybride

- **Avantages**

- Faible consommation en eau
- Risque de développement des légionnelles quasi-inexistant (utilisation d'eau du réseau sans recirculation - eau perdue)
- Niveau de température assuré même lors de fortes chaleurs estivales

- **Inconvénients**

- Consommation en électricité toujours importante
- N'est pas affranchi de la réglementation anti-légionnelle (traitement et contrôle régulier de la qualité de l'eau sont obligatoires)

I.1.4. Refroidisseurs adiabatiques

- **Principe**

Les refroidisseurs adiabatiques sont des échangeurs de chaleur. Les calories sont rejetées en sec à l'atmosphère. Dès que les conditions climatiques augmentent, cet échangeur utilise l'évaporation de l'eau. Ainsi, en toute sécurité et sans traitement d'eau, il dissipe les calories en maintenant une température d'eau froide inférieure à celle de l'air ambiant.

Ce refroidisseur adiabatique résulte de l'association d'un aéroréfrigérant sec et d'une section de pré-refroidissement adiabatique : cette section de pré-refroidissement a pour rôle d'abaisser la température de l'air ambiant par évaporation d'eau sur un média conçu spécifiquement pour cet usage [4].

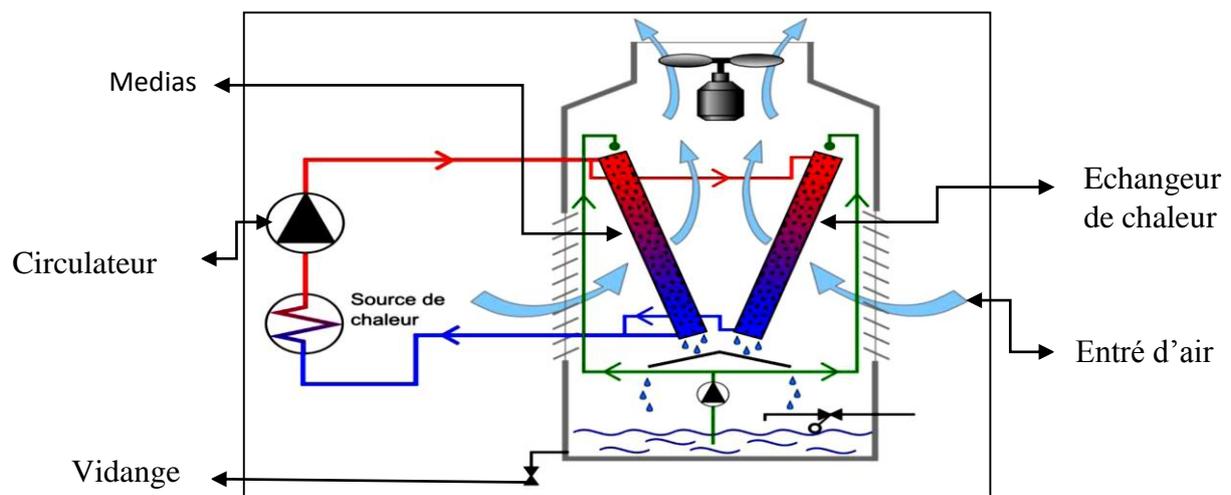


Figure I.5 : Refroidisseur adiabatique

I.1.4.1. Mode sec

- Le fluide est refroidi dans la batterie sèche qui est traversée par l'air ambiant. Cet air est entraîné par les ventilateurs. Le média à l'entrée est sec.
- La ventilation est réglée en fonction de la charge thermique afin de maintenir constante la température de sortie du fluide.
- L'air est ensuite évacué vers le haut [4].

I.1.4.2. Mode adiabatique

- Lorsque le refroidissement en mode sec devient insuffisant, le média est humidifié.
- L'air ambiant traversant le média se refroidit par évaporation.
- L'air ainsi refroidi traverse ensuite la batterie pour refroidir le fluide.

- L'eau d'humidification excédentaire est collectée dans un bac en acier inox, puis évacuée. Elle peut, en option, être recyclée et venir en complément de l'alimentation en eau. L'économie d'eau est alors majeure, sans risque légionelle [4].

- **Avantages**

- Efficacité
- Niveau de température du retour de l'eau de refroidissement faible toujours assuré
- Consommation d'eau très faible
- N'est pas soumis à la législation visant à lutter contre les légionelle (Pas de traitement ni de contrôle de l'eau)
- Faible consommation en électricité

- **Inconvénients**

- Investissement très important
- Poids et encombrement importants
- Peu (ou pas) de petites puissances disponibles sur le marché

I.1.5. Coûts des systèmes de refroidissement

Les écarts de coûts entre les différents systèmes n'indiquent pas nécessairement la solution la moins onéreuse. [Des différents facteurs qui, au final, influencent les coûts, les besoins des utilisateurs et les besoins légaux sont très importants]. C'est la raison pour laquelle, il faudrait estimer la faisabilité d'un système ou de l'utilisation d'une technique au cas par cas. Les prix de l'énergie doivent toujours être pris en compte. Ils seront importants, par exemple, dans des situations où la récupération de chaleur est prise en considération.

Un aspect important dans le calcul des coûts d'un système de refroidissement et des améliorations possibles est la comparaison entre les coûts d'investissements initiaux d'un système ou d'une mesure appliquée et des coûts annuels qui en découlent [3].

I.3.Description du fonctionnement du système actuel

I.3.1.Description du fonctionnement

Dans notre installation à l'usine de conditionnement d'huile, on a un circuit fermé d'une station de refroidissement (voir la figure I.6) qui aspire à l'entrée de l'eau stockée dans une bache d'un volume de 5000 L sous pression de 2 bar, grâce à trois circulateurs entraînés par des moteurs asynchrones triphasés d'une puissance nominale de 45 kW chacun, rentrant d'une même et seule conduite dans un refroidisseur de type 1BAF429.01 et passant par divers phases ressortant eau glacée vers des échangeurs de type plaques et joints placés en hauteur intérieur de hangar afin de refroidir l'air ambiant pour enfin revenir au point de départ et terminant son cycle, comme le montre la figure ci-dessous :

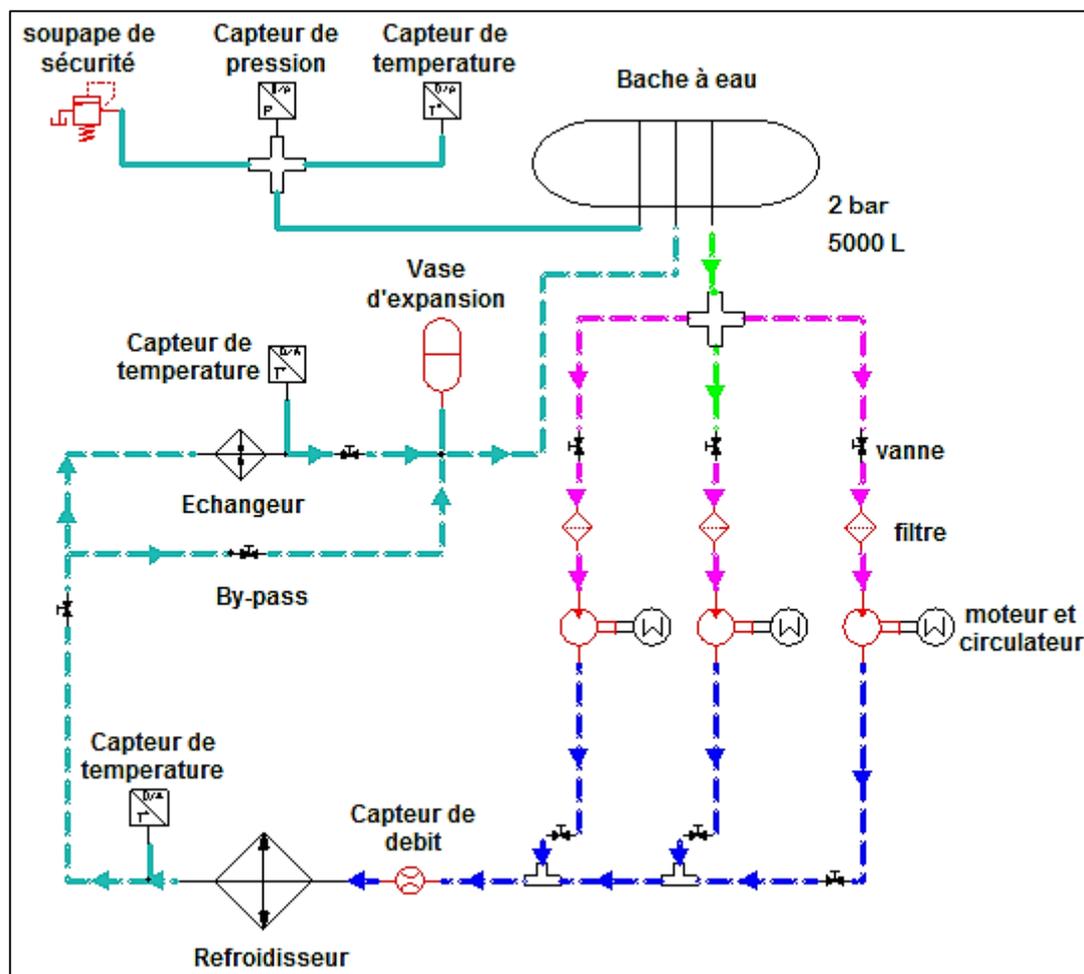


Figure I.6 : Schéma hydraulique de la station de pompage d'eau glacée

I.3.2. Inconvénients du système

- **Problématique :**

Le système actuel présente certains inconvénients, à savoir :

- Tâche répétitive et fatigante pour les opérateurs ;
- Risques d'accident du travail ;
- Un long procédé ;
- Coût assez élevé ;
- Le travail est peu organisé ;
- Risque de défaillance dû aux erreurs commises par l'opérateur
- Mauvais contrôle du débit dans le système fermé.

- **Cahier des charges :**

Notre problématique s'agit d'automatiser la station de pompage d'eau glacée qui fonctionne manuellement ; afin de réaliser ce processus, l'automatisme doit assurer les tâches suivantes :

- Assurer la présence d'eau dans la cuve du réservoir ;
- Détection du débit par un capteur ;
- Compensation entre pompes ;
- Sécurisé le système ;
- Afficher les défauts ;
- Atteindre la stabilité ;
- Eviter les surpressions.

I.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit brièvement les techniques de refroidissements industriels ; puis nous avons procédé à la description de l'installation du système de pompage d'eau glacée qui fonctionne manuellement en conséquence des contraintes ont été relevées, pour cela on a opté à l'améliorer en intégrant un automate qui gère et contrôle le débit et la pression dans les conduites.

II .Introduction

Avant d'envisager de faire une automatisation d'une installation, il est indispensable de comprendre d'abord son fonctionnement.

Dans ce chapitre, nous allons faire la description de notre station de refroidissement, en identifiant les différents éléments qui la constitue, élément par élément en citant leurs définitions et leurs rôles principaux.

II.1.Identification des équipements de la station

II.1.1.Partie hydraulique

II.1.1.1.Réservoir sous pression

Un réservoir sous pression est un réservoir conçu pour contenir des gaz ou des liquides à une pression nettement différente de la pression ambiante. Ce type de réservoir peut être fabriqué, en métal ou en matériau composite.

Tous les systèmes hydrauliques ont besoin d'un réservoir pour contenir un fluide et alimenter des pompes. Le fluide qui circule dans le circuit retourne au réservoir pour être pompé à nouveau pour un autre cycle.



Figure II.1 : Réservoir sous pression

Note : Le réservoir utilisé à l'usine de conditionnement d'huile à un volume de 5000 L sous pression de 2 bars, il est équipé d'une soupape de sûreté et un purgeur d'air et un manomètre pour les mesures de sécurité.

II.1.1.2. Refroidisseur ou groupe d'eau glacée

Les groupes d'eau glacée sont employés pour le refroidissement de liquides industriels. Ils s'adaptent au refroidissement de l'eau nécessaire à toute application de climatisation et de fluide de n'importe quel type.

- **Fonctionnement des groupes d'eau glacée**

Un groupe d'eau glacée utilise le même principe que les autres climatiseurs basés sur un circuit frigorifique, la différence se situe sur l'évaporateur qui est à eau. Au lieu de refroidir de l'air, le groupe d'eau glacée refroidit de l'eau qui va ensuite refroidir de l'air. C'est par exemple le fonctionnement d'une pompe à chaleur Air/Eau ou Eau/Eau en mode froid. Les groupes d'eau glacée peuvent eux aussi être Air/Eau ou Eau/Eau, c'est-à-dire à condensation à air ou à condensation à eau.

On parle dans ce cas de système à détente indirecte. Par opposition, un système à détente directe utilise directement le fluide frigorigène pour refroidir l'air, c'est le cas d'un climatiseur split-system.

- **Utilisation des groupes d'eau glacée**

Les groupes d'eau glacée sont utilisés partout où il est nécessaire de restreindre l'usage des fluides frigorigènes, que ce soit pour des raisons techniques ou écologiques.

Ces systèmes peuvent donc être rencontrés dans le domaine résidentiel, tout comme dans le tertiaire ou dans l'industriel :

- **Dans un hôtel** : climatiser une chambre avec un système d'eau glacée permet d'éviter l'obligation de ventilation de secours et de détecteur de fluide frigorigène puisque l'unité intérieure sera exempte de fluide frigorigène.
- **Dans le tertiaire** : par exemple, il est beaucoup plus simple pour des raisons techniques de distribuer de l'eau glacée dans un immeuble de plusieurs étages que de distribuer du fluide frigorigène.
- **Dans le domaine du résidentiel** : les groupes d'eau glacée présentent l'avantage de confiner les quantités de fluide frigorigène. Cet avantage peut permettre de se passer de l'obligation de contrôle d'étanchéité périodique par exemple.
- **Dans l'industrie** : l'eau glacée sera utilisée à des fins de processus entrant dans la fabrication ou la conservation de certains produits.



Figure II.2 : Groupe d'eau glacé TRAN.

Tableau II.1 : Caractéristiques principale du refroidisseur implanté à l'usine

| | |
|-------------------------------------|---------------|
| Nom | Refroidisseur |
| Type | RTAC350 |
| Puissance frigorifique max | 132 KW |
| Température min du démarrage | -18° C |
| Fluide frigorifique | R134a |
| Poids | 10684 Kg |

Fluide frigorifique R134a

Le R-134a est un excellent réfrigérant utilisé des applications très variées. Il entre notamment dans la composition de nombreux mélanges présents sur le marché. Il permet de travailler avec des pressions plus basses que les autres HFC et est très efficace sur le plan énergétique pour les températures positives et moyennes [5].

Applications :

- Climatisation automobile.
- Réfrigérateurs à usage domestique.
- Refroidisseurs d'eau centrifuges.
- Pompes à chaleur.
- Chambres de conservation.
- Transport frigorifique.
- Réfrigération commerciale [5].

Caractéristiques :

- N'appauvrit pas la couche d'ozone, ODP = 0.
- Les équipements peuvent être remplis en cas de fuite.
- Il atteint une capacité frigorifique légèrement inférieure au R-12.
- Très efficace sur le plan énergétique bien qu'un compresseur plus puissant par rapport aux autres réfrigérants HFC soit nécessaire.
- Potentiel de réchauffement global PRG (GWP) = 1 430
- Point d'ébullition à 1,013 bar (°C) : -26,1
- Glissement de température ou glide (°C) : 0
- Densité vapeur saturée à -26,1 °C (kg/m³) : 5,28
- N° ONU : 3159
- Classement sécurité : A1. Faible toxicité et non inflammable [5].

II.1.1.3.Échangeurs de chaleur

Les échangeurs de chaleur sont les éléments de transfert de chaleur les plus importants car ils font à la fois partie du procédé à refroidir et du système de refroidissement. Après l'échangeur de chaleur, différents systèmes sont utilisés pour rejeter la chaleur dans l'environnement. Deux types d'échangeurs de chaleur sont couramment utilisés : le type tube et calandre (le plus courant) et à plaques et joints.

- **Échangeurs de chaleur tube et calandre**

De nombreuses expériences ont été conduites avec ce type d'échangeur de chaleur dans l'industrie, et ont prouvé la fiabilité de ces équipements. Il existe différentes conceptions, avec des tubes droits ou en forme de U, ou avec un échangeur de chaleur spécifiquement conçu pour des conditions de pression élevées, des températures élevées, le fonctionnement avec de la vapeur ou avec des fluides thermiques. En principe, les tubes contiennent l'eau de refroidissement, et le fluide de procédé se déplace autour des tubes dans la calandre.

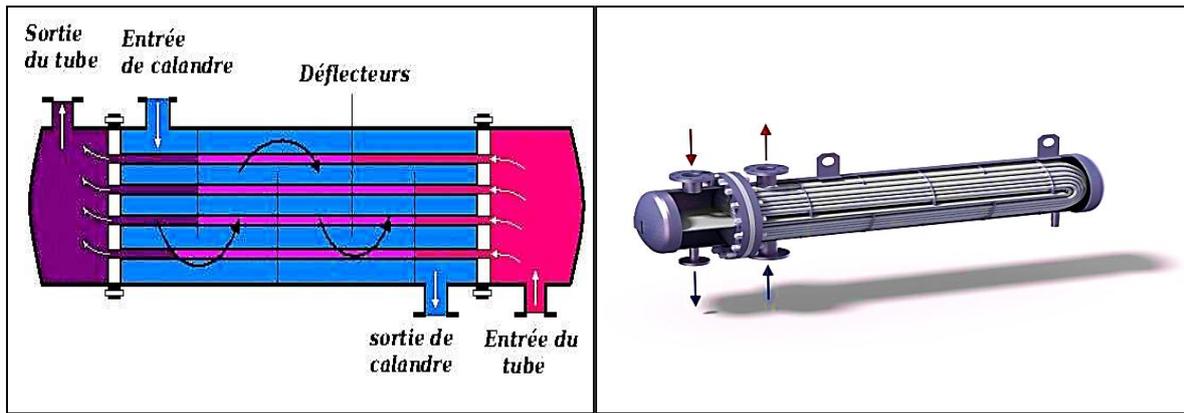


Figure II.3 : Echangeur de chaleur tube et calandre

- **Échangeurs de chaleur à plaques et joints**

Les échangeurs de chaleur à plaques et joints sont de plus en plus utilisés pour un ensemble d'applications dans les raffineries de sucre, l'industrie pétrochimique et les centrales électriques. Toutefois, ces échangeurs sont moins adaptés pour refroidir la vapeur et les volumes de gaz élevés, et dans les situations présentant un risque de sédimentation et/ou d'encrassement et pour les différences de pression élevées entre le fluide de procédé et le fluide de refroidissement. Certaines conceptions ont une double enveloppe permettant de garantir un fonctionnement sans fuites, mais semblent très difficiles à gérer. Les échangeurs de chaleur à plaques et joints sont économiques car ils sont beaucoup plus compacts que ceux à tubes et calandre, à surface d'échange équivalente.

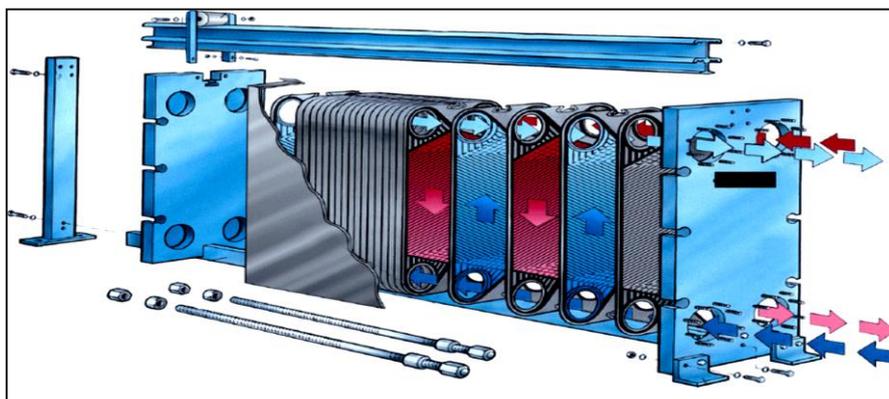


Figure II.4 : Echangeur de chaleur à plaque et joints

Note : Dans notre installation les échangeurs utilisés sont les échangeurs à plaques et joints

II.1.1.4. Pompe de circulation

Une pompe de circulation est une pompe électrique destinée à forcer la circulation d'un fluide caloporteur ou frigoporteur.

On les retrouve dans les installations de chauffage et de climatisation pour accélérer les échanges thermiques. Une pompe de circulation est aussi appelée circulateur.



Figure II.5 : Circulateur associé à un moteur

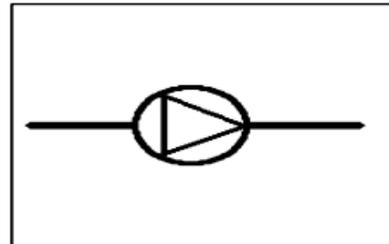


Figure II.6 : Symbole de circulateur

Note : les circulateurs existant dans la station de refroidissement ont les caractéristiques suivantes : On a retiré ces caractéristiques sur leurs plaques signalétiques.

Tableau II.2 : Caractéristiques du circulateur

| | |
|---|-----------------------------|
| Référence du composant | ETALINE GN 125-200/4502 G11 |
| Débit max | 232 m ³ /h |
| Diamètres d'aspiration et de refoulement | 200 mm |
| Hauteurs max (HMT) | 50 m |
| Accélération | 1.5 mm ² /s |

II.1.1.5.Vase d'expansion

Un vase d'expansion est constitué d'un volume d'air et d'un volume de gaz ininflammable tel que l'air, l'azote ou un gaz neutre, séparés par une membrane. Le volume de gaz est gonflé à une pression donnée, à la manière d'un pneu de voiture.

- **A quoi sert un vase d'expansion ?**

Le vase d'expansion joue deux rôles différents au sein d'un **circuit de chauffage**. Dans un premier temps, il sert à compenser les variations de volume subies par la masse d'eau. En effet, lorsque l'eau chauffe, elle se dilate et augmente ainsi son volume.

Le vase d'expansion a également pour mission d'assurer une pression constante dans l'installation. Le gaz, qui est élastique, est comprimé lorsque l'eau se dilate, ce qui permet de maintenir la pression. La pression du vase doit également servir à empêcher une dépression dans le circuit lorsque l'eau est refroidie...

- **Les différents types de vases d'expansion**

Il existe 3 types de vases d'expansion :

- Le vase d'expansion fermé à pression variable : il s'agit du système présenté plus haut. Ce type de vase d'expansion peut être à membrane ou à vessie : dans ce dernier cas, le risque de défaut d'étanchéité est réduit, car aucun joint n'est en contact avec la paroi du vase ;
- Le vase d'expansion fermé à pression constante ;
- Le vase d'expansion ouvert : les réservoirs sont disposés à l'air libre, ce qui entraîne une absorption d'oxygène permanente.



Figure II.7 : Vase d'expansion

Note : pour notre cas, on utilise est le vase d'expansion fermé à pression variable, défini par sa plaque signalétique résumé dans le tableau II.3 suivant :

Tableau II.3 : Caractéristiques du vase d'expansion

| | |
|-------------------------|--------------------|
| Nom du composant | Expansion vassel |
| Fabriquant | IBAIONDO INDUSTRIA |
| Référence | 300 CMF |
| Volume | 300 L |
| Pression max | 6 bars |
| Pression min | 1.5 Bars |

II.1.1.6.Soupape de sécurité

Les soupapes de sûreté sont des organes de sécurité qui ont pour fonction de protéger les installations contre les dommages d'une surpression du réseau. En cas de dépassement de la pression de tarage, la soupape laisse échapper le fluide jusqu'à ce que la pression redescende au niveau normal.

**Figure II.8** : Soupape de sécurité

II.1.1.7.Vanne

Nom générique d'un appareil avec une partie mobile lui permettant d'ouvrir et de fermer une voie de passage afin de permettre, d'empêcher ou de réguler le flux d'un fluide.



Figure II.9 : Vanne manuelle

Note : Les vannes utilisées dans le circuit hydraulique sont des vannes manuelles

II.1.1.8.Filtres

Un filtre à eau est composé d'un système de filtration qui vise à séparer l'eau des particules solides (résidus) en la faisant passer à travers un milieu poreux, ce qui ne laisse passer que les liquides et les particules solides plus fines que les trous du filtre (porosité). L'eau qui ressort de ce système de filtration est débarrassée des particules solides plus grosses que les pores du filtre.



Figure II.10: Filtre

II.1.1.9.By-pass

Le by-pass est un terme signifiant un contournement. Il est souvent préconisé dans certains dispositifs dès qu'un appareil hydraulique peut être mis en service ou stoppé à la demande.

À la manière d'une dérivation, le by-pass permet d'isoler ou de mettre en réseau une partie d'une tuyauterie que ce soit en chauffage, en distribution d'eau ou en piscine.

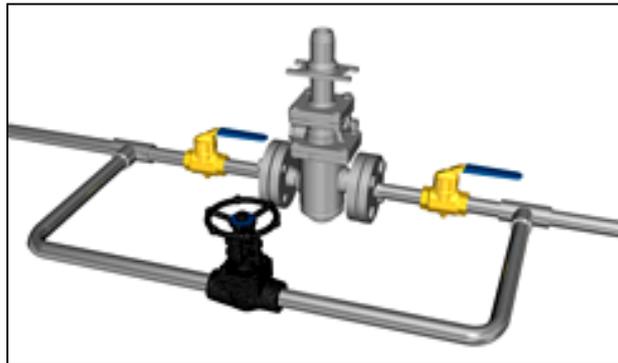


Figure II.11:By-pass

II.1.2.Partie Electrique

II.1.2.1.Moteur asynchrone triphasé

Lorsque le champ tournant entraîne un rotor qui est magnétisé comme l'aiguille d'une boussole, il l'entraîne strictement à la même vitesse que lui, en synchronisme, et nous avons à faire aux moteurs synchrones.

Le principe de fonctionnement des moteurs asynchrones est différent bien qu'il exploite le même champ tournant que les moteurs synchrones. Le rotor ne tourne pas en synchronisme avec le champ magnétique, il tourne moins vite, on dit qu'il est asynchrone.

Les moteurs asynchrones triphasés cumulent de multiples avantages : ils sont simples, robustes et faciles d'entretien. Toutes ces raisons expliquent leur popularité en milieu industriel.

Leurs applications sont nombreuses. On les retrouve, par exemple dans:

- les convoyeurs ;
- les pompes ;
- les élévateurs ;
- les palans.

Note : Dans notre cas on a trois moteurs asynchrones qui entraînent trois pompes de circulation ayant 45 KW comme puissance, 0.88 comme facteur de puissance et une vitesse nominale de 2965 tr/min et les détails ce trouvant dans la plaque signalétique suivante :

Tableau II.5 : Caractéristique du moteur existant dans la station.

| | |
|---|----------------------------|
| Type de moteur | Moteur asynchrone triphasé |
| Type de rotor | A cage d'écureuil |
| Nombre de pôles | 2 pôles |
| Référence | 1CV2222A 1PC30382BA234DA5 |
| Type de construction | IM 1001 (B3) |
| Type de tension | AC |
| Tension | 660 V |
| Puissance nominal à fréquence assignée | 45 KW |
| Classe énergétique | IE2 |
| Classe de protection | IP55 |

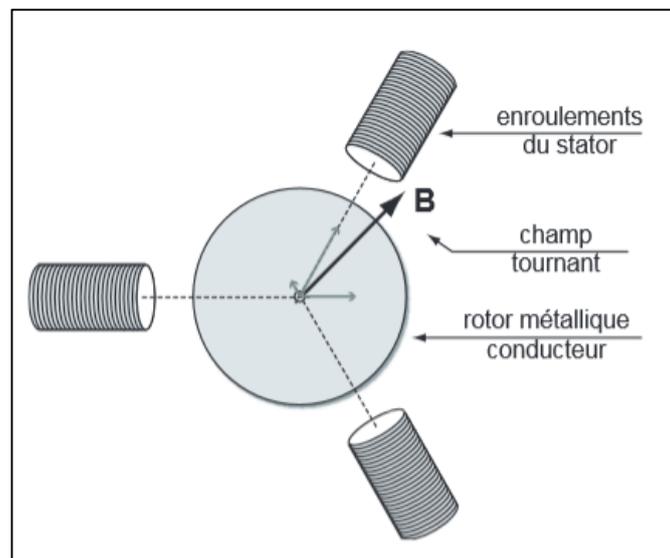


Figure II.12 : principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone triphasé

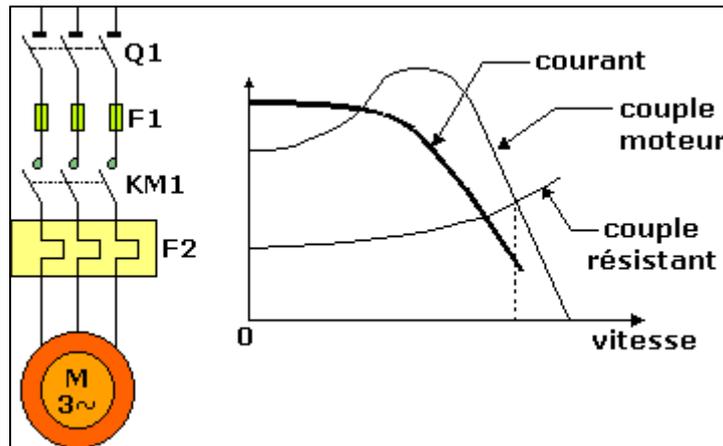


Figure II.13 : les courbes courant, couples et vitesse d'un démarrage direct.

II.1.2.2. Variateur de fréquence de type altivar 31

- **Définition**

Le variateur Altivar 31 est un convertisseur de fréquence pour les moteurs asynchrones triphasés à cage d'écureuil

Il est conforme aux normes EN 50178, IEC/EN 61800-2, IEC/EN 61800-3, aux certifications UL, CSA et aux Directives Européennes le concernant.

Il intègre des fonctions répondant aux applications les plus courantes, notamment :

- Manutention (petits convoyeurs, palans...);
- Machines d'emballage et de conditionnement;
- Machines spécialisées (mélangeurs, malaxeurs, machines textiles...);
- Pompe, compresseur, ventilateur.

Les variateurs sont proposés pour les puissances motrices comprises entre 0,18 kW et 15kW, avec quatre types d'alimentation :

- 200 V à 240 V monophasée, de 0,18 kW à 2,2 kW,
- 200 V à 240 V triphasée, de 0,18 kW à 15 kW,
- 380 V à 500 V triphasée, de 0,37 kW à 15 kW,
- 525 V à 600 V triphasée, de 0,75 kW à 15 kW.

- **Fonctions**

Le variateur Altivar 31 dispose de six entrées logiques, de trois entrées analogiques, d'une sortie logique/analogique et de deux sorties à relais. Les principales fonctions intégrées sont les suivantes :

- Protection du moteur et du variateur,
- Plus vite/moins vite,
- 16 vitesses présélectionnées,
- Logique de frein,
- Rattrapage automatique avec recherche de vitesse et redémarrage automatique,
- Configuration des défauts et des types d'arrêt,
- Sauvegarde de la configuration dans le variateur, ...

Tableau II.6 : Fiche caractéristique du variateur ATV31

| | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Nom du composent | ATV31 |
| Gamme de produits | Altivar 31 |
| Fonction produit | Variateur de vitesse |
| Destination du produit | Moteur asynchrone |
| [Us] tension d'alimentation | 380 à 500 V |
| Tension de sortie | ≤ tension d'alimentation |
| Fréquence d'alimentation | 50/60 Hz |
| Nombre de phase réseau | 3 phases |
| Puissance moteur | 45 KW |
| Nombre d'entrées analogiques | 3 entrées |
| Nombres d'entrées numériques | 6 entrées |
| Nombre de sorties analogiques | 2 sorties |

| | |
|------------------------------|-----------|
| Nombre de sorties numériques | 2 sorties |
|------------------------------|-----------|

- **Paramétrages du variateur ATV31 :**

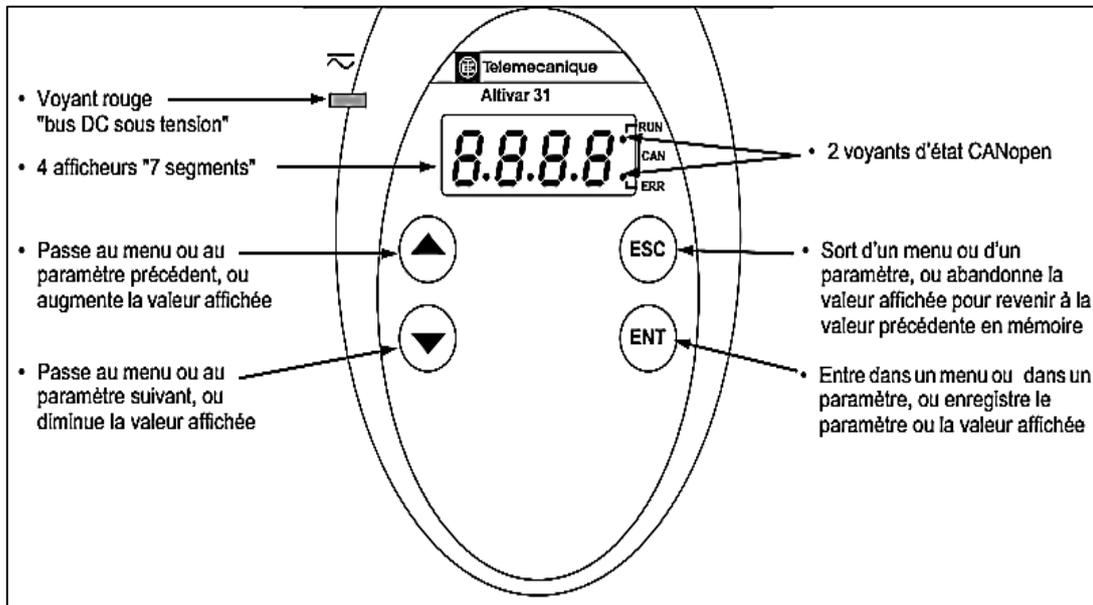


Figure II.12 : Aspect visuel d'un ATV31

- **Accès au menu**

Certains paramètres sont accessibles dans plusieurs menus pour accroître le confort d'utilisation :

- Réglage ;
- Le retour au réglage de l'usine ;
- Le rappel et la sauvegarde de la configuration.

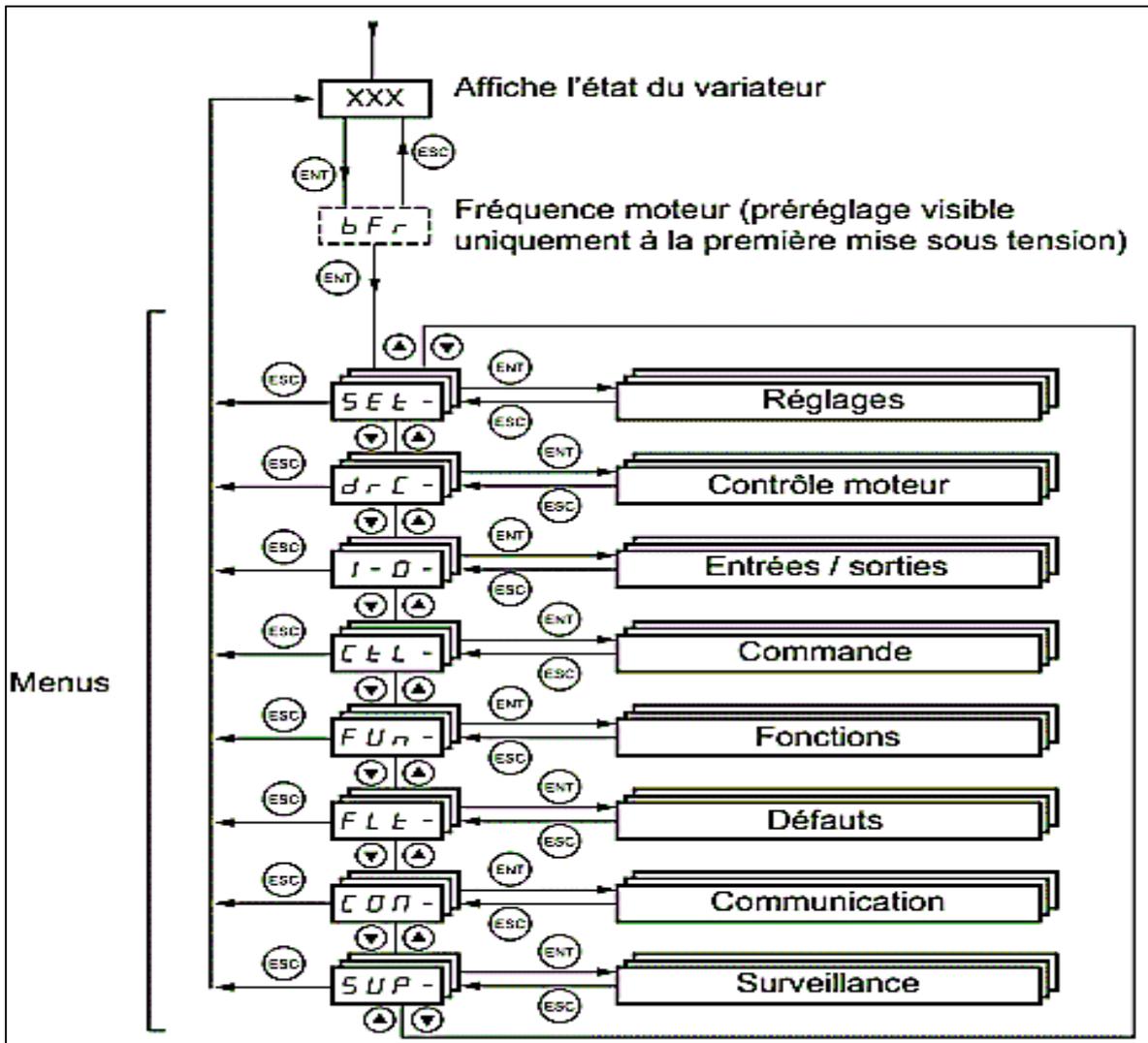


Figure II.13 : Accès au menu du variateur ATV 31.

Tableau II.7 : Codes les plus utilisé pour le paramétrage du variateur

| code | description |
|------|--------------------------------|
| FLt | Variateur en défaut |
| rUn | Variateur en marche |
| ACC | Temps de rampe d'accélération |
| dEC | Temps de rampe de décélération |

| | |
|-----|--------------------------------|
| r1 | Relais 1 |
| r2 | Relais 2 |
| SCS | Sauvegarde de la configuration |
| FCS | Retour au réglage usine |
| USP | Plus vite |
| dSP | Moins vite |
| OCr | Courant moteur |
| rFr | Fréquence moteur |
| OLO | Couple moteur |
| FtA | Seuil de fréquence atteint |

II.1.2.3. Disjoncteur

Le disjoncteur est un appareil qui permet de couper l'électricité en cas de court-circuit ou de surintensité. Il en existe plusieurs sortes et ils sont disposés sur le tableau électrique de l'installation.

- **Le rôle du disjoncteur électrique**

Un disjoncteur fonctionne de la même manière qu'un interrupteur, mais il se déclenche automatiquement. Tous les circuits électriques et tous les appareils sont reliés obligatoirement à un disjoncteur du tableau électrique qui les protège des courts-circuits. Un court-circuit se produit quand deux conducteurs de polarité différente se touchent, générant ainsi une surintensité excessive. Quand tout se passe bien, le courant passe par le disjoncteur sans être interrompu. Si un court-circuit se produit, une bobine détecte la surintensité et crée un champ magnétique qui ouvre les contacts du disjoncteur.



Figure II.14 : Disjoncteurs utilisés dans la station

II.1.2.4. Le disjoncteur magnétothermique

Appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter, d'interrompre le courant dans des conditions normales (I_{nominal}) d'utilisation du circuit.

Le disjoncteur magnétothermique protège donc le matériel et les canalisations contre les surintensités de type surcharge et court-circuit.



Figure II.15 : Disjoncteur magnétothermique.

II.1.2.5. Source d'alimentation

Une alimentation stabilisée est un dispositif électronique, utilisant une régulation, permettant le réglage de la tension et du courant nécessaires au fonctionnement d'un appareil électrique ou électronique. Il est généralement conçu pour fonctionner en générateur idéal de tension et de courant.



Figure II.17: Source d'alimentation utilisée pour notre essai

II.1.2.6. Capteur de débit

Un débitmètre est un instrument utilisé pour mesurer le débit linéaire, non linéaire, massique ou volumétrique d'un liquide ou d'un gaz.



Figure II.18 : Capteur de débit

II.5.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons opté à la description de chaque élément de notre installation dans le but de bien comprendre chaque composant et son fonctionnement. Dans le chapitre suivant nous allons faire des descriptions techniques des automates programmables industriels et leurs logiciels associés en citant et expliquant les différents langages de ces derniers.

III. Introduction

Les automatismes sont aujourd'hui couramment utilisés dans l'industrie même qu'ils sont devenus indispensables : ils permettent d'effectuer quotidiennement les tâches les plus pénibles, répétitives et dangereuses. Ils offrent de nombreuses possibilités grâce à la programmation de fonctions très élaborées, comme on peut obtenir des fonctionnements très différents dans un même programme en tenant compte des impératifs de processus industriel ; parfois ces automatismes sont d'une telle rapidité et d'une telle précision, qu'ils réalisent des actions impossibles pour un être humain. L'automatisme est donc synonyme de productivité et de sécurité.

III.1. Historique

On sait maintenant que la deuxième partie du XXe siècle est reconnu comme étant l'ère de l'automatique.

Dans le sillon de l'automatique apparurent plusieurs autres « tiques » et entre autres, l'informatique et la robotique. Et c'est à travers l'automatique, d'abord en 1968-69 aux Etats-Unis, que les premiers automates industriels ou « contrôleurs programmables » furent leur apparition.

Leurs premières applications furent d'abord le remplacement des horloges de contrôle du temps des employés ; par la suite, leurs multiples utilisations industrielles, en particulier sur les lignes de production des usines, deviennent indispensables non seulement au point de vue contrôle, mais aussi du côté économique pour l'espace et l'entretien. C'est alors que de nombreux systèmes à relais durent céder leur place.

Les premiers automates programmables n'effectuaient que la commutation ON/OFF (et vice-versa) avec la possibilité de temporisation, comme les relais. Leurs applications étaient limitées seulement aux procédés répétitifs ainsi qu'à certaines machines. Par contre, leurs avantages consistaient dans une installation plus facile, la visualisation des étapes; ils possédaient des indicateurs diagnostiques permettant la localisation des pannes. C'était déjà mieux que les relais, en plus de pouvoir être reprogrammé advenant un changement de fonction ou de procédé.

De 1970 à 1974, la technologie des microprocesseurs (du moins les premiers) ajoutèrent une plus grande flexibilité et une « intelligence » à l'automate programmable. Les capacités d'interface avec l'utilisateur s'améliorent. L'automate programmable peut maintenant exécuter les opérations arithmétiques en plus des opérations logiques; il manipule les données

et les adresses ; il effectue la communication avec d'autres automates ou ordinateurs, donnant ainsi une nouvelle dimension aux applications de l'automate programmable.

Les automates programmables utilisent une mémoire non-volatile (RAM+Pile, EEPROM ou EAPROM par exemple) pour emmagasiner les instructions. Ces derniers accompliront des fonctions logiques, arithmétiques, de temporisation, de comptage et de manipulation des données. La programmation est basée généralement sur la nomenclature des diagrammes en échelle (ou schéma à relais). Des langages de haut niveau ont été aussi implantés sur certains automates afin de produire une plus grande flexibilité de programmation [6].

III.2.Définitions

- **Automatique**

L'automatique fait partie des sciences de l'ingénieur. Cette discipline traite de la modélisation, de l'analyse, de la commande et, de la régulation des systèmes dynamiques. Elle a pour fondements théoriques les mathématiques, la théorie du signal et l'informatique théorique. L'automatique permet l'automatisation des tâches par des machines fonctionnant sans Intervention humaine [7].

- **Automatisation**

L'automatisation d'une production consiste à transformer l'ensemble des tâches de commande et de surveillance, réalisées par des opérateurs humains, dans un ensemble d'objets techniques appelés partie commande. Cette dernière mémorise le savoir-faire des opérateurs, pour obtenir l'ensemble des actions à effectuer sur la matière d'œuvre, afin d'élaborer le produit final [8] ; dont l'objectif est de :

- Economiser les matières premières et l'énergie ;
- S'adapter à des contextes particuliers ;
- Eliminer des tâches répétitives ;
- Simplifier le travail humain ;
- Augmenter la sécurité ;
- Accroître la production ;
- Maintenir la qualité.

III.3. Structure d'un système automatisé [8]

Tout système automatisé est composé de deux parties principales : partie opérative et partie commande, la communication entre elle se fait par l'intermédiaire d'une interface qui est constituée d'ensemble de capteurs et pré-actionneurs

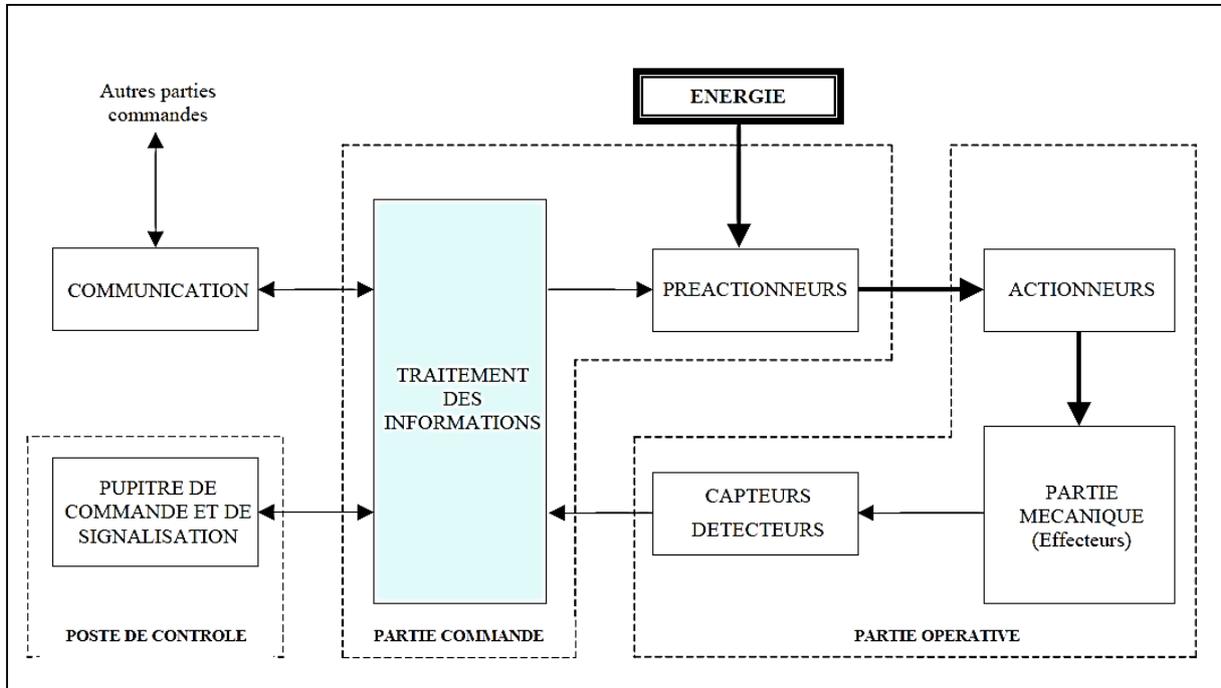


Figure III.1 : Structure d'un système automatisé

- **Partie opérative (PO)**

C'est la partie visible du système, qui reçoit des ordres de la partie commande et lui rend des comptes. Elle comporte les éléments du procédé [9].

- **Partie commande (PC)**

C'est elle qui émet des ordres vers la partie opérative et reçoit des informations en retour, afin de coordonner ses actions. D'une manière générale c'est elle qui coordonne la succession des actions sur la partie opérative dans le but d'obtenir le produit final [10].

- **Partie relation (PR)**

C'est l'ensemble des moyens de dialogue qui permettent à l'utilisateur d'échanger des informations avec la partie commande. Cette partie comporte le pupitre de dialogue homme-machine équipé des organes de commande permettant la mise en/hors énergie de l'installation, la sélection des modes de marche, le forçage des actionneurs, l'arrêt d'urgence.

III.4.Généralités sur les automates programmables

III.4.1.Définition d'un API

Selon la norme française EN 61131-1, un automate programmable est un système électronique fonctionnant de manière numérique, destiné à être utilisé dans un environnement industriel, qui utilise une mémoire programmable pour le stockage interne des instructions orientées pour des fins de mise en œuvre des fonctions spécifiques, telles que des fonctions de logique, de mise en séquence, de temporisation, de comptage et de calcul arithmétique, pour commander au moyen d'entrées et de sorties tout ou rien ou analogiques divers types de machines ou de processus [11]. Trois caractéristiques fondamentales le distinguent des outils informatiques tels que les ordinateurs utilisés dans les entreprises et les tertiaires :

- Il peut être directement connecté aux capteurs et pré-actionneurs grâce à ses entrées/sortie industrielles.
- Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères (température vibrations, microcoupures de la tension d'alimentation, parasites,...etc.).
- Sa programmation à partir des langages spécialement développés pour le traitement des fonctions d'automatismes facilitent son exploitation et sa mise en œuvre

III.4.2.Architecture d'un automate

La structure interne d'un automate programmable est constituée de :

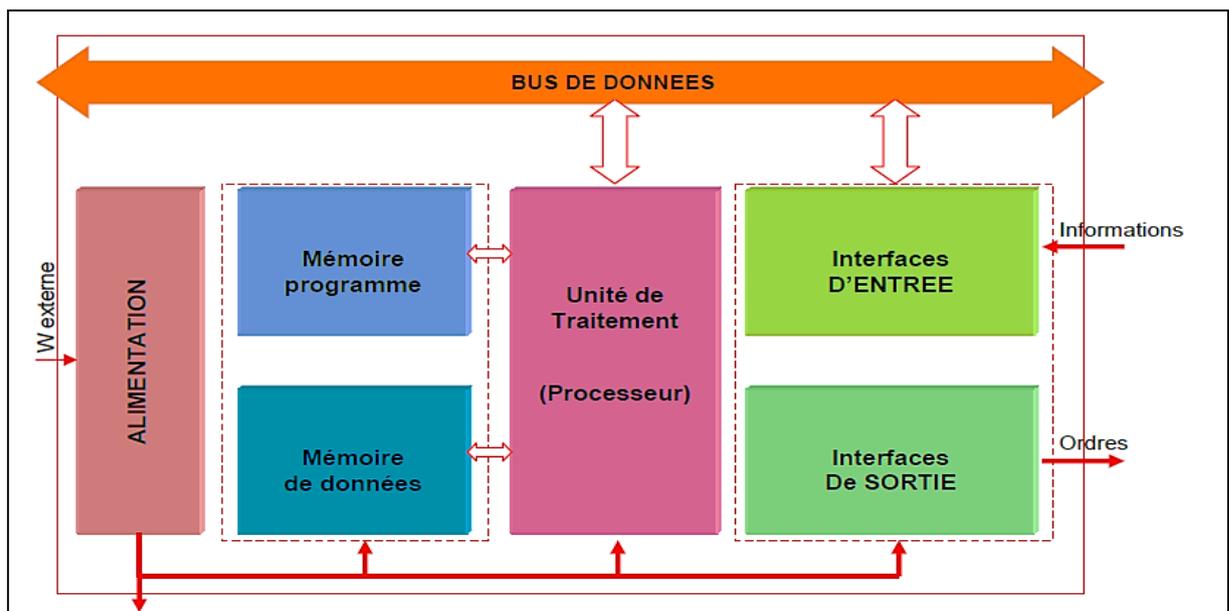


Figure III.2 : Architecture d'un API ;

- **Une alimentation**

La plus part des automates utilisent un bloc d'alimentation délivrant 24V DC.

- **Une CPU**

Elle est à base de micro-processeur, elle réalise toutes les fonctions logiques arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...) à partir d'un programme contenu dans sa mémoire.

- **Une mémoire**

Elle est l'élément fonctionnel qui peut recevoir, conserver et restituer des données, elle permet de stocker :

- Le système d'exploitation dans le ROM ou PROM.
- Le programme dans des EPROM.
- Les données systèmes lors du fonctionnement dans des RAM.

- **Des modules entrée/sortie :**

L'interface d'entrée comporte des adresses d'entrée. Chaque capteur est relié à une de ces adresses. L'interface de sortie comporte de la même façon des adresses de sortie. Chaque pré-actionneur est relié à une de ces adresses. Le nombre de ces entrées et sorties varie suivant le types d'automate. [12]

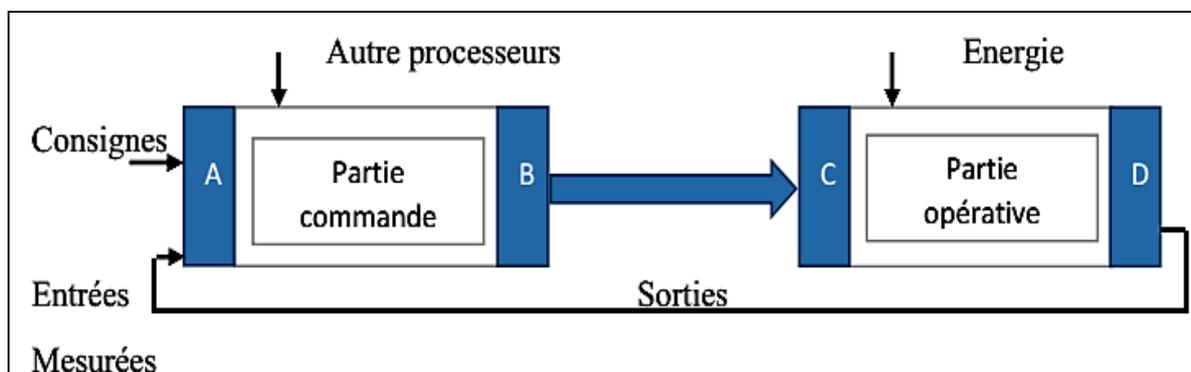


Figure III.3 : Modules d'entrées/sorties.

- Modules TOR (Tout Ou Rien): l'information traitée ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...). C'est le type d'information délivrée par une cellule photoélectrique, un bouton poussoir ...etc.
- Modules analogiques: l'information traitée est continue et prend une valeur qui évolue dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (débitmètre, capteur de niveau, thermomètre...etc.).

- Modules spécialisés: l'information traitée est contenue dans des mots codes sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

III.4.3. Les types d'APIs

- **Type compact**



Figure III.4: Module compact Allen Bradley

Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées/sorties. Selon les modèles et fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires et recevoir des extensions en nombre limité. Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes [13].

- **Type modulaire**

Pour ce type d'automate, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées/sorties résident dans des unités séparées et sont fixées sur un ou plusieurs racks. Ces automates sont intégrés dans des automatismes complexes ou une grande capacité de traitement et une haute flexibilité sont nécessaires [13].

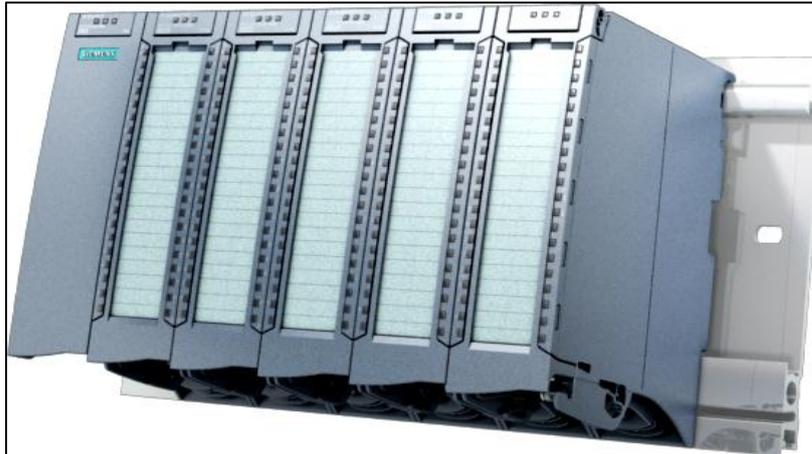


Figure III.5 : Module Siemens modulaire.

III.5.Langage de programmation utilisé pour les API:

Chaque automate possède son propre langage. Les constructeurs proposent tous une interface logicielle répondant à la norme CEI 11313. Cette norme définit cinq langages de programmation utilisables [14], qui sont :

| Désignation | Langage LD | Langage IL | Langage FBD |
|----------------------|------------|------------|-------------|
| ET Logique | | U | |
| ET NON | | UN | |
| OU Logique | | O | |
| OU NON | | ON | |
| Affectation résultat | | = | |
| ET d'une expression | | U< | |

Figure III.6 : Langages de programmation des API

- **GRAFCET ou SFC** : ce langage de programmation de haut niveau permet la programmation aisée de tous les procédés séquentiels.
- **Schéma par blocs ou FBD** : ce langage permet de programmer graphiquement à l'aide de blocs, représentant des variables, des opérateurs ou des fonctions. Il permet de manipuler tous les types de variables.
- **Schéma à relais ou LD ou schéma à contact LE** : ce langage graphique est essentiellement dédié à la programmation d'équations booléennes (true/false).
- **Texte structuré ou ST** : ce langage est un langage textuel de haut niveau. Il permet la programmation de tout type d'algorithme plus ou moins complexe.
- **Liste d'instructions**: ce langage textuel de bas niveau est un langage à une instruction par ligne. Il peut être comparé au langage assembleur.

III.6. Présentation des modules logiques ZELIO LOGIC :

Les modules Zelio Logic sont dédiés à la surveillance ou à la télécommande de machines ou d'installations fonctionnant sans personnel ; ils peuvent être choisis dans les différents modèles de la gamme, avec ou sans afficheur, avec différentes entrées/sorties, avec différentes tensions. Ils sont utilisés dans les secteurs d'activité de l'industrie et du tertiaire.

- **Pour l'industrie :**
 - ✓ Automatismes de petites machines de finition, de confection, d'assemblage ou d'emballage ;
 - ✓ Surveillance de pompage de relevage, de groupes froids ;
 - ✓ Automatismes décentralisés sur annexes de grosses et moyennes machines ;
 - ✓ Automatismes pour machines agricoles (pompage, serre, ...).
- **Pour le tertiaire/bâtiment :**
 - ✓ Automatismes de barrières, de volets roulants ;
 - ✓ Automatismes d'éclairage ;
 - ✓ Automatismes de compresseurs et de climatisation.

La simplicité de leur programmation, garantie par l'universalité de langages, satisfait aux exigences de l'automatisme et répond aux attentes de l'électricien.

Note : la programmation peut être effectuée :

- De façon autonome en utilisant le clavier du module Zelio Logic (langage à contacts)
- Sur PC avec le logiciel « ZELIO SOFT » : peut être réalisée soit en langage à contact (LADDER), soit en langage blocs fonctions (FBD)

III.7.Présentation de l'automate Zelio Logic SR2B201FU :

Tableau III.1 : Fiche technique de Zelio SR2B201FU [15]

| | |
|--|---|
| Gamme de production | Zelio Logic |
| Fonction produit | Relais intelligent compact |
| Concepteur | Schneider Electric |
| Affichage local | Avec |
| Nombre de ligne de schéma de contrôle | 0 à 500 avec FBD programmation 0 à 240 avec Ladder programmation |
| Vérification | Mémoire du programme à chaque mise sous tension |
| [Us] tension d'alimentation | 100 à 240 V CA |
| Fréquence d'alimentation | 50/60 Hz |
| Courant d'alimentation | 100 mA à 100V (sans extension) 50 mA à 240V (sans extension) |
| Nombre d'entrées TOR | 12 |
| Nombre de sorties | 8 |
| Horloge | Avec |
| Poids | 0.38 Kg |

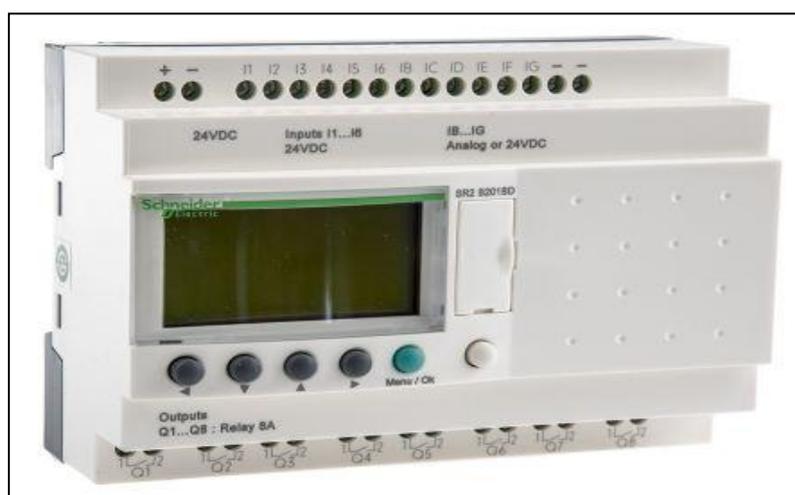


Figure III.7 : Zelio logic SR2B201FU compact.

III.8.Description du logiciel ZELIO SOFT 2 Version 5.0 :

Zelio Soft est un logiciel qui permet la programmation de différents types d'automate de la gamme ZELIO ; il faut donc au préalable le configurer en fonction du modèle disponible dans le laboratoire de technologie mais aussi du mode de programmation souhaité, il permet :

- La programmation en langage à contact (LADDER) ou en langage à blocs fonction (FBD).
- La simulation, le monitoring et la supervision.
- Le chargement et le déchargement de programmes.
- L'Édition de dossiers personnalisés
- La compilation automatique de programmes.
- L'aide en ligne.



Figure III.8 : Zelio Soft 2.

• **Langage à contacts (LADDER) :**

Le langage à contact permet d'écrire un programme LADDER avec des fonctions élémentaires, des blocs fonctionnels élémentaires et des blocs fonctionnels dérivés ainsi qu'avec des contacts, des bobines et des variables. Les contacts et les bobines peuvent être commentés.

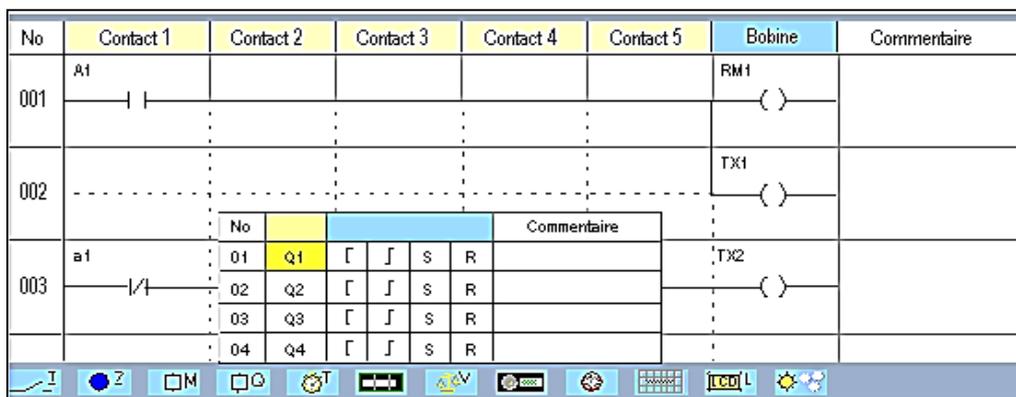


Figure III.9 : Aspect visuel du schéma Zelio Soft en langage LADDER.

Dans le tableau suivant, on décrit les éléments les plus importants de cette dernière figure.

Tableau III.2 : Les éléments les plus utilisés en Ladder.

| Symbole | Désignation |
|---------|--|
| I | Permet d'insérer des « Entrées » |
| Z | Permet d'insérer des « Boutons poussoirs » |
| M | Permet d'insérer des « Mémentos » |
| Q | Permet d'insérer des « Sorties » |
| T | Permet d'insérer des « Temporisations » |
| '061' | Permet d'insérer des « Compteurs » |

- **Langage FBD (Function Bloc Diagram) :**

Le langage FBD permet une programmation graphique basée sur l'utilisation de blocs fonctionnels prédéfinis, il propose trois modes :

- Le mode édition : est le mode permettant d'éditer le programme et la fenêtre de supervision. Ce mode est sélectionné par défaut.
- Le mode simulation : permet de simuler le programme avant de le transférer au module.
- Le mode monitoring : permet de visualiser l'état des entrées et des sorties du module à temps réel.
- Une fenêtre de supervision est disponible pour le mode simulation et le mode supervision, elle propose de visualiser l'état des entrées sorties que l'on aura préalablement choisi et placé. Cela permet d'avoir l'essentiel de l'application pour assurer un suivi efficace.

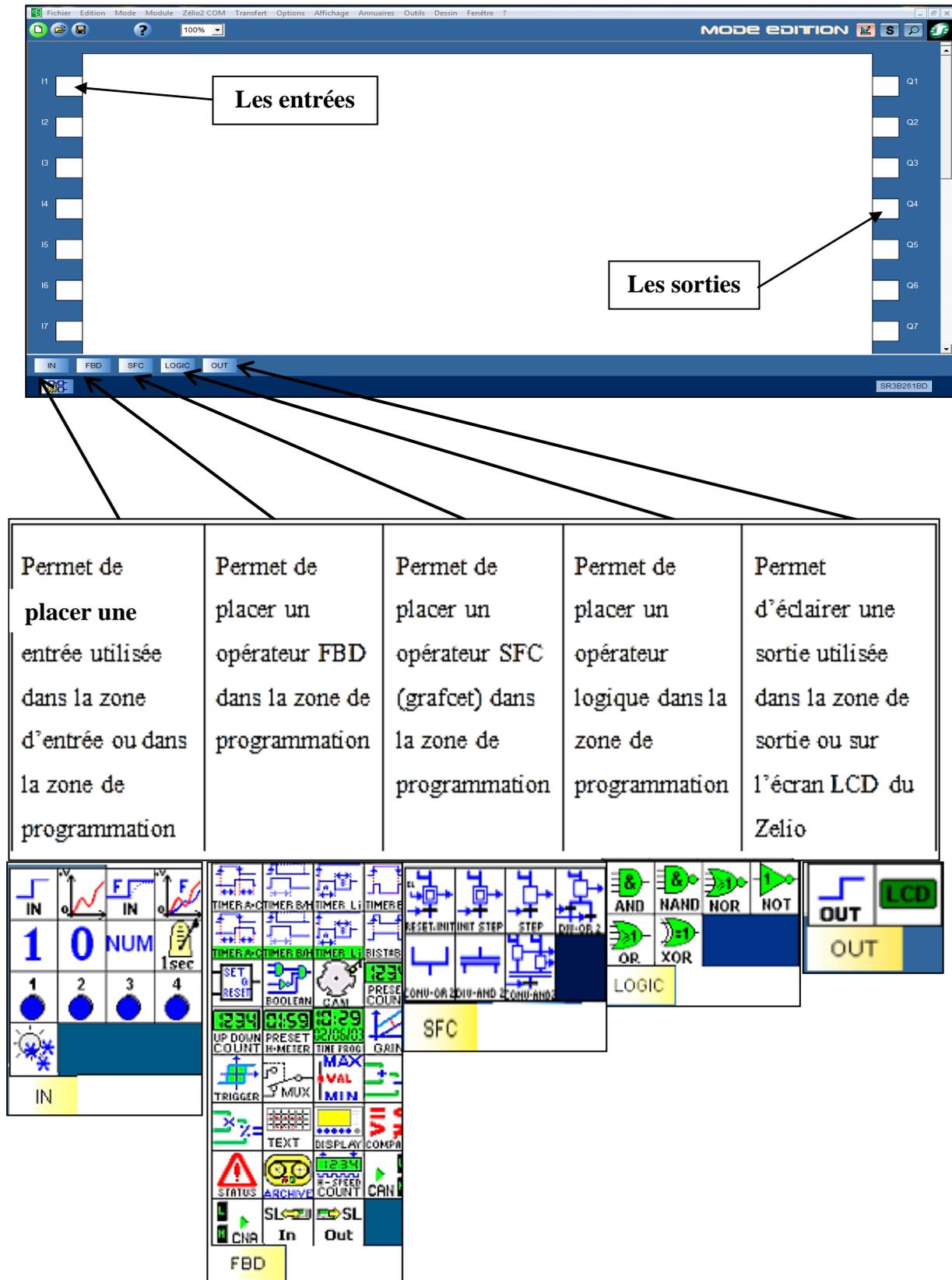


Figure III.10 : Aspect visuel du schéma Zelio Soft en langage FBD.

III.9. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons décrit l'architecture interne d'un automate programmable de la firme Schneider Electric essentiellement ZELIO LOGIC, puis on a présenté le logiciel de programmation de l'automate SR2B201FU intitulé ZELIO SOFT 2 V5.0 pour une meilleure exploitation pendant la programmation qui sera l'objet du dernier chapitre (chapitre IV).

II. Introduction

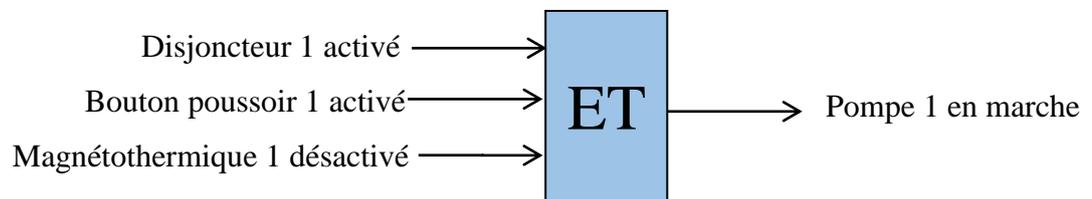
Afin d'automatiser la station de pompage d'eau glacée, nous réaliserons sous le logiciel Zelio Soft un programme permettant d'automatiser la mise en marche des pompes, son implantation dans l'automate Zelio Logic.

Dans ce chapitre, nous élaborerons les schémas électriques de démarrage des pompes ensuite nous décrirons notre système avant et après son optimisation et finalement nous exprimerons le programme en langages FBD et LADDER.

IV.1.Description du système actuel

Notre système est constitué de 3 pompes en fonctionnement sous variateurs de type Altivar-31 chacune pour un démarrage progressif, toutes les trois sont alimentées sous une tension de 380 V(AC) et leurs démarrages et leur arrêt se fait manuellement par l'opérateur.

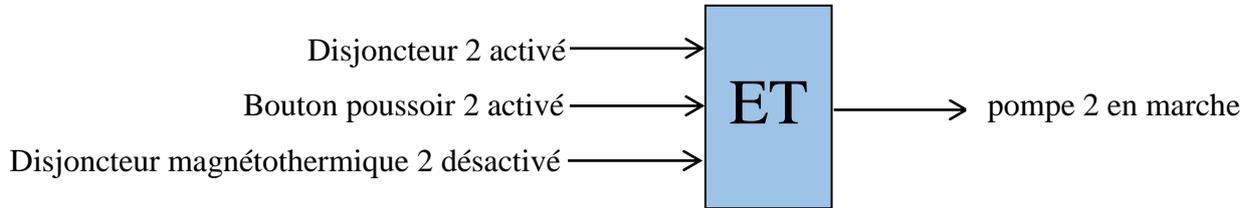
- En premier lieu on démarre le premier moteur qui entraîne le premier circulateur alimenté par son propre variateur commandé par un bouton poussoir (BP1) ; si la consigne (le débit souhaité) est atteinte alors la première pompe de circulation n'a pas besoin de compensation de la deuxième pompe.



Organigramme IV.1 : Démarrage de la pompe 1

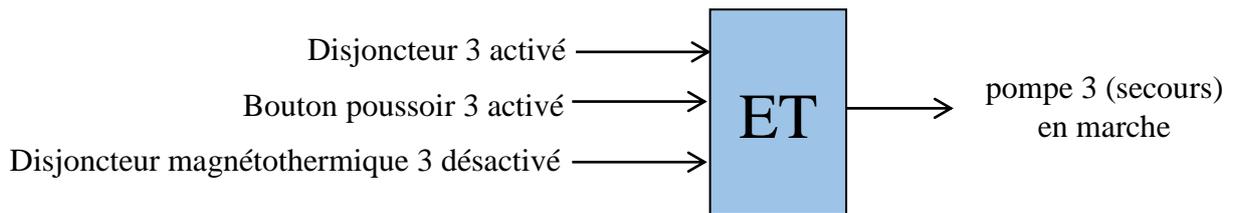
- Si la consigne n'est pas atteinte ; on fait appel à la seconde pour compenser la précédente qui est alimentée par un second variateur commandé par un autre bouton poussoir (BP2).

Note : durant toute la période d'utilisation de cette station, il s'avère que les deux premières pompes n'ont pas besoin d'être compensées par la troisième pompe.



Organigramme IV.2 : Démarrage de la pompe 2.

- La dernière pompe est alimentée aussi par un troisième variateur commandé par son bouton poussoir (BP3), elle est utilisée comme pompe de secours en cas de défaillances ou de maintenance sur l'une des deux premières pompes.



Organigramme IV.3 : Démarrage de la pompe 3.

Les schémas de la figure IV.1 et figure IV.2 suivantes démontrent parfaitement notre système :

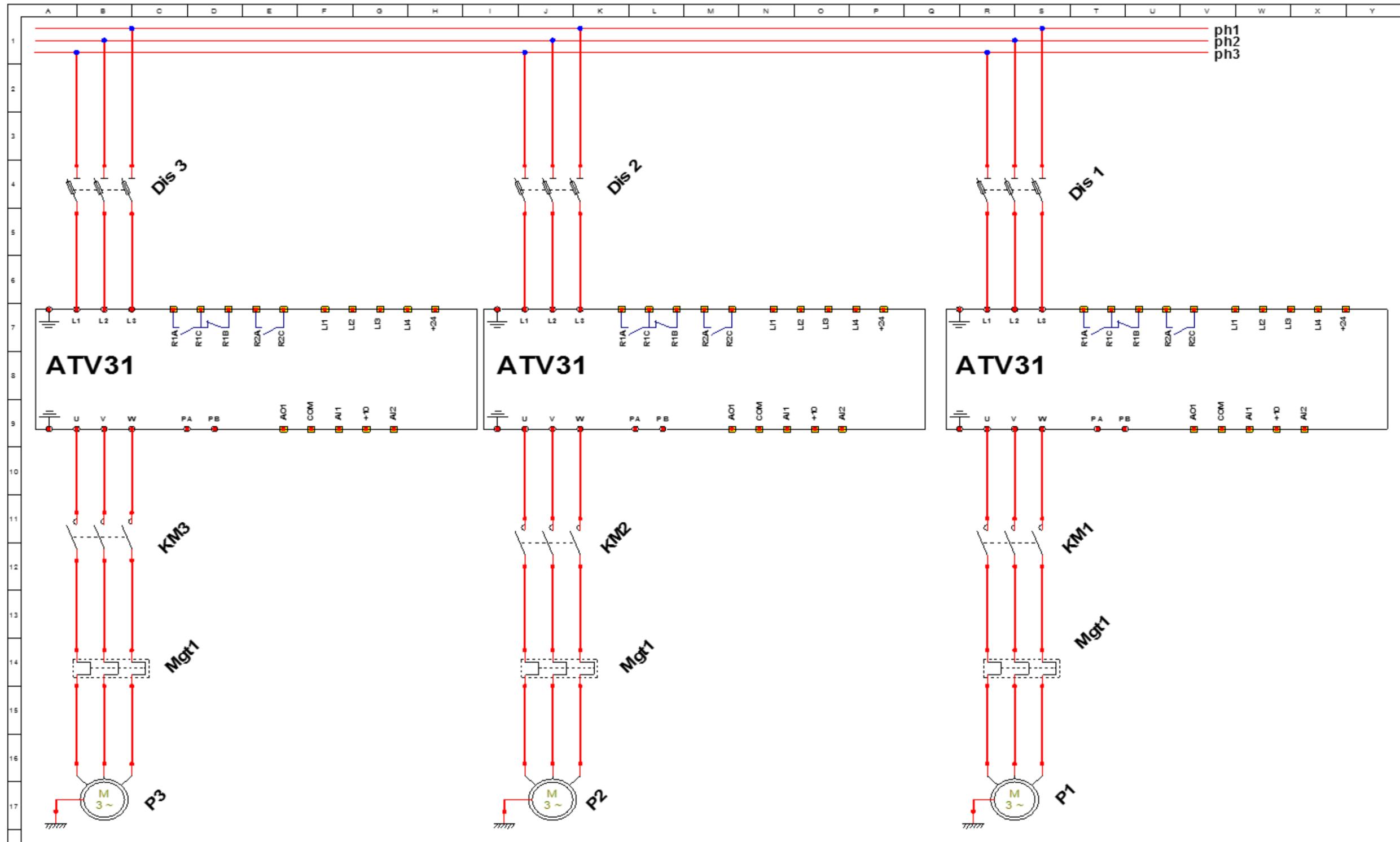


Figure IV.1 : Schéma de puissance du système actuel

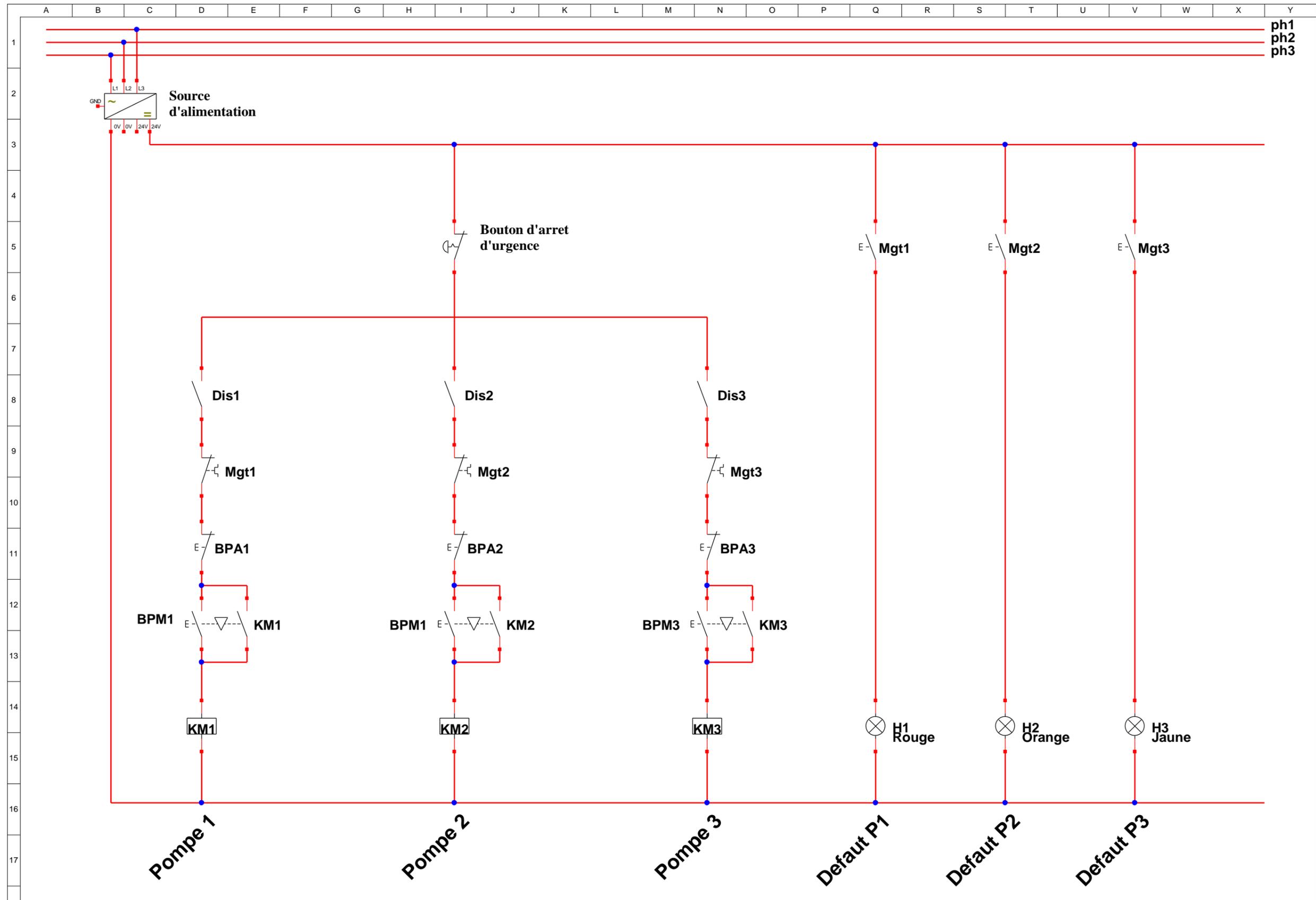


Figure IV.2 : Schéma de commande du système actuel.

IV.2. Système après son automatisation :

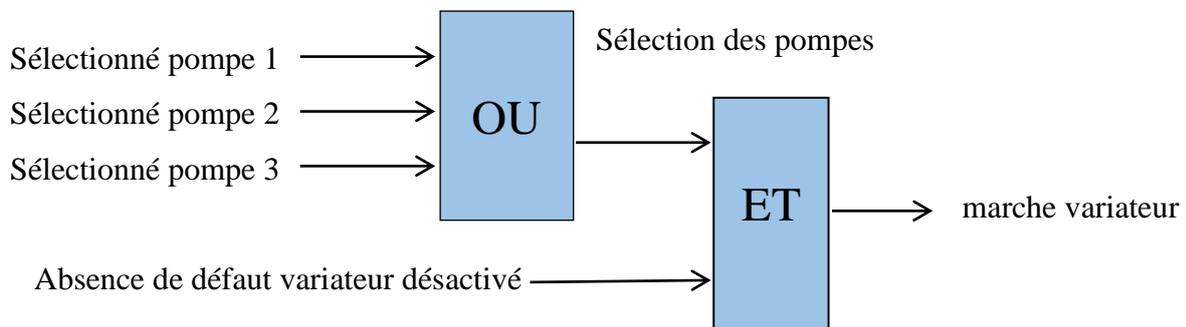
La première pompe démarre progressivement grâce au variateur, si la consigne souhaité est atteinte avant le régime max (50Hz) alors le moteur garde la même vitesse et se stabilise ; si la consigne n'est pas atteinte (débit souhaité) mais le moteur 1 fonctionne à son plein régime alors le moteur 2 démarre sous le même et seul variateur progressivement entraînant le circulateur jusqu'à atteindre la consigne puis se stabilise à cette vitesse, et le premier libère le variateur puis s'alimente sous tension du réseau ; le dernier moteur est laissé comme secours afin de remplacer l'un des deux premiers moteurs.

Note :

- Le variateur est alimenté par une tension triphasée alternative (380 VAC)
- Les trois moteurs sont aussi alimentés soit par le variateur ou par la tension du réseau.

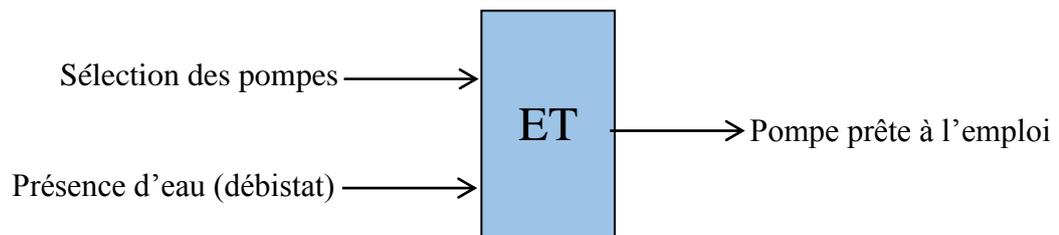
- **Etapes du fonctionnement du système automatisé :**

Quand on sélectionne l'une des pompes et qu'il n'y a aucun défaut sur l'alimentation ou le paramétrage du variateur alors le voyant vert s'allume ce qui signifie que le variateur marche correctement.



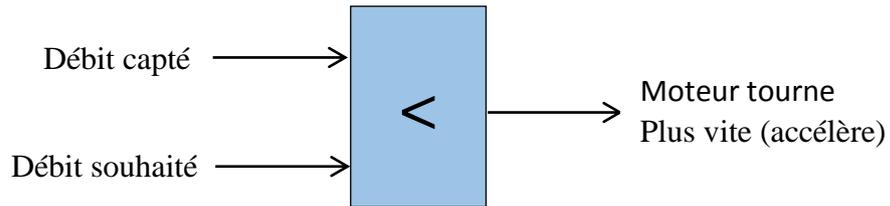
Organigramme IV.4 : Variateur marche.

Dans le cas où le variateur marche et que le débitstat détecte la présence d'eau dans les canalisations alors le voyant jaune s'allume, ce qui signifie que les pompes sont prêtes à l'emploi.



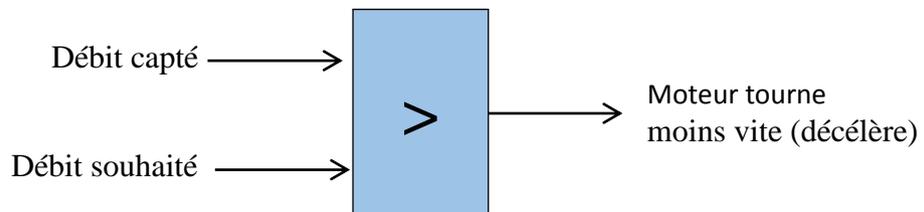
Organigramme IV.5 : Pompe prête à l'emploi.

Le moteur fonctionne plus vite donc accélère si et seulement si le débit capté par le débitmètre est inférieure à la consigne (débit souhaité).



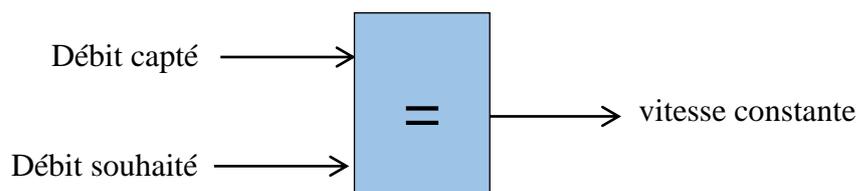
Organigramme IV.6 : Accélération de la vitesse de rotation.

Le moteur fonctionne plus vite donc accélère si et seulement si le débit capté par le débitmètre est inférieure à la consigne (débit souhaité).



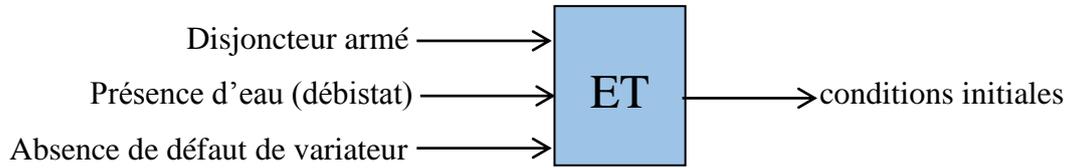
Organigramme IV.7 : Décélération de la vitesse de rotation.

Si le débit souhaité est atteint par le système de pompage (le débit capté = débit souhaité), alors la vitesse de rotation du moteur se fixe et se stabilise.



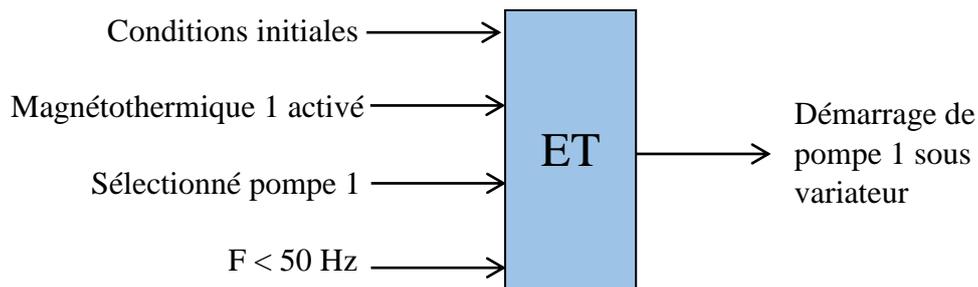
Organigramme IV.8 : Vitesse de rotation constante.

Les conditions initiales communes pour le démarrage des trois pompes sous variateur ou sous-alimentation du réseau sont le disjoncteur armé, la présence d'eau dans les canalisations et l'absence de défaut de variateur.



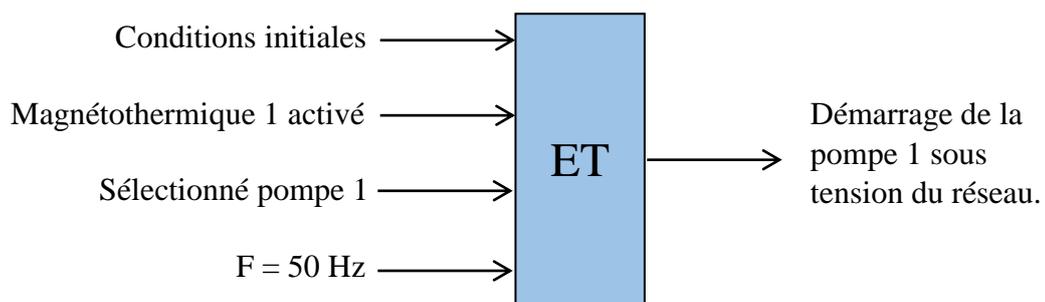
Organigramme IV.9 : Conditions initiales et communes pour le démarrage des pompes

Si les conditions initiales sont acquises et que le magnétothermique 1 est activé et que la fréquence est inférieure à 50Hz et que la première pompe est sélectionné alors cette dernière démarre progressivement sous le variateur ATV31 grâce au contacteur KM11 jusqu'à atteindre la consigne puis se stabilise et garde la même vitesse.



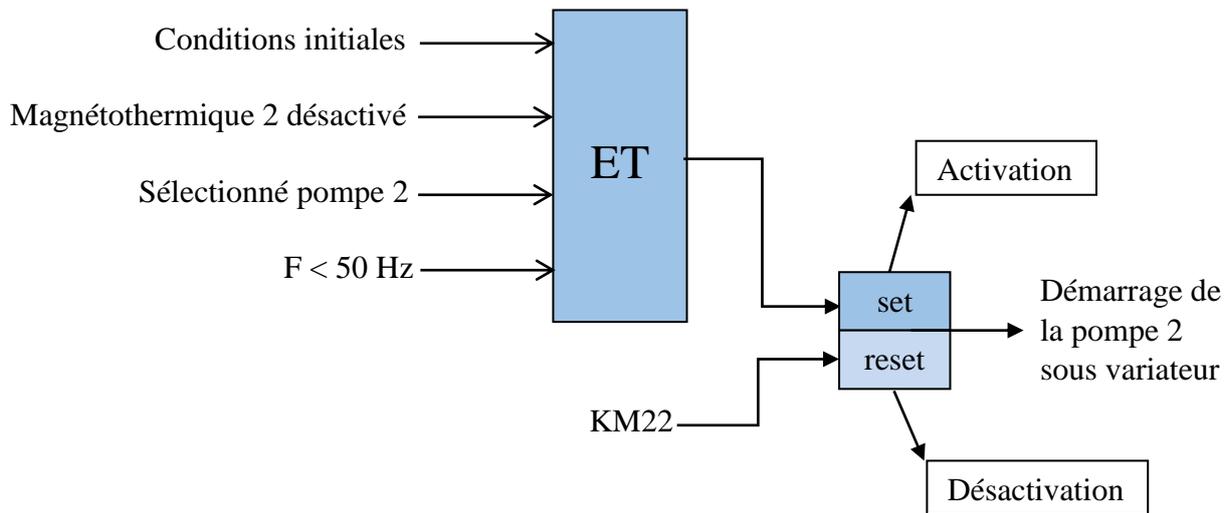
Organigramme IV.10 : Démarrage de pompe 1 sous variateur.

Quand la première pompe démarre sous le variateur grâce à KM11 jusqu'à atteindre la fréquence de 50 Hz et qu'elle n'atteint pas la consigne (le débit souhaité) ; alors elle s'alimente sous la tension du réseau grâce à KM12 pour libérer le variateur et KM11 devient ouvert.



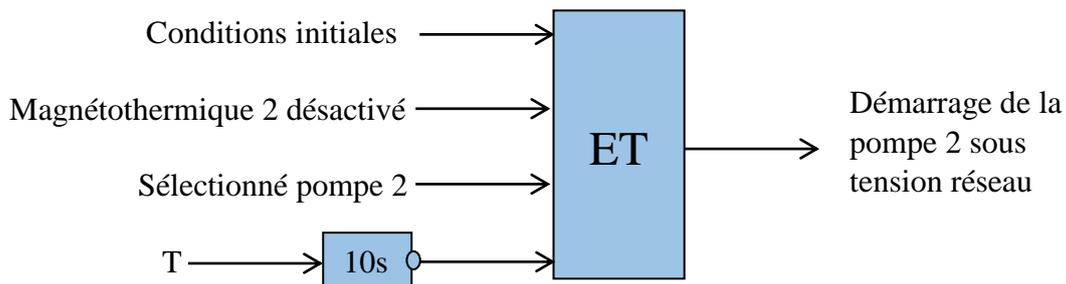
Organigramme IV.11 : Démarrage de la pompe 1 sous tension du réseau.

Si la pompe 1 fonctionne à plein régime ($f=50\text{Hz}$) et n'a pas atteint la consigne et les conditions initiales sont acquises et que le magnétothermique 2 est ouvert et que la seconde pompe est sélectionnée alors cette dernière démarre progressivement sous le variateur ATV31 grâce au contacteur KM21 en guise de compensation pour la précédente jusqu'à atteindre la consigne puis se stabilise à son tour et garde la même vitesse.



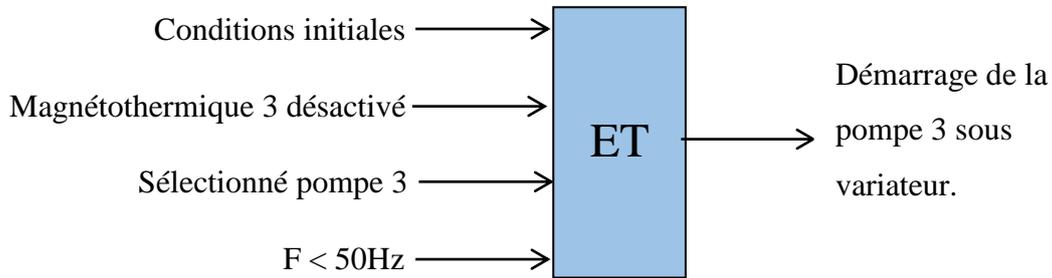
Organigramme IV.12 : Démarrage de la pompe 2 sous variateur.

Si la deuxième pompe n'a pas atteint la consigne (le débit souhaité) mais elle tourne à la fréquence de 50Hz pour une période désirée de 10 secondes, alors elle devient alimentée sous tension du réseau grâce au contacteur KM22 et libère le variateur.

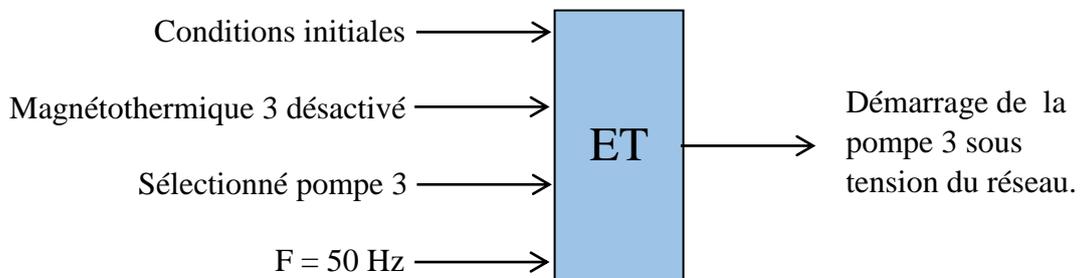


Organigramme IV.13 : Démarrage de la pompe 2 sous tension réseau.

La troisième pompe possède le même fonctionnement que les deux premières mais seulement elle est laissée comme pompe de secours en cas de défaillance ou de maintenance de l'une des autres pompes.



Organigramme IV.14 : Démarrage de la pompe 3 sous variateur.



Organigramme IV.15 : Démarrage de la pompe 3 sous tension du réseau.

Les schémas sur la figure IV.3 et figure IV.4 suivantes démontrent parfaitement notre système après son automatisation.

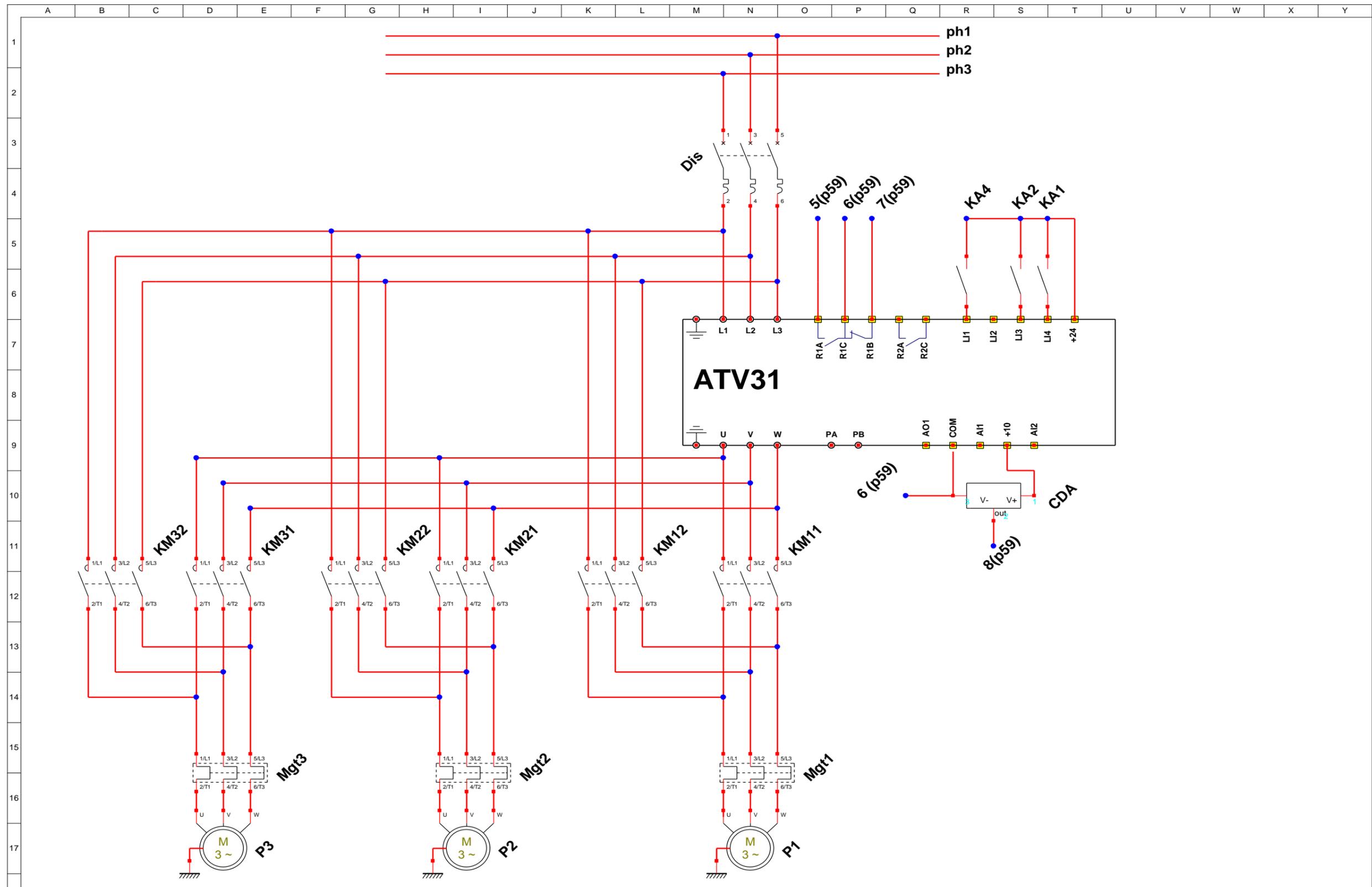
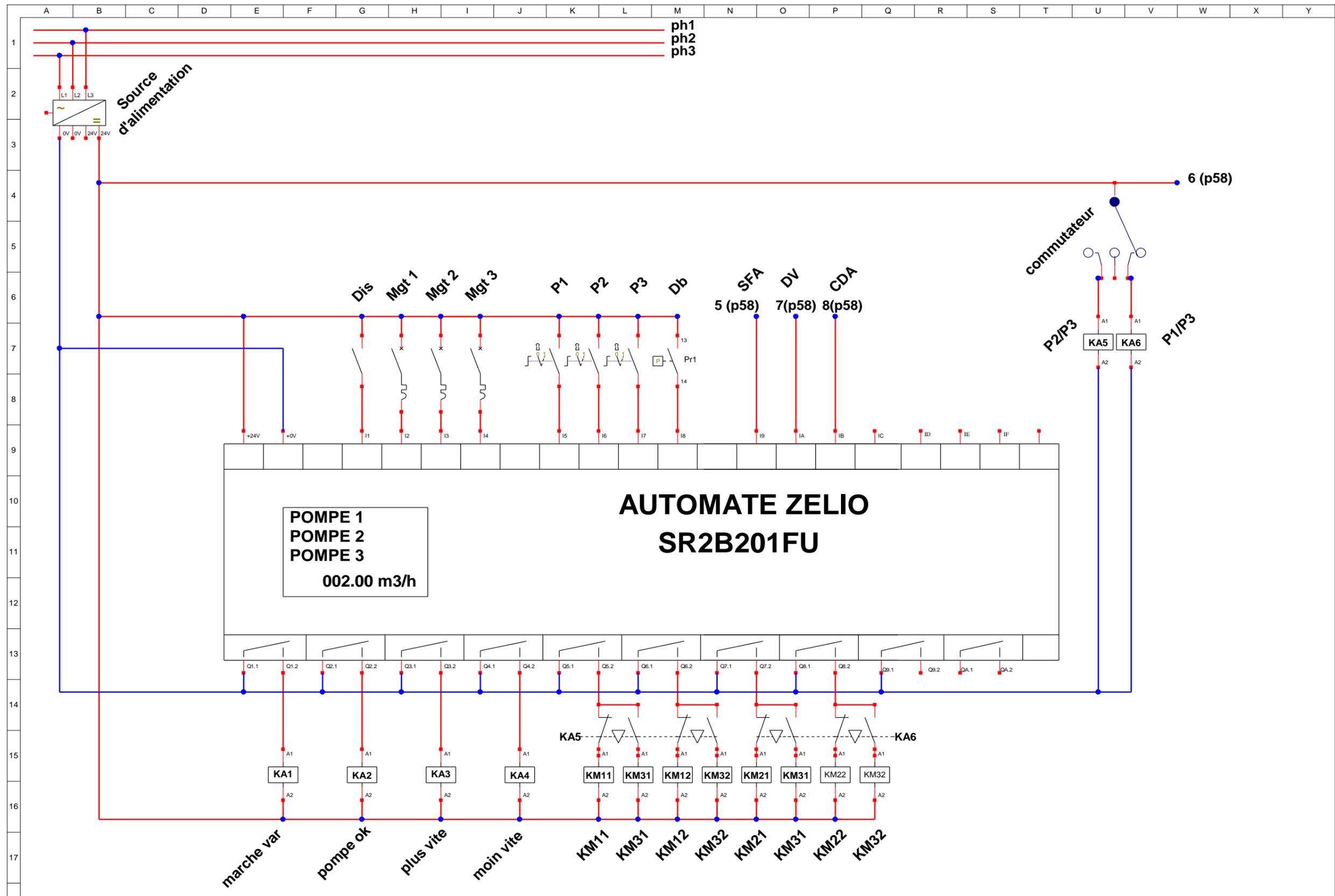


Figure IV.3 : Schéma de puissance du système automatisé.



Figurer IV.4 : Schéma de commande du système automatisé.

IV.3. La programmation de l'automate ZELIO LOGIC :

Grace au logiciel ZELIO SOFT on a pu créer un programme pour automatiser notre système avec :

- 11 entrées de type TOR ;
- 10 sorties de type TOR.
- Des constantes numériques.
- Des portes logics (AND, OR, NOT)
- Des temporisateurs.
- Des comparateurs.
- Des afficheurs LCD.

Le programme en FBD injecté dans l'automate est montré dans la figure IV.5 qui suit ;

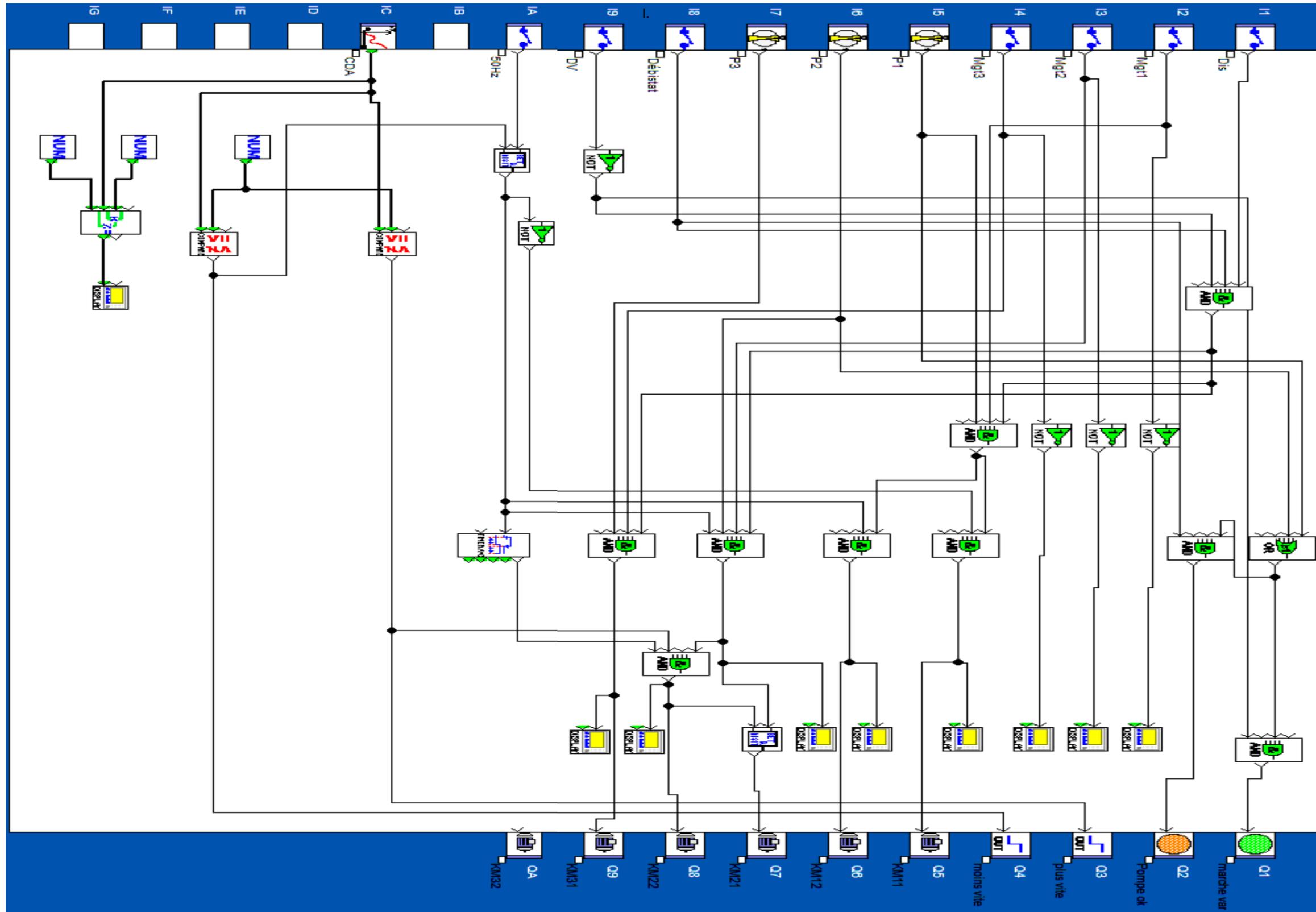


Figure IV.5 : Schéma visuel du programme pour l'automate en langage FBD.

IV.4.Description du système automatisé en Ladder :

➤ **Système 1 : marche variateur**

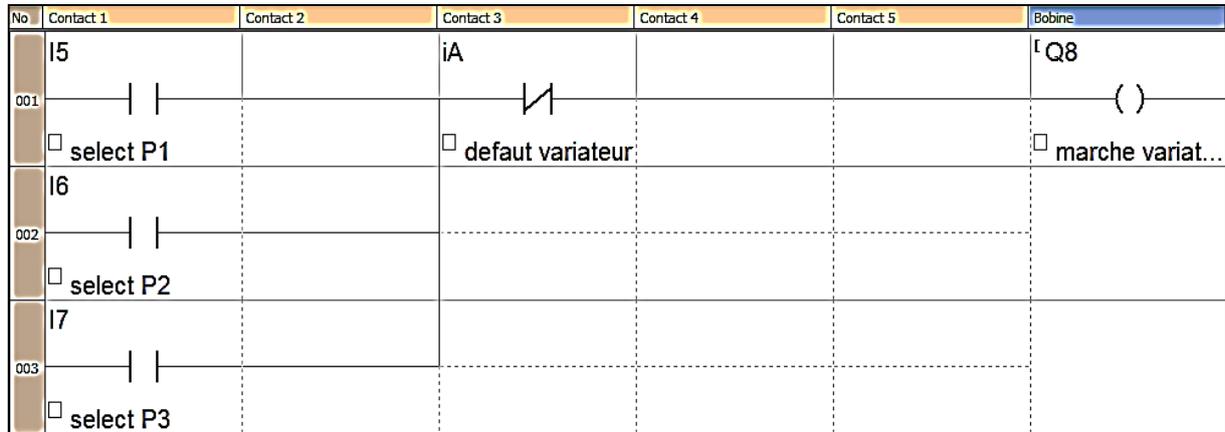


Figure IV.6 : Schéma ladder de marche variateur

➤ **Système 2 : pompe prête à l’emploi.**

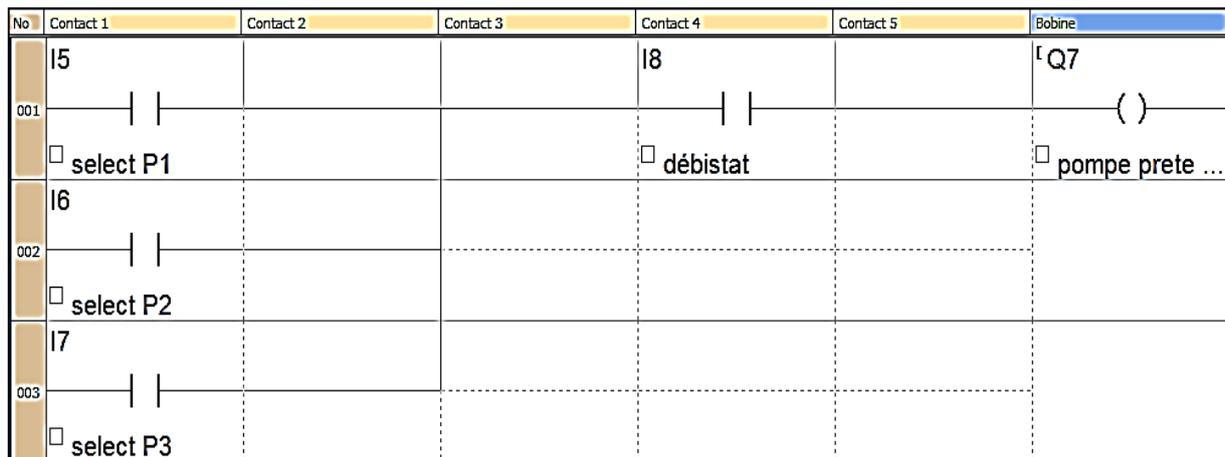


Figure IV.7 : Schéma ladder de la pompe prête à l’emploi

➤ **Système 3 : les conditions communes au démarrage des pompes.**

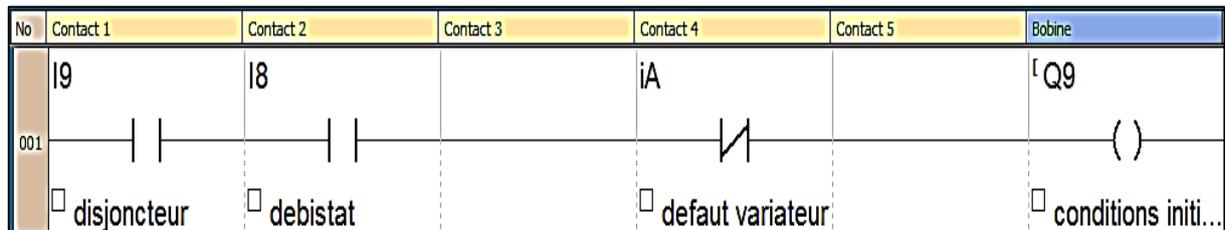


Figure IV.8 : Conditions initiales du démarrage des pompes.

➤ **Système 4** : mode de marche de la pompe 1.

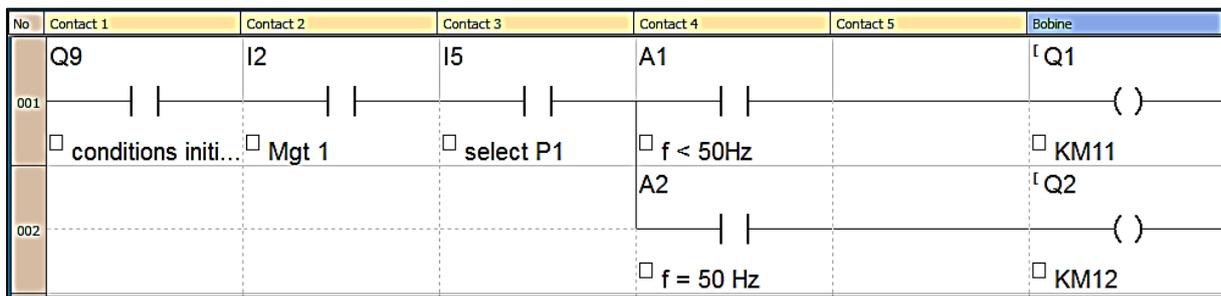


Figure IV.9 : Schéma ladder du démarrage de la pompe 1

➤ **Système 5** : mode de marche de la pompe 2.

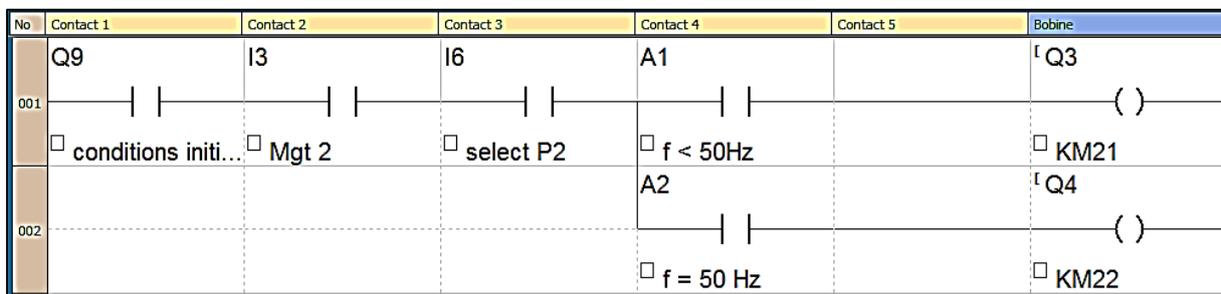


Figure IV.10 : Schéma ladder du démarrage de la pompe 2

➤ **Système 7** : mode de marche de la pompe 3

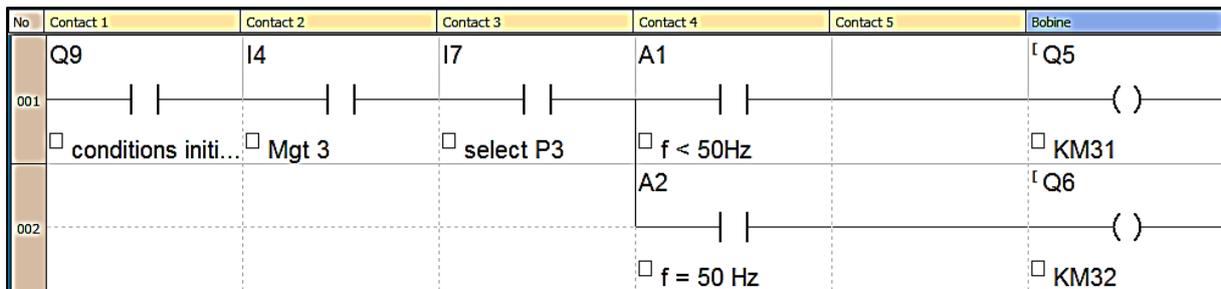


Figure IV.11 : Schéma ladder du démarrage de la pompe 3

IV.5.Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudié le système avant et après son automatisation en schématisant sa partie électrique (puissance et commande) ainsi que sa programmation.

L'automatisation de cette station pourrait augmenter le rendement de la production ainsi la sécurité de l'opérateur et réduire ses efforts.

Cette partie nous a permis de toucher concrètement à la pratique et de voir de près le monde de l'industrie car à travers cette étude nous avons acquis des nouvelles techniques de programmation et nous nous sommes familiarisés avec le milieu professionnel.

Conclusion générale

Le travail que nous avons mené au sein du conditionnement d'huile du complexe CEVITAL, nous a permis d'une part d'acquérir des connaissances techniques et pratiques qui viennent compléter les enseignements théoriques acquis et d'avoir la possibilité de nous familiariser avec le milieu industriel et ses multiples exigences.

Au cours de cette étude, nous avons pu observer le processus de refroidissement, son fonctionnement, les composants qui le constitue et son utilité.

La présentation du cahier des charges nous a permis de bien comprendre ce que nous devons faire pour la suite de notre travail et d'avoir une idée simple et suffisante sur la station à l'unité de conditionnement d'huile.

Munis d'un logiciel très performant la commande est assurée par un automate programmable industriel du type Zelio SR2B201FU qui réalise les unités de traitement et de commande d'une grande flexibilité ; il est simple à utiliser et muni d'un afficheur permettant de visualisé l'état de notre installation.

L'étude détaillée du système nous a permis de toucher à plusieurs disciplines que ce soit l'automatisation ou l'électricité.

Le déplacement sur le site de CEVITAL nous a nettement aidés à mieux assimiler l'envergure du projet et nous a permis d'avoir un avant-goût des responsabilités qui incombent aux ingénieurs du terrain.

Références bibliographiques :

- [1] Cevital ; « l’historique du groupe » Algérie 2016, disponible sur :
<https://www.cevital.com/lhistoire-du-groupe/>.
- [2] « Documentation interne de l’entreprise Cevital ».
- [3] Document de référence sur les meilleures techniques disponibles, « Systèmes du refroidissement industriels », Décembre 2001, disponible sur :
https://aida.ineris.fr/sites/default/files/directive_ied/cvs_bref_1201_VF_1.pdf.
- [4] TECSOL « Fiche explicative détaillée #4 Systèmes de refroidissement», disponible sur :
https://www.solairecollectif.fr/photo/img/Froid%20solaire/Fiches%20techniques%20composants/04_Systemes_refroidissement.pdf
- [5] G.Servei « R-134A » 2018 Disponible sur :
<https://www.gasservei.com/fr/componentes/sustitutos-directos-del-r-22/r-134a>.
- [6] Automates Programmables Industriels. Cours PDF de la leçon Concepteurs, disponible sur : lycees.ac-rouen.fr/modeste-leroy/spip/IMG/pdf/Buts_de_l_automatisme.
- [7] Définition de l'automatique - E-moniste. Disponible sur :
http://www.uvt.rnu.tn/resources--uvt/cours/Automates/chap2/co/Module_chap2_6.html.
- [8] C.VRIGNON et M.THENAISSIE, ISTI (Automatisation). Automatismes édition DUNOD collection agati 1993, disponible sur :
http://masterssyst2.e-monsite.com/pages/définition-de-l_automatique.html.
- [9] Ph. LE BRUN, « Automates programmables industriels», cours Lycée Louis ARMAND Strasbourg 2001, disponible sur :
<http://educyclopedia.karadimov.info/library/automate.pdf>
- [10] Ch.Mekhoukh, F.Khider « Automatisation et supervision de la station de traitement des eaux de Cevital Seghers », mémoire d’ingénieur 2003-2004.
- [11] Schneider Electric « Automates Nano et plate-forme d’automatisme Micro », 1999.
- [12] Ph.HOARU « L’automate programmable industriel », 05 Février 2014.
- [13] M.Bertrand « Automates programmables industriels », Technique de l’ingénieur, disponible sur :
<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/automatique-robotique-th16/automatique-sequentielle-42395210/automates-programmables-industriels-s8015/>
- [14] M.BERTRAND « Automates programmables industriels », 10 mars 2001.
- [15] Site Web de Schneider Electric, « Zelio Logic » 2018.