

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Filière : Electrotechnique

Spécialité : ELECTROTECHNIQUE INDUSTRIELLE

PRESENTE PAR

Melle TERBOUCHE Sadia

Thème

Automatisation et supervision d'un refroidisseur CEVITAL « Lalla Khedidja »

Mémoire soutenu publiquement le 10/12/2020 devant le jury composé de :

Mr Hakim DENOUN

Pr, Université de Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Président

Mr Arezki FEKIK

MCB, Université de Brouira, Encadreur

Mr Mustapha ZAOUIA

Pr, Université de Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Examineur

Mr Mohamed Lamine HAMIDA

MAB, Université de Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Examineur

Promotion 2019/ 2020

Remerciements

J'adresse mes vifs remerciements aux Enseignants de l'Électrotechnique, pour leurs soutiens durant mon cursus d'études.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon tuteur Monsieur FEKIK Arezki qui m'a orienté et soutenu et qui par sa collaboration effective et par ses judicieux conseils a rendu possible ce travail.

Mes remerciements vont également à toutes celles et à tous ceux qui m'ont apporté leur aide de près ou de loin.

Que Monsieur le président et les membres du jury trouvent ici l'expression de ma gratitude pour m'avoir fait l'honneur de juger ce modeste travail.

« Louange, à celui qui a fixé un terme à toute chose. Je remercie le Dieu, le tout puissant pour m'avoir gratifié de santé et de moyens, sans lui, il serait impossible de mener à terme notre travail. »

Listes des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Description du processus de refroidisseur

I.1. Introduction	2
I.2. Définition	2
I.3. Présentation du refroidisseur	2
I.3.1. Armoire de commande.....	2
I.3.1.1. Régulateur micro PCO.....	2
I.3.2. Organes du circuit frigorifique	4
I.3.2.1. Evaporateur	5
I.3.2.2. Compresseur	5
I.3.2.3. Condenseur	5
I.3.2.4. Détendeur	6
I.3.2.5. Réservoir de liquide	6
I.3.2.6. Filtre déshydrateur.....	7
I.3.2.7. Electrovanne	7
I.3.2.8. Voyant de liquide	7
I.3.2.9. Sonde de température.....	8
I.3.2.10. Pressostat différentielle HP/BP	8
I.3.2.11. Pressostat basse pression BP	9
I.3.2.12. Pressostat haute pression HP	9
I.3.2.13. Pressostat différentielle d'huile PO	10
I.4. Description de processus.....	11
I.5. Présentation du cahier des charges	11
I.6. Conclusion	11

Chapitre II : Modélisation par l'outil GRAFCET

II.1 Introduction	12
II.2. Définition du GRAFCET	12
II.3. Les avantages de GRAFCET.....	12
II.4. Présentation du GRAFCET :	12
II.4.1. Etape initiale	13
II.4.2. L'étape	13
II.4.3. Transition.....	13
II.4.4. Actions associées aux étapes	13
II.4.4. Les liaisons orientées.....	13

II.5. Structure de base d'un grafcet	14
II.5.1. Séquence unique (Structure linéaire).....	14
II.5.2. Saut d'étapes.....	14
II.5.3. Reprise d'étapes.....	14
II.5.4. Séquence exclusives	15
II.5.5. Séquences simultanées	15
II.6. Règle d'évolution d'un grafcet	16
II.7. Niveau du GRAFCET	17
II.7.1. GRAFCET de niveau 1	17
II.7.2. GRAFCET de niveau 2	17
II.8. Fonctionnement détaillé du processus de refroidisseur.....	17
II.9. Elaboration du GRAFCET niveau 1	18
II.10. Conclusion	20

Chapitre III : Automatisation du processus de refroidisseur

III.1. Introduction.....	21
III.2. Généralités sur les systèmes automatisés de production	21
III.2.1. Structure d'un système automatisé de production.....	21
III.3. Généralités sur les automates programmable industriels.....	22
III.3.1. Définition	22
III.3.2. Structure d'un API.....	22
III.3.2.1. L'alimentation	23
III.3.2.2. La mémoire	23
III.3.2.3. Un processeur	23
III.3.2.4. Des interfaces d'entrées/sorties	23
III.3.3. Critères de choix d'un API.....	23
III.3.4. Les avantages et les inconvénients des API.....	23
III.4. L'automate S7-300.....	24
III.4.1. Présentation	24
III.4.2. Constitution d'automate S7-300.....	24
III.4.2.1. Module d'alimentation (PS).....	25
III.4.2.2. L'unité centrale (CPU)	25
III.4.2.3. Module de signaux (SM).....	25
III.4.2.4. Module de fonction (FM).....	26
III.4.2.5. Module de communication (CP)	26
III.4.2.6. Châssis d'extension (UR).....	27
III.5. Présentation de Logiciel STEP7	27
III.5.1. Langage de base de la programmation STEP7	27
III.5.2. Les blocs de logiciel STEP7.....	28

III.6. Programmation du processus de refroidisseur	28
III.6.1. Création d'un projet.....	28
III.6.2. Configuration matérielle.....	30
III.6.3. Structure du programme du processus de refroidisseur.....	33
III.7. Présentation du programme	34
III.8. conclusion	44

Chapitre IV : Supervision du processus de refroidisseur

IV.1. Introduction	46
IV.2. Supervision industrielle	46
IV.3. Structure d'un système de supervision	46
IV.3.1. Module de visualisation.....	47
IV.3.2. Module d'archivage	47
IV.3.3. Module de traitement.....	47
IV.3.4. Module de communication.....	47
IV.4. Rôle d'une Interface Homme Machine IHM.....	47
IV.5. Avantage de la supervision.....	48
IV.6. Présentation du logiciel WinCC Flexible	48
IV.7. Supervision du processus de refroidisseur	48
IV.7.1. Création du projet avec WinCC.....	49
IV.7.2. Interface de programmation MPI.....	52
IV.7.3. Planche de Supervision du refroidisseur	52
IV.8. Conclusion	55
Conclusion générale	56
Annexes	
Références bibliographiques	

Chapitre I : Description du processus du refroidisseur

Figure I-1 : Carte de base de PCO.....	3
Figure I-2 : Vue de face du terminal	4
Figure I-3 : Circuit d'une machine frigorifique	4
Figure I-4 : Evaporateur multi tubulaire	5
Figure I-5 : Compresseur.....	5
Figure I-6 : Condenseur.....	6
Figure I-7 : Détendeur	6
Figure I-8 : Réservoir liquide	6
Figure I-9 : Filtre déshydrateur	7
Figure I-10 : Electrovanne.....	7
Figure I-11 : Voyant liquide.....	8
Figure I-12 : Sonde de température.....	8
Figure I-13 : Pressostat différentielle HP/BP (Danfoss)	8
Figure I-14 : Pressostat BP (Danfoss)	9
Figure I-15 : Pressostat HP (Danfoss).....	9
Figure I-16 : Schéma électrique de pressostat différentiel d'huile.....	10

Chapitre II : Modélisation par l'outil GRAFCET

Figure II-1 : Présentation d'un grafcet.	13
Figure II-2 : Séquence unique.	14
Figure II-3 : Saut d'étapes.	14
Figure II-4 : Reprise d'étapes.....	15
Figure II-5 : Séquence exclusives.	15
Figure II-6 : Séquences simultanées.....	16
Figure II-7 : Grafcet marche / arrêt du système.	18
Figure II-8 : Grafcet marche / arrêt pompe du refroidisseur.	19
Figure II-9 : Grafcet marche / arrêt des compresseurs du refroidisseur.....	19
Figure II-10 : Grafcet marche/arrêt des ventilateurs A, B, C et D du refroidisseur.....	19

Chapitre III : Automatisation du processus du refroidisseur

Figure III-1 : Structure d'un système automatisé.....	21
Figure III-2 : Structure interne d'un API.....	22
Figure III-3 : Automate S7-300 de SIEMENS.....	24
Figure III-4 : Disposition des modules d'automate S7-300	25
Figure III-5 : Principe de conversion analogique/numérique.....	26
Figure III-6 : SIMATIC Step 7.	29
Figure III-7 : Assistant de Step7.	29
Figure III-8 : Création d'un nouveau projet.	29
Figure III-9 : Nom du projet.....	30
Figure III-10 : Station SIMATIC 300.	31
Figure III-11 : Matériel	31
Figure III-12 : Insertion du Rack 300.....	32
Figure III-13 : Choix de la CPU.....	32
Figure III-14 : Configuration matérielle de notre projet.	33
Figure III-15 : Structure du programme du processus de refroidisseur.	33
Figure III-16 : Bloc d'organisation OB1 du programme.	34
Figure III-17 : Mise à l'échelle du capteur de température.....	35
Figure III-18 : La mise à un ou à zéro de la température.	35
Figure III-19 : Mise à l'échelle du capteur de basse pression.....	36
Figure III-20 : Mise à un ou à zéro de la régulation du capteur Basse pression.	36
Figure III-21 : Comparaison de la mesure de Basse pression à la consigne	37
Figure III-22 : Mise à l'échelle de capteur Haute pression	37
Figure III-23 : Mise à un ou à zéro de la régulation du capteur Haute pression	38
Figure III-24 : Comparaison entre la mesure et la consigne de haute pression.....	38
Figure III-25 : Mise à l'échelle de capteur pression d'huile	39
Figure III-26 : Comparaison entre la mesure et la consigne de la pression d'huile.	39
Figure III-27 : Conditions de sécurité	40
Figure III-28 : Démarrage de la pompe en mode automatique	40
Figure III-29 : Electrovanne de la conduite liquide en mode automatique	41
Figure III-30 : Démarrage des ventilateurs en mode automatique.....	41

Figure III-31 : Condition de démarrage du compresseur.	42
Figure III-32 : Démarrage du compresseur en mode automatique.....	43
Figure III-33 : Fenêtre du simulateur S7-PLCSIM.	43
Figure III-34 : Table des mnémoniques.	44

Chapitre IV : Supervision du processus du refroidisseur

Figure IV-1 : Structure d'un système de supervision.....	47
Figure IV-2 : SIMATIC WinCC flexible 2008.....	49
Figure IV-3 : Création d'un nouveau projet.	49
Figure IV-4 : Choix du pupitre operateur.....	50
Figure IV-5 : Intégrer dans le STEP 7.....	50
Figure IV-6 : L'interface MPI sur Step 7.....	51
Figure IV-7 : Liste des vues du pupitre.....	51
Figure IV-8 : Vue Principal.....	52
Figure IV-9 : Vue manuel	52
Figure IV-10 : Vue des paramètres	53
Figure IV-11 : Vue d'entrées/sorties	53
Figure IV-12 : Vue des alarmes.	54
Figure IV-13 : Vue des alarmes.	54

Tableau III-1 : Les avantages et les inconvénients des API..... 24

- ❖ PCO : Contrôle Electronique Programmable
- ❖ HP : Haute Pression.
- ❖ BP : Basse Pression.
- ❖ PO : Partie Opérative.
- ❖ PC : Partie Commande.
- ❖ API : Automate Programmable Industriel.
- ❖ GRAFCET : Graphe Fonctionnel de Commande Etape-Transition.
- ❖ TOR : Tout Ou Rien.
- ❖ BPA : Basse Pression système A.
- ❖ BPB : Basse Pression système B.
- ❖ BPC : Basse Pression système C.
- ❖ BPD : Basse Pression système D.
- ❖ HPA : Haute Pression système A.
- ❖ HPB : Haute Pression système B.
- ❖ HPC : Haute Pression système C.
- ❖ HPD : Haute Pression système D.
- ❖ OB : Organisation Bloc.
- ❖ FC : Bloc Fonction.
- ❖ DB: Bloc deDonnée
- ❖ PROFUBUS: Process Field Bus.
- ❖ PLC : Programmable Logic Controller.
- ❖ CPU : Unité Central de traitement.
- ❖ IHM : Interface Homme Machine.
- ❖ WinCC: Windows Control Central.
- ❖ LED: Light Emitting Diode.
- ❖ SFC: Sequential Function Chart.

A decorative border with a scalloped, wavy edge surrounds the central text.

Introduction générale

L'industrie du froid joue un rôle essentiel et grandissant dans l'économie mondiale d'aujourd'hui, fournissant des contributions très significatives dans les domaines de l'agroalimentaire, de la santé, de l'énergie et de l'environnement. La place du froid devrait être mieux comprise et d'avantage prise en compte par les industriels.

De nos jours, les entreprises ont de plus en plus recours à l'automatisation qui fait partie des sciences de l'ingénieur les plus développées et qui a pour objectif le contrôle automatique des procédés industriels dans le but de diminuer et faciliter l'intervention humaine, d'accroître la productivité du système à moindre coût, d'augmenter la sécurité et de simplifier la maintenance.

Le rôle de l'installation production du froid « refroidisseur d'eau » étudié dans ce mémoire qui a été proposé par l'entreprise CEVITAL Lalla kedidja, est d'assurer le refroidissement des moules des souffleuses chargées de la fabrication des bouteilles d'eau minérale.

L'objectif de ce travail consiste à remplacer le régulateur classique PCO qui manque d'une interface de supervision qui rend le diagnostic des pannes très difficile, et de rapprocher la supervision des opérateurs, par un automate programmable industriel S7-300 afin d'automatiser et de superviser le processus du refroidisseur. Nous avons réalisé ce modeste travail au niveau du laboratoire des Technologies Avancées en Génie Electrique « LATAGE ».

Pour atteindre notre objectif, nous avons structuré notre travail en quatre chapitres :

Le premier chapitre consiste à décrire le cadre du projet et le principe de fonctionnement d'un refroidisseur d'eau et ses différents éléments, ainsi que les modes de transferts du fluide frigorigène.

Le deuxième chapitre traduit le principe de fonctionnement détaillé du processus de refroidisseur en utilisant le GRAFCET.

Le troisième chapitre est consacré à l'étude générale des systèmes d'automatisation, la présentation de l'architecture et les avantages des API, afin de présenter notre programme sous l'environnement STEP7.

Dans le quatrième chapitre nous présenterons la supervision sous le WINCC Flexible qui va nous permettre le contrôle et diagnostique de notre système en temps réel.

En fin, notre travail se termine par une conclusion générale.

Chapitre I

Description du processus du
refroidisseur



I.1. Introduction

Les systèmes de refroidissement sont utilisés pour refroidir un liquide ou un gaz à l'aide d'un échange thermique. Cet échange de chaleur où le transfert thermique s'effectue par contact direct ou indirect entre les flux. Le refroidisseur à air, est un appareil conçu pour refroidir l'eau, son fonctionnement repose sur la compression du fluide frigorigène, la condensation et l'évaporation ultérieure.

Ce chapitre décrit le principe de fonctionnement et les différentes parties d'un refroidisseur d'eau, ainsi que les modes de transferts du fluide frigorigène.

I.2. Définition

Le refroidisseur, est une machine thermodynamique destinée à maintenir un local ou un milieu à une température inférieure à celle du milieu environnant.

C'est donc un système qui transfère des calories d'un milieu à bas niveau de température vers un milieu où la température est supérieure.

L'écoulement naturel de la chaleur s'effectuant toujours d'un corps chaud vers un corps froid, donc on peut définir également la machine frigorifique comme un équipement permettant de réaliser l'écoulement de chaleur inverse du sens naturel, c'est-à-dire d'un milieu froid vers un milieu plus chaud. Une dépense d'énergie sera bien entendu inévitable pour réaliser ce transfert inverse [1].

I.3. Présentation du refroidisseur

I.3.1. Armoire de commande

I.3.1.1. Régulateur micro PCO

Le PCO est en mesure de contrôler un refroidisseur (centrale frigorifique) constituée de compresseurs, de ventilateurs condenseurs et d'un évaporateur, sur plusieurs circuits frigorifiques. Le contrôleur PCO comprend les éléments suivant :

A. Carte de base :

La carte de base à microprocesseur, commande le programme de régulation, elle est dotée d'un ensemble de bornes servant à connecter les dispositifs contrôlés (ex: vannes, compresseurs, ventilateurs). Le programme et les paramètres de réglages sont stockés d'une façon permanente dans la mémoire FLASH (EPROM), ce qui permet leurs sauvegardes en cas de rupture de courant. Etant donnée l'inexistence de piles, la mémorisation de ces données n'a pas de temps limite.

Le PCO permet aussi la connexion au réseau local PLAN composé de plusieurs PCO et de plusieurs terminaux. Chaque carte peut échanger des informations (tout type de variable, digitale ou analogique, selon le programme d'application) à une vitesse de transmission

élevée. Il est possible de connecter jusqu'à 32 unités d'une telle façon à partager les informations en des temps très brefs [2].



Figure I-1 : Carte de base de PCO [2].

B. Terminal

Le terminal toujours géré par un microprocesseur, muni d'afficheur, de clavier et de LEDs pour permettre la programmation des paramètres de contrôle (point de consigne, bande différentielle, seuils d'alarme) ainsi que les opérations fondamentales de la part de l'utilisateur (marche/arrêt, visualisation des valeurs contrôlées, impression en option).

La connexion du terminal au PCO n'est pas nécessaire pour le fonctionnement à plein régime du contrôleur, mais elle peut être utilisée pour la programmation initiale des paramètres fondamentaux [2].

Grâce aux fonctions du programme d'application, le terminal d'utilisateur permet :

- Programmer la machine en utilisant un mot de passe ne permettant l'accès qu'au personnel autorisé ;
- Possibilité de modifier à tout instant les paramètres fondamentaux de fonctionnement ;
- Visualisation à l'aide de l'afficheur des alarmes signalées ;
- Visualisation des fonctions actives ;
- Visualisation de toutes les grandeurs mesurées ;
- Impression éventuelle des alarmes déclenchées et l'impression périodique des principales variables de la machine ;
- Possibilité de simuler les touches fonction à partir du clavier standard par indication des LEDs si la fonction a été sélectionnée (cela est fonction du programme d'application) ;



Figure I-2 : Vue de face du terminal [2].

I.3.2. Organes du circuit frigorifique

Suivant le schéma de base ci-dessous nous décrirons ces organes ainsi que leur rôle dans la production du froid [3].

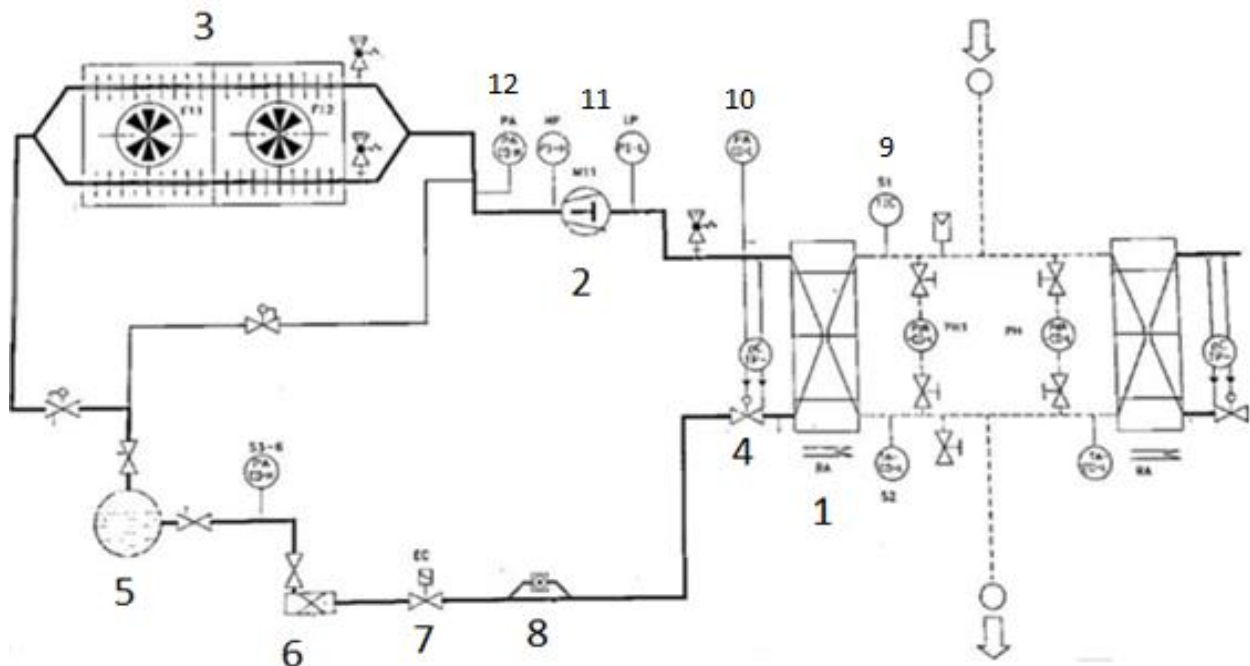


Figure I-3 : Schéma synoptique d'une machine frigorifique [3].

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| 1 : Evaporateur | 7 : Electrovanne |
| 2 : Compresseur | 8 : Voyant |
| 3 : Condensateur a air | 9 : Sonde température |
| 4 : Détendeur | 10 : Pressostat basse pression BP |
| 5 : Réservoir liquide | 11 : Pressostat différentiel HP/BP |
| 6 : Filtre déshydrateur | 12 : Pressostat haut pression HP |

I.3.2.1. Evaporateur

Le fluide frigorigène provenant de détendeur à une haute température et basse pression en absorbant de la chaleur de l'enceinte à refroidir passe de l'état liquide à l'état gazeux lors de son passage dans l'évaporateur [3]. Le fluide frigorigène s'évapore.



Figure I-4 : Evaporateur multi tubulaire [3].

I.3.2.2. Compresseur

C'est le cœur de l'installation, il aspire le fluide vaporisé dans l'évaporateur et le comprime afin de l'amener à la pression de condensation. Le rôle du compresseur est d'aspirer, comprimer et de refouler le fluide frigorigène à une haute pression et à une température élevée [3].



Figure I-5 : Compresseur [3].

I.3.2.3. Condenseur

Le condenseur c'est un échangeur son rôle est de condenser les vapeurs à hautes pression issues du compresseur au contact d'air aspirer par les ventilateurs circulant autour du condenseur, afin d'obtenir un fluide frigorigène liquide à haute pression [3].



Figure I-6 : Condenseur [3].

I.3.2.4. Détendeur

Le détendeur se place entre l'évaporateur et le condenseur, Le détendeur est l'un des quatre organes fondamentaux du circuit frigorifique à compression de vapeur. Son rôle est avant tout de détendre le fluide frigorigène de la HP vers la BP en assurant le débit pour le remplissage correct de l'évaporateur [3].



Figure I-7: Détendeur [3].

I.3.2.5. Réservoir du liquide

Il est placé à la sortie du condenseur et sert à stocker le fluide frigorigène liquide durant la mise en arrêt de l'appareil ou lors des opérations de maintenance.

Il permet d'alimenter le détendeur en liquide de façon permanente à l'aide de son tube plongeur [3].



Figure I-8 : Réservoir du liquide [3].

I.3.2.6. Filtre déshydrateur

Le rôle du filtre déshydrateur est de récupérer l'humidité qui peut être présente dans le circuit et les corps solides qui circulent dans le fluide frigorigène. Le filtre déshydrateur a pour mission de maintenir le circuit propre et sec [3].



Figure I-9 : Filtre déshydrateur [3].

I.3.2.7. Electrovanne

L'électrovanne ou électrovalve est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe, il est possible d'agir sur le débit du fluide dans un circuit par un signal électrique. Il existe plusieurs types d'électrovannes, ex : vanne tout ou rien, vanne proportionnelle [4].



Figure I-10 : Electrovanne [4].

I.3.2.8. Voyant du liquide

Le voyant liquide à deux fonctions il :

- Permet de voir dans quel état est le fluide frigorigène circulant: liquide ou vapeur (présence de bulle).
- Indique par la collerette de couleur, si le circuit est contaminé par l'humidité [3] :
 - Couleur jaune : présence de l'humidité, le circuit est contaminé.
 - Couleur verte: pas de présence de l'humidité, le circuit est sec.



Figure I-11 : Le voyant liquide [3].

I.3.2.9. Sonde de température

La sonde de température est un capteur de température qui est utilisé dans les applications de chauffage, ventilation, réfrigération. Ce capteur est constitué d'une résistance et chaque valeur d'ohms correspondant à une température [3].

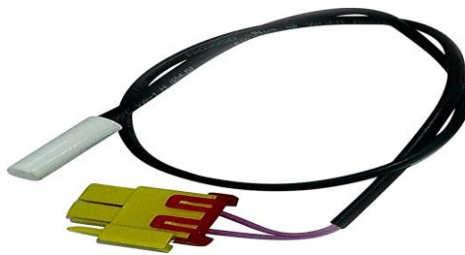


Figure I-12 : Sonde de température [3].

I.3.2.10. Pressostat différentiel HP/BP

Les pressostats différentiels HP/BP ou KP sont utilisés dans les installations de réfrigération et de conditionnement de l'air pour assurer une protection contre une pression d'aspiration trop faible ou une pression de refoulement trop élevée. Les pressostats KP sont également utilisés pour la mise en marche et l'arrêt des compresseurs frigorifiques et des ventilateurs pour les condenseurs refroidis par l'air [3].



Figure I-13 : Pressostat différentiel HP/BP [3].

I.3.2.11. Pressostat basse pression BP

Le rôle du pressostat BP est d'assurer la régulation de la pression venant de l'évaporateur et la sécurité contre une pression très faible [3].



Figure I-14 : Pressostat BP [3].

A. Réglage pressostat BP régulation et sécurité

Pour l'enclenchement du compresseur le réglage est sur CUT IN (valeur d'enclenchement), et pour l'arrêt de compresseur le réglage sera sur DIFF.

I.3.2.12. Pressostat haut pression HP

Le pressostat HP dit « sécurité », permet de protéger le compresseur frigorifique contre la pression et la température très élevées. Le pressostat HP dit « régulation » permet de réguler la pression et la température de condensation [3].



Figure I-15 : Pressostat HP [3].

A. Réglage pressostat HP régulation

Pour l'enclenchement du ventilateur le réglage doit être sur RANGE (valeur de déclenchement),

B. Réglage pressostat HP sécurité

Pour l'arrêt du ventilateur le réglage doit être sur le DIFF

I.3.2.13. Pressostat différentielle d'huile PO

Le pressostat différentiel d'huile est un organe de sécurité qui protège le compresseur contre un dysfonctionnement de la pompe à huile ou un manque d'huile en mesurant la pression différentielle entre la pression dans le carter (BP) et la pression en sortie de la pompe à huile (HP). Si la pression différentielle d'huile descend en dessous de la valeur de réglage l'appareil arrête le compresseur après écoulement d'une temporisation souvent réglable [5].

Deux circuits électriques indépendants composent le pressostat d'huile (schéma électrique ci-dessous) :

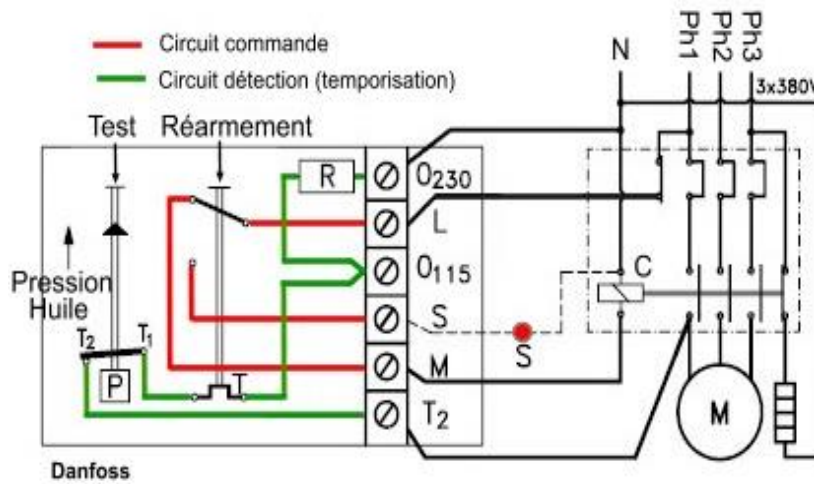


Figure I-16 : Schéma électrique de pressostat différentiel d'huile [5].

1- Circuit de détection

Dès que le compresseur démarre la temporisation (T) est alimentée, si la pression différentielle au soufflet (P) est correcte le contact T1-T2 s'ouvre le relais thermique temporisé n'est plus alimenté et n'actionnera pas le contact du circuit de commande, le compresseur se met en marche, dans le cas inverse, si la pression n'est pas correcte T1-T2 restera fermé, le relais temporisé (T) arrivé à la fin de sa temporisation actionnera le contact qui stoppera alors le compresseur.

2- Circuit de commande

Celui-ci fait partie du circuit de commande du compresseur le contact est normalement fermé et s'ouvre en cas de défaut.

I.4. Description du processus

Le fluide frigorigène circulant dans le circuit fermé parcourt un cycle en quatre étapes. Lors de ces étapes, le fluide frigorigène va changer d'état (liquide ou vapeur) ce qui va le mettre sous différentes pressions et températures. Les détails de ces étapes sont présentés ci-dessous :

Le groupe moteur-compresseur aspire le fluide frigorigène sous forme de vapeur à basse pression, le compresseur comprime le fluide frigorigène afin d'augmenter sa pression et sa température.

Lorsque le fluide frigorigène en état vapeur arrive dans le condenseur, les ventilateurs en soufflant de l'air à température ambiante abaissent sa température dès qu'il atteint une certaine température, il se transforme en état liquide à haute pression.

Le fluide frigorigène se dirige vers la bouteille liquide et il en ressort par la vanne de service HP pour se diriger vers le filtre déshydrateur qui filtre le fluide des corps solides et récupère l'humidité, et le voyant liquide qui permet le contrôle de la présence d'humidité en passant dans le détendeur qui fait chuter sa pression ainsi que sa température, à la sortie du détendeur, le fluide frigorigène est à l'état liquide et à basse pression.

Ce dernier est transféré vers l'évaporateur, le fluide frigorigène à basse température capte la chaleur de milieu à refroidir (dans notre cas l'eau) afin qu'il s'évapore.

Des résistances sont installées au niveau de l'évaporateur et qui ont pour rôle de faire fondre la glace qui se forme au niveau de l'évaporateur et réduire la période de dégivrage.

A la sortie de l'évaporateur, le fluide frigorigène est à l'état vapeur et à basse pression il se fait aspirer par le compresseur afin de commencer un nouveau cycle.

I.5. Présentation de cahier des charges

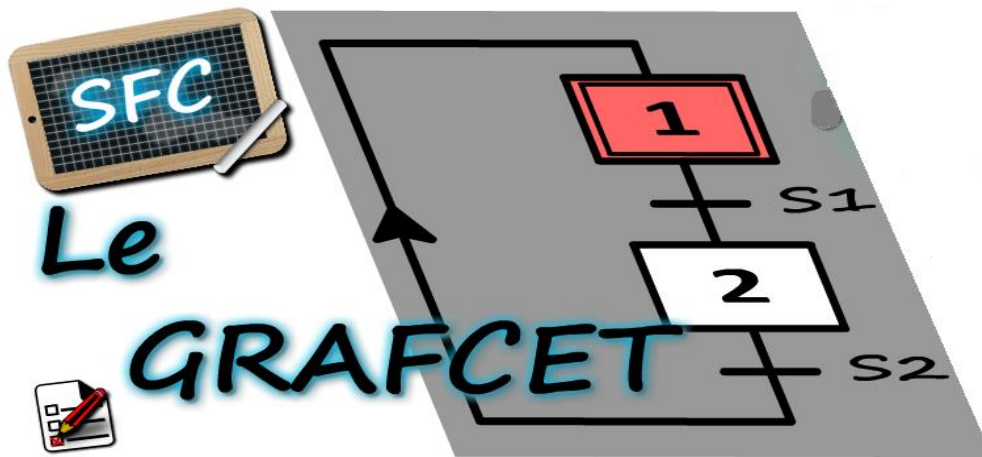
- Remplacement du régulateur micro CPO (Carel) par un automate S7-300 avec une CPU 314C-2DP.
- Démarrage du moto-compresseur par un démarrage progressif.
- Elaboration de la planche de Supervision avec le WinCC flexible pour faciliter la conduite du système.

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu général sur un système de refroidissement ainsi que ses différents composants et leurs principes de fonctionnement, comme nous avons aussi évoqué la partie commande qui assure la régulation et le bon fonctionnement du processus du refroidisseur, nous avons complété ce chapitre par une description détaillée du processus de refroidissement afin de nous faciliter sa modélisation en utilisant le GRAFCET dans le chapitre suivant.

Chapitre II

Modélisation par le GRAFCET



II.1 Introduction

Les systèmes industriels étant de nature complexe, il est nécessaire de le décomposer en sous-systèmes plus modélisable. Par assemblage des différents modèles, il sera possible de déduire le comportement global du système complexe. La modélisation est une étape très importante pour représenter le système (ou le problème) sous une forme mathématique ou graphique simple.

Le développement des ateliers flexibles et la robotisation ont imposé un outil graphique simple qui permet à partir d'un cahier des charges bien défini de résoudre un problème d'automatisation et d'établir le cycle de fonctionnement. Cet outil est le GRAFCET [6].

Ce chapitre est consacré à la traduction du fonctionnement détaillé du processus du refroidisseur sous forme de séquences en utilisant le GRAFCET.

II.2. Définition du GRAFCET

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande des Étapes et Transitions), ou SFC (Sequential Function Chart) qui a été élaboré par l'AFCE (Association Française pour la Cybernétique Économique et Technique) en 1977, est un moyen de description du cahier des charges d'un automatisme.

C'est une méthode de représentation graphique qui décrit les comportements successifs de la partie commande d'un système automatisé (ordres à émettre, actions à effectuer, événements à surveiller) [7].

II.3. Les avantages de GRAFCET

Parmi les avantages de GRAFCET :

- Il est indépendant de la matérialisation technologique,
- Il traduit de façon cohérente le cahier des charges,
- Il est bien adapté aux systèmes automatisés.

II.4. Présentation du GRAFCET :

Le grafcet est basé sur les notions d'étape et de transition aux quelles sont associées une ou plusieurs actions.

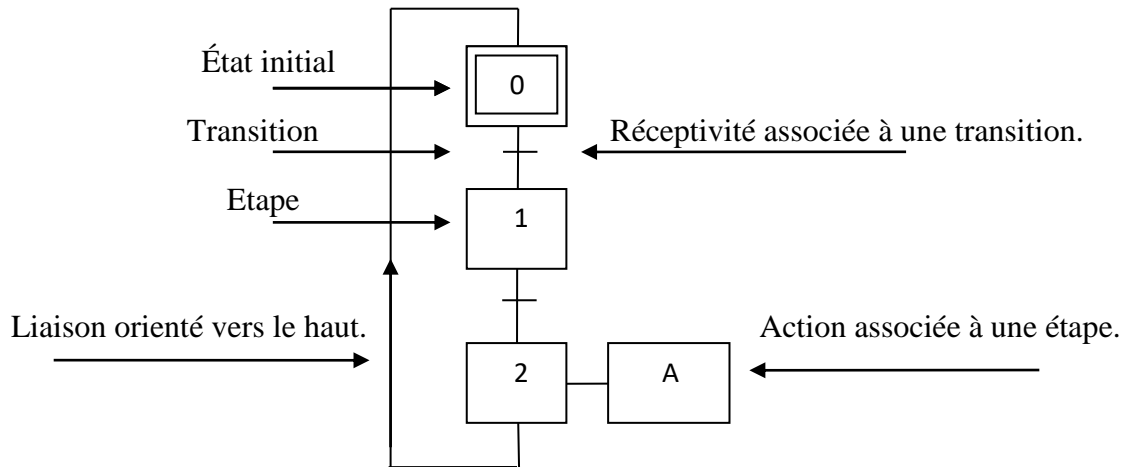


Figure II-1 : Présentation d'un grafcet.

II.4.1. Etape initiale

La situation initiale d'un système automatisé est indiquée par une étape initiale et représentée par un carré double.

II.4.2. L'étape

Une étape est représentée par un carré repéré numériquement. L'ensemble des étapes active définit la situation de la partie commande, une étape peut être active ou inactive et peut aussi avoir plusieurs actions.

II.4.3. Transition

Une transition indique la possibilité d'évolution qui existe entre deux étapes et donc la succession de deux activités dans la partie opérative. Lors de son franchissement, elle va permettre l'évolution du système. A chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité qui exprime la condition nécessaire pour passer d'une étape à une autre.

II.4.4. Actions associées aux étapes

Chaque étape est associée à une action ou plusieurs, c'est à dire un ordre effectué vers la partie opérative ou vers d'autres grafkets. Mais on peut rencontrer aussi une même action associée à plusieurs étapes ou une étape vide (*sans action*).

II.4.4. Les liaisons orientées

Elles sont de simples traits verticaux qui relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles sont normalement orientées de haut vers le bas. Une flèche est nécessaire dans le cas contraire.

II.5. Structure de base d'un grafcet

II.5.1. Séquence unique (Structure linéaire)

Ce type de grafcet ne comporte qu'une séquence d'étape bouclée sur elle-même, Une séquence dans un GRAFCET, est une suite d'étape à exécuter l'une après l'autre [7].

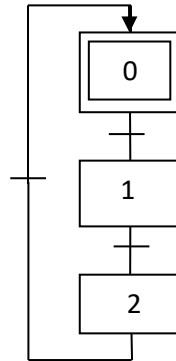


Figure II-2 : Séquence unique.

II.5.2. Saut d'étapes

Le saut d'étapes est une sélection de séquence permettant de sauter plusieurs étapes en fonction des conditions d'évolution [7].

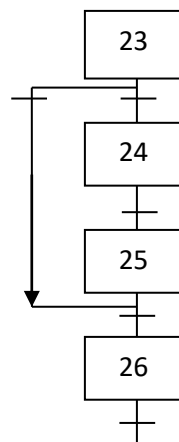


Figure II-3 : Saut d'étapes.

II.5.3. Reprise d'étapes

La reprise d'étapes permet de recommencer plusieurs fois si nécessaire une même séquence [7].

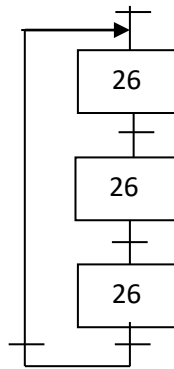


Figure II-4 : Reprise d'étapes.

II.5.4. Séquence exclusives

Une sélection de séquence est dite exclusive lorsque les réceptivités associées aux transitions ne peuvent pas être vraies simultanément [7].

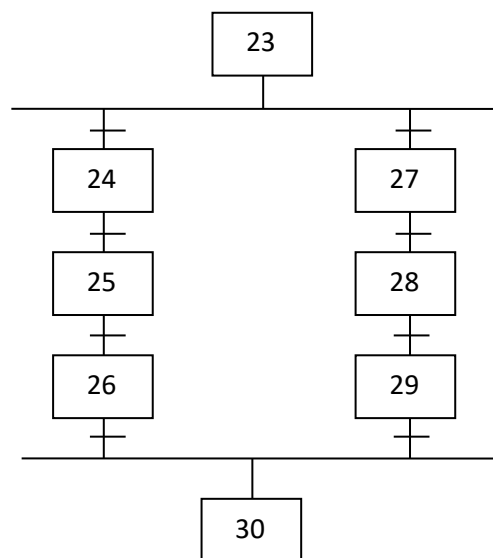


Figure II-5 : Séquence exclusives.

II.5.5. Séquences simultanées

Plusieurs séquences peuvent s'exécuter simultanément, mais l'évolution des séquences dans chaque branche reste indépendante et la présence d'étapes d'attente est généralement nécessaire [7].

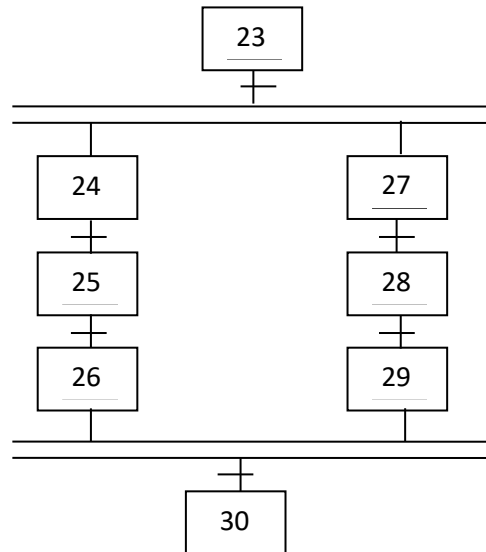


Figure II-6 : Séquences simultanées

II.6. Règle d'évolution d'un grafcet

L'évolution de la situation d'un automatisme doit toujours satisfaire les quatre règles suivantes :

- Règle 1 : L'initialisation

Un GRAFCET commence par une étape initiale qui représente la situation initiale avant évolution du cycle. L'initialisation précise les étapes actives au début du fonctionnement [8].

- Règle 2 : La validation

Une transition est soit validée ou non-validée. Une transition est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle ne pourra être franchie que lorsqu'elle est validée et que la réceptivité associée est vraie [8].

- Règle 3 : Le franchissement

Une transition est franchie lorsqu'elle est validée et que la réceptivité associée à la transition est vraie. Le franchissement entraîne l'activation de toutes les étapes suivantes et la désactivation de toutes les étapes précédentes [8].

- Règle 4 : Le franchissement de plusieurs transitions

Toutes les transitions franchissables sont simultanément franchies. Cette règle de franchissement simultané permet de décomposer un GRAFCET en plusieurs parties [8].

- Règle 5 : Activation – désactivation simultanée

Si au cours du fonctionnement une même étape doit être activée et désactivée simultanément, elle reste activée [8].

II.7. Niveau du GRAFCET

Le GRAFCET est constitué de deux niveaux, tel que :

II.7.1. GRAFCET de niveau 1

C'est une description en terme de fonction des comportements que doit avoir la partie commande face aux informations provenant de la partie opérative "Fonctions globales à réaliser".

On décrira dans ce GRAFCET les actions et les évènements en termes généraux. La présentation des actions et des réceptivités en mots non abréviation. Dans notre cas on décrira le processus avec le grafcet de niveau 1 car c'est le plus facile pour la programmation [9].

II.7.2. GRAFCET de niveau 2

Le niveau 2 appelé aussi niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs. C'est une description en terme de moyens qui permet de mis en œuvre de procédé, donc de solutions technologiques. La présentation des actions et des réceptivités en abréviation [9].

II.8. Fonctionnement détaillé du processus du refroidisseur

L'installation proposée servira à alimenter quatre souffleuses en eau refroidie qui est stockée dans une bache à eau. L'eau de cette dernière, sera refroidie par un refroidisseur gérés et contrôlés par un API selon le degré de température relevé au sein de la même bache à eau.

Le fonctionnement du système se déroulera selon l'enchaînement des étapes suivantes :

- 1-Satisfaction des conditions de l'étape initiale : la température $T \geq 10^{\circ}\text{C}$, commutateur de l'armoire principale est en marche (contact fermé), niveau d'eau haut sur la bache à eau et pas d'arrêts d'urgences enclenchés.
- 2-Si $10 \leq T < 12^{\circ}\text{C}$, mise en marche du refroidisseur :

Le système est composé de 4 circuits frigorifiques A, B, C et D, chaque circuit a un compresseur, trois ventilateurs et un condenseur.

- Démarrage de la pompe après vérification des conditions suivantes :
 - Interrupteur sur marche.
 - Pas de défauts de court-circuit ni de surcharge (disjoncteur magnétothermique enclenché).
 - Thermostat antigel fermé.
- Démarrage des compresseurs après vérification des conditions suivantes :
 - La basse pression $BPA > 1 \text{ Bar}$ et $BPB > 1 \text{ Bar}$ et $BPC > 1$ et $BPD > 1$

- La haute pression HPA < 21Bar et HPB < 21Bar et HPC < 21Bar et HPD < 21Bar.
 - Pompe en marche.
 - Disjoncteurs magnétothermiques enclenchés.
 - Pressostats haute et basse pression enclenchés.
 - Pressostat de l'huile PO enclenché.
 - Contrôleur de débit enclenché.
- Le nombre de compresseur en marche selon le degré de température :
- $T > 10^{\circ}\text{C}$, Mise en marche du compresseur du circuit A.
 - $T > 10,5^{\circ}\text{C}$, Mise en marche de compresseur du circuit B.
 - $T > 11^{\circ}\text{C}$, Mise en marche des compresseurs du circuit A et B et C.
 - $T > 11,5^{\circ}\text{C}$, Mise en marche des quatre compresseurs.
- Démarrage des ventilateurs après vérification des conditions suivantes :
- Le compresseur fonctionne.
 - Disjoncteurs magnétothermiques enclenchés.
 - Pressostat haute pression de régulation enclenché.
- Le nombre de ventilateurs qui vont se mettre en marche dépend de la pression du fluide à l'entrée du condenseur (haute pression) :
- $HP > 19 \text{ Bar}$, Mise en marche des ventilateurs 1, 2 et 3.

II.9. Elaboration du GRAFCET niveau 1

Après avoir élaboré le fonctionnement détaillé du processus du refroidisseur nous allons procéder à l'élaboration du grafcet niveau 1 pour faciliter la programmation de notre système.

Grafcet N° 1

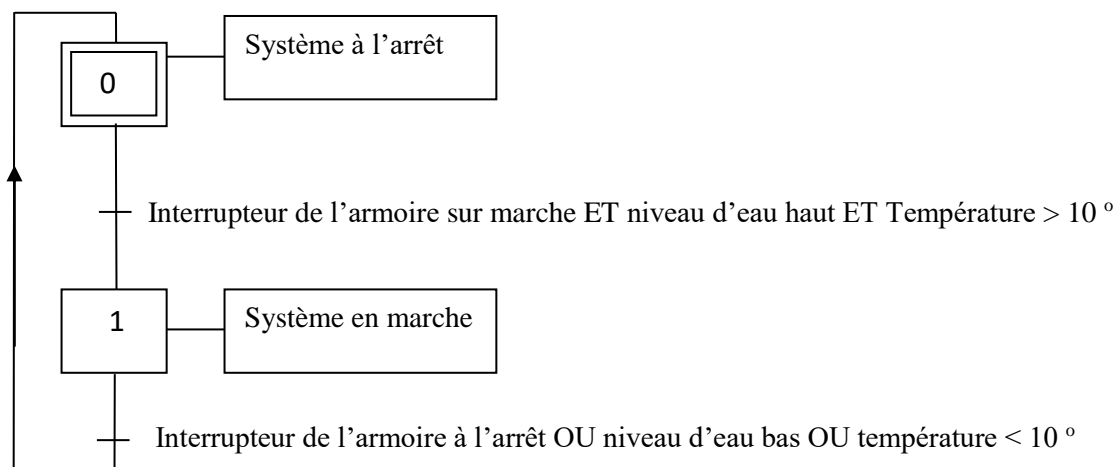


Figure II-7 : Grafcet marche / arrêt du système.

Grafcet N° 2

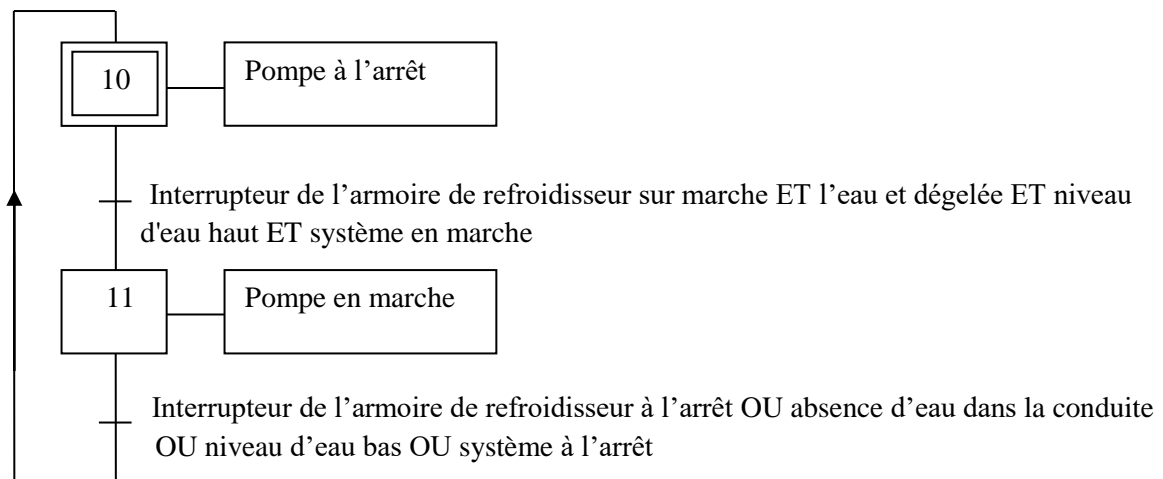


Figure II-8 : Grafcet marche / arrêt pompe du refroidisseur.

Grafcet N° 3

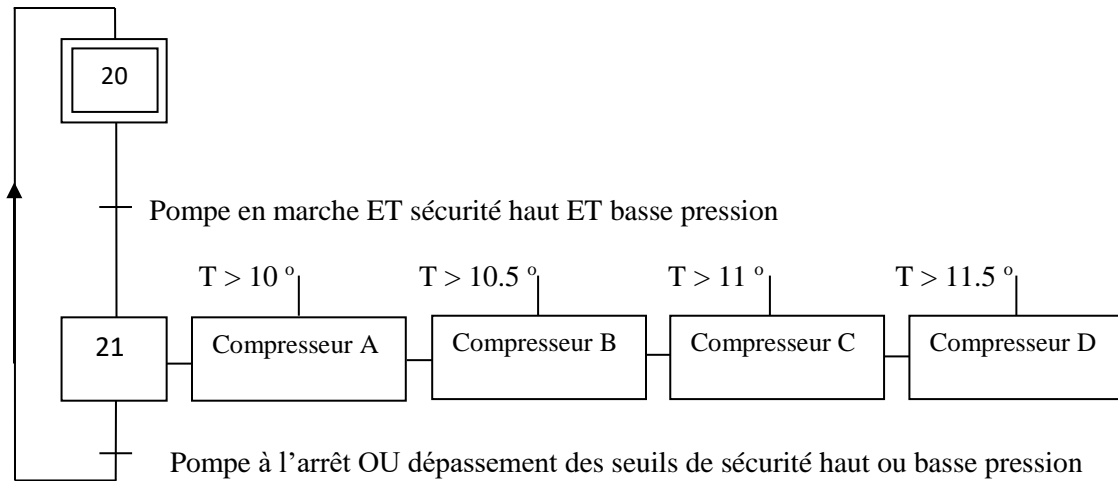


Figure II-9 : Grafcet marche / arrêt des compresseurs du refroidisseur.

Grafcet N°4

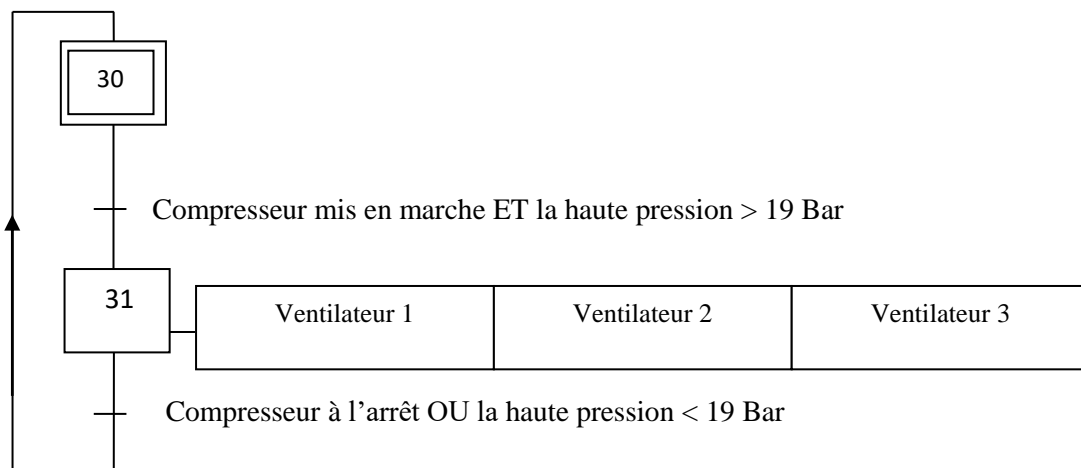


Figure II-10 : Grafcet marche / arrêt des ventilateurs système A, B, C et D du refroidisseur.

II.10. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté un moyen puissant de modélisation des systèmes automatisés, qui est le Grafcet. Ce dernier présente de nombreux avantages tel que le passage facile du cahier de charges fonctionnels aux langages d'implantation (programmation). Ensuite nous avons présenté le fonctionnement détaillé du processus du refroidisseur sous forme de séquences en utilisant le GRAFCET.

L'automatisation du processus du refroidisseur sera l'objectif du chapitre suivant.

Chapitre III

Automatisation du processus du refroidisseur



III.1. Introduction

L'automate programmable industriel API (PLC: Programmable Logic Controller), aujourd'hui est l'un des appareils les plus répandus dans l'industrie pour réaliser et commander des systèmes automatisés de production.

Ce chapitre sera consacré aux systèmes automatisés, aux automates programmables industriels ainsi que la programmation du fonctionnement du processus du refroidisseur avec le logiciel STEP7, utilisé pour la programmation des automates Siemens.

III.2. Généralités sur les systèmes automatisés de production

L'automatisation d'un système 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 [11].

III.2.1. Structure d'un système automatisé de production

Tout système automatisé est composé de trois parties principales: la partie opérative, la partie commande et la partie interface Homme Machine (Supervision ou contrôle). Selon le schéma ci-dessous [10] :

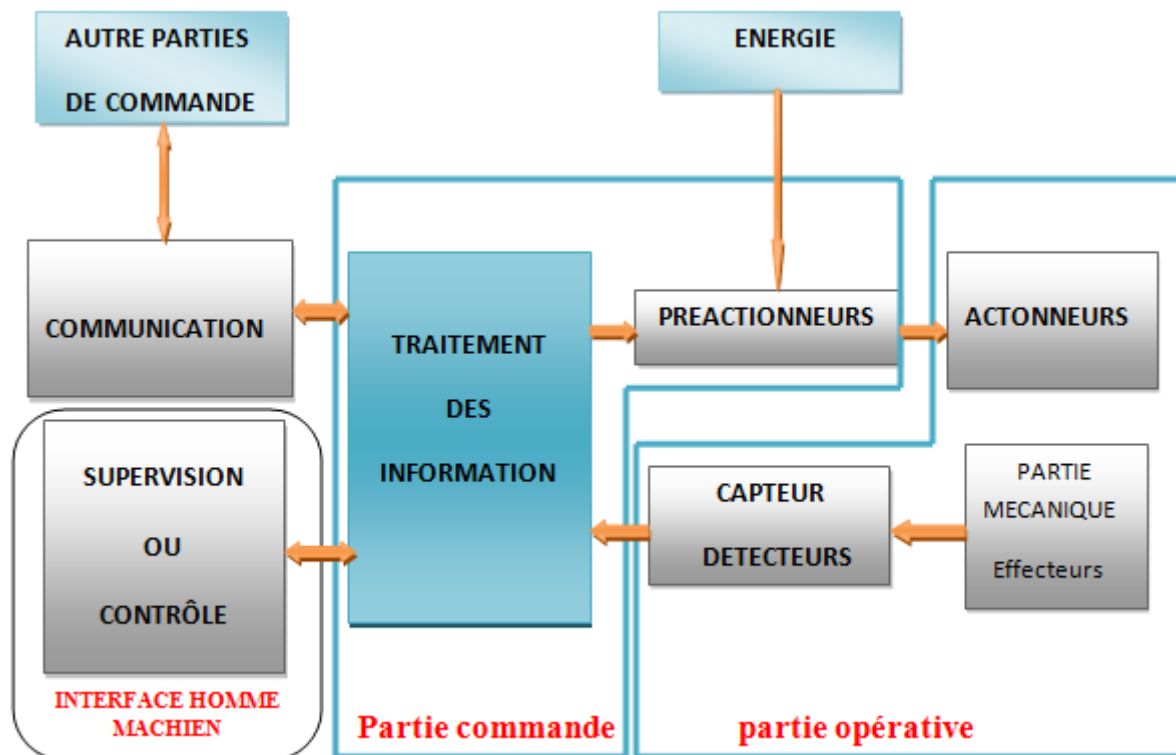


Figure III-1 : Structure d'un système automatisé [10].

Partie commande (PC) donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative (PO), qui agit sur la partie mécanique de système, qui va agir à son tour sur la matière d'œuvre, les capteurs transmettent les informations envoyées par la partie opérative sous forme de compte-rendu.

L'interface Homme Machine permet à l'opérateur de commander, contrôler et superviser le système (marche, arrêt, départ cycle ...). Il permet également de visualiser les différents états du système.

III.3. Généralité sur les automates programmable industriels

III.3.1. Définition

Un automate programmable industriel est un système électronique qui fonctionne de manière numérique, destiné à être utilisé dans un environnement industriel. Il utilise une mémoire programme pour le stockage interne des instructions utilisées pour la mise en œuvre des fonctions spécifiques, telles que des fonctions, logiques, de mise en séquence, de temporisation, de comptage et de calcul arithmétique, pour commander, au moyen des entrées/sorties (de type tout/rien ou analogiques) divers types de machines ou de processus [15].

L'automate programmable et ses périphériques associés sont conçus pour pouvoir facilement s'intégrer à un système d'automatisme industriel et être facilement utiliser dans toutes leurs fonctions prévues [11].

III.3.2. Structure d'un API

La structure interne d'un automate programmable est constituée essentiellement de quatre parties principales [10] :

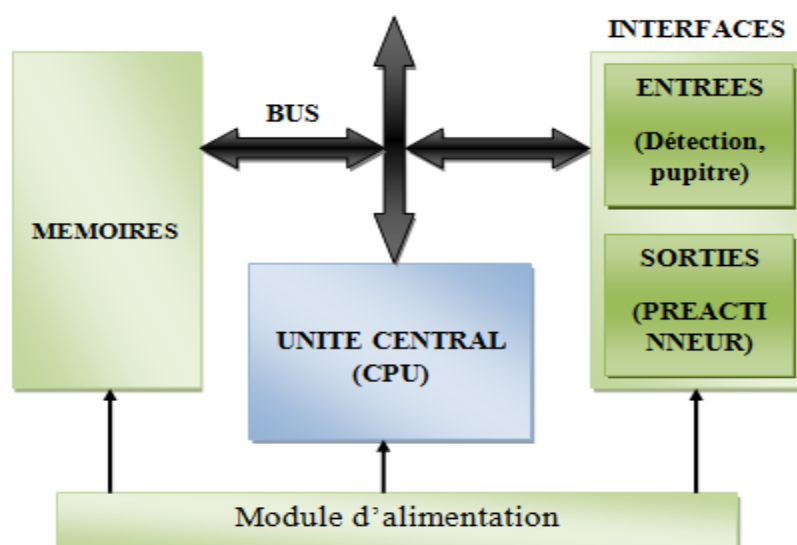


Figure III-2 : Structure interne d'un API [10].

III.3.2.1. L'alimentation

Permet de fournir à l'automate la tension nécessaire à son fonctionnement. Ils délivrent, à partir du 220V alternatif, des sources de tension nécessaires à l'automate de 24V en continu [15].

III.3.2.2. La mémoire

La mémoire de l'API est un circuit électronique et l'élément fonctionnel qui stocke des instructions à exécuter par l'API ainsi l'état des E/S et des variables internes [15].

III.3.2.3. Un processeur

Processus ou unité centrale est à base de micro-processeur, il réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et le traitement numérique (transfert, comptage, temporisation) à partir d'un programme contenu dans sa mémoire [15].

III.3.2.4. Des interfaces d'entrées/sorties

Les interfaces d'entrées / sorties permettent à l'unité centrale de communiquer avec le monde extérieur [15].

III.3.3. Critères de choix d'un API

Pour choisir l'automate le mieux adapté aux besoins du système à automatiser, il faut tenir compte des critères suivant [11] :

- Type de la CPU (Capacité en mémoire, vitesse d'exécution des instructions...).
- Le type et le nombre des entrées / sorties.
- Le coût de l'automate.
- La simplicité et la facilité de l'utilisation des logiciels de configuration.

III.3.4. Les avantages et les inconvénients des API

Les automates programmables présentent des avantages dans l'industrie mais aussi des inconvénients, résumés dans le tableau III-1 [12] :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Il facilite la documentation des applications et leur maintenance • La facilite de mise en œuvre par rapport aux autres systèmes d'automatisation qui les procède. • La capacité de production accélérée • L'aptitude à convenir à tous les milieux de production • Les API permettent d'ajouter la disponibilité du système aux besoins 	<ul style="list-style-type: none"> • Le coût élevé du matériel • La maintenance doit être structurée • La diminution des offres d'emplois

Tableau III-1 : Les avantages et les inconvénients des API [12].

III.4.L'automate S7-300

III.4.1.Présentation

L'automate utilisé dans notre projet appartient à la gamme SIMATIC S7 de la firme SIEMENS. Le S7-300 est un mini-automate modulaire pour une gamme de compétence inférieure et moyenne, avec possibilité d'extension jusqu'à 32 modules, et une mise en réseau par l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS et Industriel Ethernet [13].



Figure III-3: Automate S7-300 SIEMENS [13].

III.4.2.Constitution d'automate S7-300

LE SIMATIC S7-300 est un automate modulaire ou compact offrant la gamme de modules suivante (figure III-4) [13] :

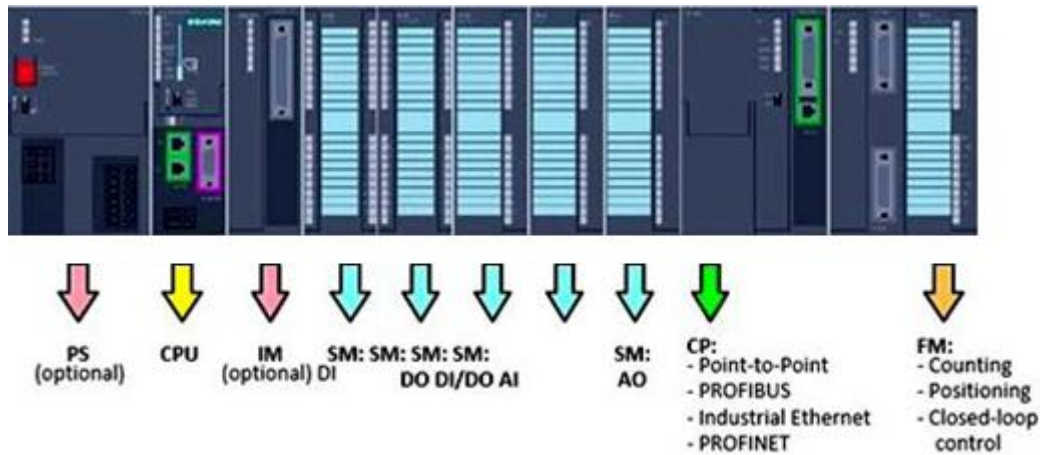


Figure III-4 : Disposition des modules d'automate S7-300[13].

III.4.2.1. Module d'alimentation (PS)

Ce module assure l'alimentation de l'automate sous une tension de 24V DC ainsi que l'alimentation externe des circuits de charge de 24V DC [15].

Ce module possède une LED indique le bon fonctionnement et un témoin clignotant en cas de surcharge. Il existe divers modules d'alimentation de courant de sortie de 2A, 5A et 10A pour l'alimentation du S7-300, des capteurs et des actionneurs de 24V DC [15].

III.4.2.2. L'unité centrale (CPU)

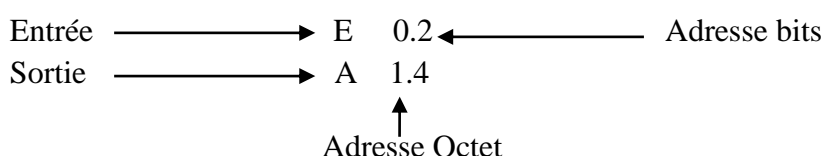
La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme de l'utilisateur, commande les sorties. Elle permet le réglage du comportement au démarrage et le diagnostic de défaut par LED. L'utilisateur a le choix parmi plusieurs CPU aux performances étagées [15].

III.4.2.3. Module de signaux (SM)

Les modules de signaux établissent la liaison entre la CPU du S7-300 et le processus commandé. On dispose de différents modules de signaux :

- Les modules entrées / sorties TOR

Interfaces destinées pour les signaux tout ou rien, ils seront raccordés aux capteurs (entrée TOR) et aux pré-actionneurs (sortie TOR). Les entrées et les sorties TOR de l'automate sont regroupées en groupes de 8 entrées et 8 sorties. Un groupe de 8 entrées/sorties est appelé octet. Chaque octet est divisé en 8 bits. L'adressage sera de cette forme [15] :



- Module entrées/ sorties analogiques

Interfaces destinées pour les signaux analogiques, ils seront raccordés aux capteurs et aux actionneurs analogiques. Un signal analogique évolue dans le temps, parmi les grandeurs analogiques il y'a, la pression, le niveau, la température, le débit, la vitesse...etc. Le signal analogique sera converti en un signal numérique afin qu'il soit exploitable [13].

L'opération de convection s'effectue à l'aide des circuits spéciaux selon la précision et la capacité du système. Un signal analogique sera subdivisé en intervalles de temps (Pas d'échantillonnage), puis un code sera affecté à chaque échantillon selon leur niveau comme le montre la figure suivante :

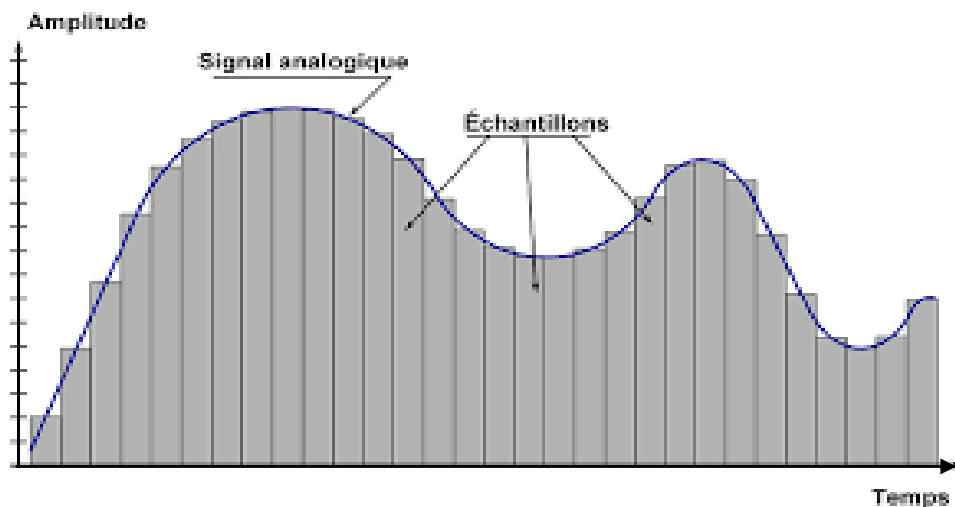


Figure III-5 : Principe de conversion analogique/numérique [13].

III.4.2.4. Module de fonction (FM)

Il a pour rôle l'exécution des tâches de traitement des signaux du processus à temps critique et nécessitant une importante capacité mémoire comme le comptage, le positionnement et la régulation [15].

III.4.2.5. Module de communication (CP)

Il permet d'établir des liaisons homme-machine ou machine-machine, ces liaisons sont effectuées à l'aide des interfaces de communication :

- Point à point : Interface série utilisant dans la plupart des cas comme support de communication, les liaisons RS232 ou RS422/RS485 pour la connexion à des terminaux (console, ou PC) pour assurer la communication Homme/Machine (programmation, supervision...) [18].
- PROFIBUS : Interface qui permet de raccorder des appareils de traitement tels des stations périphériques décentralisées, des variateurs, la console... [18].

- Industriel Ethernet : Liaison conçu pour une transmission rapide en cas d'importantes quantités de données (contrôleur et appareils de terrain) et permet une mise en réseau entre différent sites grâce à des passerelles[18].

III.4.2.6.Châssis d'extension (UR)

Il est constitué d'un profilé support en aluminium et bus de fond de panier avec connecteur. Il permet le montage et le raccordement électrique de divers modules tels que les modules d'entrées/ sorties, module d'alimentation. Il est possible d'utiliser plusieurs racks en fonction du nombre d'entrées/sorties [15].

III.5. Présentation duLogiciel STEP7

C'est le logiciel de base pour la configuration et la programmation de système d'automatisation SIMATIC. Il est formé d'un ensemble d'applications avec lesquelles nous pouvons aisément réaliser des taches partielles comme [13] :

- La configuration et le paramétrage du matériel ;
- La création et le test du programme utilisateur ;
- La configuration de réseau et de liaison.

Autrement dit nous permet de créer et de gérer des projets et des programmes, il permet ensuite le chargement du programme dans des systèmes cibles et le test de l'installation d'automatisation.

III.5.1. Langage de base programmation STEP7

Les langages de programmation sous Step7 les plus utilisés dans l'industrie sont :

- LADER (CONTACT)

Langage graphique développé pour les électriciens. Il utilise les symboles tels que : contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels). C'est le plus utilisé.

- LIST

Un langage textuel de bas niveau, le plus proche de la machine. Dans le programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme.

- LOG (LOGIGRAMME)

C'est un langage graphique, il permet la construction d'équations complexes à partir des opérations standards de fonctions ou bloc.

- GRAPH 7(GRAFCET)

Langage de programmation de haut niveau permet la programmation aisée de tous les procédés séquentiels. Le programme est constitué d'un ensemble d'étapes et de transitions reliés entre elles par des liaisons dirigées. Chaque étape est associée à un ensemble d'actions, et chaque transition est associée à une condition de transition.

III.5.2. Les blocs de logiciel STEP7

- Blocs OB

C'est la structure la plus importante, les blocs OB constituent l'interface entre le système d'exploitation de la CPU et le programme utilisateur, ces programmes permettent de déclencher l'exécution d'une partie du programme. Les blocs d'organisation sont traités selon la priorité qui leur est affectée [14].

- Blocs DB

Ce bloc stocke les données globales et les informations de l'utilisateur auquel tous les blocs du programme peuvent accéder [14].

- Bloc FB

Un bloc fonctionnel contient une partie d'un programme et dispose d'une zone mémoire qui lui est affectée. Des blocs de données d'instance DB sont associés aux blocs fonctionnels [14].

- Fonction FC

Ce bloc contient des routines pour les fonctions fréquemment utilisées, il est sans mémoire et sauvegarde ses variables temporaires dans la pile de données locales. Cependant, il peut faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de ses données [14].

III.6. Programmation du processus de refroidisseur

III.6.1. Création d'un projet

Afin de créer le projet, il faut suivre les étapes montrées sur les figures suivantes :

Etape 1 : On lance le logiciel STEP7 avec l'icône SIMATIC Manager sur l'écran de l'ordinateur.



Figure III-6 : SIMATIC Step 7.

Etape 2 : Annuler la création du projet par l'assistant

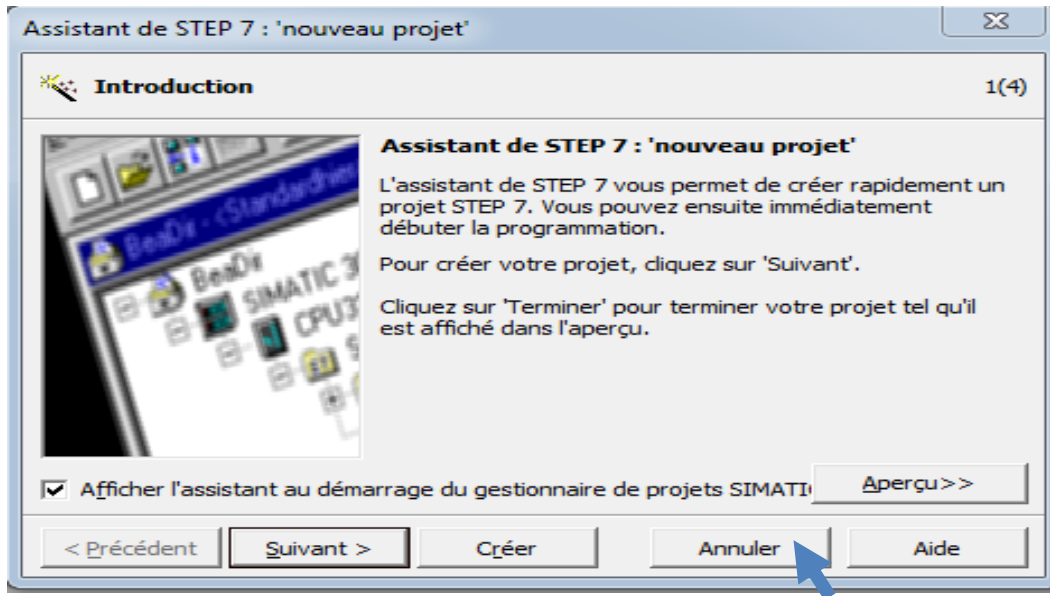


Figure III-7 : Assistant de Step7.

Etape 3 : Insérer un nouveau projet

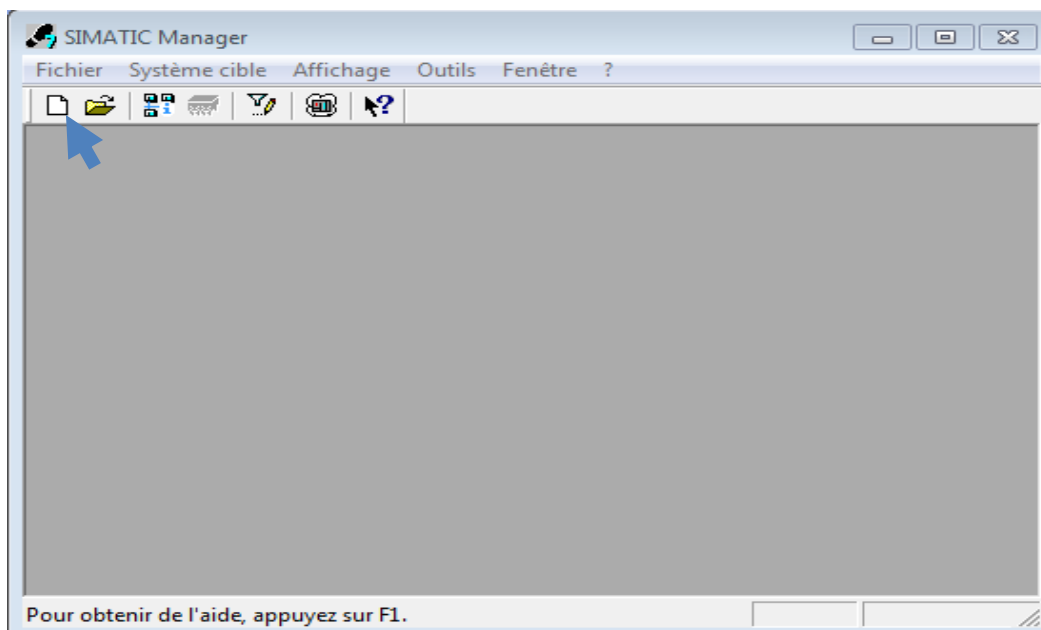


Figure III-8 :Création d'un nouveau projet.

Etape 4 : Donner un nom au projet :

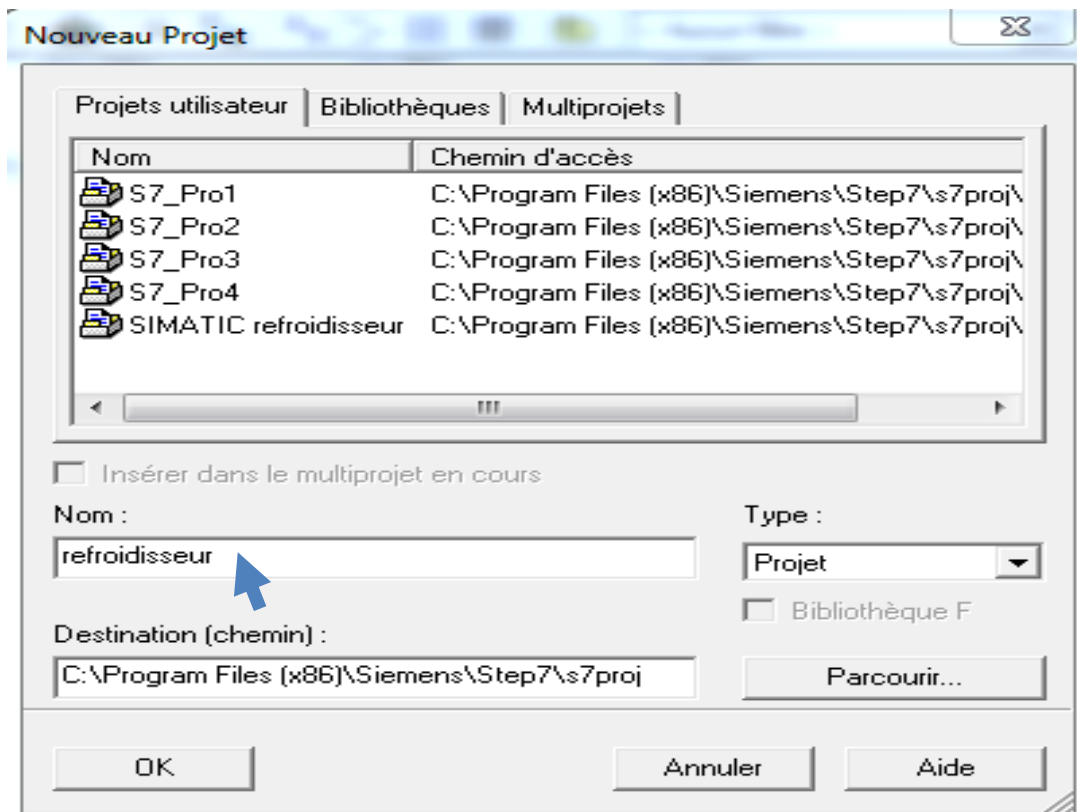


Figure III-9 : Nom du projet.

III.6.2. Configuration matérielle

La configuration matérielle est une étape importante. Elle consiste à créer les châssis (rack), les modules et les appareils de la périphérie centralisée.

Les châssis sont représentés par une table de configuration dans laquelle on peut placer un nombre définis de modules comme dans les châssis réels.

Dans notre cas, nous avons choisis la CPU 314C-2DP, un module d'entrée/sortie logique et analogique pour la configuration de notre matériel. (Le choix du nombre d'entrée/sortie doit être fait en fonction du cahier des charges).

Pour faire la configuration matérielle de notre projet, il faut suivre les étapes montrées sur les figures suivantes :

Etape 1 : Pour insérer la station nous devons cliquer avec le bouton droit dans le vide sous le projet créé, et choisir insérer un nouvel objet, ensuite sélectionné la Station Simatic 300, comme illustré sur la figure III.10 :

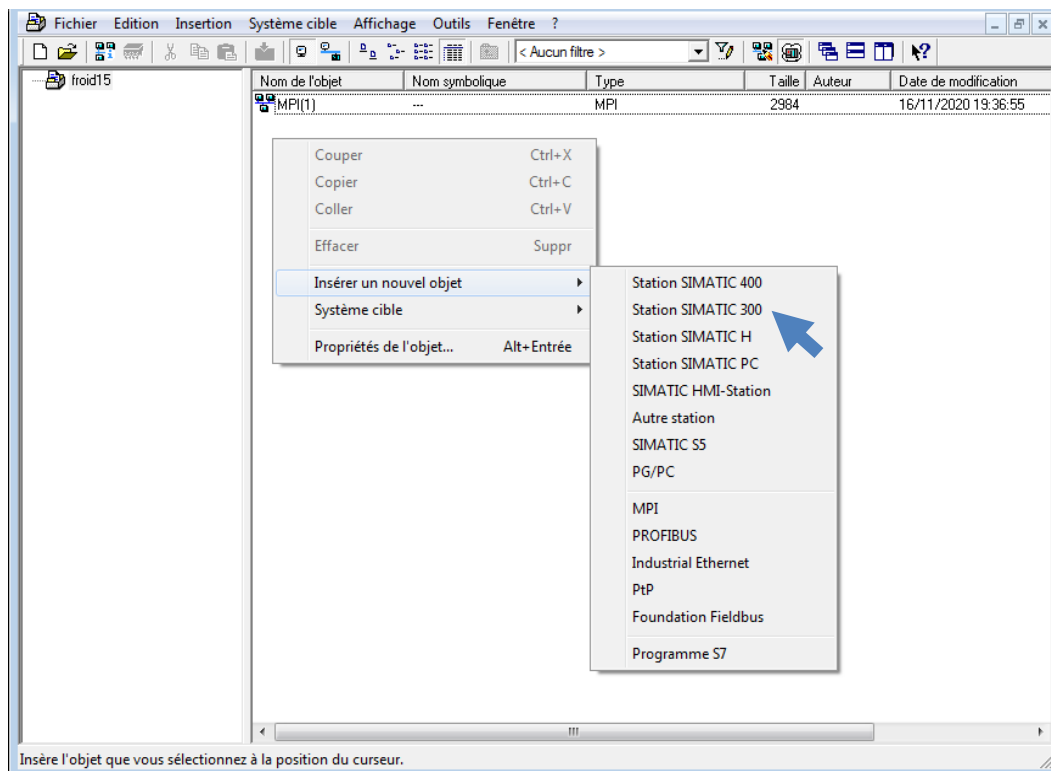


Figure III-10 : Station SIMATIC 300.

Etape 2 : Doubleclic sur matériel.

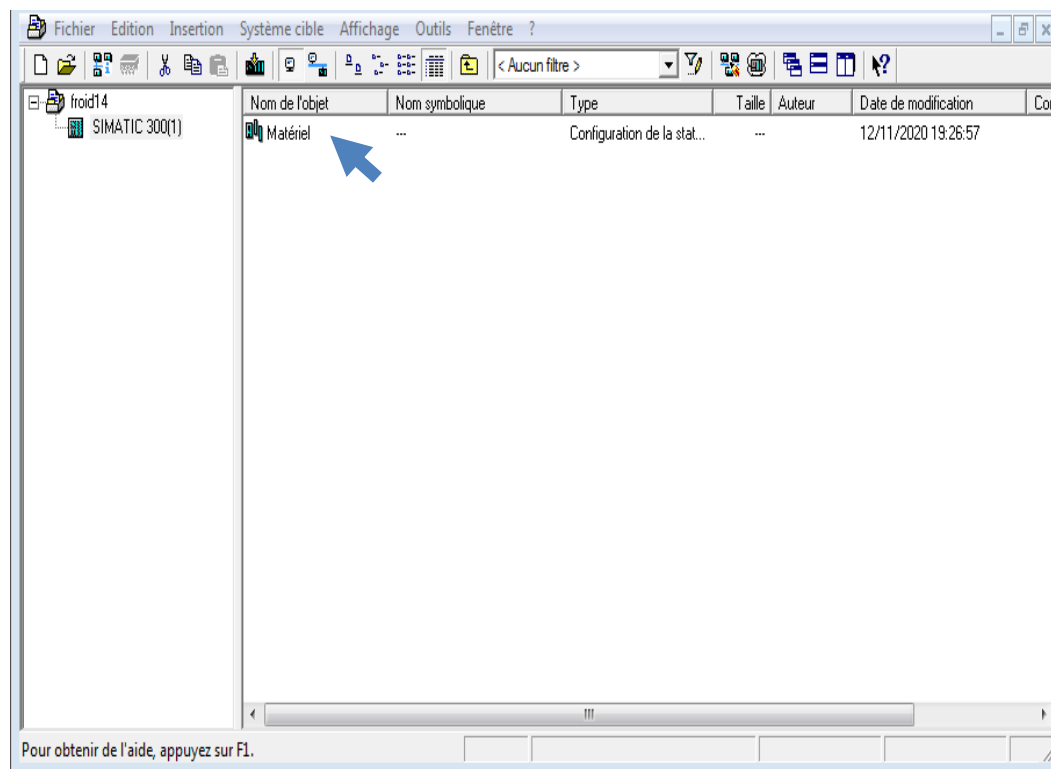


Figure III-11 : Matériel

Etape 6 : Pour insérer le Rack, on clique sur RACK300, puis un double clic sur profil support.

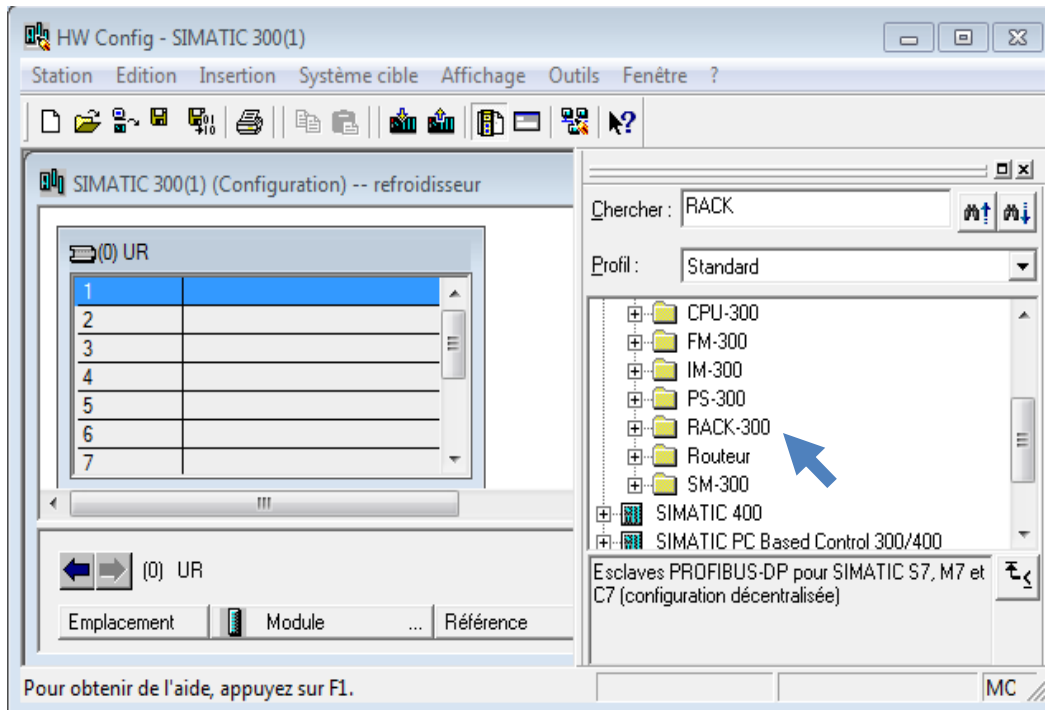


Figure III-12 : Insertion du Rack 300.

Etape 3 : Pour choisir la CPU qui est dans notre cas CPU314C-2 DP on clique sur CPU 314C-2DP puis on va choisir la référence comme le montre la figure III-13 :

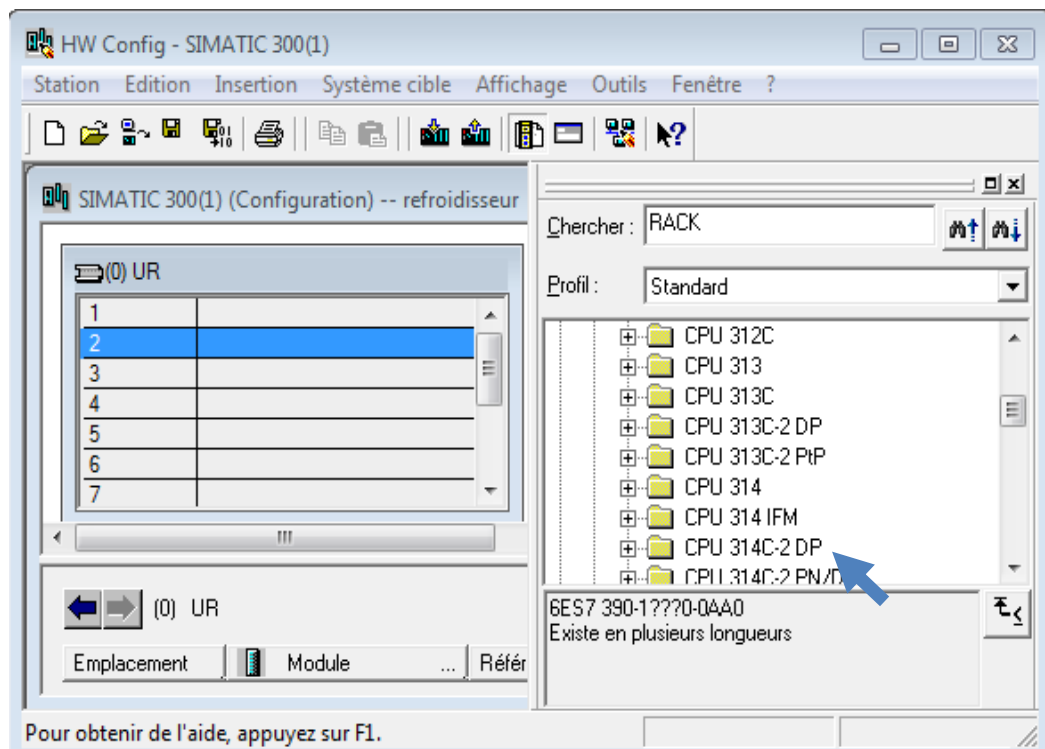


Figure III-13 : Choix de la CPU.

Etape 4 : La figure III-14 montre les éléments sélectionnés pour notre configuration matérielle : CPU 314C-2DP, le module d'alimentation, les modules d'entrées/sorties logiques et analogiques :

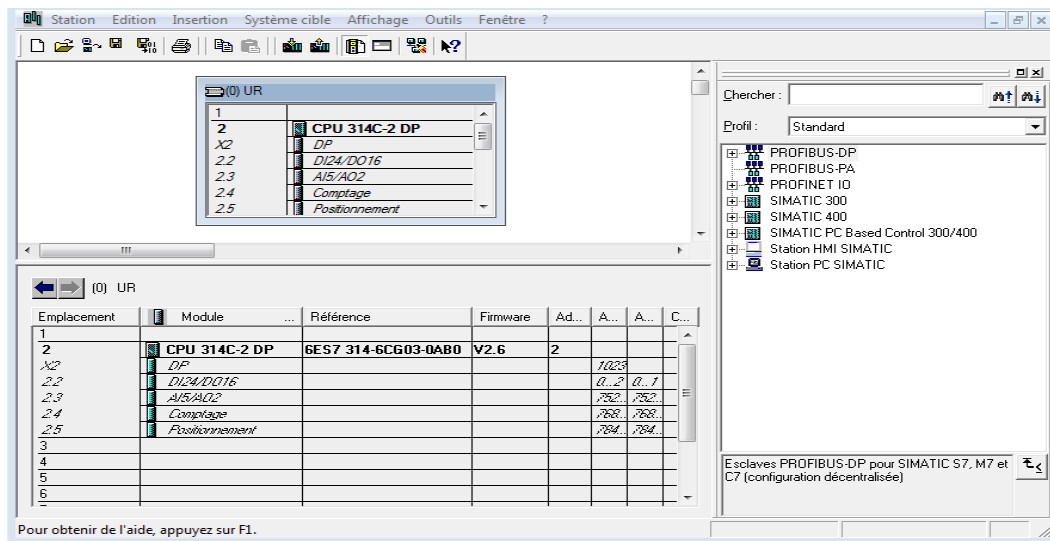


Figure III-14 : Configuration matérielle pour la programmation de notre projet.

III.6.3. Structure du programme du processus de refroidisseur

Le programme réalisé contient les blocs représentés dans la figure III-15 qui suit :

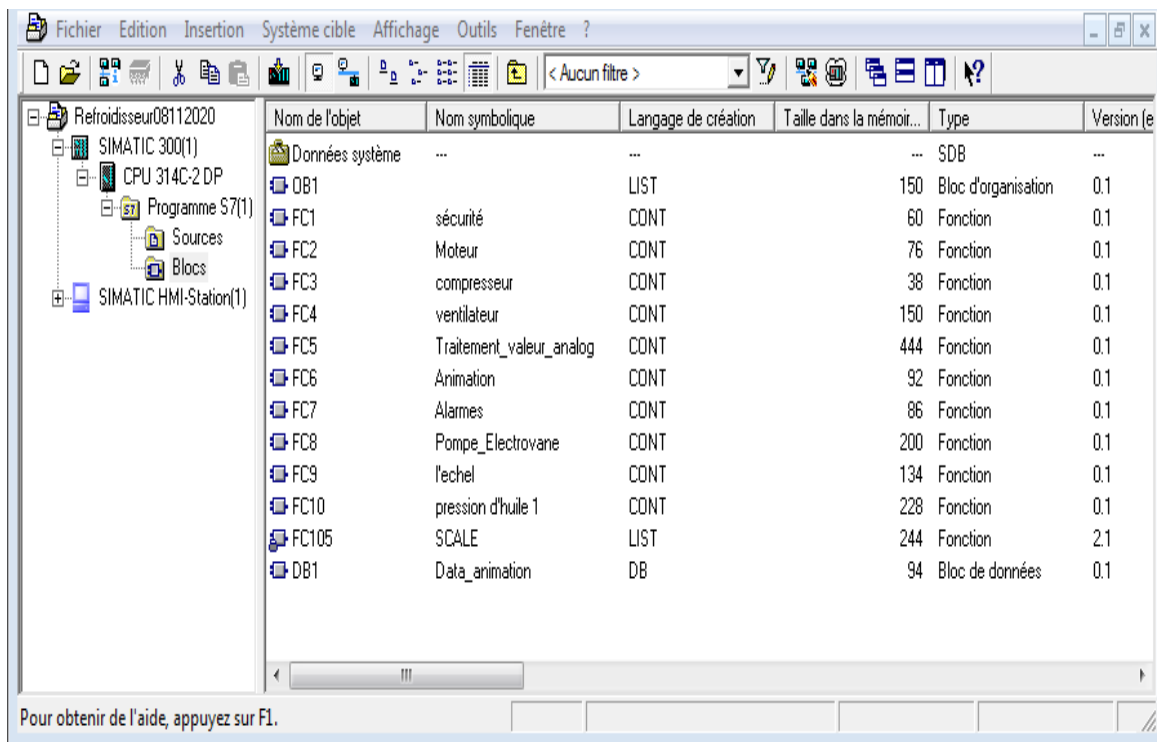
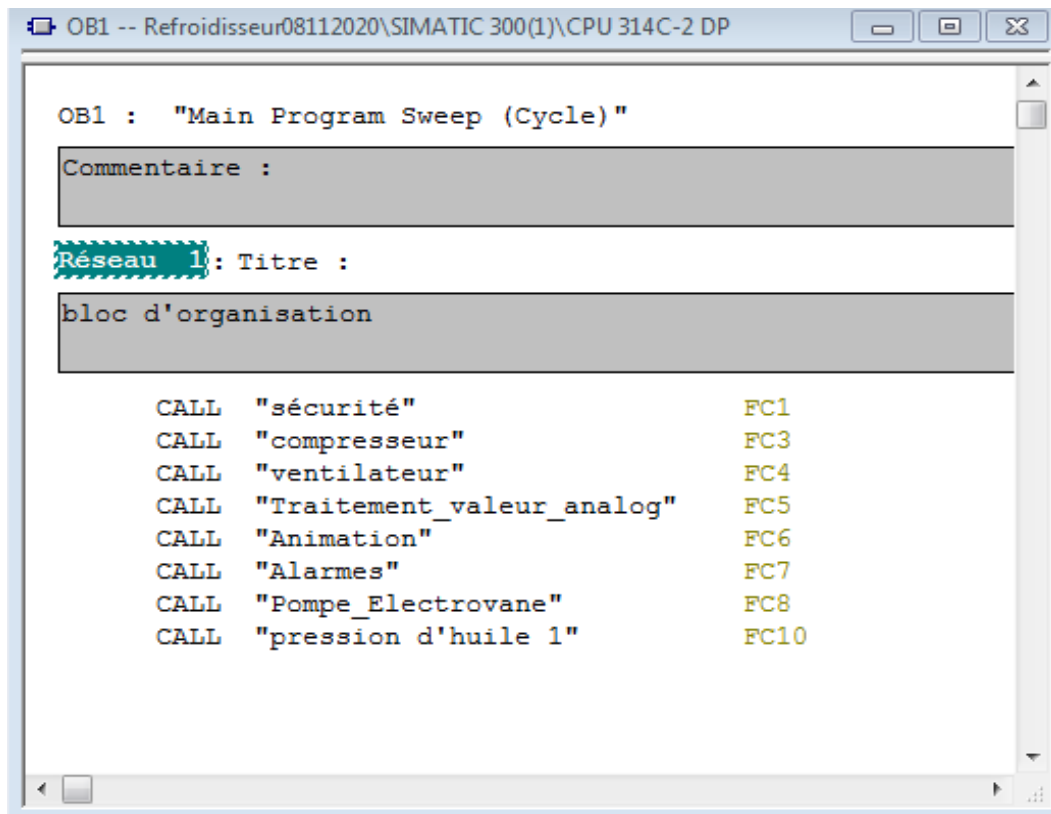


Figure III-15 : Structure du programme du processus du refroidisseur.

Notre programme est structuré comme dans le bloc OB1, comme illustre sur la figure III-16 :



```
OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"
Commentaire :
Réseau 1 : Titre :
bloc d'organisation

CALL "sécurité"           FC1
CALL "compresseur"       FC3
CALL "ventilateur"       FC4
CALL "Traitement_valeur_analog" FC5
CALL "Animation"         FC6
CALL "Alarmes"           FC7
CALL "Pompe_Electrovane" FC8
CALL "pression d'huile 1" FC10
```

Figure III-16 : Bloc d'organisation OB1 du programme.

III.7. Présentation du programme

Dans notre cas le programme est organisé comme illustre les étapes suivant en assurant la sécurité de chaque étape puis en passant à l'activation des différents composants qui assurant le bon fonctionnement de processus de refroidissement.

✓ Bloc de sécurité

La figure III-27 montre les conditions de sécurités du système, si tous les conditions satisfont la bascule SR (Sécurité) mis à un, si l'un des trois contacts de sécurité déclenche, la bascule SR (Sécurité) sera mise à zéro ce qu'engendre l'arrêt du système.

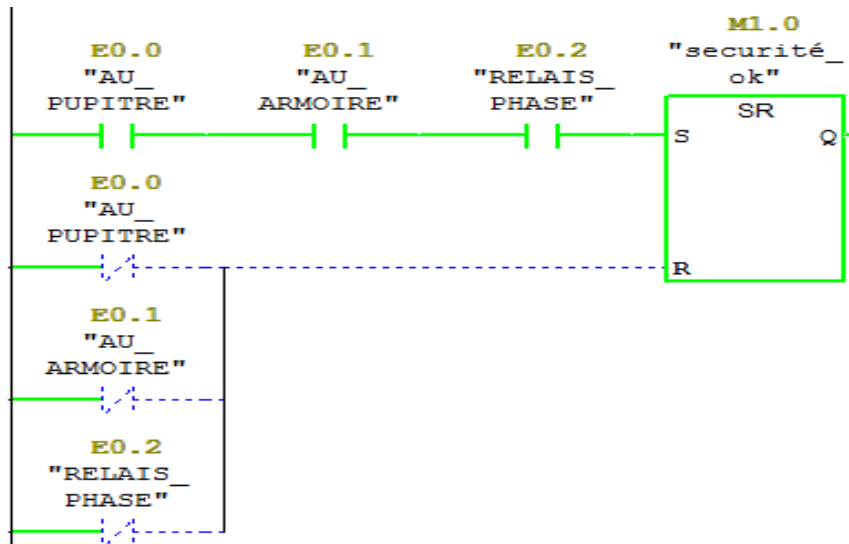


Figure III-27 : Condition de sécurité

✓ Mis à l'échelle des captures analogiques

Les capteurs analogiques sont les capteurs de pression HP, BP et le capteur de température. Elles sont représentées par le bloc mise à l'échelle SCALE FC105.

La fonction mise à l'échelle (SCALE) prend la valeur d'entrée en entier (paramètre 'IN') et la convertie en une valeur réelle exprimée en unités physique comprise entre une limite inférieure (LO_LIM) et une limite supérieure (HI_LIM).

➤ Température

La figure III-17 montre le bloc de mise à l'échelle pour le capteur de température.

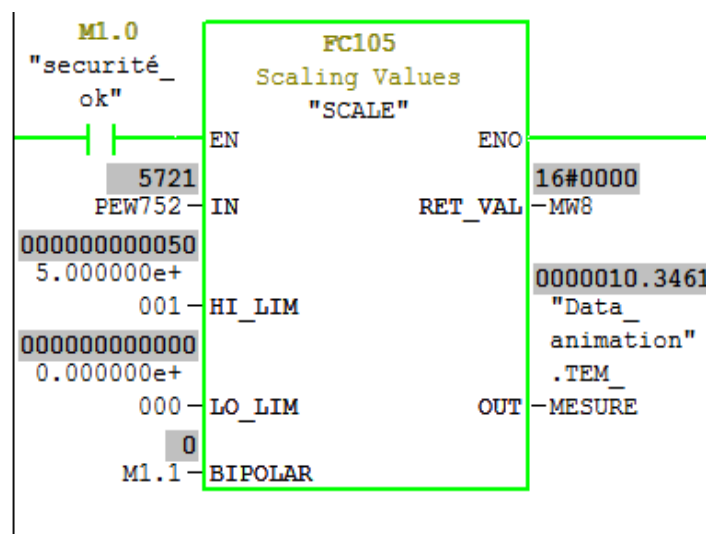


Figure III-17 : Mise à l'échelle du capteur de température

Pour le capteur de température deux consigne sont nécessaire, la température d'enclenchement et la température de déclenchement.

L'enclenchement de moto-compresseur ce fait pour une température supérieure ou égale à 10°C et le déclenchement à une température inférieure ou égale à 7°, voir figure III-18 :

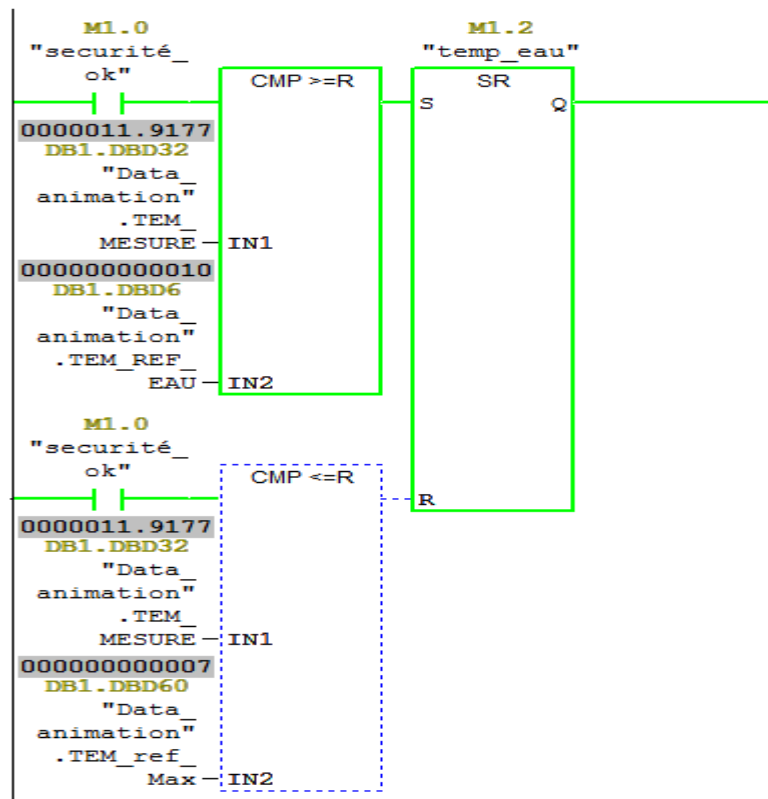


Figure III-18: Mise à un ou à zéro de la température.

➤ Capteur basse pression

La valeur mesurée par le capteur de pression est comparée à une consigne dans le but de sécuriser et de mettre le compresseur en marche ou à l'arrêt.

La figure III-19 illustre le bloc de mise à l'échelle du capteur basse pression afin d'exploiter les résultats de la conversion pour la mise à un ou à zéro de la régulation du capteur basse pression :

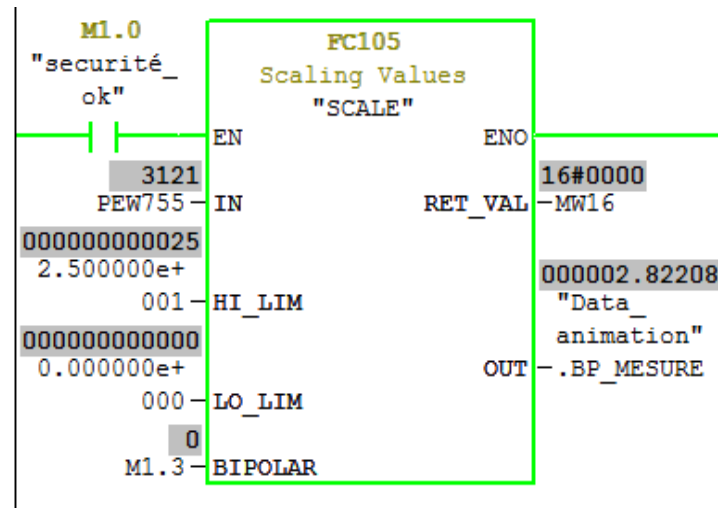


Figure III-19 : Mise à l'échelle du capteur basse pression.

Le pressostat BP de régulation : il a deux variables à régler, la valeur de la pression de l'enclenchement et la valeur de déclenchement du compresseur, comme le montre la figure III-20 :

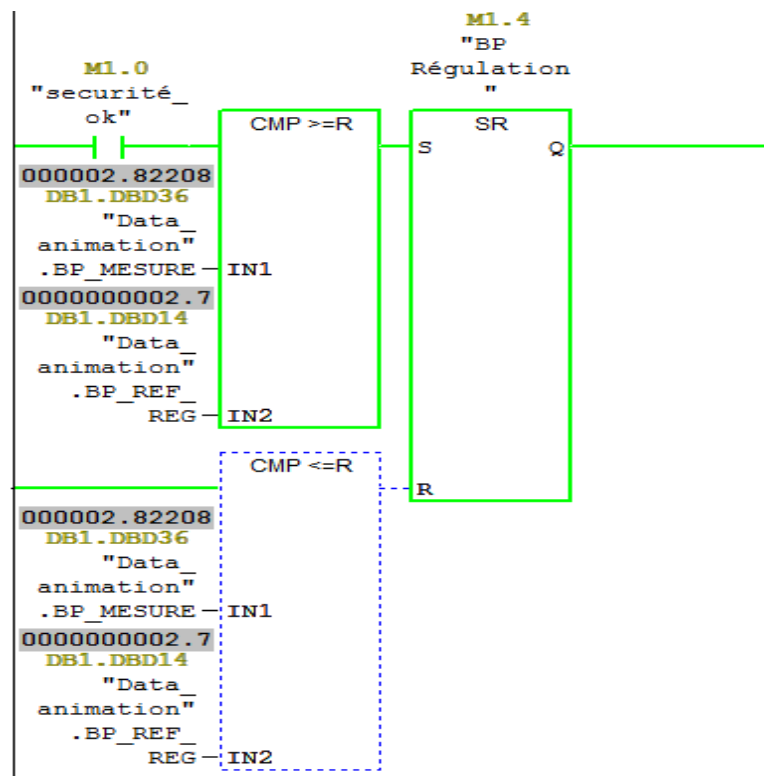


Figure III-20 : Mise à un ou à zéro du capteur basse pression régulation.

Pour déclencher le contact BP de sécurité, la pression à l'entrée de compresseur devrait être inférieure à une valeur donnée par l'opérateur (valeur de consigne), qui est égale à 1 bar dans notre cas, voir la figure III-21 :

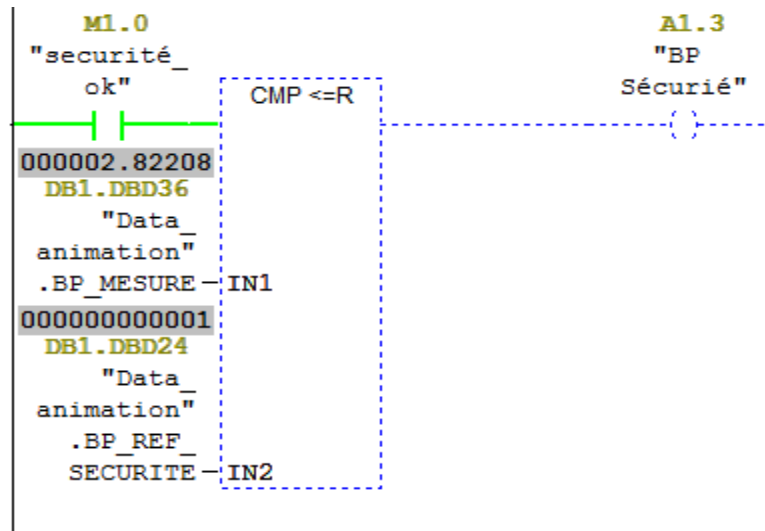


Figure III-21: Comparaison de la mesure de basse pression à la consigne

➤ Capteur haute pression

La figure II-22 montre le bloc de mise à l'échelle pour le capteur haut pression afin d'exploiter le résultat de la conversion pour la mise à un ou à zéro de la régulation du capteur haute pression :

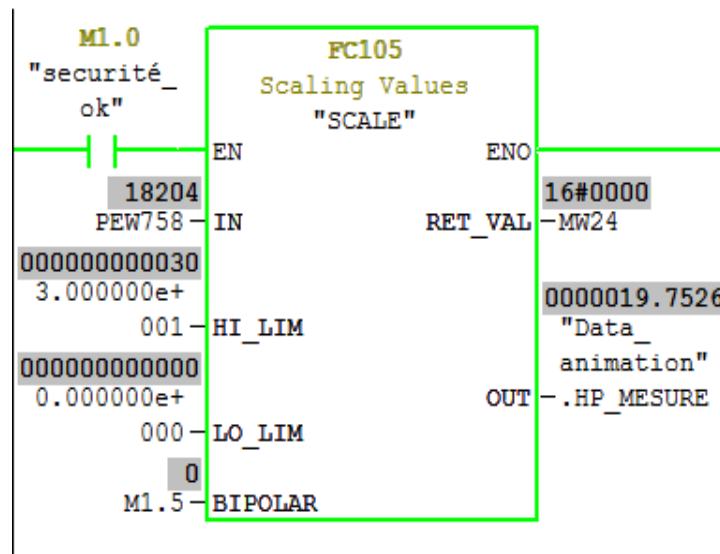


Figure III-22: Mise à l'échelle du capteur haute pression

Le pressostat HP de régulation : il a deux variables à régler la valeur de l'enclenchement et la valeur de déclenchement des ventilateurs, le capteur de pression doit être réglé comme le montre la figure III-23 qui suit :

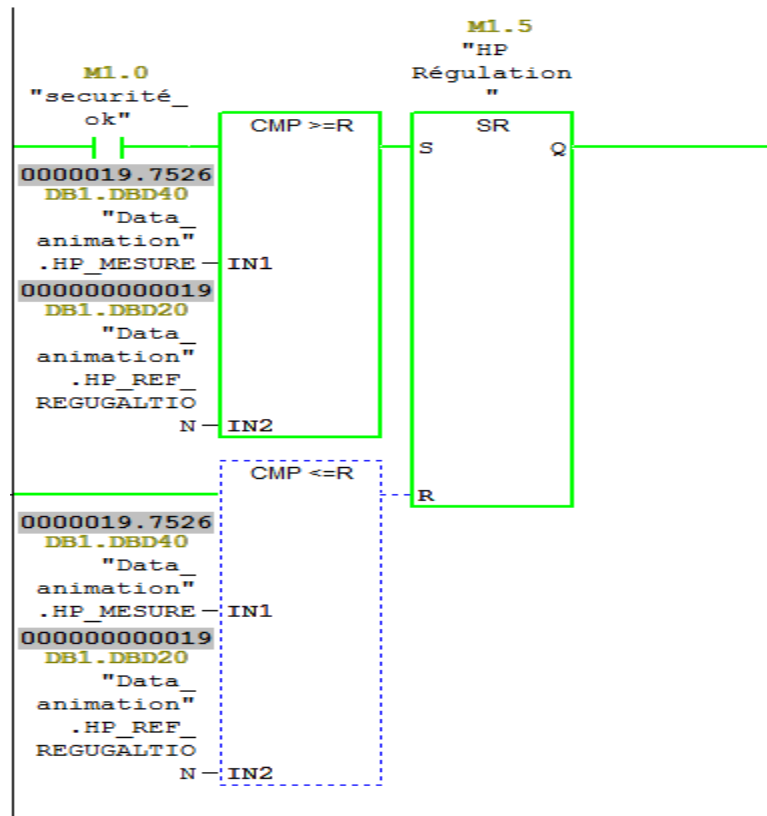


Figure III-23: Mise à un ou à zéro du capteur haute pression régulation

Pour déclencher le contact HP de sécurité, la pression à la sortie du compresseur devrait être supérieur à une valeur consigne donner par l’opérateur, dans notre cas égale à 22 bars, voir la figure III-24 :

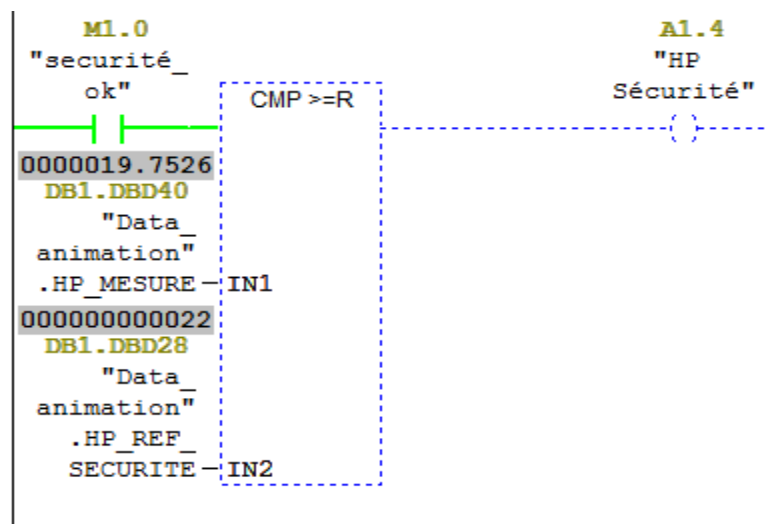


Figure III-24: Comparaison entre la valeur mesurée et la consigne de haute pression.

➤ Capteur pression d’huile

La figue II-25 illustre le bloc de mise à l’échelle du capteur pression d’huile :

✓ Démarrage de la pompe

La figure III-28 présente le démarrage en mode automatique de la pompe qui fait la circulation de l'eau entre la bache à eau et le processus de refroidissement :

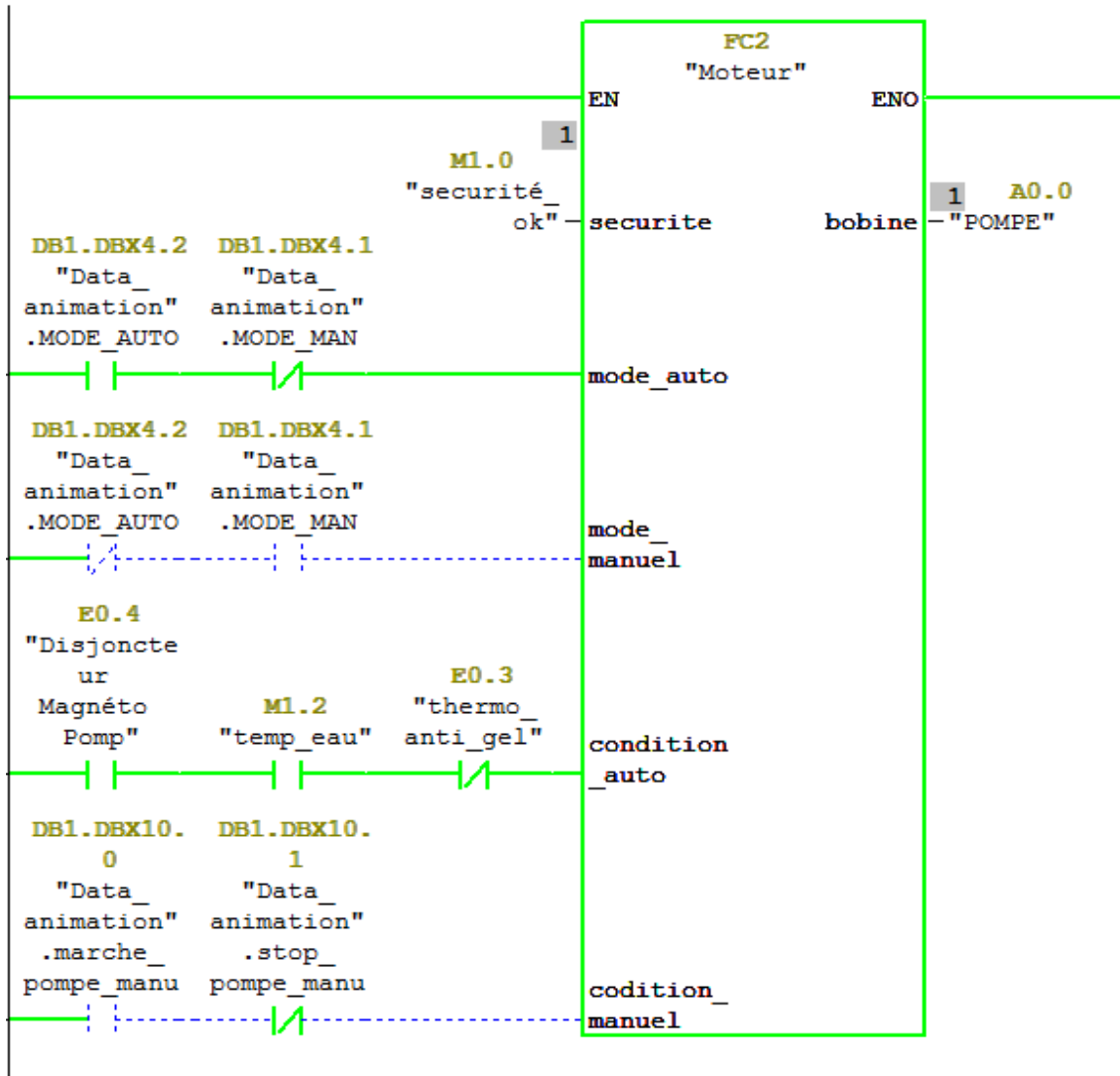


Figure III-28 : Démarrage de la pompe en mode automatique

✓ Électrovanne

La figure III-29 illustre l'activation de l'électrovanne en mode automatique qui permet le passage du fluide frigorigène à l'évaporateur si la température est supérieure à 10 ° C :

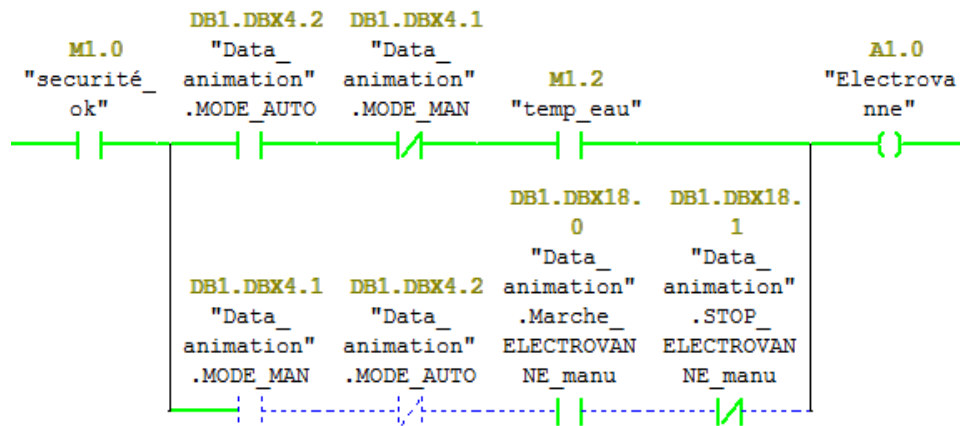


Figure III-29: Electrovanne de la conduite liquide en mode automatique

✓ Démarrage des ventilateurs

La figure III-30 montre le programme de démarrage des ventilateurs en mode automatique après la vérification des conditions de sécurités et aussi la valeur de la haute pression qui doit être supérieur à 19 Bars :

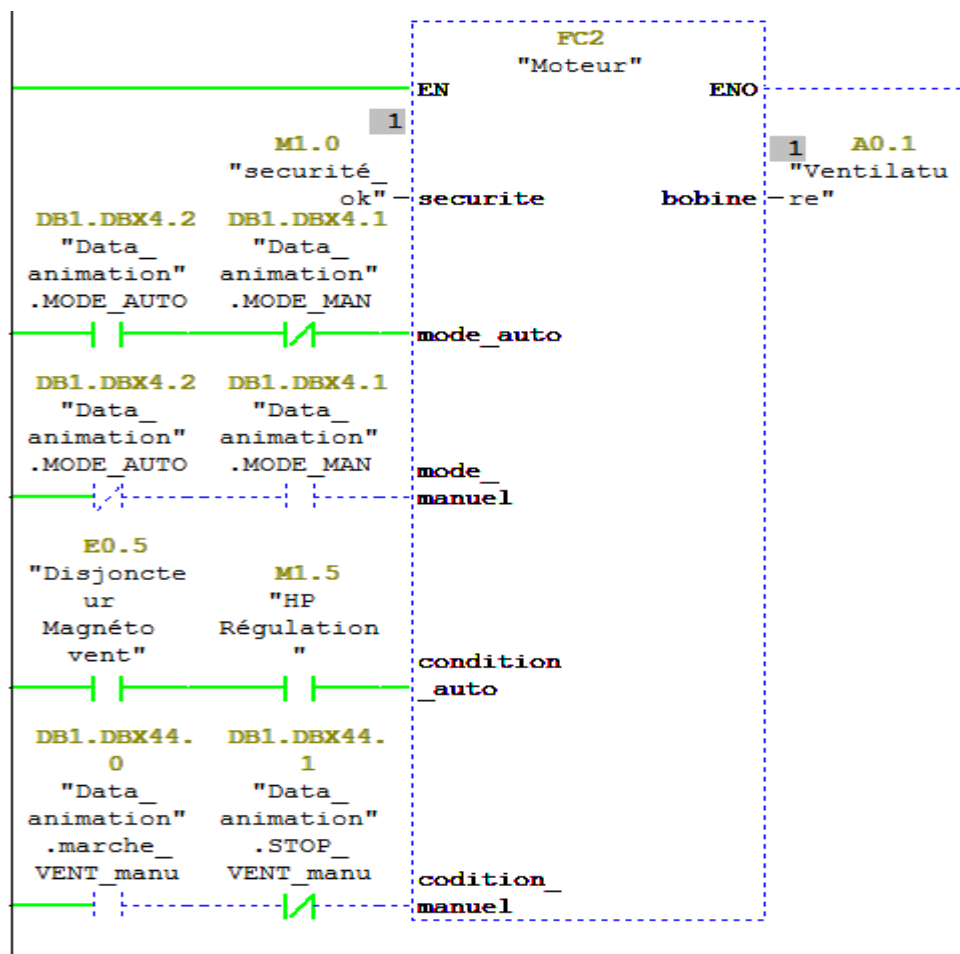


Figure III-30 : Démarrage des ventilateurs en mode automatique

✓ Démarrage du compresseur

Le compresseur démarre si toutes les conditions de sécurités sont satisfaites, l'électrovanne de la ligne liquide est ouverte, et la valeur de la température supérieure à 10 °C, comme le montre la figure III-31 et la figure III-32 :

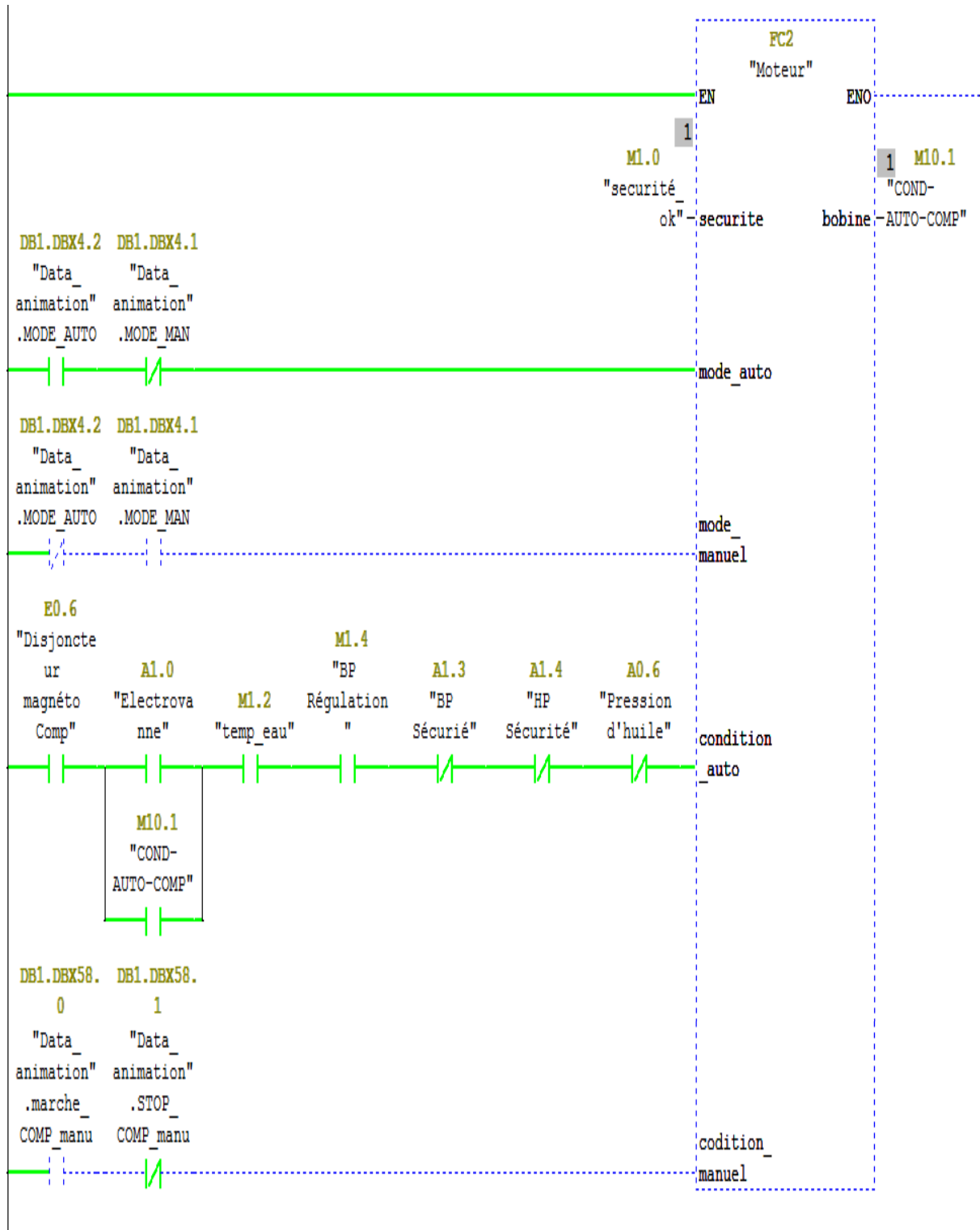


Figure III-31: Condition de démarrage du compresseur.

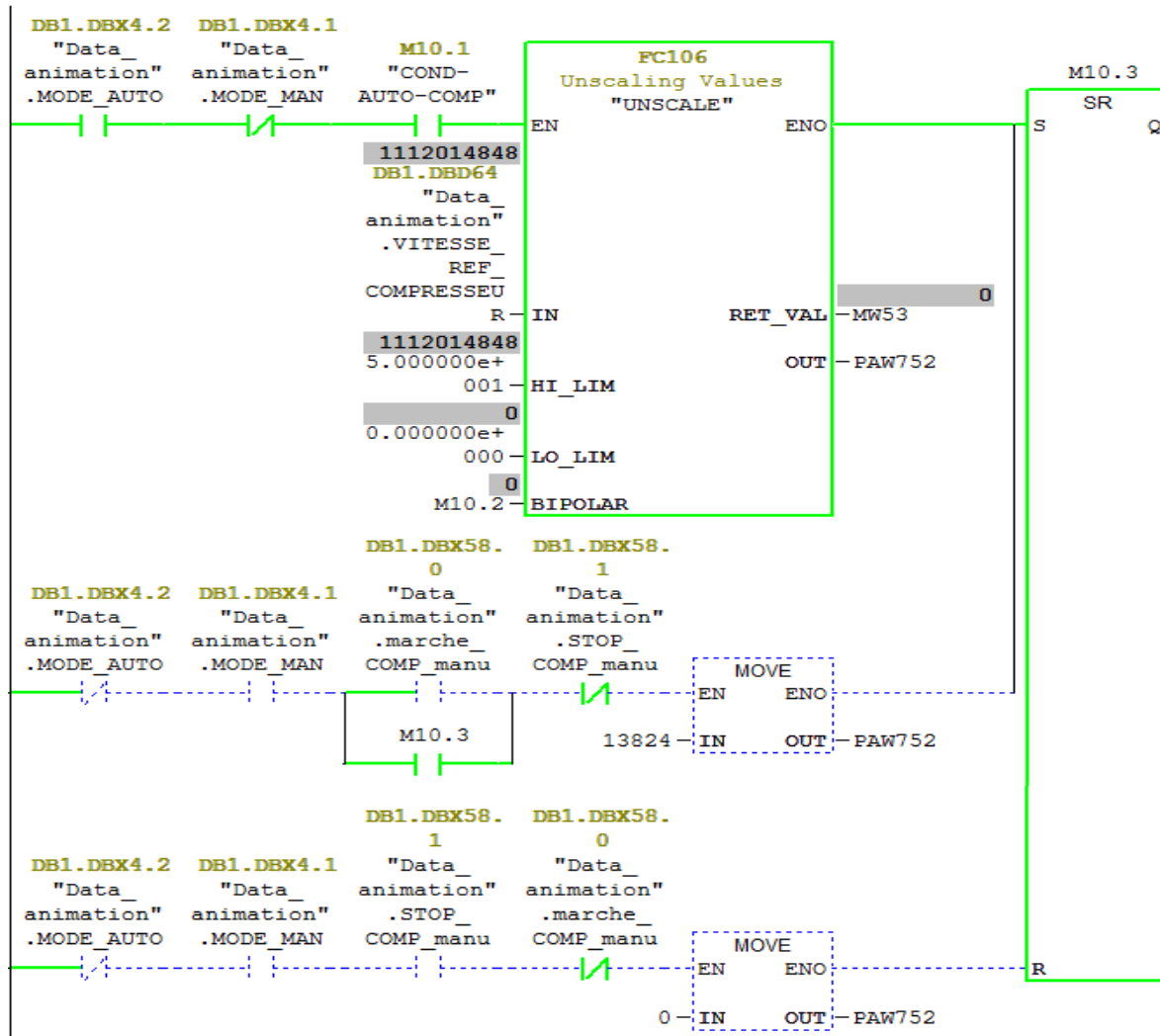


Figure III-32: Démarrage du compresseur en mode automatique.

✓ Simulation du programme

L'application de simulation du module S7-PLCSIM offre une interface simple au programmeur pour exécuter, tester et corriger les erreurs de programmation, en visualisant et en forçant les différents paramètres, variables d'entrées et de sorties. Voir la figure III-33 :

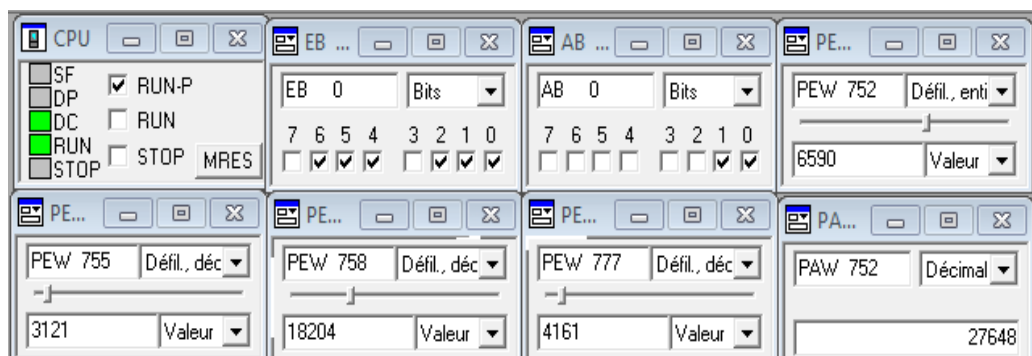


Figure III-33 : Fenêtre du simulateur S7-PLCSIM.

✓ **Table des mnémoniques**

Une mnémonique est un nom que l'utilisateur définit en respectant les règles de la syntaxe imposée. Il est destiné à rendre le programme lisible et aide à gérer facilement le grand nombre des variables du programme. Ce nom donné à l'adresse d'une variable pourra être utilisé directement dans le programme une fois les affectations terminées.

La figure III-34 illustre la table des mnémoniques de notre projet :

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1	Alarmes	FC 7	FC 7	
2	Animation	FC 6	FC 6	
3	AU_ARMOIRE	E 0.1	BOOL	
4	AU_PUPITRE	E 0.0	BOOL	
5	BP Régulation	M 1.4	BOOL	
6	BP Sécurié	A 1.3	BOOL	
7	compresseur	FC 3	FC 3	
8	COND-AUTO-COMP	M 10.1	BOOL	
9	Data_animation	DB 1	DB 1	
1	Disjoncteur mag...	E 0.6	BOOL	
1	Disjoncteur Magn...	E 0.4	BOOL	
1	Disjoncteur Magn...	E 0.5	BOOL	
1	Electrovane	A 1.0	BOOL	
1	HP Régulation	M 1.5	BOOL	
1	HP Sécurité	A 1.4	BOOL	
1	l'echel	FC 9	FC 9	
1	Moteur	FC 2	FC 2	
1	Moteur-Compres...	A 0.2	BOOL	
1	POMPE	A 0.0	BOOL	
2	Pompe_Electrovane	FC 8	FC 8	
2	Pression d'huile	A 0.6	BOOL	
2	pression d'huile 1	FC 10	FC 10	
2	RELAIS_PHASE	E 0.2	BOOL	
2	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
2	sécurité	FC 1	FC 1	
2	securité_ok	M 1.0	BOOL	
2	temp_eau	M 1.2	BOOL	
2	thermo_anti_gel	E 0.3	BOOL	
2	Traitement_vale...	FC 5	FC 5	
3	UNSCALE	FC 106	FC 106	Unscaling Values
3	ventilateur	FC 4	FC 4	
3	Ventilature	A 0.1	BOOL	
3				

Figure III-34 : Table des mnémoniques.

III.8. Conclusion

Dans la première partie de ce chapitre nous avons présenté d'une façon détaillée les caractéristiques de l'automate programmable industriel et son application dans l'industrie, et les différents langages de programmation.

Dans la deuxième partie nous avons exposé le programme du système de refroidissement que nous avons réalisé à l'aide de logiciel STEP7, et que nous avons testé avec application S7-PLCSIM.

Dans le dernier chapitre une plateforme de supervision sera développée, pour permettre le contrôle et la supervision du système de refroidissement à temps réel.

Chapitre IV

Supervision du processus du refroidisseur



IV.1. Introduction

Les systèmes automatisés deviennent plus en plus complexes pour faciliter leurs contrôles et leurs gestions, des nouvelles interfaces sont apparues permettant d'élargir les possibilités de dialogue. Ces nouvelles interfaces sont basées sur des échanges de messages numériques et alphanumériques et sur la représentation de machines ou d'installations par de l'imagerie animée. Elles apportent non seulement une aide significative pour la conduite d'exploitation, mais aussi une aide au diagnostic et de larges possibilités de suivi de production et de contrôle de qualité

L'IHM (Interface Homme Machine) constitue une passerelles d'échange entre les opérateurs et les équipements industriels.

Ce chapitre est consacré à l'étude d'un système de supervision avec le logiciel WinCC flexible pour visualiser l'état de fonctionnement de notre processus de refroidissement afin de surveiller et de détecter les anomalies qui peuvent survenir au cours du fonctionnement du procédé.

IV.2. Supervision industrielle

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme-Machine. Elle sert à représenter et à surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé. Le système assure aussi un rôle de gestionnaire des alarmes, d'archivage pour la maintenance, le traçage des courbes, l'enregistrement de l'historiques des défauts et le suivi de la production. Les fonctions de la supervision sont nombreuses, on peut citer [11] :

- Elle répond à des besoins nécessitant, en général, une puissance de traitement importante des installation complexes ;
- Elle assure la communication entre les équipements d'automatisme et les outils informatiques de gestion de la production ;
- Elle coordonne le fonctionnement d'un ensemble de machines enchaînées constituant une ligne de production, en assurant l'exécution d'ordres communs (marche, arrêt,) et des tâches telles que la synchronisation ;
- Elle assiste l'opérateur dans les opérations de diagnostic et de maintenance.

IV.3. Structure d'un système de supervision

La majorité des systèmes de supervision se compose, généralement, d'un moteur central (Logique) auquel se rattachent des données provenant des équipements (automate). Ce moteur central assure l'affichage, le traitement et l'archivage des données, ainsi que la communication avec d'autres périphériques (Figure IV-1).

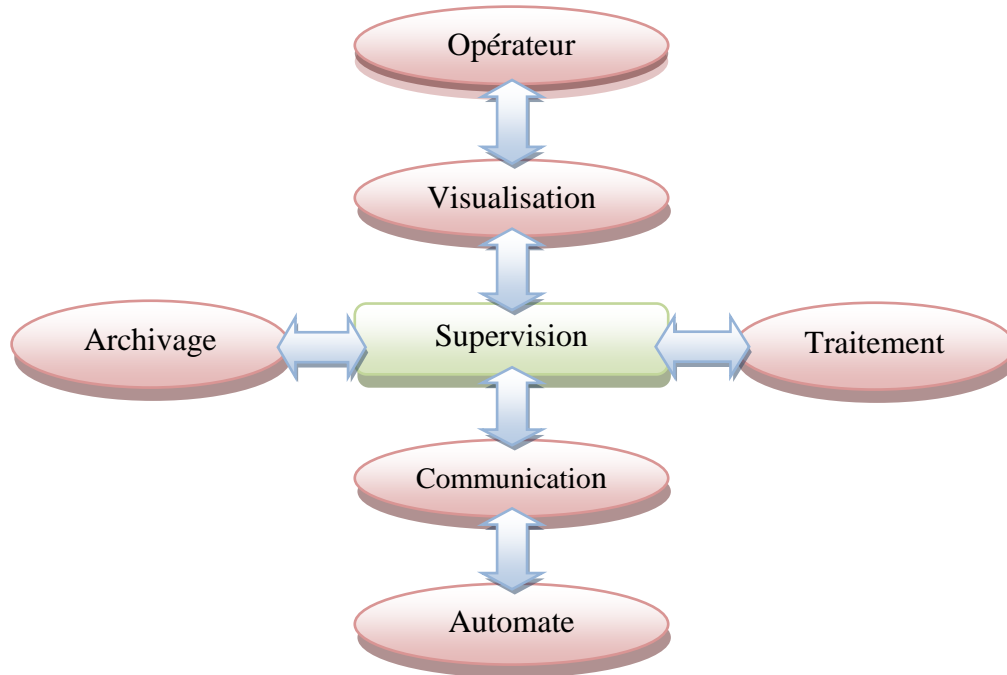


Figure IV-1 : Structure d'un système de supervision.

IV.3.1. Module de visualisation

Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition des opérateurs des éléments d'évaluation du procédé par ses volumes de données instantanées [17].

IV.3.2. Module d'archivage

Il mémorise des données pendant une longue période, et permet l'exploitation des données par des applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de production [17].

IV.3.3. Module de traitement

Il permet de mettre en forme les données, afin de les présenter, via le module de visualisation, aux opérateurs sous une forme prédéfinie [17].

IV.3.4. Module de communication

Le module de communication assure l'acquisition, le transfert des données et gère la communication avec les automates programmables industriels et autres périphériques [17].

IV.4. Rôle d'une Interface Homme Machine IHM

Interface Homme Machine est un dispositif qui permet le dialogue entre l'opérateur et la machine. Une IHM réalise deux fonctionnalités :

- Présenter des informations à l'opérateur ;
- Permettre à l'opérateur d'agir sur le système en introduisant des commandes ou des consignes.

IV.5. Avantage de la supervision

Un système de supervision donne de l'aide à l'opérateur dans la conduite du processus industriel. Son but est de présenter à l'opérateur des résultats expliqués et interprétés. Ses avantages principaux sont :

- Assistance de l'opérateur dans ses actions de commande du processus de production (interface IHM dynamique...);
- Visualisation de l'état, l'évolution d'une installation automatisée et le contrôle de ses processus, avec une mise en évidence des anomalies (alarmes) ;
- Collecte d'informations en temps réel sur des processus depuis des sites distants (machines, ateliers, usines...) et leur archivage ;

IV.6. Présentation du logiciel WinCC Flexible

WinCC (Windows Control Center) est un logiciel de supervision développé par siemens. Il est caractérisé par sa flexibilité, c'est-à-dire qu'il peut être utilisé par un automate hors siemens.

Ce logiciel permet de créer une interface homme machine (IHM) graphique, qui assure la visualisation et le diagnostic du procédé. Il permet la saisie, l'affichage et l'archivage des données, tout en facilitant les tâches de conduite et de surveillance aux exploitants. Il offre une bonne solution de supervision, car il met à la disposition de l'opérateur des fonctionnalités adaptées aux exigences d'une installation industrielle [16].

IV.7. Supervision du processus du refroidisseur

Le développement d'une solution de supervision d'une application quelconque consiste à créer un objet graphique. Dans ce projet, tous les éléments nécessaires à la commande et au contrôle du système doivent être créés et configurés en citant les différentes vues du système, les variables et les différentes alarmes du projet.

Pour la supervision du processus du refroidisseur :

- Création du projet à partir de SIMATIC Manager ;
- Création des vues ;
- Configuration des alarmes ;
- Changement des vues ;
- Visualisation du processus.

IV.7.1. Création du projet avec WinCC

Pour réaliser une interface graphique à l'aide du WinCC flexible on doit procéder aux étapes suivantes :

Étape 1 : Double clic sur l'icône de WinCC flexible qui se trouve dans le bureau.



Figure IV-2: SIMATIC WinCC flexible 2008

Étape 2 : Dans cette étape on va créer un nouveau projet par un clic sur nouveau projet, comme montrer sur la figue II-3 :

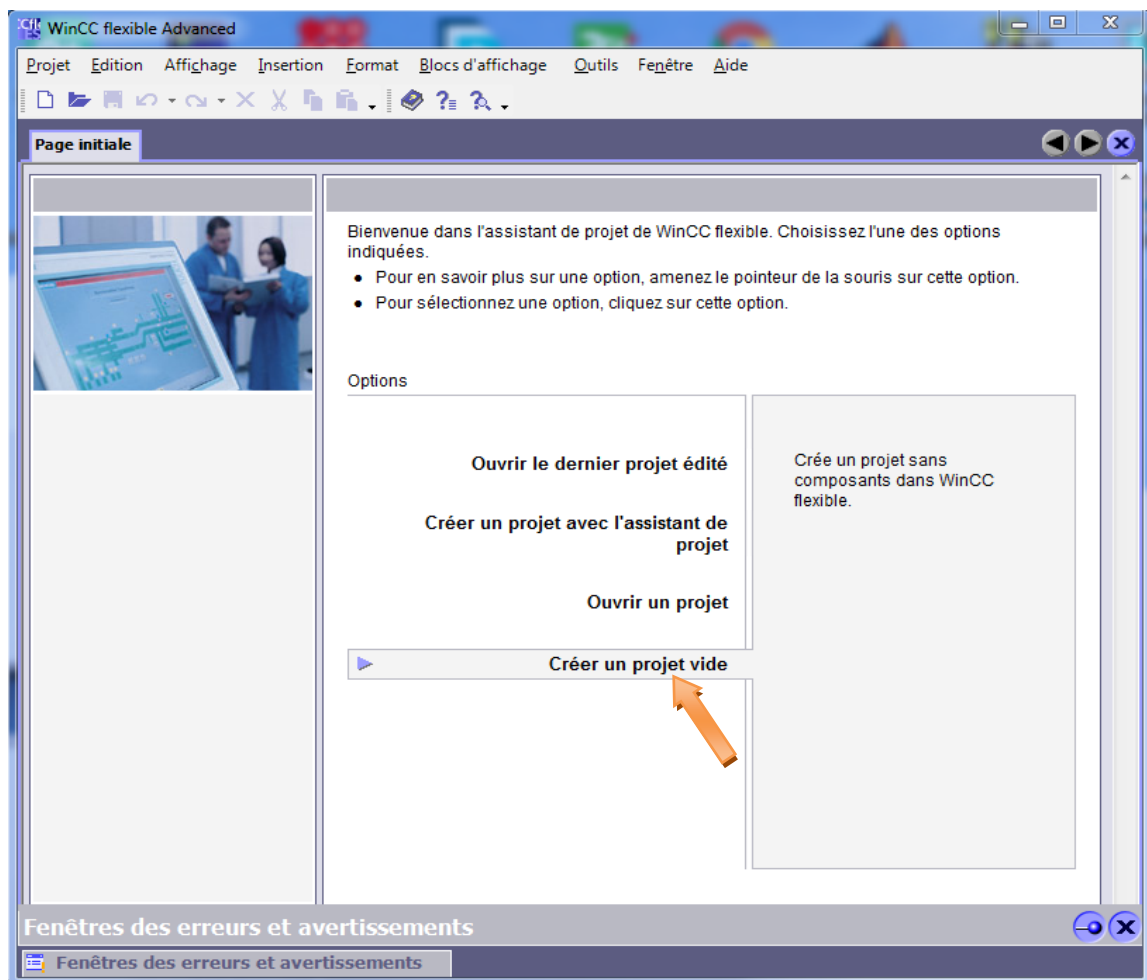


Figure IV-3 : Création d'un nouveau projet.

Etape 3 : Après la création du nouveau projet, il faut choisir le pupitre opérateur qui est dans notre cas le PC (ordinateur portable), puisque nous allons superviser directement avec notre PC.

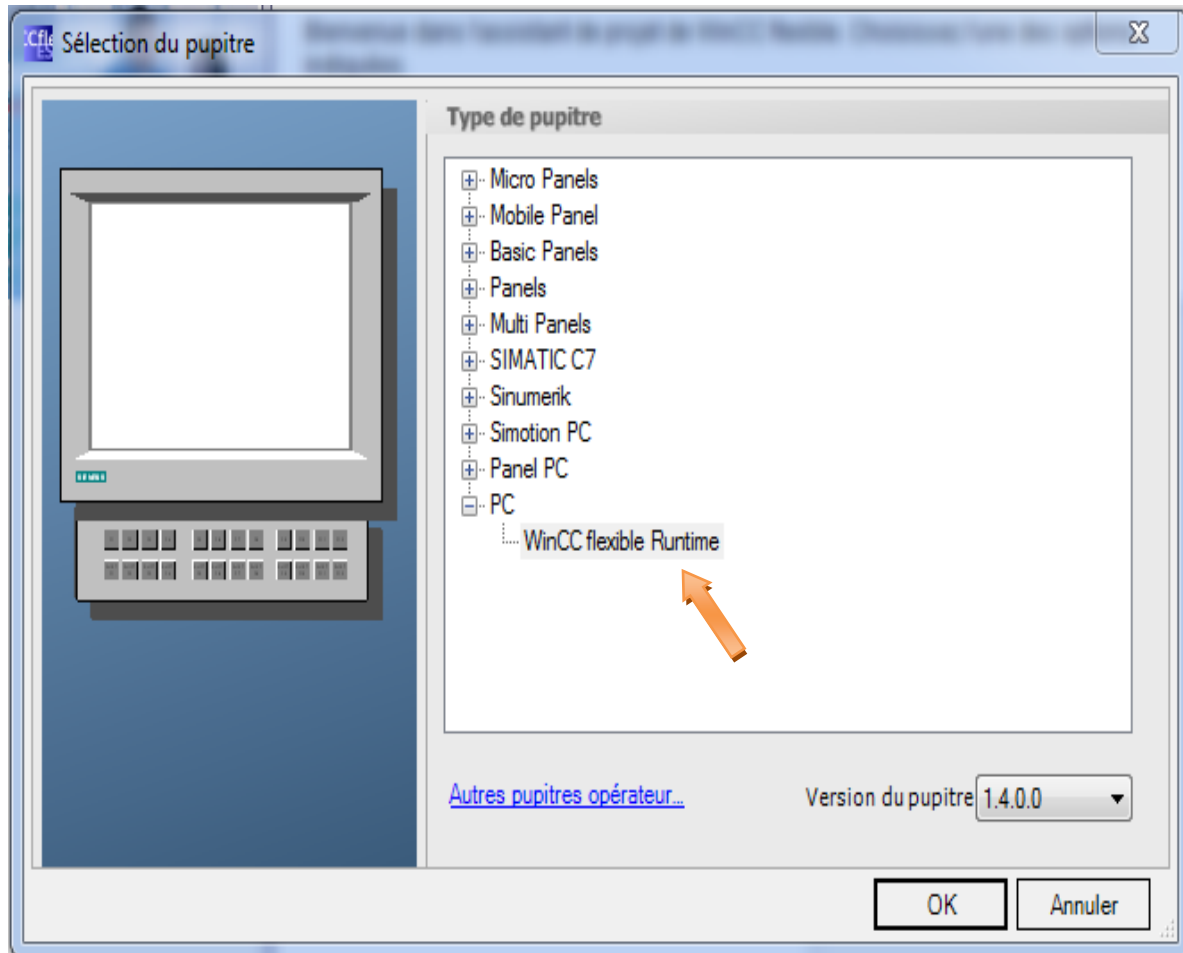


Figure IV-4 : Choix du pupitre opérateur.

Etape 4 : Cette étape montre comment intégrer le projet créé avec le WinCC dans le projet Step7, on doit cliquer sur l'icône projet dans le logiciel WinCC puis sur intégrer dans le projet Step7 comme le montre la figure IV-5 :

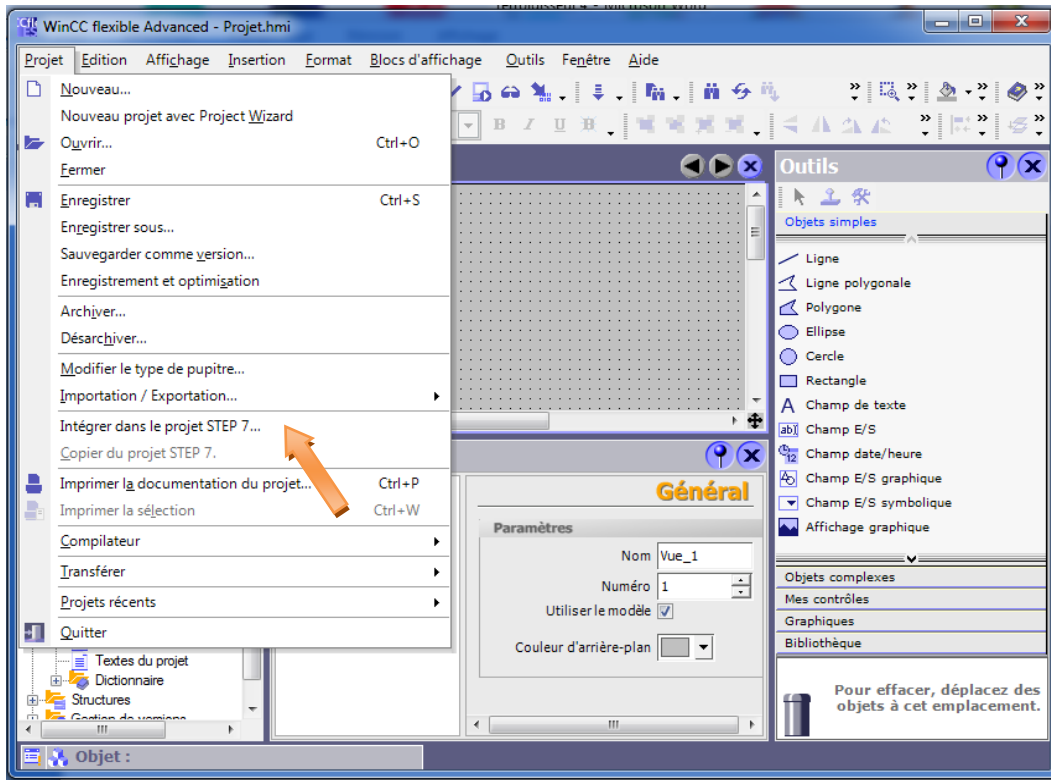


Figure IV-5 : Intégrer dans le STEP 7

IV.7.2. Interface de programmation MPI

Une liaison MPI est nécessaire pour programmer un SIMATIC S7-300 depuis le PC ou la PG. MPI signifie Multi Point Interface (interface multipoint) et est une interface de communication utilisée pour la programmation, le contrôle-commande avec IHM et l'échange de données entre des CPU SIMATIC S7. Voir la figure IV-6 :

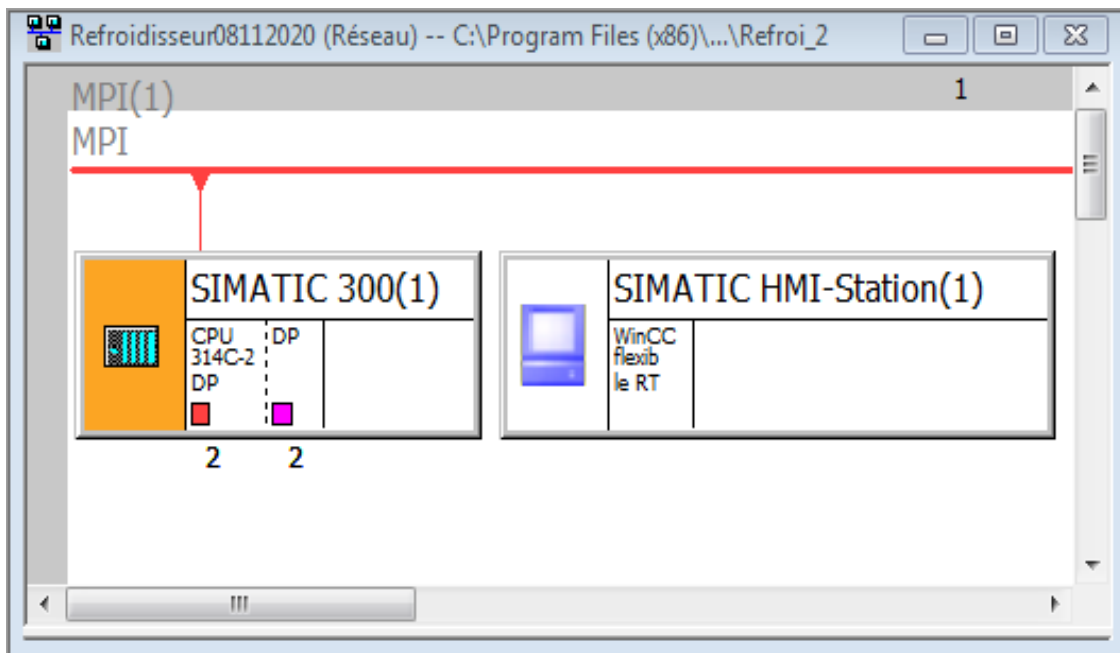


Figure IV-6 : L'interface MPI sur Step7.

IV.7.3. Planche de Supervision du refroidisseur

La figure IV-7 contient la liste des vues créées dans notre projet, qui va nous permettre de commander, contrôler et superviser le processus du refroidisseur.

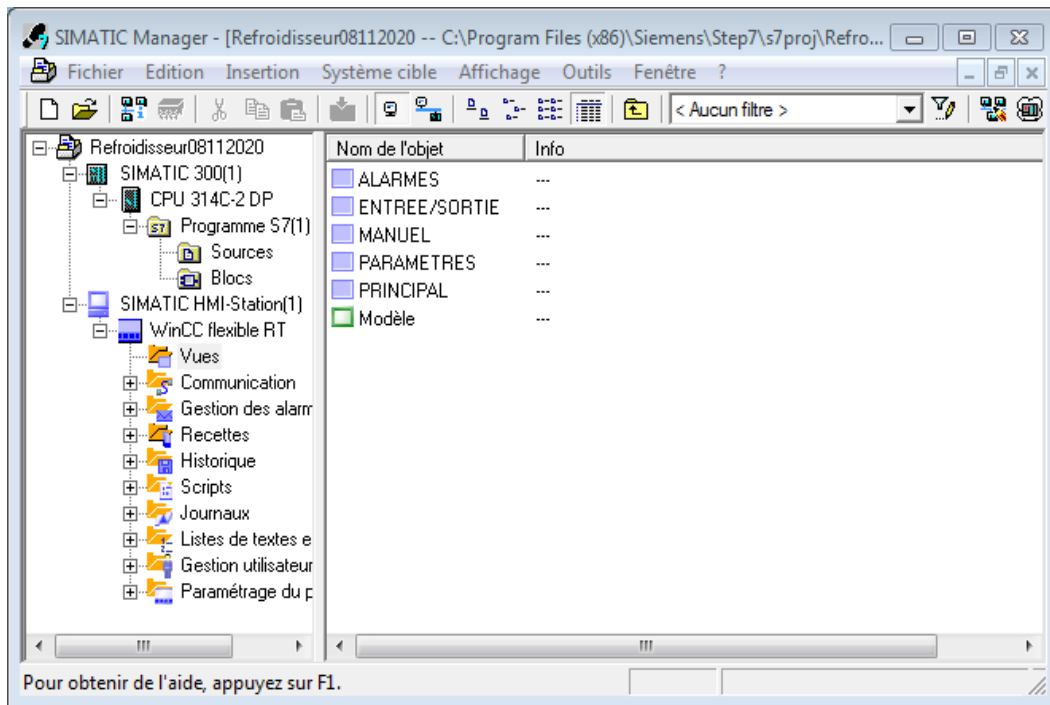


Figure IV-7 : Liste des vues du pupitre.

➤ Vue – Principal

La figure IV-8 montre la vue principale, dans cette vue l’opérateur peut choisir le mode de fonctionnement (automatique, manuel ou bien le mode stop) :



Figure IV-8 : Vue Principal

➤ **Vue – Manuel**

La vue montrer sur la figure IV.9, permet à l’opérateur de commander manuellement la pompe, l’électrovanne, les ventilateurs et le compresseur de notre processus. Ce mode est utilisé lors de la maintenance du refroidisseur :

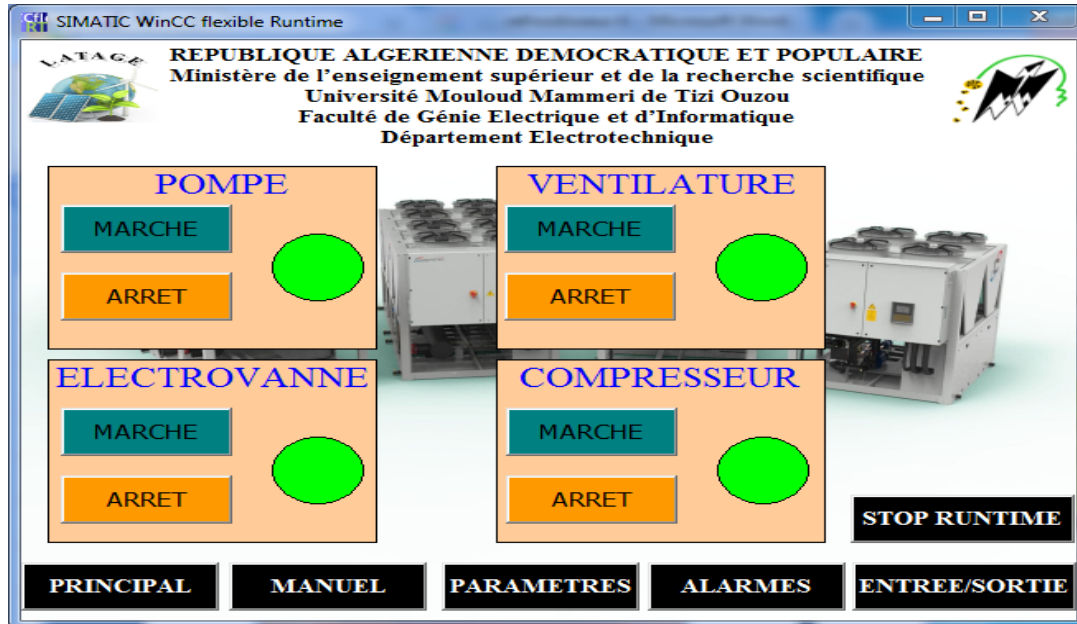


Figure IV-9 : Vue manuel

➤ **Vue – Paramètres**

La figure IV-10 montre la vue des paramètres des différents capteurs analogiques de processus de refroidisseur :

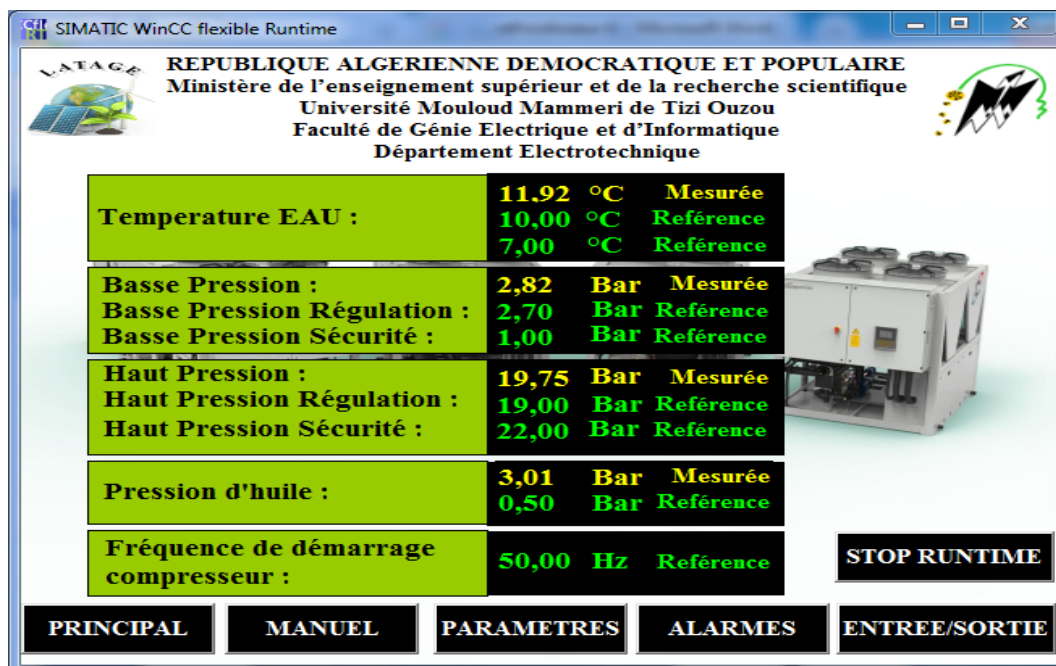


Figure IV-10 : Vue des paramètres

➤ **Vue – Entrées/ Sortie**

Cette vue permet de visualiser les états d’entrées/ sorties de notre processus de refroidisseur. Comme illustré sur la figure IV-11 :

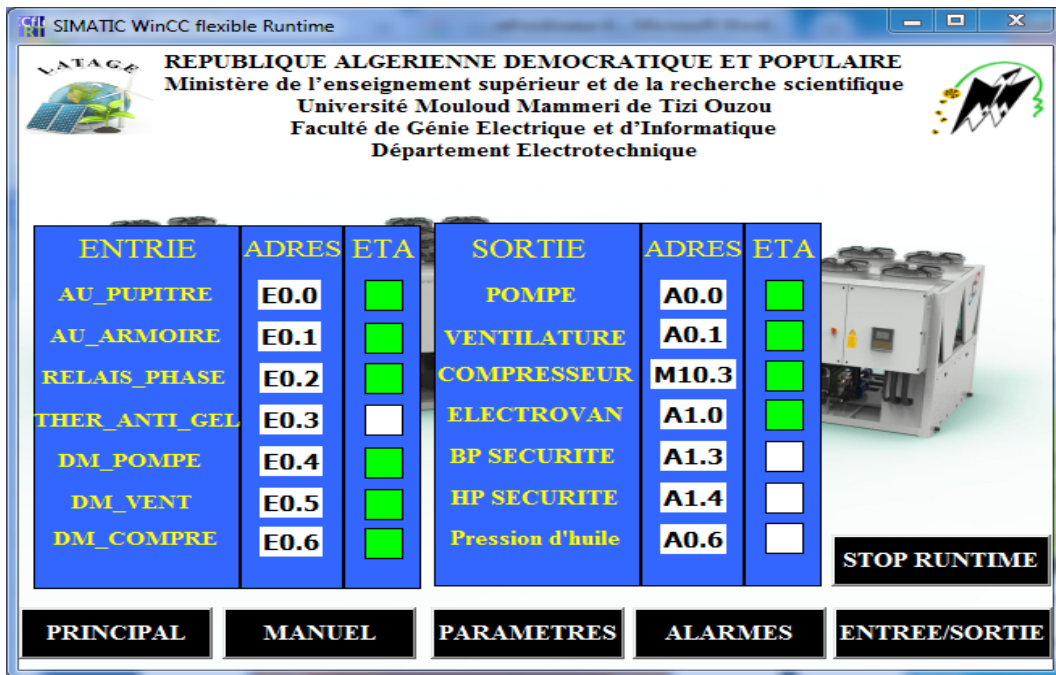


Figure IV-11 : Vue des entrées/ sorties

➤ **Vue – Alarmes**

En cas d’un défaut, une alarme sera signalée à l’instant de son apparition. Comme montre la figure IV-12 et figure IV-13 :

La vue donnée par la figure IV-12 montre qu’aucune alarme n’est détectée.

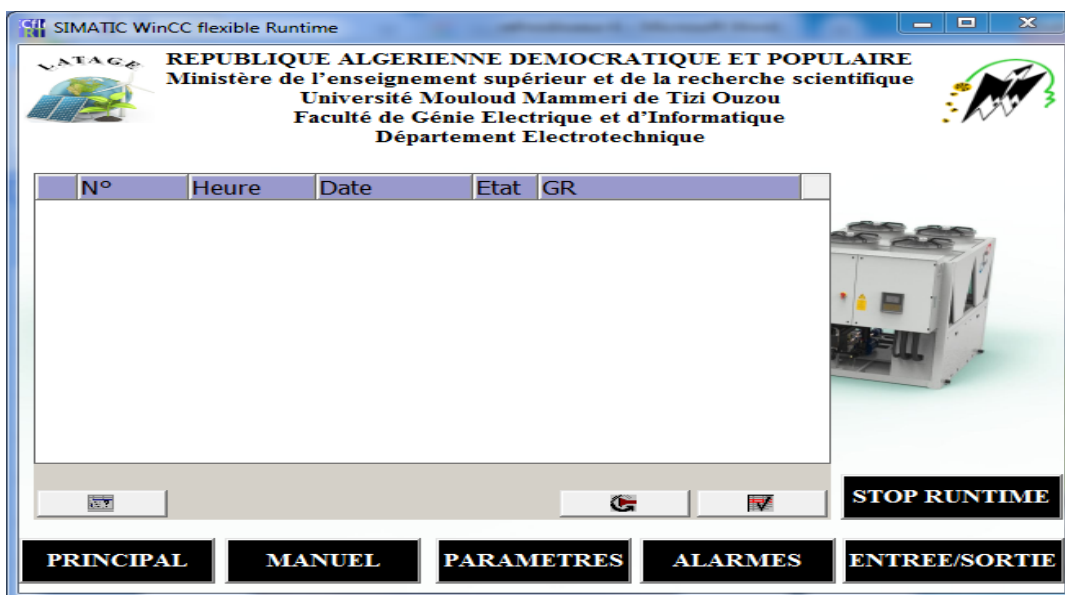


Figure IV-12 : Vue des alarmes.

La vue de figure IV-13 montre qu'une alarme est détectée par le capteur basse pression.

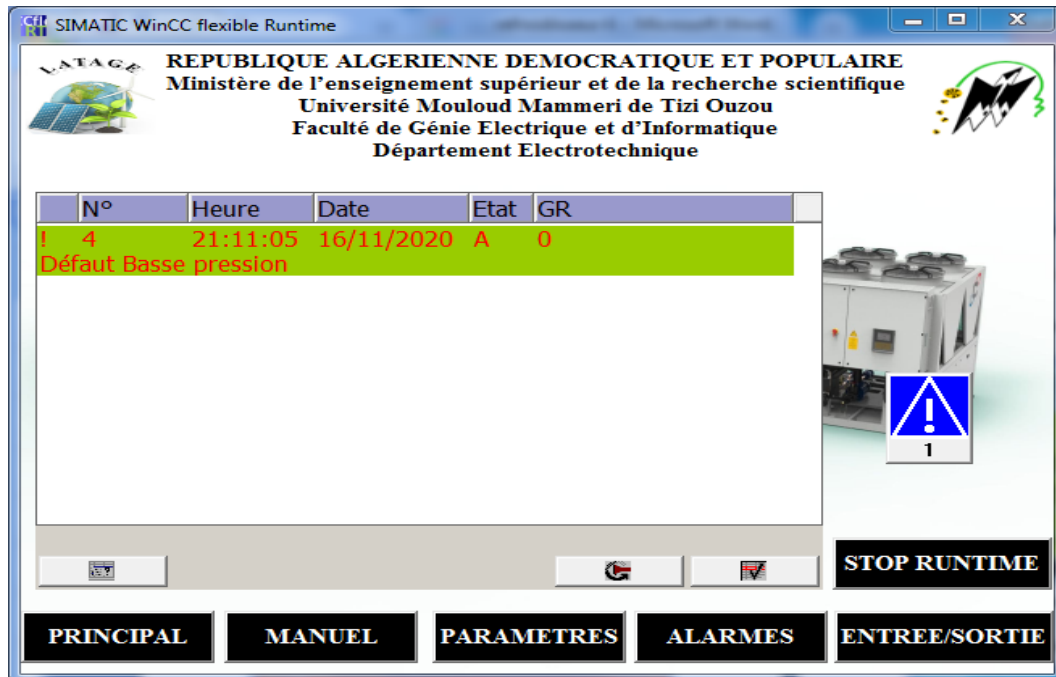


Figure IV-13 : Vue des alarmes.

IV.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu général sur la supervision, ainsi qu'une présentation du logiciel WinCC flexible et les étapes à suivre pour la création d'une interface homme machine IHM pour superviser le processus du refroidisseur.

Cette solution permettra de suivre le bon fonctionnement du système du refroidisseur à temps réel ainsi que de faciliter le diagnostic des erreurs, la localisation des défauts et l'intervention rapide.

A decorative border with a scalloped, wavy edge surrounds the entire page. The border is drawn with a thick black line.

Conclusion générale

Durant la période de ce travail réalisé au niveau du laboratoire LATAGE, et grâce aux informations fournies par l'entreprise CIVITAL, une opportunité d'approfondir nos connaissances acquises au cours de cette formation et de les confronter dans une étude de simulation à un réel problème industriel nous a permis d'acquérir de l'expérience dans le domaine industriel.

Après avoir présenté le processus du refroidisseur d'une manière générale, ainsi que son principe de fonctionnement et ses composants, nous avons élaboré son GRAFCET.

La programmation de la commande du système de refroidissement est effectuée avec le logiciel Step7 pour les automates siemens, afin de valider d'assurer le bon fonctionnement du programme développé, une simulation de ce dernier est effectuée avec le simulateur S7-PLCSIM.

Après le développement d'une solution de commande, et afin de faciliter le contrôle, la conduite et la surveillance du système, nous avons développé une supervision du processus du refroidisseur sous le logiciel WinCC flexible.

L'expérience acquise durant ce travail nous a aidé à améliorer nos connaissances dans le domaine de l'automatisation industrielle, et à nous familiariser le logiciel Step7 pour la programmation des automates S7-300 et logiciel de supervision WinCC flexible.

Nous espérons enfin que ce travail sera une meilleure solution à la problématique posée, tout en souhaitant que les promotions futures puissent trouver dans ce mémoire une méthodologie d'automatisation d'un système industriel et comme document d'apprentissage pour la programmation avec le Step7.

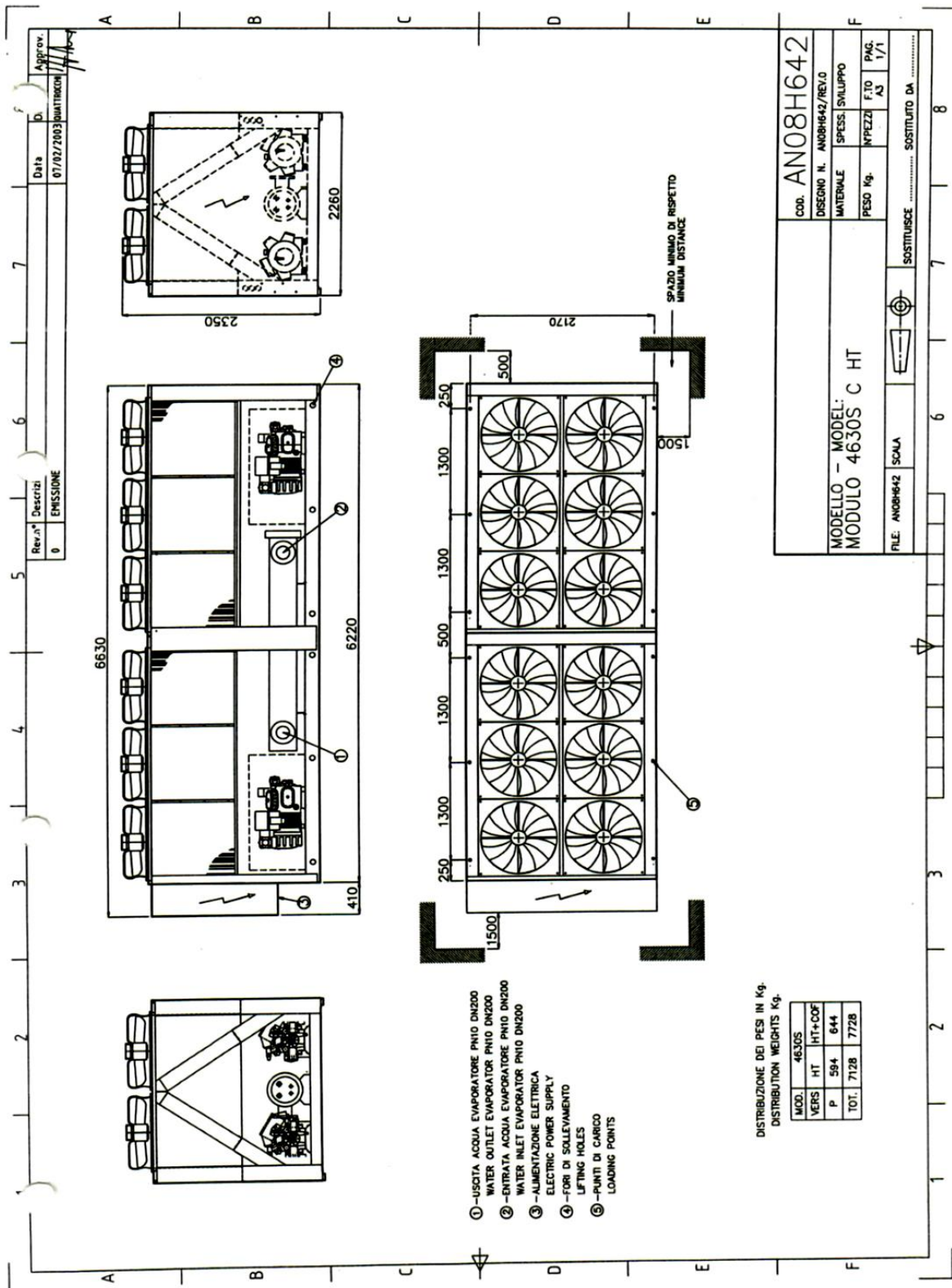
A l'issue de ce travail il se dégage quelques perspectives tels que :

- Dimensionnement et conception de l'armoire de commande ;
- Mise en place d'un système de télémaintenance.

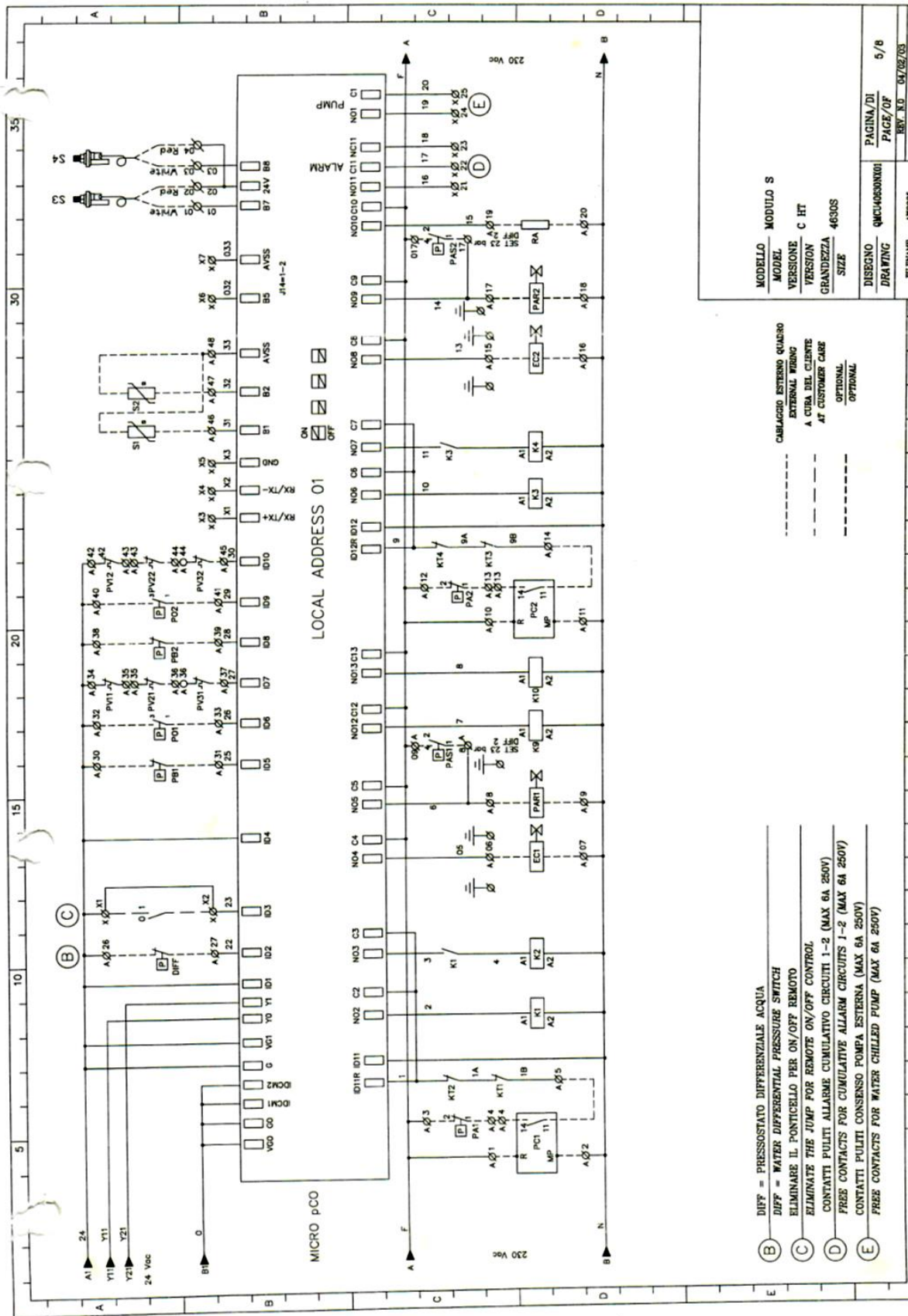
A decorative border with a scalloped, wavy pattern surrounds the central text.

Annexes

Annexe 1 : Dimensionnement de refroidisseur



Annexe 2 : Circuit de commande



MODELLO	MODULO S
VERSIONE	C HT
GRANDEZZA	4630S
SIZE	

--- CABLAGGIO ESTERNO QUADRO
 EXTERNAL WIRING
 --- A CURA DEL CLIENTE
 AT CUSTOMER CARE
 --- OPTIONAL
 --- OPTIONAL

- (B) DIFF = PRESSOSTATO DIFFERENZIALE ACQUA
DIFF = WATER DIFFERENTIAL PRESSURE SWITCH
- (C) ELIMINARE IL PONTICELLO PER ON/OFF REMOTO
ELIMINATE THE JUMP FOR REMOTE ON/OFF CONTROL
- (D) CONTATTI PULITI ALLARME CUMULATIVO CIRCUITI 1-2 (MAX 6A 250V)
CONTACTS FOR CUMULATIVE ALARM CIRCUITS 1-2 (MAX 6A 250V)
- (E) CONTATTI PULITI CONSENSO POMPA ESTERNA (MAX 6A 250V)
FREE CONTACTS FOR WATER CHILLED PUMP (MAX 6A 250V)

DISEGNO	QUICLACSONNOI	PAGINA/DI	5/8
DRAWING		PAGE/OF	
		REV. NO	04/02/03

A decorative border with a scalloped, wavy edge surrounds the central text.

Références

Bibliographique

- [1] : ABDELOUAHED Dahmani. « Utilisation des éjecteurs pour améliorer les performances des systèmes de réfrigération ». Mémoire de maîtrise. Université De Sherbrooke (CANADA). 2011.
- [2] : Guide d'utilisateur. « Centrale frigorifique ». Version manuel : 1.1 - 09/09/97
- [3] : Guide d'utilisateur. « Refroidisseur WKL 3580 – 4 HT, AWA ENERSAVE 4440 ZC HT ». 19/04/2005.
- [4] : Christophe PREVE-robert JANNOT « schneider Electric : Guide de conception des réseaux électriques industriels ». Février 1997.N° 6883427/A.
- [5] : Amir HAMED « Technologie des installations : Guide des Connaissances Scientifiques, Techniques et Réglementaires ». 20/2/2015.
- [6]. AERKANE.A « centralisation des plateformes de supervision des chaines de productions automatisées ». Mémoire de fin d'étude. Département Automatisation et électrification des procédés industriel Boumardes. 2011.
- [7] : MERLAUD.C, PERRIN. J, TRICHARD. J « Automatique informatique industrielle » édition 1995
- [8] : Mr BERGOUGNOUX.L « Automates Programmables Industriels ». POLYTECH Marseille. Édition 2004–2005
- [9] : A. NAIT ABDESSELAM, « Etude et amélioration d'un massicot automatisé par Automate programmable S7-200 à l'entreprise AURES AMBALLAGES ». Mémoire de fin d'étude. De Génie Electrique Et D'informatique. Département d'automatique. 2018.
- [10] : Bouamoud Mohamed El Amine, Brahmi Sofiane Maamar. « Automatisation d'une station de lavage : étude, programmation et simulation par Step7 ». Mémoire de fin d'étude. Université Dr. Tahar Moulay de Saïda Faculté des Sciences et de la Technologie Département d 'Electrotechnique. 2015-2016.
- [11] : CHERCHOUR Hamza, CHAHBOUNE Mohamed Lamine « commande et supervision d'un processus de fabrication de margarine via un automate programmable » Mémoire de fin d'étude. Edition 2015.
- [12] : Laurence BERGOUGNOU. « Automate programmables ». plytec a Marseille département de mécanique énergétique 2^{ème} année option S.I.I.C. 2004.2005
- [13] : HOCINI Karim, BELMELLAT Kahina. « Automatisation du système de système de traitement de surface par immersion à l'ENIEM à l'ENIEM ». Mémoire de fin d'étude. 2012.
- [14] : SEBKHI Roza, RAHMANI Souhila. « Régulation et Supervision d'une station de création de vide à base des automates Siemens, réalisé à Cevital – Bejaia ». Université

Abderrahmane MIRA-BEJAIA Faculté de Technologie. Département d'Automatique, télécommunication et d'Electronique. 2016.

[15] : BOURFIS Safia, BOUCHERAK Zohra, BENSEDDIK Taous. « Télédagnostic d'une machine industrielle (VOUMARD) via réseau internet au niveau de la SNVI ». Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Faculté génie électrique. Département électronique. 2009.

[16] : GRISLIN, Martial. « Définition d'un cadre pour l'évaluation a priori des Interfaces Homme-Machine dans les systèmes industriels de supervision ». Thèse de doctorat. 1995.

[17] : BENAMRANE Belaid, « HAMRANI Hocine. Automatisation des pompes d'extraction de la centrale thermique de CAP-DJINET ». Mémoire de fin. Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou. Faculté Génie Electrique Et informatique Département D'automatique. 2018.

[18] : TOUHAMI, Abdelhakim. « Programmation de la séquence de concassage et de transport de la matière d'ajout au ciment par l'automate S7-300 ». Université Mohamed Khider de Biskra Faculté des Sciences et de la Technologie. Département de génie électrique. 2018/2019.