

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البلدية
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الآلية والالكتروتقتي
Département d'Automatique et Electrotechnique



Mémoire de Master

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et Informatique Industriel

Présenté par

Kaci Rayane

&

Mammar Ikram

Etude et réalisation d'un système de contrôle d'une tour de refroidissement industrielle.

Proposé par : Mr. Bennila Noureddine & Mr.Ameur Abdelatif

Année Universitaire 2022-2023

Nous avons le plaisir de réserver ces lignes pour exprimer notre reconnaissance à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Tout d'abord , nous remercions Allah de nous avoir aidé et nous avoir donnés patience, la force et le courage durant ces longues années d'études.

Nous tenons également à remercier notre promoteur, Monsieur Bennila Noureddine, pour son aide, sa patience, sa disponibilité, ses précieux conseils, pour nous encourager et la confiance qu'il nous porte. Nous lui exprimons toute notre gratitude et notre respect pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail depuis le début.

Aussi , nous remercions notre co-promoteur, Monsieur Abdelatif Ameer pour l'aide précieuse qu'il nous ait apportés, lors de notre stage .

Nous voulons remercier chaleureusement nos parents , qui nous ont soutenus et aidés, nous permettant ainsi de rester moralement forts malgré les conditions sanitaires que nous traversons. Leur soutien inestimable a été d'une grande aide pour nous.

Nous souhaitons remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre étude en acceptant d'examiner notre travail.

Enfin, nous voudrions remercier tous nos collègues d'étude, surtout ceux de notre promotion.

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chères parents, les piliers solides qui m'ont soutenue tout au long de mon parcours d'études, qui ont été mes premiers mentors et qui m'ont inculqué des valeurs d'effort, de détermination et de persévérance. Votre présence a illuminé mon chemin académique et a façonné la personne que je suis aujourd'hui. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive

*À mes frères **Abderrahmane** et **Abderraouf** et ma sœur **Sara**, pour leur amour inconditionnel et leurs encouragements sincères. Votre présence a apporté de la joie à chaque étape de ce parcours.*

À mes amis proches, qui ont été ma bouée de sauvetage lors des moments difficiles. Vos encouragements, vos rires et votre soutien indéfectible m'ont aidé à garder le cap et à surmonter les obstacles.

*À mon binôme **Kaci Rayane**, je tiens à te remercier pour les moments de partage, d'encouragement et de soutien moral que nous avons vécus ensemble. Nos efforts conjoints, notre travail acharné et notre volonté commune d'atteindre l'excellence ont été la clé de notre succès. Que cette réussite soit une étape marquante dans notre parcours*

Mammar Ikram

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

À mes très chers parents, vous m'avez encouragée à poursuivre mes rêves et à croire en moi-même. Votre confiance en mes capacités a été une source d'inspiration constante. Vous avez été mes plus grands champions, toujours présents pour m'encourager et me soutenir dans chaque étape de ma vie étudiante. Votre présence et votre soutien ont été le socle sur lequel j'ai construit ma réussite. Que Dieu, le Très Haut, vous comble de santé, de bonheur et vous accorde une longue vie

*À mes frères «**HANI** » et «**AHMED** » et «**ABDEL DJALIL** » Je suis profondément reconnaissante pour votre soutien indéfectible et votre confiance en moi, Vos encouragements ont été une force motrice tout au long de mon parcours d'études.*

À mes amis proches et ma famille Vous avez été là pour moi dans les moments de stress, m'apportant réconfort, distraction et une oreille attentive. Vos conseils éclairés, vos réflexions perspicaces et vos idées novatrices ont enrichi ma recherche et élargi mes horizons.

*À mon binôme **Mammar Ikram**, nous avons formé une équipe incroyable. Ta passion, ta persévérance et ta rigueur ont élevé notre travail à un niveau supérieur. Notre collaboration a été un véritable moteur de réussite et une expérience enrichissante. Je te remercie pour ta confiance et ton engagement sans faille.*

Kaci Rayane

ملخص:

في صناعة الأغذية ، يتم دعم خطوط الإنتاج من خلال التركيبات المساعدة ، مثل برج المياه المبردة الإضافي المستخدم في خط إنتاج المعكرونة. يوفر هذا البرج تدفقًا عاليًا للمياه المبردة من خلال نظام يشتمل على دائرة غاز تبريد مغلقة ودائرة مياه مغلقة وبرج تهوية. يضمن ضاغط الغاز ومضخات المياه الزائدة عن الحاجة والمرآح تشغيله. الهدف من مشروع نهاية الدراسة هذا هو استبدال لوحات التحكم الإلكترونية بنظام آلي قائم على PLC+HMI Siemens

في الة تبريد المياه، تمت دراستها في سيم في ولاية البليدة عين الرومانا.

كلمات المفاتيح: نظام التبريد ، نماذج التحكم والإشراف ، PLC

Résumé :

Dans l'industrie alimentaire, les lignes de production sont soutenues par des installations auxiliaires, telles que la Tour auxiliaire d'eau glacée utilisée dans une ligne de production de pâtes alimentaires. Cette tour fournit un débit élevé d'eau froide grâce à un système comprenant un circuit fermé de gaz de refroidissement, un circuit fermé d'eau et une tour de ventilation. Un compresseur à gaz, des pompes d'eau redondantes et des ventilateurs assurent son fonctionnement. L'objectif de ce projet de fin d'études est de remplacer les cartes électroniques de contrôle par un système automatisé à base de PLC+HMI Siemens dans la machine de refroidissement d'eau , au sein de l'entreprise SIM de Blida Aïn Romana Commune de Mouzaïa .

Mots clés : Système de refroidissement, Modèles de Contrôle et de Supervision, PLC , HMI.

Abstract:

In the food industry, production lines are supported by auxiliary installations, such as the Auxiliary Chilled Water Tower used in a pasta production line. This tower provides a high flow of chilled water through a system comprising a closed cooling gas circuit, a closed water circuit and a ventilation tower. A gas compressor, redundant water pumps and fans ensure its operation. The aim of this end-of-study project is to replace the electronic control boards with an automated system based on Siemens PLC+HMI in the water cooling machine at the SIM company in Blida Aïn Romana Commune de Mouzaïa.

Keywords : Cooling system, Control and Supervision models, PLC, HMI.

Liste des abréviations :

API : Automate Programmable Industriels.

Hp : haut pression .

Bp : basse pression .

CPU : Central Processus Unit.

E/S : Entrée, Sortie.

GRAFCET : Graphe Fonctionnel de Commande des Étapes et Transitions.

IHM : Interface Humain-machine.

IL : langage Instruction Liste.

IP: Internet Protocol.

LADDER: Livelihoods and Diversification Directions Explored by Research.

PC : Partie Commande.

PLC : Programmable Logique Controller.

TCP : Transport Control Protocol.

TOR : Tout Ou Rien.

Tables Des Matières

Introduction Générale.....	1
Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement	
1.1 .Introduction	3
1.2 .Présentation du l'entreprise SIM.....	3
1.2.1 Historique	3
1.2.2 Filiales du groupe SIM	4
1.3 .La Capacité de production	4
1.4 La Ligne De Production Des Pâtes	6
1.5 Le Rôle De Refroidissement D'eau Dans La Ligne De Production Des Pâtes	8
1.6 L'histoire Du Système De Refroidissement	9
1.7 Les Systèmes De Refroidissements	10
1.8 Les Types De Système De Refroidissement	11
1.8.1 Systèmes de refroidissement directs à passage unique	11
1.8.2 Systèmes de refroidissement à passage unique avec tour de refroidissement	12
1.8.3 Systèmes de refroidissement indirects à passage unique.....	12
1.9 Les Tours Aéroréfrigérantes	13
1.9.1 Tours aéroréfrigérantes ouvertes	13
1.9.2 Tours aéroréfrigérantes fermé	14
1.9.3 Systèmes aéroréfrigérants directs	15
1.9.4 Systèmes aéroréfrigérants indirects	16
1.10 La Chaudière	18
1.11 Conclusion	18

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

Partie 01 : Partie hard

2.1.1	Introduction.....	19
2.1.2	Le Refroidissement d'eau (chiller).....	19
	A. Le principe de fonctionnement.....	20
	B. Avantage de ce système de refroidissement d'eau.....	23
2.1.3	Les composants d'un refroidisseur d'eau (chiller).....	23
	1. Le compresseur scroll.....	23
	2. Un condenseur refroidi par air.....	24
	3. Echangeur.....	25
	4. Détendeur.....	25
	5. Pompe.....	26
	6. Le filtre d'eau.....	26
	7. Voyant du liquide.....	27
	8. Les conduites d'eau.....	27
	9. Les ventilateurs.....	28
2.1.4	Partie puissance de l'armoire électrique.....	28
	1. Disjoncteur.....	29
	2. Contacteur.....	30
	3. Le relais électromécanique.....	31
	4. Relais de phase.....	33
	5. Sectionneur.....	34
2.1.5	Partie commande.....	36
	1. Les cartes de commande.....	36
	2. Transformateur circuit de commande.....	37
	3. Les capteurs.....	38
	3.1.1 Capteur de pression.....	39
	3.1.2 Pressostats.....	42

3.1.3	Sonde antigel (thermostat).....	45
3.1.4	Capteur de température.....	46
4.	Actionneur.....	47
2.1.6	Conclusion.....	35

Partie 2 : Partie soft

2.2.1	Introduction.....	36
2.2.2	Automate programmable industriel (API).....	51
A.	Historique.....	51
B.	Principe.....	51
C.	Constituants.....	52
D.	Caractéristiques générales.....	53
E.	Langages de programmation pour API.....	54
F.	Domaines d'utilisation des API.....	54
G.	Communication avec un API.....	54
2.2.3	L'automate s7-1200 de marque SIEMENS.....	55
1.	Principe de fonctionnement du S7-1200.....	55
2.	Choix de CPU.....	56
3.	Modes de fonctionnement de la CPU.....	57
4.	Les modules d'API S7-1200.....	57
5.	Les avantages de l'automate S7-1200.....	58
2.2.4	Profinet.....	59
A.	Objectifs de PROFINET.....	59
B.	Services de communication PROFINET	60
C.	Communication PROFINET.....	60
2.2.5	Interface Homme Machine « HMI ».....	61
2.2.6	Conclusion.....	65

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

3.1	Introduction.....	66
-----	-------------------	----

3.2	Tableau d'instrumentation	66
3.3	Analyse du table d'instrumentation.....	67
3.4	Les critères d'activation de moteur.....	67
3.5	Le critère principal pour calculer le nombre de compresseurs nécessaires.....	68
3.6	Spécification fonctionnelle (FSD).....	68
3.6.1	Description général du système.....	68
3.6.2	Description du cahier de charge.....	68
3.7	Le grafcet.....	70
a)	Le grafcet de système.....	70
b)	Macro-étape d'actionnement de compresseur.....	71
c)	Macro-étape d'actionnement de ventilateurs.....	71
3.8	Logiciel de programmation.....	72
3.8.1	Description du logiciel Tia portal.....	72
3.9	Conception du programme d'automatisme.....	73
3.9.1	Création du projet.....	73
3.9.2	La Configuration des matériels.....	74
3.9.3	Affectation des entrée/sortie.....	76
3.10	Les blocs de programme.....	77
3.11	Création des programmes de gestion de base pour chaque type d'équipements	78
3.12	Fonction de commande automatique.....	80
3.13	Fonction de commande manuel.....	81
3.14	Les fonctions d'alarmes.....	81
3.15	Déclaration des fonctions de base.....	82
3.16	L'organigramme.....	83
3.17	Conception du programme de supervision.....	84
3.18	Présentation des vues.....	85
3.19	Simulation du projet.....	89
3.20	Conclusion.....	93
	Conclusion générale.....	94
	Bibliographie.....	95

Listes des Figures

Figure 1.1 : Entreprise SIM Algérie vue ciel [2].....	3
Figure 1.2 : Les produits de SIM [1].....	5
Figure 1.3 : Images de différentes pâtes [4].....	6
Figure 1.4 : Ligne de production des pâtes (couscous).....	7
Figure 1.5 : La Tour aéroréfrigérante ouverte[5]	14
Figure 1.6 : La Tour aéroréfrigérante fermé [5].....	14
Figure 1.7 : La tour aéroréfrigérant direct [6].....	16
Figure 1.8 : La tour aéroréfrigérant indirect [6].....	17
Figure 1.9 : chaudière à tube fumée [8].....	18
Figure 2.1 : le refroidisseur d'eau de la marque CIAT.....	20
Figure 2.2 : La fiche technique de chiller	20
Figure 2.3 : La circulation de gaz à l'état liquide.....	21
Figure 2.4 : Le principe de fonctionnement d'un refroidisseur d'eau.....	23
Figure 2.5 : Le compresseur scroll	24
Figure 2.6 : Les composants de compresseur	24
Figure 2.7 : condenseur a air	25
Figure 2.8 : l'échangeur	25
Figure 2.9 : Un détendeur.....	26
Figure 2.10 : Image d'une pompe.....	26
Figure 2.11 : Le filtre d'eau.....	27
Figure 2.12 : image d'un voyant du liquide[13].....	27
Figure 2.13 : Les Ventilateurs.....	28
Figure 2.14 : Un disjoncteur	30
Figure 2.15 : contacteur	30

Figure 2.16 : symbole de contacteur[14].....	31
Figure 2.17 : les composants d'un relais électromécanique[16]	32
Figure 2.18 : le symbole de contact ouvert NO et fermé NC [16].....	32
Figure 2.19 : Le symbole du relai [16].....	33
Figure 2.20 : le relais de phase	34
Figure 2.21 : Image de sectionneur.....	35
Figure 2.22 : symbole de sectionneur [17].....	35
Figure 2.23 : les cartes électrique de commande	37
Figure 2.24 :Transformateur(400V→230V)	38
Figure 2.25 : Transformateur (230V→24V)	38
Figure 2.26 : Symbole de transformateur	38
Figure 2.27 : Schéma synoptique d'un capteur [18].....	39
Figure 2.28 : capteur PT5 18M[22].....	41
Figure 2.29 : capteur de pression 2CP5[23].....	42
Figure 2.30 : pressostat type 29P5L012-449[25].....	43
Figure2.31 : pressostat BP[26].....	43
Figure 2.32 : Schéma simplifié d'un pressostat basse pression en sécurité [27].....	44
Figure 2.33 : Pressostat HP[26].....	45
Figure 2.34 : Thermostat [30].....	45
Figure 2.35 : Capteur de température [31].....	47
Figure 2.36 : Moteur asynchrone triphasé [32].....	47
Figure 2.37 : Schéma général du moteur asynchrone triphasé [32].....	48
Figure 2.38 : Les parties d'un moteur asynchrone triphasé[33].....	49
Figure 2.39 : démarrage direct d'un moteur triphasé.....	50

Figure 2.40 : Situation de l'automate dans un système automatisé de production [35]	51
Figure 2.41: structure interne d'un API[35].....	52
Figure 2.42 : automate programmable S7 -1200 avec des modules.....	55
Figure 2. 43 : l'état des modes fonctionnement de l'automate S7-1200.....	57
Figure 2.44 : les modules d'API S7-1200	58
Figure 2.45 : la carte mémoire	58
Figure 2.46 : S7-1200 communication profinet [37].....	61
Figure 2.47 : SIEMENS SIMATIC HMI	62
Figure 2.48 : SIMATIC HMI KTP700 [41].....	63
Figure 2.49 : les Ports connexion de l'écran tactile de la série KTP700.....	64
Figure 3.1: Echantillon des équipements de la table d'instrumentation.....	67
Figure 3.2: Le Grafctet de système.....	70
Figure 3.3: Macro étape d'actionnement de compresseurs.....	71
Figure 3.4: Macro étape d'actionnement de ventilateurs.....	72
Figure 3.5: Création du projet.....	74
Figure 3. 6: Configuration d'un appareil.....	75
Figure 3.7 : Ajouter un appareil.....	75
Figure 3. 8 : Vue de l'interface TIA portal.....	76
Figure 3. 9: La table de variable.....	76
Figure 3.10: Les différentes blocs de programme.....	77
Figure 3.11: Mise à l'échelle du capteur de température.....	79
Figure 3.12: Mise à échelle du capteur de pression.....	79
Figure 3.13: Les équations arithmétique de température et de pression.....	80
Figure 3.14: Commande de compresseur1.....	80

Figure 3.15 : commande manuel de la pompe.....	81
Figure 3.16 : Alarme du température.....	81
Figure 3.17 : Alarme de compresseur.....	82
Figure 3.18 : Déclaration des fonctions de bases.....	82
Figure 3.19 : Ajouter d'un appareil HMI.....	84
Figure 3.20 : Vue de réseau.....	84
Figure 3.21 : Vue principal.....	85
Figure 3.22 : vue de circuit du système de refroidissement d'eau.....	86
Figure 3.23 : vue de la pompe.....	86
Figure 3.24 : Vue compresseurs.....	87
Figure 3.25 : vue de ventilateurs.....	88
Figure 3.26 : vue des alarmes.....	88
Figure 3.27 : Table des alarmes de l'HMI.....	89
Figure 3.28 : Outil de compilation et de chargement.....	89
Figure 3.29 : Vue de simulation du programme.....	90
Figure 3.30 : Vue de PLCSIM S7 1215C.....	90
Figure 3.31 : démarrage du pompe	91
Figure 3.32 : Arrêt du pompe.....	91
Figure 3.33 : Démarrage de compresseur 1	91
Figure 3.34 : Démarrage de deux compresseurs.....	91
Figure 3.35 démarrage de ventilateur 1	92
Figure 3.36 : démarrage de deux ventilateurs.....	92
Figure 3.37 : Historique des alarmes survenues.....	92
Figure 3.38 : vue de circuit en état de marche.....	93

Liste des Tableaux

Tableau 2.1 : Tableau de comparaison entre les modèles de CPU S7-1200.....	56
Tableau 3.1 : les Caractéristiques du tableau d'instrumentation.....	66
Tableau 3.2 : Nombre des différents équipements.....	67

Introduction générale

Introduction générale

L'automatisation a connu une évolution rapide dans le domaine industriel, ce qui a conduit à une présence significative des systèmes de production. Les systèmes automatisés offrent des avantages indéniables tels qu'un rendement élevé, une grande souplesse et une fiabilité accrue.

Le terme "automatique" fait référence à un ensemble de problématiques liées à l'automatisation des processus industriels, ainsi qu'à d'autres domaines technologiques tels que les télécommunications . Il englobe l'étude des méthodes et des technologies permettant aux processus de se dérouler sans intervention humaine.

L'automatisation présente de nombreux avantages, notamment en facilitant les tâches répétitives pour les travailleurs et en améliorant leur sécurité. Les machines automatisées permettent aux opérations complexes de s'exécuter de manière fluide, ce qui a permis d'accomplir des exploits technologiques autrefois inimaginables.

Dans ce contexte, l'objectif principal de notre étude est de mettre un système de contrôle automatisé (automate programmable industriel de type S7-1200) réalisé à l'aide du logiciel TIA PORTAL V15.1 , à la place de la carte électronique et supervisée en temps réels par un HMI de type KTP 700 pour une tour de refroidissement industrielle. Les tours de refroidissement jouent un rôle crucial dans de nombreuses industries, et il est essentiel d'optimiser leur fonctionnement pour garantir un rendement énergétique optimal, une performance améliorée et une réduction des coûts opérationnels.

Afin de parvenir à notre objectif, nous avons structuré notre mémoire en trois chapitres :

- ❖ Le premier chapitre comporte la description générale du processus de production des pâtes et Les systèmes de refroidissement et leur applications.
- ❖ Dans le deuxième chapitre on 'à traité deux parties majeurs :
 - La 1^{ère} partie sa concerne tous les équipements du processus industriel à contrôler .
 - Dans la 2^{ème} section de ce même chapitre ,on a développé la partie commande du processus industriel à contrôler , à savoir tous les logiciels mettent en jeu pour l'accomplissement de la tache demandée.
- ❖ Le troisième chapitre est réservé au développement de processus .

Introduction générale

Enfin, nous clôturons notre travail avec une conclusion générale , dans laquelle on évalue la synthèse du travail présenté ,les solutions adoptées, les problèmes rencontrés et les connaissances acquises jusqu'à cette étape d'avancement.

Chapitre 01

Notions Générales Sur L'agro- Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

1.1 Introduction :

Dans cette étude, nous allons tout d'abord présenter l'entreprise de l'agro-alimentaire (SIM), qui est un groupe agroalimentaire algérien spécialisé dans la fabrication de pâtes alimentaires et couscous, ainsi que son historique, les produits qu'elle fabrique et la production des pâtes. Ensuite nous allons se penché sur les différents types de systèmes de refroidissement que les entreprises utilisent, nous abordons leurs principes de fonctionnement, leurs avantage et leurs inconvénients.

1.2 Présentation du l'entreprise SIM :

1.2.1 Historique :

Cette Entreprise a été fondée en 1990, actuellement numéro un de la production de pâtes alimentaires et couscous en Algérie en tant que petite société familiale dans le domaine de la Minoterie-Semoulerie où elle a fait office de pionnière en sa qualité de première société privée dans cette filière d'activité en Algérie. Située à la zone industrielle de Aïn Romana Commune de Mouzaïa. [1]



Figure 1.1 : Entreprise SIM Algérie vue ciel [2]

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

D'une dimension familiale modeste à sa création, la société SIM a connu dès ses premières années d'activité une croissance active et soutenue pour s'ériger actuellement en un groupe Industriel, commercial et financier d'une envergure nationale largement consacrée.

Outre l'extension et le développement de sa première filiale dans L'Agroalimentaire ; le Groupe SIM-SPA a élargi ses activités vers d'autres créneaux par la création de plusieurs filiale .[1]

1.2.2 Filiales du groupe SIM :

Le secteur industriel du groupe SIM, comprend plusieurs filiales attribuées à divers secteurs [3].

A. Secteur industriel :

Le secteur industriel du groupe SIM [3]

- Une filiale de la Minoterie et des Pâtes Alimentaires.
- Une filiale des Eaux Minérales, Jus, Conserves et Boissons.
- Une filiale des aliments du Bétail.
- Une filiale de Trituration et de Raffinage d'Huile de Soja (en cours de construction).

B. Secteur de la santé :

- Une clinique Médico-chirurgicale.

C. Secteur agricole :

- Une filiale d'exploitation agricole dédiée à l'élevage du bovin, de l'arboriculture, des cultures maraichères, des céréales et des légumineuses.

D. Secteur Immobilier et loisir :

- Une filiale dédiée à la promotion immobilière et à la gestion d'infrastructures sportives et de détente.

E. Secteur de l'enseignement et formation :

- Un complexe scolaire de différents paliers.
- Deux instituts de management.

1.3 La Capacité de production [3] :

La capacité de trituration est de 3500 Tonnes/Jour, répartis comme suit :

- Semoulerie (blé dur) : 1500 Tonnes/Jour.

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

- Minoterie (blé tendre) : 1000 Tonnes/Jour.
- Pâtes et couscous : 1000 Tonnes/Jour.

Dans cette entreprise il existe :

- 05 semouleries.
- 03 minoteries.
- 05 lignes de production de pâtes courtes.
- 04 lignes de production de pâtes longues.
- 08 lignes de production de couscous.
- 01 unité d'aliments du bétail.
- 01 ligne de production de pâtes spéciales (Lasagnes).
- 01 ligne de production de pain ficelle
- 01 ensemble de silos de stockage de 85.000 tonnes.



Figure 1.2 : Les produits de SIM [1]

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

1.4 La Ligne De Production Des Pâtes :

La ligne de production des pâtes est un ensemble de machines et d'équipements utilisés pour produire des pâtes alimentaires à grande échelle.



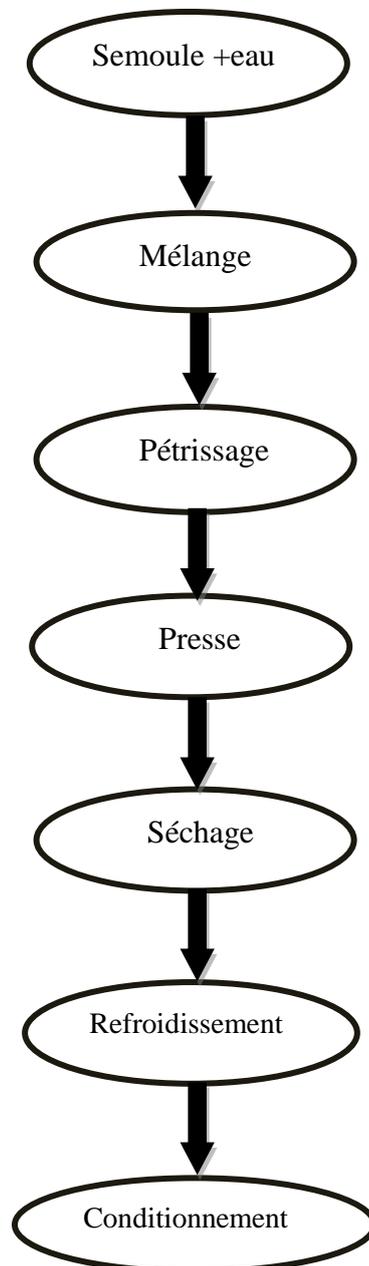
Figure 1.3 : images de différentes pâtes [4]

Le processus de production des pâtes implique plusieurs étapes, qui sont généralement automatisées pour garantir une production rapide et efficace. Voici les principales étapes de la ligne de production des pâtes :

- **Préparation de la pâte :** Les ingrédients tels que la farine, l'eau et éventuellement des œufs et autres additifs sont mélangés dans un mélangeur pour former une pâte homogène.
- **Pétrissage :** La pâte est pétrie avec eau chaude pour améliorer sa texture et sa consistance
- **Extrusion :** la méthode de production de pâtes implique l'utilisation d'une machine de presse, la pâte sera alimentée dans la machine de presse pour être extrudée à travers des matrices ou des filières pour créer des formes spécifiques de pâtes telles que des spaghettis, des macaronis, des nouilles...
- **Séchage :** Les pâtes sont séchées à l'air libre ou dans des séchoirs à température et humidité contrôlées pour évacuer l'excès d'humidité. Les pâtes sont ensuite triées et emballées. suivi d'un refroidissement dans un refroidisseur pour maintenir la qualité des pâtes et assurer une production efficace
- **Conditionnement :** Les pâtes sont emballées dans des sacs ou des boîtes pour le stockage et la vente.
- **Stockage et distribution :** Les pâtes sont stockées dans des entrepôts avant d'être distribuées aux magasins et aux consommateurs.

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

La ligne de production des pâtes peut être entièrement automatisée ou partiellement automatisée, en fonction de la taille de l'usine de production et de la quantité de pâtes produite.



Les étapes de production des pâtes

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

1.5 Le Rôle De Refroidissement D'eau Dans La Ligne De Production Des Pâtes :

Le refroidissement est un élément clé dans la ligne de production des pâtes. Il est utilisé pour maintenir une température constante dans l'étage refroidisseur tels que le pétrissage , l'extrusion et le séchage des pâtes. Le refroidissement de l'eau est important pour maintenir la qualité des pâtes en évitant une surchauffe qui pourrait endommager la texture et la couleur des pâtes.

Dans le processus de pétrissage, le refroidissement de l'eau est nécessaire pour empêcher la surchauffe des ingrédients de la pâte. Le mélange de farine et d'eau doit être pétri à une température précise pour éviter la formation de grumeaux et assurer une pâte homogène. Si la température de l'eau est trop élevée, elle peut causer une surchauffe et affecter la qualité de la pâte.

Dans le processus d'extrusion, le refroidissement de l'eau est également important pour éviter une surchauffe des matrices d'extrusion. Les matrices d'extrusion peuvent surchauffer si la température de l'eau est trop élevée, ce qui peut endommager la structure des pâtes et affecter leur qualité.

Enfin, le refroidissement est également utilisé lors du séchage des pâtes pour éviter une surchauffe et assurer un séchage uniforme. Le séchage à une température élevée peut affecter la couleur et la texture des pâtes.



Figure 1.4 : ligne de production des pâtes (couscous)

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

1.6 L'histoire Du Système De Refroidissement :

L'histoire du système de refroidissement industriel remonte au début du 19^{ème} siècle, avec l'invention de la machine à vapeur. Les premiers systèmes de refroidissement ont été conçus pour refroidir les moteurs à vapeur afin d'éviter leur surchauffe, ce qui entraînait des pannes et des accidents.

Au fil du temps, les systèmes de refroidissement se sont améliorés et sont devenus plus sophistiqués pour répondre aux besoins croissants de l'industrie. Dans les années 1920 et 1930, l'utilisation de réfrigération commerciale s'est répandue dans l'industrie alimentaire pour conserver les aliments frais et prévenir leur détérioration.

Dans les années 1950, l'invention de la climatisation a permis de contrôler la température et l'humidité dans les usines de production, ce qui a amélioré les conditions de travail et la qualité des produits. Les systèmes de refroidissement ont également été utilisés pour la production de glace, de boissons fraîches et de produits surgelés.

Dans les années 1970, l'augmentation de la consommation d'énergie a conduit à la recherche de solutions plus efficaces et respectueuses de l'environnement. L'utilisation de fluides frigorigènes plus écologiques et de systèmes de régulation de la température plus précis ont été développés pour améliorer l'efficacité énergétique des systèmes de refroidissement.

De nos jours, les systèmes de refroidissement industriels sont de plus en plus sophistiqués et utilisent des technologies avancées telles que la réfrigération à absorption, le stockage des médicaments et des produits pharmaceutiques, la climatisation des bâtiments et des usines, le refroidissement des processus industriels, la récupération de chaleur et la surveillance à distance pour assurer une utilisation efficace de l'énergie et une gestion optimale des ressources.

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

1.7 Les Systèmes De Refroidissements :

Un système de refroidissement dans l'industrie agroalimentaire est un ensemble de dispositifs et de processus qui permettent de réduire la température des produits alimentaires et des matières premières, afin de préserver leur qualité, leur sécurité et leur durée de conservation.

Les systèmes de refroidissement sont utilisés pour une variété de produits alimentaires, tels que la viande, les produits laitiers, les fruits et légumes, les boissons, etc. Les principaux objectifs du refroidissement sont de ralentir la croissance bactérienne, d'éviter la dégradation enzymatique et la détérioration des produits qui peuvent causer des maladies d'origine alimentaire ou dégrader la qualité des aliments, ainsi que de préserver leurs qualités organoleptiques (goût, odeur, texture, etc.).

Ces processus peuvent prendre différentes formes, selon les produits à traiter et les conditions de l'environnement. Parmi les dispositifs couramment utilisés, on peut citer les chambres froides, les tunnels de refroidissement, les échangeurs de chaleur, les systèmes de circulation d'eau glacée, les congélateurs, etc. Les processus de refroidissement peuvent également être combinés avec d'autres technologies, telles que la pasteurisation, la stérilisation, le conditionnement sous vide, etc. pour assurer une meilleure conservation et une sécurité alimentaire accrue.

Les systèmes de refroidissement industriels peuvent être divisés en deux grandes catégories :

- **Les systèmes de refroidissement par air** : utilisent des ventilateurs pour faire circuler l'air frais sur les équipements industriels pour les refroidir. Ces systèmes sont souvent utilisés dans des environnements où l'eau est rare ou où il est difficile de maintenir un circuit d'eau fermé. Les systèmes de refroidissement par air sont également souvent utilisés en combinaison avec des systèmes de refroidissement par eau pour améliorer l'efficacité du refroidissement.
- **Les systèmes de refroidissement par eau** : utilisent de l'eau pour absorber la chaleur produite par les équipements industriels. L'eau est ensuite refroidie dans un circuit fermé avant d'être à nouveau pompée vers les équipements pour un nouveau cycle de refroidissement.

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

1.8 Les Types De Système De Refroidissement :

1.8.1 Systèmes de refroidissement directs à passage unique :

Les systèmes de refroidissement directs à passage unique, également appelés systèmes de refroidissement à circuit ouvert, sont un type de système de refroidissement dans lequel le fluide de refroidissement circule une seule fois à travers le système. Dans un système de refroidissement direct à passage unique, l'eau froide est pompée à travers un échangeur de chaleur, où elle absorbe la chaleur de l'équipement à refroidir, puis elle est rejetée dans l'environnement .

Ces systèmes sont souvent utilisés pour refroidir des équipements qui ne nécessitent pas une température de refroidissement constante, tels que les équipements de refroidissement de processus industriels ou des moteurs à combustion interne. Cependant, ils ont l'inconvénient de consommer une grande quantité d'eau, qui peut ne pas être disponible dans certaines régions. De plus, l'eau rejetée peut causer une pollution environnementale.

Les systèmes de refroidissement directs à passage unique peuvent être comparés aux systèmes de refroidissement indirects à passage unique, dans lesquels le fluide de refroidissement circule dans un circuit fermé à travers un échangeur de chaleur, évitant ainsi le rejet d'eau dans l'environnement.

Les avantages des systèmes de refroidissement directs à passage unique sont leur simplicité et leur coût relativement faible par rapport à d'autres types de systèmes de refroidissement. Ils sont également légers et faciles à installer, ce qui les rend idéaux pour les équipements de construction et les générateurs portables.

Cependant, les inconvénients de ces systèmes de refroidissement sont leur efficacité relativement faible par rapport à d'autres types de systèmes de refroidissement, car l'eau de refroidissement ne circule qu'une seule fois à travers le moteur ou l'équipement. De plus, les moteurs à haute performance et les équipements de grande taille nécessitent souvent des systèmes de refroidissement plus efficaces pour éviter la surchauffe et les dommages potentiels.

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

1.8.2 Systèmes de refroidissement à passage unique avec tour de refroidissement :

Les systèmes de refroidissement à passage unique avec tour de refroidissement sont un type de système de refroidissement direct à passage unique qui utilise une tour de refroidissement pour rejeter la chaleur de l'eau de refroidissement dans l'environnement. Dans ce système, l'eau de refroidissement circule à travers un échangeur de chaleur pour absorber la chaleur de l'équipement à refroidir, puis elle est envoyée à la tour de refroidissement. Le fonctionnement d'un système de refroidissement à passage unique avec tour de refroidissement est relativement simple. L'eau de refroidissement est pompée du réservoir de liquide de refroidissement à travers le bloc moteur ou l'équipement à refroidir, où elle absorbe la chaleur produite par le moteur ou l'équipement. L'eau chaude est ensuite évacuée du moteur ou de l'équipement et envoyée dans la tour de refroidissement, où elle est pulvérisée dans l'air et refroidie par évaporation. L'eau refroidie est ensuite renvoyée dans le moteur ou l'équipement pour poursuivre le processus de refroidissement.

Les avantages des systèmes de refroidissement à passage unique avec tour de refroidissement sont leur efficacité et leur capacité à maintenir une température constante dans les grands systèmes de refroidissement. Les tours de refroidissement peuvent également être équipées de filtres pour éliminer les impuretés et les contaminants de l'eau de refroidissement, ce qui prolonge la durée de vie des équipements et réduit les coûts d'entretien.

Les systèmes de refroidissement à passage unique avec tour de refroidissement sont couramment utilisés pour refroidir les équipements de processus industriels tels que les tours de refroidissement de centrales électriques, les usines chimiques, les raffineries de pétrole et les installations de production d'acier. Cependant, ils consomment une grande quantité d'eau, ce qui peut poser des problèmes dans les zones où l'eau est rare. De plus, l'eau évaporée peut causer une pollution environnementale et des problèmes de qualité de l'air.

1.8.3 Systèmes de refroidissement indirects à passage unique :

Les systèmes de refroidissement indirects à passage unique, également appelés systèmes de refroidissement à circuit fermé, sont un type de système de refroidissement dans lequel le fluide de refroidissement circule à travers un circuit fermé. Dans un système de

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

refroidissement indirect à passage unique, l'eau ou un autre liquide de refroidissement est pompé à travers un échangeur de chaleur, où elle absorbe la chaleur de l'équipement à refroidir, puis elle est envoyée à un refroidisseur où elle est refroidie par l'air ambiant ou par un liquide de refroidissement externe, tel qu'un glycol.

Ces sont utilisés pour refroidir les équipements qui nécessitent une température de refroidissement constante, tels que les équipements médicaux, les laboratoires, les centres de données et les installations de fabrication de semi-conducteurs. Ils sont également utilisés dans les applications de refroidissement de processus industriels où l'eau doit être conservée ou lorsque l'eau rejetée peut causer une pollution environnementale.

Systèmes de refroidissement indirects à passage unique ont l'avantage d'utiliser beaucoup moins d'eau que les systèmes de refroidissement directs à passage unique, car l'eau est utilisée en circuit fermé plutôt que d'être rejetée dans l'environnement. Cependant, ils ont l'inconvénient d'être plus coûteux à installer et à entretenir en raison de la complexité du circuit fermé, ainsi que d'avoir une efficacité de refroidissement légèrement inférieure en raison des pertes de chaleur dans le circuit fermé.

1.9 Les Tours Aéroréfrigérantes :

1.9.1 Tours aéroréfrigérantes ouvertes :

Les tours aéroréfrigérantes ouvertes sont des équipements de refroidissement utilisant l'évaporation de l'eau pour rejeter la chaleur dans l'environnement. Ces tours sont généralement constituées d'une tour en forme de cylindre ou de boîte, dans laquelle est pulvérisée de l'eau chaude provenant de l'échangeur de chaleur.

Lorsque l'eau chaude est pulvérisée dans la tour aéroréfrigérante, elle est exposée à l'air ambiant qui est aspiré dans la tour par des ventilateurs. L'eau chaude s'évapore alors en entrant en contact avec l'air ambiant, ce qui entraîne une baisse de la température de l'eau. L'air chaud et humide est ensuite rejeté dans l'environnement par le haut de la tour, tandis que l'eau refroidie est renvoyée à l'échangeur de chaleur pour absorber plus de chaleur.

Les tours aéroréfrigérantes ouvertes sont couramment utilisées pour refroidir l'eau de refroidissement des centrales électriques, des usines chimiques et des installations de production d'acier. Cependant, elles ont l'inconvénient de consommer une grande quantité d'eau et de produire des émissions d'aérosols qui peuvent causer des problèmes de qualité de l'air et de santé publique. De plus, l'eau évaporée peut causer une pollution environnementale, notamment dans les zones où l'eau est rare.

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

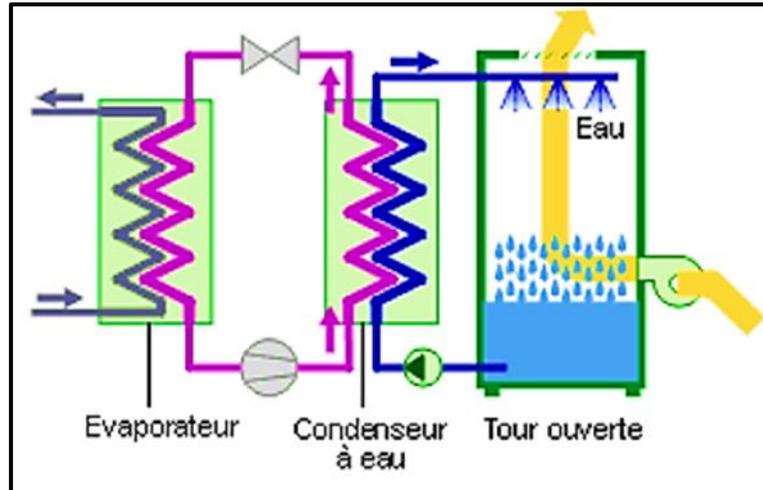


Figure 1.5 : La Tour aéroréfrigérante ouverte[5]

Malgré ces inconvénients, les tours aéroréfrigérantes ouvertes restent une solution de refroidissement efficace pour les applications industrielles où l'eau est disponible en quantité suffisante et où les émissions d'aérosols ne posent pas de problèmes environnementaux ou de santé publique.

1.9.2 Tours aéroréfrigérantes fermé :

Les tours aéroréfrigérantes fermées, également appelées tours de refroidissement à circuit fermé, sont des équipements utilisés pour refroidir l'eau en circuit fermé dans les systèmes de refroidissement industriels. Contrairement aux tours aéroréfrigérantes ouvertes, qui utilisent de l'eau pour refroidir l'eau, les tours aéroréfrigérantes fermées utilisent un échangeur de chaleur pour transférer la chaleur de l'eau du circuit fermé à l'air.

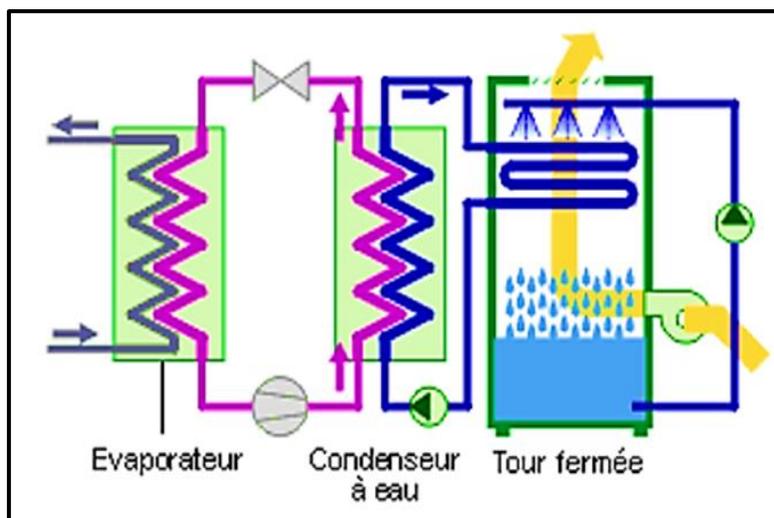


Figure 1.6 : La Tour aéroréfrigérante fermé [5]

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

Le fonctionnement des tours aéroréfrigérantes fermées est similaire à celui des autres systèmes de refroidissement fermés. Le liquide de refroidissement, qui peut être de l'eau, de la saumure ou un autre liquide, circule à travers un échangeur de chaleur fermé. L'air ambiant est ensuite aspiré dans la tour par un ventilateur et passe à travers l'échangeur de chaleur. L'air ambiant absorbe la chaleur du liquide de refroidissement, ce qui le refroidit.

Cependant, contrairement aux tours aéroréfrigérantes ouvertes, l'air ambiant ne rentre pas en contact direct avec le liquide de refroidissement. L'air passe à travers un échangeur de chaleur adiabatique, qui utilise l'évaporation de l'eau pour refroidir l'air avant qu'il ne soit aspiré dans l'échangeur de chaleur fermé. Cela permet de maintenir le liquide de refroidissement à une température constante, sans évacuer de l'eau dans l'atmosphère.

Les avantages des tours aéroréfrigérantes fermées sont nombreux. Elles sont plus écologiques que les tours aéroréfrigérantes ouvertes car elles n'évacuent pas d'eau dans l'atmosphère, ce qui réduit la consommation d'eau et préserve les ressources naturelles. Elles sont également plus efficaces en termes de refroidissement car elles utilisent l'effet adiabatique de l'évaporation de l'eau pour refroidir l'air ambiant. De plus, elles peuvent être utilisées dans des environnements où la contamination de l'air est une préoccupation, car l'air ambiant ne rentre pas en contact direct avec le liquide de refroidissement.

Les inconvénients des tours aéroréfrigérantes fermées sont principalement liés à leur coût et à leur complexité. Elles nécessitent des composants supplémentaires tels que des échangeurs de chaleur adiabatiques et des réservoirs d'eau, ce qui peut augmenter les coûts de l'installation et de la maintenance. De plus, les tours aéroréfrigérantes fermées nécessitent une surveillance régulière pour s'assurer que l'eau ne se dégrade pas et ne devient pas contaminée.

1.9.3 Systèmes aéroréfrigérants directs :

Les systèmes aéroréfrigérants directs sont des dispositifs de refroidissement utilisant de l'air comme milieu de refroidissement pour des processus industriels. Ils sont souvent utilisés pour refroidir les liquides de processus ou les gaz qui doivent être maintenus à des températures constantes. Contrairement aux systèmes en circuit fermé, les systèmes aéroréfrigérants directs n'utilisent pas de fluides de refroidissement supplémentaires. Au lieu de cela, ils utilisent l'air ambiant comme source de refroidissement.

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

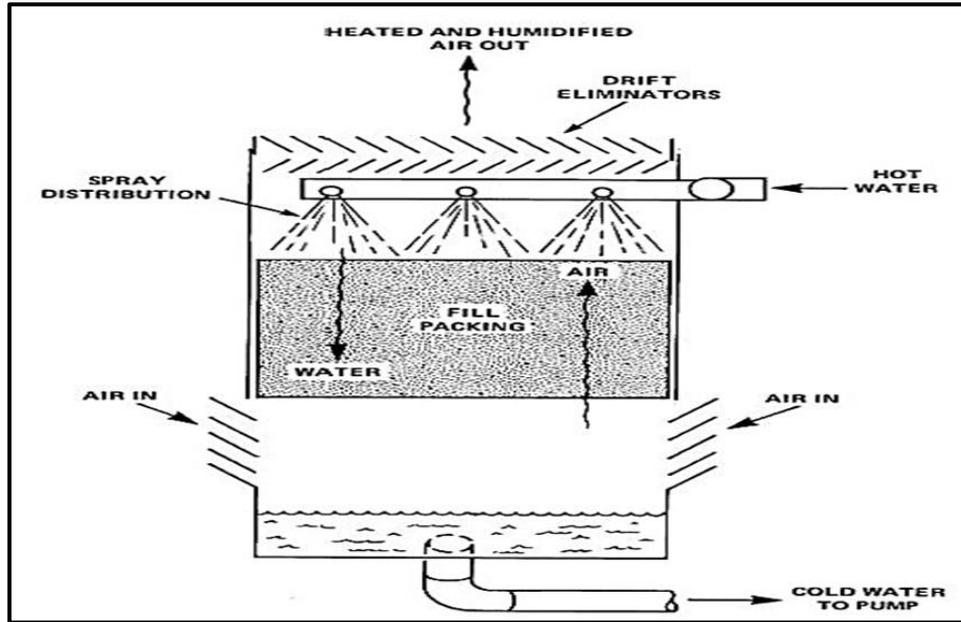


Figure 1.7 : La tour aéroréfrigérant direct [6]

Les systèmes aéroréfrigérants directs utilisent des échangeurs de chaleur à tubes, des serpents ou des plaques pour transférer la chaleur du liquide ou du gaz à l'air ambiant. L'air est généralement propulsé à travers l'échangeur de chaleur à l'aide de ventilateurs, ce qui facilite le transfert de chaleur. Les échangeurs de chaleur sont souvent placés en haut de la tour de refroidissement pour faciliter la circulation de l'air. Les tours de refroidissement aéroréfrigérantes directes peuvent être utilisées pour refroidir une large gamme de liquides et de gaz, tels que l'eau, l'huile, les gaz d'échappement et les vapeurs.

Bien qu'ils offrent des avantages tels que des coûts initiaux abordables, des coûts d'exploitation réduits, une installation facile et un fonctionnement sans besoin d'eau supplémentaire, ils ont également des inconvénients. Les systèmes aéroréfrigérants directs peuvent être bruyants, inefficaces à haute température, peuvent réduire la qualité de l'air intérieur et augmenter l'humidité de l'air ambiant

1.9.4 Systèmes aéroréfrigérants indirects :

Pour définir un système de refroidissement indirect, l'élément clé est que le fluide de refroidissement en connexion ouverte avec l'environnement ne soit pas contaminé par les fuites du procédé. Ce type de système implique deux niveaux de refroidissement.

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

Dans le cas d'une tour aéroréfrigérante ouverte, l'eau qui sort de la tour est refroidie dans un échangeur de chaleur par l'eau qui circule dans une boucle fermée. L'eau dans la boucle fermée passe ensuite à travers un autre échangeur de chaleur où elle échange de la chaleur avec le fluide de traitement.

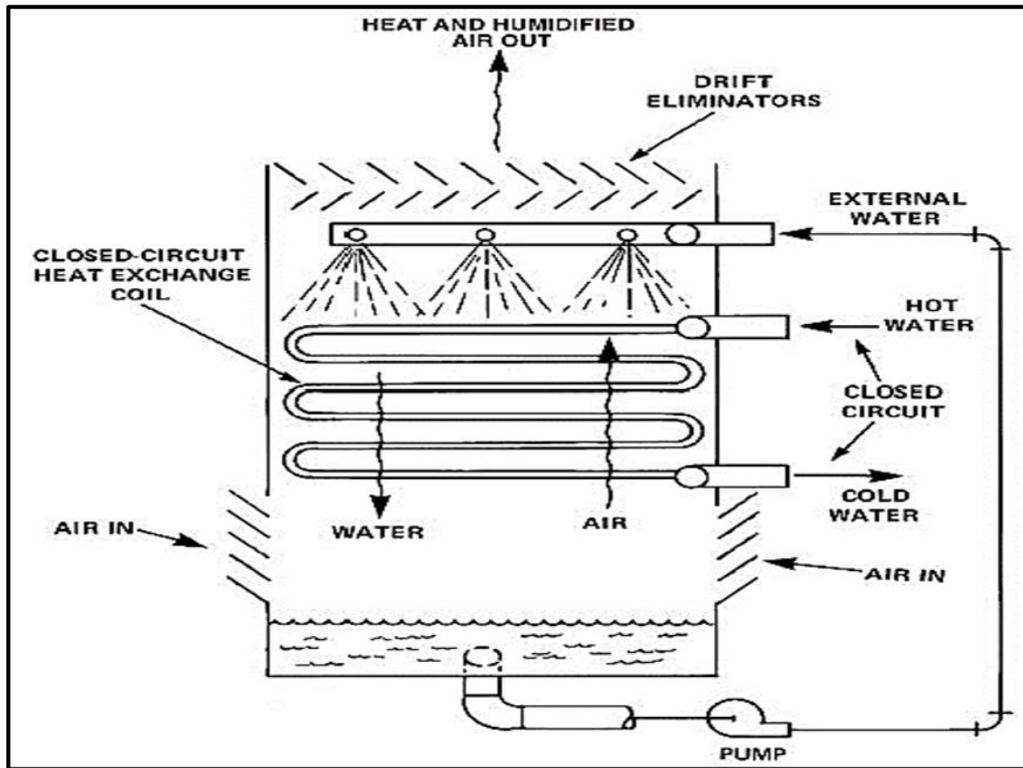


Figure 1.8 : La tour aéroréfrigérant indirect [6]

Dans les tours aéroréfrigérantes fermées, le principe est le même et les batteries ou les tubes sont remplis d'eau qui est refroidie par l'eau et/ou l'air. L'eau refroidie est ensuite acheminée vers un échangeur de chaleur ou un condenseur au cœur du procédé pour échanger de la chaleur avec le fluide de procédé à refroidir. Lorsque les systèmes aéroréfrigérants fermés fonctionnent en hiver et nécessitent une protection contre le gel, le circuit fermé contient souvent un réfrigérant ou de l'eau additionnée d'antigel, en plus de l'eau. En réalité, ces systèmes peuvent encore être considérés comme des systèmes directs, car l'agent frigorigène pourrait polluer le fluide de refroidissement en contact direct avec l'environnement

Chapitre 01 : Notions Générales Sur L'agro-Alimentaire (SIM) Et Les Systèmes De Refroidissement

1.10 La Chaudière :

La chaudière est un dispositif permettant de chauffer l'eau et de produire de la vapeur si l'eau est chauffée au-delà de la pression atmosphérique [7]. Les chaudières sont couramment utilisées pour chauffer des bâtiments, produire de l'eau chaude pour une utilisation domestique ou industrielle, et dans des processus industriels qui nécessitent de la vapeur pour des opérations telles que le séchage, le traitement des aliments et des produits chimiques, ou la production d'énergie électrique.

Les chaudières peuvent être alimentées par différents types de combustibles, tels que le gaz naturel, le fioul, le propane, le charbon, la biomasse ou l'électricité. Le choix du combustible dépend souvent de la disponibilité et du coût de l'énergie dans la région où se trouve la chaudière.

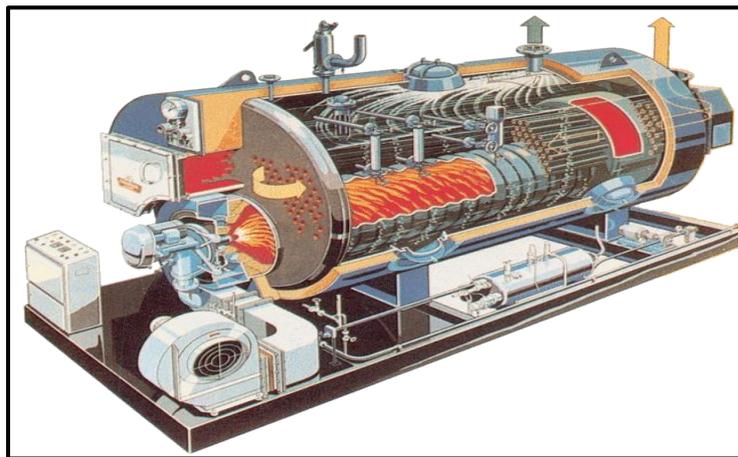


Figure 1.9 : chaudière à tube fumée [8]

1.11 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les notions générales de l'agro-alimentaire, le fonctionnement de refroidissement dans la ligne de production des pâtes, les différents types des systèmes de refroidissement ainsi leurs modes de fonctionnement et notre système est de type « Systèmes aéroréfrigérants indirects fermé » ou « refroidisseur d'eau ». Le prochain chapitre spécifie le type de tours de refroidissement étudié ainsi que leur fonctionnement et leurs composants.

Chapitre 02

Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

Partie 01 : Partie hard

2.1.1 Introduction :

Il existe des systèmes de refroidissement qui permettent de refroidir des liquides ou des gaz en utilisant un échange thermique, où la chaleur est transférée par contact direct ou indirect entre les flux. Le refroidisseur à air est un appareil spécialement conçu pour refroidir l'eau en utilisant la compression du fluide frigorigène, suivi de la condensation et de l'échangeur.

Cette partie de ce chapitre a pour but de décrire le principe de fonctionnement du refroidisseur d'eau, ainsi que ses différentes parties et les modes de transfert du fluide frigorigène associé.

Le fluide frigorigène R-410A est essentiel pour le traitement de l'eau glacée, et il est le gaz le plus couramment utilisé dans l'industrie pour le refroidissement. En ajustant à la fois la température et la pression de fluide frigorigène, on peut obtenir un contrôle précis du processus de refroidissement, conformément à la relation suivante :

$$\boxed{PV = NRT} \quad \text{équation des gaz parfaits}$$

P : La pression du gaz en pascal.

V : Le volume occupé par le gaz en mètre cube.

N : La quantité de matière en mole.

R : La constante universelle des gaz parfaits et $R = 8,314\,472 \text{ J}\cdot\text{k}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

T : La température absolue en Kelvin.

2.1.2 Le Refroidisseur d'eau (chiller) :

Un water chiller, ou refroidisseur d'eau est un équipement utilisé pour refroidir l'eau dans des systèmes de climatisation, de réfrigération, de production d'énergie ou d'autres applications industrielles. Ce système de refroidissement utilisé pour maintenir une température basse dans des installations industrielles ou commerciales. (figure 2.1)

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft



Figure 2.1 : le refroidisseur d'eau de la marque CIAT.

Désignation : LDH 1600BV

Réfrigérant : R410A.

KW Absorbée :147.7kw.

La tension/voltage :350HZ 400V.

Intensité :343.8 A.

BP/LP :2.5 BAR/ 29.5 BAR

HP Maxi :42bar

Figure 2.2 : La fiche technique de chiller .

A. Le principe de fonctionnement :

Le principe de fonctionnement d'un système de refroidissement d'eau repose sur un cycle de réfrigération en circuit fermé, similaire à celui d'un réfrigérateur ou d'une climatisation. Ce cycle utilise un réfrigérant, un fluide frigorigène, qui circule à travers un échangeur de chaleur situé dans le circuit frigorifique entre plusieurs composants du système pour transférer la chaleur.

Le processus de refroidissement est généralement accompli en utilisant un compresseur, un condenseur, un détendeur et un échangeur.

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

Les étapes de cycle de refroidissement d'eau :

1. Le compresseur aspire le fluide frigorigène gazeux à basse pression et basse température et le comprime en un gaz à haute pression et haute température. C'est-à-dire :
 - À l'entrée du compresseur, le fluide est à l'état de vapeur et à basse pression.
 - Le compresseur comprime le réfrigérant (à l'état de vapeur) pour augmenter sa pression et sa température. Il permet également au réfrigérant de circuler dans un circuit fermé.
 - À la sortie du compresseur, le réfrigérant est à l'état de vapeur et à haute pression.
2. Le gaz chaud est envoyé dans le condenseur, où il cède sa chaleur à l'eau de refroidissement circulant dans un échangeur de chaleur. Le fluide frigorigène se condense alors en liquide haute pression. Donc :
 - À l'entrée du condenseur, le réfrigérant est sous forme de vapeur et sous haute pression.
 - Le fluide frigorigène (qui est à une température élevée) libère son énergie thermique lorsqu'il traverse le condenseur. Le réfrigérant se condense alors et devient liquide.
 - À la sortie du condenseur, le réfrigérant est à l'état liquide et sous haute pression.

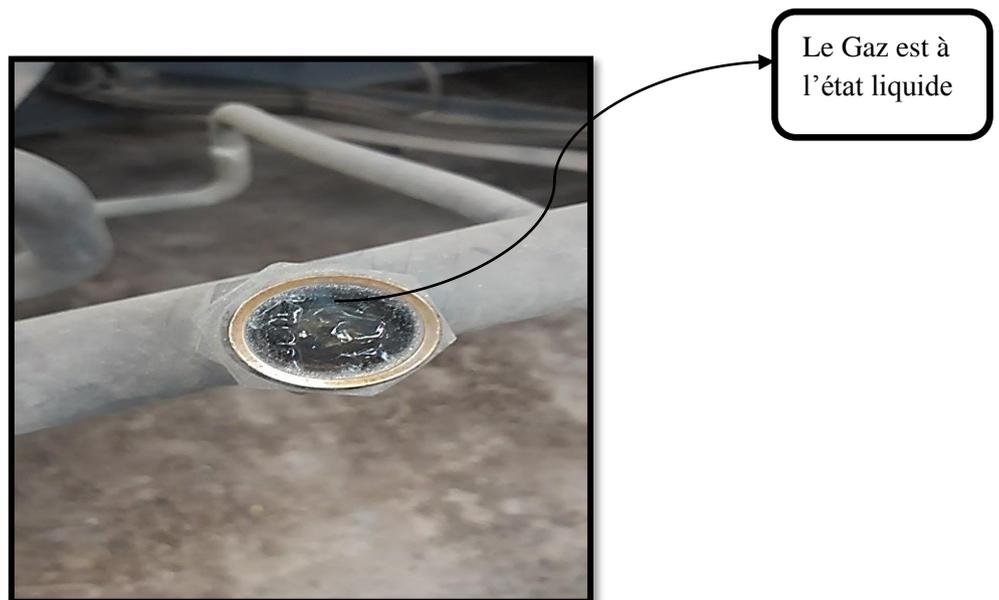


Figure 2.3: La circulation de gaz à l'état liquide.

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

3. Le liquide haute pression et haute température est envoyé dans le détendeur, où sa pression est réduite et il se transforme en un liquide basse pression et basse température.
 - À l'entrée du détendeur, le réfrigérant est à l'état liquide et sous haute pression.
 - Lorsque le réfrigérant traverse le détendeur, sa pression et sa température diminuent. Le détendeur régule également le débit du réfrigérant dans le circuit fermé.
 - À la sortie du détendeur, le réfrigérant est à l'état liquide et à basse pression.

4. Le liquide à basse pression et basse température est envoyé dans l'échangeur, où il absorbe la chaleur de l'eau de refroidissement circulant dans un autre échangeur de chaleur.
 - A l'entrée de l'échangeur, le fluide frigorigène se trouve dans un état liquide à basse pression.
 - Au cours de son passage dans l'échangeur, le fluide qui est à basse température, absorbe l'énergie thermique. Ce processus entraîne l'évaporation du fluide frigorigène qui se transforme en état gazeux.
 - A la sortie de l'échangeur, le réfrigérant est à l'état gazeux et à basse pression
 - Le fluide frigorigène se vaporise alors en un gaz à basse pression et basse température.
 - Le gaz froid est aspiré par le compresseur pour recommencer le cycle.

5. Il est important de noter que le fluide frigorigène doit être manipulé avec précaution, car il est dangereux pour la santé et l'environnement. Il est recommandé de faire appel à un professionnel qualifié pour installer, entretenir et réparer un système de refroidissement à eau glacée.

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

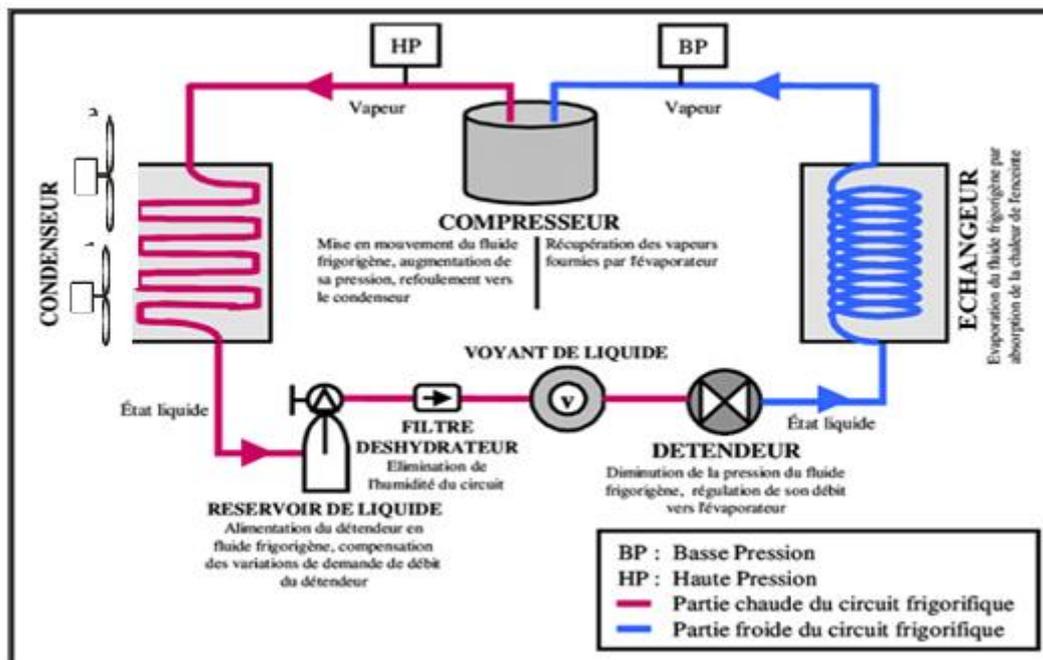


Figure 2.4 : Le principe de fonctionnement d'un refroidisseur d'eau.

B. Avantage de ce système de refroidissement d'eau :

- Une meilleure efficacité, des rendements supérieurs (EER) et un meilleur bilan d'exploitation peuvent être obtenus.
- Les machines frigorifiques peuvent être installées dans un local technique, en sous-sol, sur la toiture ou la terrasse.
- Le deux-en-un présente de nombreux avantages, notamment la possibilité de combiner la climatisation et le chauffage en une seule installation, ce qui permet de gagner de la place et de l'argent par rapport à deux installations séparées.

2.1.3 Les composants d'un refroidisseur d'eau (chiller):

Water chiller, ou groupe d'eau glacée, est un système de refroidissement qui utilise de l'eau pour réguler la température de l'air ambiant ou des équipements. Les composants d'un groupe d'eau glacée typique incluent .

1. Le compresseur scroll :

C'est un type de compresseur utilisé dans les systèmes de climatisation, les réfrigérateurs. Le compresseur scroll est constitué de deux spirales, appelées "spirale fixe" et

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

"spirale mobile". La spirale fixe est fixée à la carcasse du compresseur, tandis que la spirale mobile tourne à l'intérieur de la spirale fixe. (figure 2.5) et (figure 2.6)



Figure 2.5 : le compresseur scroll



Figure 2.6 :les composants de compresseur

Le gaz réfrigérant est aspiré à travers une entrée située à l'extrémité de la spirale fixe. La spirale mobile commence alors à tourner, créant une poche de gaz entre les deux spirales.

La spirale mobile continue à tourner, créant des poches de gaz plus petites à mesure que le gaz est poussé vers le centre de la spirale. La taille de la poche diminue jusqu'à ce que le gaz soit comprimé à son niveau maximal. Le gaz comprimé est alors poussé hors du compresseur à travers une sortie située à l'extrémité de la spirale fixe [9].

2. Un condenseur refroidi par air :

Son rôle consiste à refroidir les vapeurs surchauffées provenant du compresseur. Le gaz chaud émis par le compresseur transfère sa chaleur à un fluide extérieur. Les vapeurs du fluide frigorigène se refroidissent, atteignant la température de saturation avant que la première goutte de liquide ne se forme. Ensuite, la condensation se produit jusqu'à ce que la dernière bulle de vapeur disparaisse, permettant au fluide liquide de se refroidir encore davantage (sous-refroidissement) avant de quitter le condenseur. (Figure 2.7)

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft



Figure 2.7 : condenseur a air

3. Echangeur :

Dans ce processus, le fluide frigorigène à basse pression se refroidit et s'échange dans le dispositif en extrayant de l'énergie de l'environnement à refroidir (la source froide). Le fluide frigorigène liquide entre en ébullition et se transforme en gaz sec en absorbant la chaleur provenant du fluide extérieur. Par la suite, le gaz ainsi formé est légèrement réchauffé par le fluide extérieur, ce qui est connu sous le nom de phase de surchauffe. Les vapeurs sont ensuite acheminées vers le compresseur pour compléter le cycle [10].

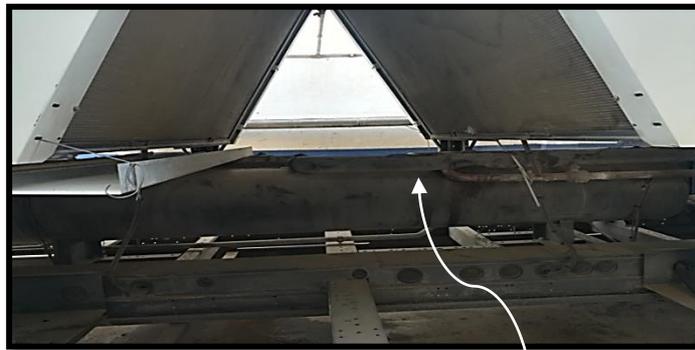


Figure 2.8 : l'échangeur

4. Détendeur :

Le détendeur (figure 2.9) est un dispositif utilisé dans les systèmes de réfrigération et de climatisation pour réguler le débit du réfrigérant haute pression du condenseur vers l'échangeur à basse pression. Il réduit la pression du réfrigérant et le vaporise partiellement, ce qui abaisse la température du fluide frigorigène et permet son évaporation dans l'échangeur. Les détendeurs sont généralement des valves à aiguille ou à piston qui peuvent être réglées

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

pour fournir un débit constant de réfrigérant dans le système en fonction des besoins de refroidissement [11].



Figure 2.9 : Un détendeur

5. Pompe:

La pompe (figure 10) joue un rôle essentiel en assurant la circulation de l'eau et le transfert de chaleur efficace. Elle maintient une température basse en distribuant l'eau froide aux endroits nécessitant un refroidissement. La pompe peut être équipée d'un dispositif de contrôle du débit pour s'adapter aux besoins du système. Elle contribue également à la sécurité en détectant les anomalies et en protégeant le système contre les surcharges.



Figure 2.10 : Image d'une pompe

6. Le filtre d'eau :

Le filtre d'eau (figure 2.11) est généralement situé près de l'entrée de l'eau dans le système de refroidissement, avant la pompe de circulation. Permet de nettoyer l'eau avant qu'elle ne soit utilisée dans le système de refroidissement, évitant ainsi les dommages et les perturbations du fonctionnement dus aux impuretés.



Figure 2.11 : Le filtre d'eau

7. Voyant du liquide :

Le voyant liquide (figure 12) est constitué d'un élément sensible (sel chimique) qui change de couleur en fonction de la teneur en humidité du circuit. Quand celui-ci est de couleur verte le circuit est considéré comme sain, quand il vire au jaune il est probable que le dés hydrateur soit saturé d'humidité et il doit être changé. La présence d'humidité ne doit pas être acceptée afin d'éviter la formation d'acides préjudiciables au bon fonctionnement de l'installation. La présence de bulle à travers le voyant indique soit un manque de fluide (sous certaines conditions), une évaporation partielle du fluide (chute de pression), un faible sous refroidissement [12] .



Figure 2.12 : image d'un voyant du liquide[13]

8. Les conduites d'eau :

Les conduites d'eau relient les différents composants du système de refroidissement. Elles sont généralement en acier inoxydable ou en cuivre.

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

9. Les ventilateurs :

Le fonctionnement d'un ventilateur est relativement simple. Lorsque le fluide réfrigérant se condense dans le condenseur, il transfère de la chaleur à l'air ambiant, ce qui fait monter la température de l'air. Les ventilateurs sont conçus pour aspirer de l'air à travers les bobines du condenseur, ce qui élimine la chaleur accumulée et maintient la température de l'air à un niveau approprié pour le refroidissement.



Figure 2.13 : Les Ventilateurs

Les composants d'un refroidisseur d'eau peuvent varier en fonction de la taille et de la complexité du système, ainsi que des exigences de refroidissement spécifiques de l'application.

2.1.4 Partie puissance de l'armoire électrique :

Il fournit l'alimentation électrique au compresseur, à la pompe et à tous les autres composants électriques qui nécessitent une alimentation électrique directe pour fonctionner. Le circuit de puissance comprend généralement des disjoncteurs, des contacteurs et des transformateurs.

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

1. Disjoncteur :

a) Le fonctionnement :

Un disjoncteur (figure 2.14) est un dispositif de commutation automatique (interrupteur) utilisé dans les installations électriques pour permettre le passage du courant électrique tout en protégeant le circuit contre les dommages causés par un courant excessif dû à une surcharge, un court-circuit ou une fuite à la terre .

Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou de court-circuit dans un système électrique. Selon sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique.

La principale différence entre un disjoncteur et un fusible est que le disjoncteur peut être réparé manuellement sans subir de dommages lors de son fonctionnement.

Les disjoncteurs sont généralement équipés de voyants lumineux et/ou de dispositifs d'alarme sonore pour signaler aux opérateurs que le disjoncteur a été déclenché. Il est important de réinitialiser le disjoncteur après qu'il a été déclenché, afin que le courant électrique puisse à nouveau être fourni au circuit protégé.

b) Caractéristiques techniques de disjoncteur :

- Type de disjoncteur : ABB.
- Série : MS 132
- La plage de courant l'appareil entre 1,6 et 2,5A.
- protégeant contre les courts-circuits jusqu'à 100 Ka.
- conçus pour minimiser la consommation d'énergie, avec une perte de puissance comprise entre 0,7 et 1,8 W .

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft



Figure 2.14 : Un disjoncteur

2. Les contacteur :

Un contacteur (figure 2.15) est un composant électrique utilisé pour contrôler la mise sous tension et la mise hors tension d'un circuit électrique. Il est souvent utilisé pour contrôler des charges électriques importantes, telles que des moteurs des compresseurs et des ventilateurs , qui nécessitent une tension élevée et une intensité de courant importante .



Figure 2.15 : contacteur

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

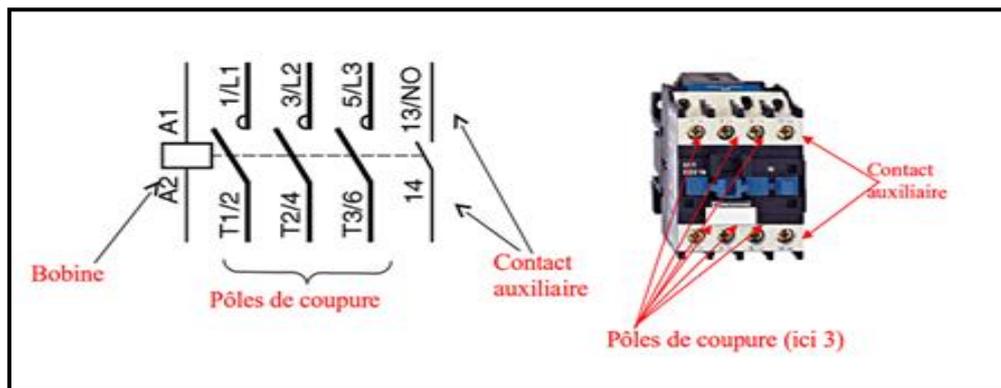


Figure 2.16 : symbole de contacteur[14]

a) Le fonctionnement d'un contacteur :

La bobine du contacteur (bornes A1-A2) peut recevoir une alimentation en courant alternatif ou en courant continu (24V, 48V, 110V, 230V, 400V). Lorsque la bobine est alimentée, elle crée un champ magnétique qui attire la partie mobile de l'armature vers la partie fixe, entraînant la fermeture (ou l'ouverture selon le modèle) des contacts. En revanche, lorsque la bobine n'est pas alimentée, un ressort de rappel sépare les deux parties de l'armature et maintient les contacts de puissance ouverts (ou fermés) [15].

b) Les caractéristique technique de contacteur (figure 2.15) :

- Type :Contacteur.
- Nom de l'appareil :LC1D12 10 .
- Description des pôles : 3P .
- [Ue] tension assignée d'emploi : Circuit de puissance: 690 V CA 25...400 Hz
- [Ie] courant assigné d'emploi :
 - 25 A (à <60 °C) à 440 V CA AC-1 pour circuit de puissance.
 - 12 A (à <60 °C) à 440 V CA AC-3 pour circuit de puissance.
- [Uc] control circuit voltage : 220 V CA 50 Hz .

3. Le relais électromécanique :

Un relais est un interrupteur qui se commande avec une tension continue ou alternative de faible puissance. La partie interrupteur sert à piloter des charges secteur de forte puissance (plusieurs dizaines d'ampères) [16].

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

a) Constitution :

- Un relais est composé principalement d'un électroaimant, qui lorsqu'il est alimenté, transmet une force à un système de commutation électrique : les contacts.[16]

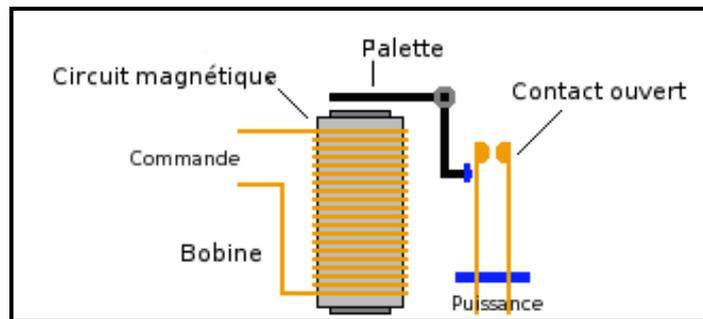


Figure 2.17: les composants d'un relais électromécanique[16]

- L'électroaimant (la bobine) peut être, suivant les spécifications et besoins, alimenté en TBT (Très Basse Tension) (moins de 12 V, 24 V, 48 V) continu ou alternatif ou en BT (Basse Tension) (230 V, 400 V).
- Le système de commutation peut être composé d'un ou plusieurs interrupteurs simple effet appelés contacts normalement ouverts (NO) ou normalement fermés (NF ou NC). Ces commutateurs sont adaptés aux courants et à la gamme de tensions à transmettre à la partie puissance.

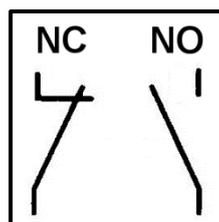


Figure 2.18 : le symbole de contact ouvert NO et fermé NC [16]

- Divers systèmes mécaniques ou pneumatiques peuvent créer un retard à l'enclenchement ou au relâchement (on dit alors que les relais sont "temporisés").
- Dans les systèmes mettant en œuvre une grande puissance, on appelle les relais des "contacteurs".[16]

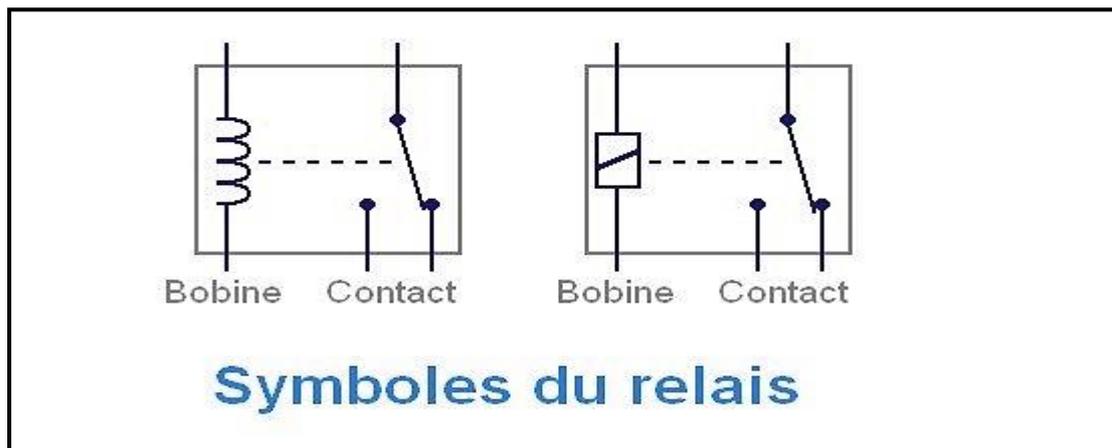


Figure 2.19 : Le symbole du relais [16]

4. Relais de phase : .

a) Le fonctionnement d'un relais de phase :

Le relais de phase (figure 2.20) est un dispositif électrique, conçu pour contrôler l'inversion des phases dans un système électrique triphasé. Il est utilisé pour protéger et surveiller les phases des équipements électriques et assurer un fonctionnement correct du réseau électrique.

Son fonctionnement est décrit en quelques étapes :

6. Surveillance des tensions : Le relais de phase mesure en permanence les tensions des trois phases du système triphasé.
7. Comparaison des phases : Il compare les valeurs de tension des phases pour vérifier si elles sont équilibrées et dans l'ordre correct (A-B-C).
8. Détection des inversions de phase : Si le relais détecte une séquence incorrecte des phases (par exemple, B-C-A), il identifie cela comme une inversion de phase.
9. Réaction rapide : Une fois qu'une inversion de phase est détectée, le relais réagit rapidement en activant une action de protection appropriée.
10. Actions de protection : Les actions de protection peuvent varier en fonction des besoins du système. Elles peuvent inclure l'arrêt du système, la mise hors tension des équipements ou l'activation d'alarmes pour alerter les opérateurs.
11. Prévention des dommages : En détectant les inversions de phase et en prenant des mesures de protection rapides, le relais de phase contribue à prévenir les dommages aux équipements électriques sensibles.



Figure 2.20 : le relais de phase

5. Le sectionneur :

a) Le fonctionnement :

Le sectionneur (figure 2.21) est un dispositif électromécanique utilisé pour séparer visiblement un circuit électrique de son alimentation. Il garantit une distance de séparation électriquement adéquate lorsque positionné en mode ouvert. Son fonctionnement repose sur le principe mécanique consistant à ouvrir un circuit électrique afin d'isoler la partie de l'installation connectée en aval du sectionneur.

Il est important de souligner que contrairement au disjoncteur, le sectionneur n'a pas la capacité de couper ou de fermer le courant électrique. Il est nécessaire d'arrêter l'équipement connecté en aval avant d'effectuer une ouverture. Sinon, une ouverture sous tension pourrait provoquer de graves brûlures en raison de la formation d'un arc électrique [17].

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft



Figure 2.21 : Image de sectionneur

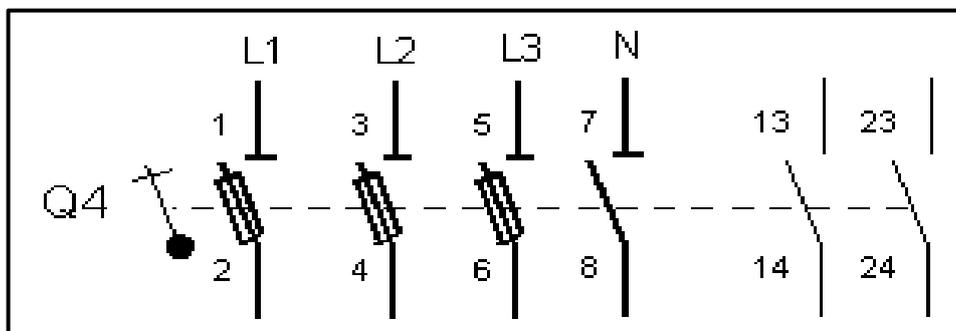


Figure 2.22 : Symbole de sectionneur [17]

2.1.5 Partie commande :

Il est utilisé pour contrôler les composants électriques en utilisant des signaux électriques à basse tension. Le circuit de commande comprend généralement des relais de commande, des capteurs, des interrupteurs de pression et des contrôleurs programmables. Les signaux électriques à basse tension sont envoyés aux contacteurs et aux relais de commande

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

pour activer ou désactiver le fonctionnement des composants électriques en fonction des paramètres de contrôle.

1. Les cartes de commande :

La carte de commande (Figure 2.23) est un composant électronique essentiel qui se trouve généralement dans l'armoire électrique d'un système de refroidissement. La carte de commande est responsable de la gestion des opérations du système de refroidissement, telles que la régulation de la température, la surveillance des pressions et des débits, et la coordination des différents composants du système.

La carte de commande reçoit des signaux de divers capteurs dans le système, tels que des capteurs de température et de pression, ainsi que des signaux de commande provenant du système de contrôle central. Elle traite ces signaux et envoie des commandes aux composants électriques du système de refroidissement, tels que les compresseurs, les moteurs, pour ajuster la température et les débits en fonction des besoins.

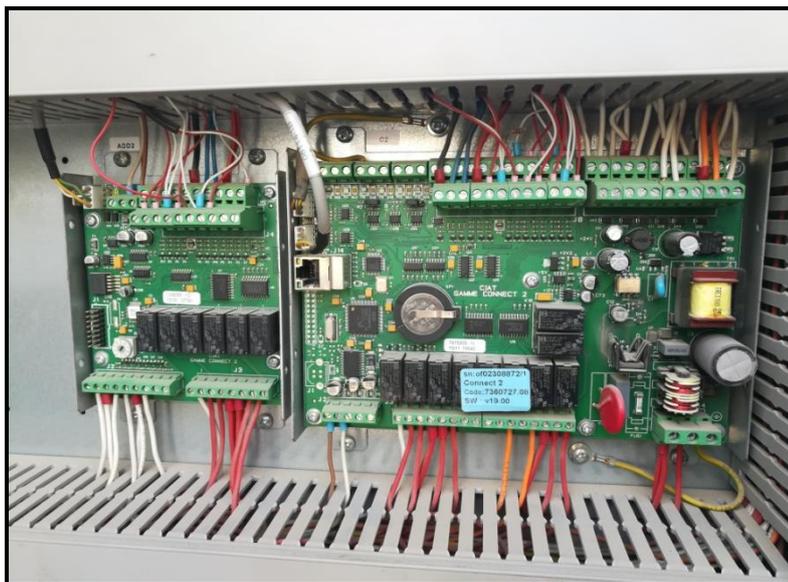


Figure 2.23 : les cartes électrique de commande

Remarque : Dans notre système on va remplacer ses cartes électriques par un API .

2. Transformateur circuit de commande :

a) Fonctionnement :

Le transformateur est composé d'un noyau de fer entouré de bobines de fil de cuivre. Lorsque le courant électrique traverse les bobines, cela crée un champ magnétique dans le noyau de fer, qui transforme la tension de l'alimentation électrique en fonction de la

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

configuration des bobines. Le transformateur peut également fournir une isolation électrique entre les équipement et l'alimentation électrique principale, ce qui contribue à la sécurité des opérateurs et des équipements.

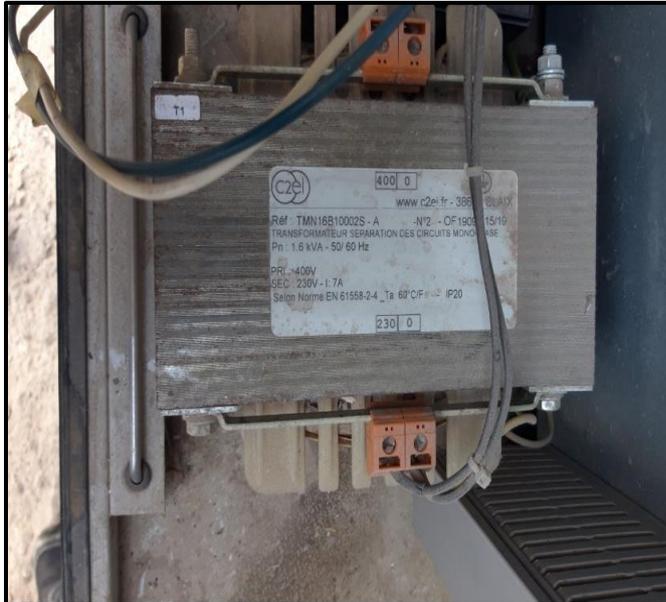


Figure 2.24 : Transformateur (400V→230V)



Figure 2.25 : Transformateur (230V→24V)

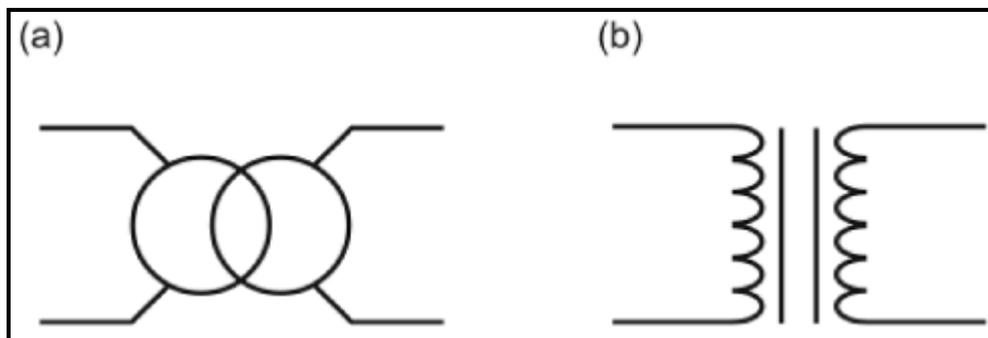


Figure 2.26: Symbole de transformateur

3. Les capteurs :

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

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

commande [18] , exemple : une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité, la déviation d'une aiguille... On fait souvent (à tort) la confusion entre capteur et transducteur : le capteur est au minimum constitué d'un transducteur. Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation [19] .

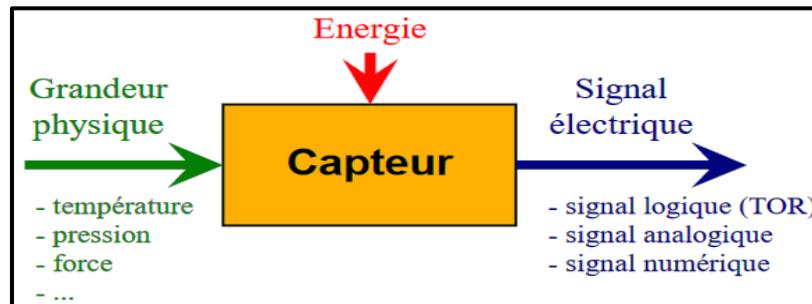


Figure 2.27 : Schéma synoptique d'un capteur[18]

3.1 Classification des capteurs :

- Capteurs analogiques :

La sortie est une grandeur physique dont la valeur est proportionnelle à la grandeur physique mesurée par le capteur. La sortie peut prendre une infinité de valeurs continues.

- Capteurs logiques :

Ou capteurs TOR. La sortie est un état logique que l'on note 1 ou 0. La sortie peut prendre deux de valeurs, évidemment discrètes.

- Capteurs numériques :

La sortie est une séquence d'états logiques qui, en se suivant, forment un nombre. La sortie peut prendre une infinité de valeurs discrètes [19].

3.1.1 Capteur de pression :

Un capteur de pression est un dispositif électronique conçu pour mesurer la pression d'un fluide ou d'un gaz.

Le transmetteur de pression peut fournir différents types d'information [20] :

- Une pression relative.
- Une pression absolue.
- Une pression différentielle image d'un d'débit ou d'un niveau.

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

1) Les avantages d'un capteur de pression :

Le capteur de pression offre plusieurs avantages dans de nombreux domaines d'application.

- **Mesure précise** : Les capteurs de pression sont conçus pour fournir des mesures précises de la pression, ce qui permet de surveiller et de contrôler efficacement les processus.
- **Large plage de mesure** : Les capteurs de pression sont disponibles dans une large gamme de plages de mesure, ce qui les rend adaptables à différentes applications, allant des faibles pressions atmosphériques aux pressions élevées.
- **Réactivité rapide** : permet de détecter rapidement les changements de pression, ce qui permet un contrôle en temps réel des systèmes et des processus.
- **Fiabilité** : conçus pour être robustes et fiables, capables de résister à des conditions environnementales difficiles telles que les températures extrêmes, les vibrations et les chocs.
- **Coût abordable** : Les capteurs de pression sont disponibles à des prix abordables, ce qui les rend accessibles à de nombreuses industries et applications.
- **Surveillance et sécurité** : capteur de pression jouer un rôle essentiel dans la surveillance et la sécurité des systèmes. Il permette de détecter les fuites, les surpressions, les sous-pressions et d'autres conditions anormales, ce qui contribue à prévenir les accidents et les défaillances.

2) Capteur de pression PT5 18M :

a. Caractéristique de capteur (Figure 2.28) :

Type : PT5-18M.

Numéro de pièce :802 351 (emballage unique).

Plage de pression pour la sortie du signal (bar) : 0→18.

Signal de sortie :4mA→20mA.

Plage de température moyenne au raccord de pression (c°) : -40→+100.

PS : pression de travail max :45bar.

PT : pression d'essai :50bar.[21]

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft



Figure 2.28: capteur PT5 18M[22]

b. Fonctionnement :

Le capteur de pression est généralement installé sur le circuit de réfrigération du côté haute pression du système, juste après le compresseur. Lorsque le fluide réfrigérant est comprimé par le compresseur, sa pression augmente, et cette pression est mesurée par le capteur.

Le capteur PT5 18M utilise une technologie de jauge de contrainte pour mesurer la pression. Il est constitué d'un élément sensible à la pression, généralement un diaphragme en acier inoxydable, qui se déforme en fonction de la pression appliquée. Cette déformation est mesurée par une jauge de contrainte qui est attachée à l'élément sensible. Lorsque la pression du fluide réfrigérant change, le diaphragme se déforme et cela modifie la résistance électrique de la jauge de contrainte. Cette variation de la résistance électrique est alors convertie en un signal électrique proportionnel à la pression, qui est envoyé à l'unité de contrôle.

3) Capteur de pression 2CP5_71_66 :

a. Caractéristique de capteur :

Type : 2CP5_71_66

Plages de pression : 0 à 15 psi, jusqu'à 0 à 750 ps.

Température de fonctionnement : -40°C → +135°C.

Courant d'alimentation : 7 mA.

Courant de sortie : 2,5 Ma [23]

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft



Figure 2.29 : capteur de pression 2CP5[23]

b. Fonctionnement :

Le capteur de pression différentielle peut être utilisé pour surveiller la pression du fluide réfrigérant dans le circuit de refroidissement. En mesurant la pression différentielle entre l'entrée et la sortie du refroidisseur d'air, le capteur peut aider à assurer un fonctionnement efficace et fiable du système de refroidissement. Par exemple, si la pression différentielle est trop élevée, cela peut indiquer un colmatage du filtre ou une obstruction du circuit de refroidissement, ce qui nécessite une inspection et une maintenance.

3.1.2 Pressostats :

Les pressostats sont des appareils utilisés essentiellement dans les installations frigorifiques et de conditionnement de l'air pour assurer une protection contre une pression d'aspiration trop faible ou une pression de refoulement trop élevée. Ils peuvent également être utilisés comme appareils de régulation de pression et de température de condensation des machines frigorifiques. (Figure 2.30)

Ces appareils sont présents aussi dans les installations de conditionnement de l'air pour contrôler l'encrassement des filtres.

En cas général, Le principe de régulation des pressostats est celui de la boucle courte et fermée : Le paramètre mesuré sera contrôlé. C'est un appareil de régulation dit TOR (Tout Ou Rien) ou encore, Marche / Arrêt. [24]

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft



Figure 2.30 : pressostat type 29P5L012-449[25]

a) Fonctionnement :

C'est un interrupteur de pression utilisé pour surveiller la pression du réfrigérant dans le condenseur et s'assurer que la pression reste dans une plage de fonctionnement appropriée. Si la pression du réfrigérant est trop élevée ou trop basse, le pressostat peut déclencher une action de contrôle pour ajuster le fonctionnement du système de refroidissement et maintenir la pression dans une plage de fonctionnement acceptable.

b) Pressostat basse pression BP :

Le pressostat BP offre une double fonctionnalité en tant que régulateur de la pression d'évaporation et dispositif de sécurité contre les pressions extrêmement basses (inférieures à 0,1 bar). Lorsque la pression d'aspiration chute en dessous de la pression de consigne, ce dispositif active le contact électrique inverseur.[26] (figure2.31)



Figure 2.31 : pressostat BP[26]

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

Typiquement, ce pressostat est installé en amont du tube d'aspiration du compresseur. Il est largement utilisé dans diverses applications telles que les chambres froides et les refroidisseurs de liquide. Le pressostat BP arrêtera le compresseur si la pression du circuit côté basse pression descend en dessous de la valeur de coupure et protégera de cette façon le circuit frigorifique et plus particulièrement le compresseur [26].

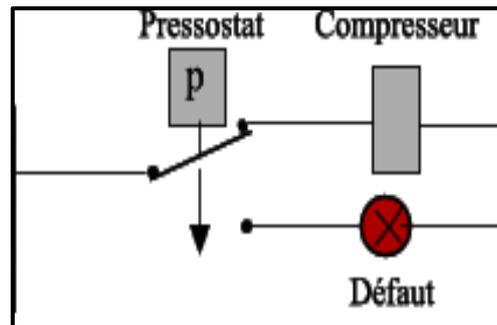


Figure 2.32 : Schéma simplifié d'un pressostat basse pression en sécurité [27]

c) Pressostat haute pression HP :

Le pressostat HP, connu également sous le nom de pressostat de sécurité, a pour fonction essentielle de protéger le compresseur frigorifique en surveillant les niveaux élevés de pression et de température. Lorsque la pression de refoulement dépasse une valeur prédéterminée, ce dispositif déclenche le contact électrique inverseur, garantissant ainsi la sécurité du système. [26] (figure 2.33)

D'un autre côté, le pressostat HP, aussi appelé pressostat de régulation, est spécifiquement conçu pour réguler la pression et la température de condensation. Lorsque la pression de refoulement atteint la pression de consigne définie, ce pressostat active le contact électrique inverseur, permettant de contrôler le fonctionnement des ventilateurs ou des pompes. Cela assure une régulation efficace en déterminant si ces composants doivent être activés ou désactivés [26].

Les pressostats HP remplissent des rôles distincts dans le système frigorifique. Le pressostat de sécurité protège le compresseur contre les conditions dangereuses, tandis que le pressostat de régulation maintient la pression et la température de condensation à des niveaux optimaux, en contrôlant le fonctionnement des ventilateurs ou des pompes [26].



Figure 2.33 : Pressostat HP[26]

3.1.3 Sonde antigel (thermostat) :

Les thermostats (Figure 2.34) sont des organes de régulation basique " tout ou rien ", qui ferment et ouvrent de simples contacts électriques, libres de potentiel. Les contacts ne peuvent avoir que deux états : ouvert ou fermé [28].

La passerelle que l'antigel doit traverser est un thermostat. Jusqu'à ce que le moteur soit à la température de fonctionnement, le thermostat reste fermé et ne permet pas au liquide de refroidissement de circuler dans le moteur. Une fois la température de fonctionnement atteinte, le thermostat s'ouvre et l'antigel continue de circuler dans le circuit de refroidissement [29].



Figure 2.34 : thermostat [30]

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

3.1.4 Capteur de température :

a. Capteur de température du gaz :

Le capteur de température du gaz réfrigérant est un composant important pour mesurer la température du gaz réfrigérant à différents points du cycle de réfrigération. Il est généralement placé à la sortie du compresseur, là où le gaz réfrigérant est le plus chaud, pour mesurer la température maximale du gaz.

1. Fonctionnement :

Le fonctionnement du capteur de température de gaz réfrigérant repose sur l'utilisation d'éléments sensibles à la température tels que des thermocouples ou des sondes PT100. Les éléments sensibles convertissent la température en signaux électriques, qui sont ensuite transmis aux circuits électroniques. Ce circuit électronique traite le signal électrique et le convertit en une valeur de température lisible par l'utilisateur. Les valeurs de température mesurées peuvent être utilisées pour régler le système de contrôle de la température et contrôler le débit de gaz réfrigérant dans le système de refroidissement.

b. Capteur de température d'entrée et de sortie d'eau glacée :

Les capteurs de température (figure 2.35) d'entrée et de sortie d'eau glacée sont utilisés pour mesurer la température de l'eau avant et après qu'elle passe à travers l'échangeur de chaleur dans un système de refroidissement. La différence de température entre les deux points de mesure est convertie en une tension électrique par le thermocouple et envoyée à un dispositif de mesure, tel qu'un afficheur numérique ou un régulateur de température. Le dispositif de mesure peut alors ajuster la vitesse du compresseur ou du ventilateur pour maintenir la température de l'eau de refroidissement à un niveau constant.

Ces mesures sont importantes pour garantir le bon fonctionnement du système de refroidissement et pour prévenir les pannes ou les dysfonctionnements.



Figure 2.35 :capteur de température[31]

4. Actionneur :

a) Moteur asynchrone triphasé :

Le moteur asynchrone triphasé (figure 2.36), agit comme un récepteur de puissance transformant ainsi, l'énergie électrique en énergie mécanique, grâce à des phénomènes électromagnétiques (figure 2.37). Sa particularité est la simplicité de construction, qui est en fait un matériel très fiable, demandant peu d'entretien [32].

Sa domination dans le secteur industriel s'explique par sa structure composée de deux éléments clés : le rotor, qui assure la rotation, et le stator, qui reste immobile.

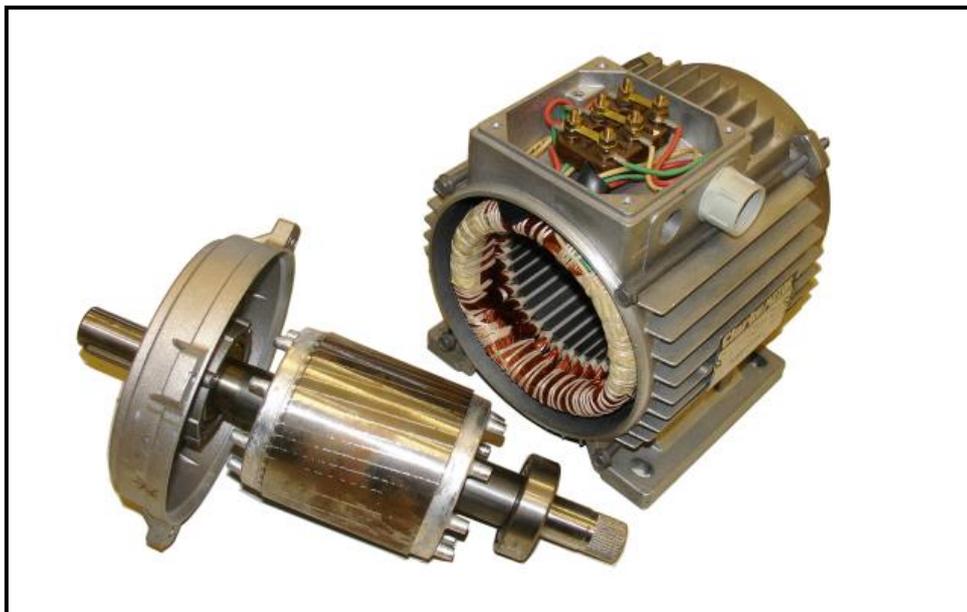


Figure 2.36 : Moteur asynchrone triphasé [32]

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

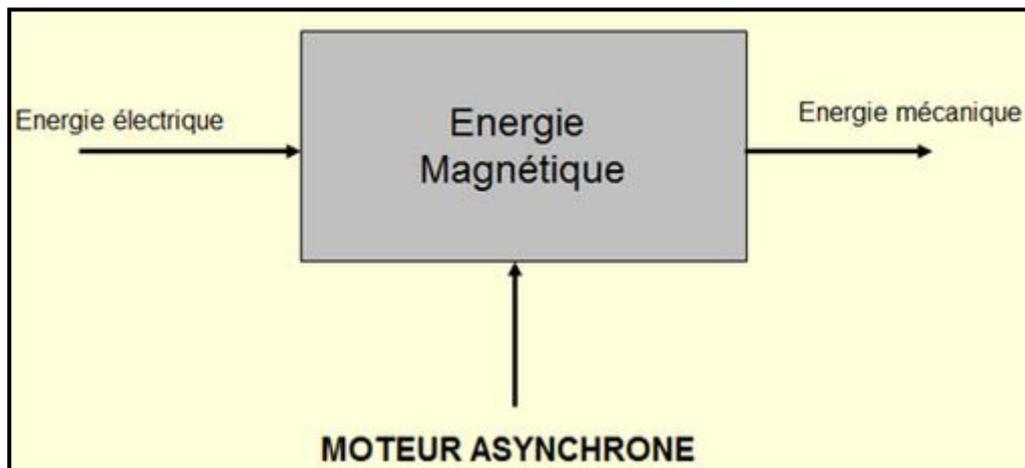


Figure 2.37 : Schéma général du moteur asynchrone triphasé [32]

b) Constituants du moteur asynchrone triphasé

Les principales parties d'un moteur asynchrone triphasé sont (figure 2.38) [33] :

- **Le stator** : également connu sous le nom de cage d'écureuil, constitue la composante stationnaire du moteur responsable de la création d'un champ magnétique rotatif.
- **Le rotor** : actionné par le champ magnétique rotatif du stator, génère de l'énergie mécanique.
- **Les flasques** : assurent la fermeture du carter moteur aux deux extrémités. Ces composants, fabriqués en fonte grise ou en aluminium injecté, sont positionnés de manière centrale sur le carter et reliés entre eux par des tirants ou des tiges d'assemblage.
- **L'arbre du rotor** : fabriqué en acier, sert de support au rotor du moteur. À l'une de ses extrémités, le ventilateur et éventuellement le frein sont montés. À l'autre extrémité se trouve l'arbre de sortie équipé d'une rainure de clavetage pour le montage du pignon d'entraînement.
- **Le carter** : généralement fabriqué en aluminium injecté pour les moteurs de petite taille et en fonte grise pour les moteurs plus imposants, abrite la boîte à bornes où les connexions électriques sont effectuées. La boîte à bornes peut être fixée soit sur le dessus, soit sur le côté du carter.
- **Le ventilateur** : situé à l'arrière du moteur, joue un rôle essentiel dans le processus de refroidissement. Le capot du ventilateur dirige le flux d'air vers les ailettes du carter, contribuant ainsi à maintenir une température adéquate du moteur.

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

- **Les roulements :** Dans le moteur mentionné, l'arbre est guidé en rotation par l'intermédiaire de deux roulements à billes montés dans les flasques. Il convient de noter que d'autres configurations de roulements sont également possible .

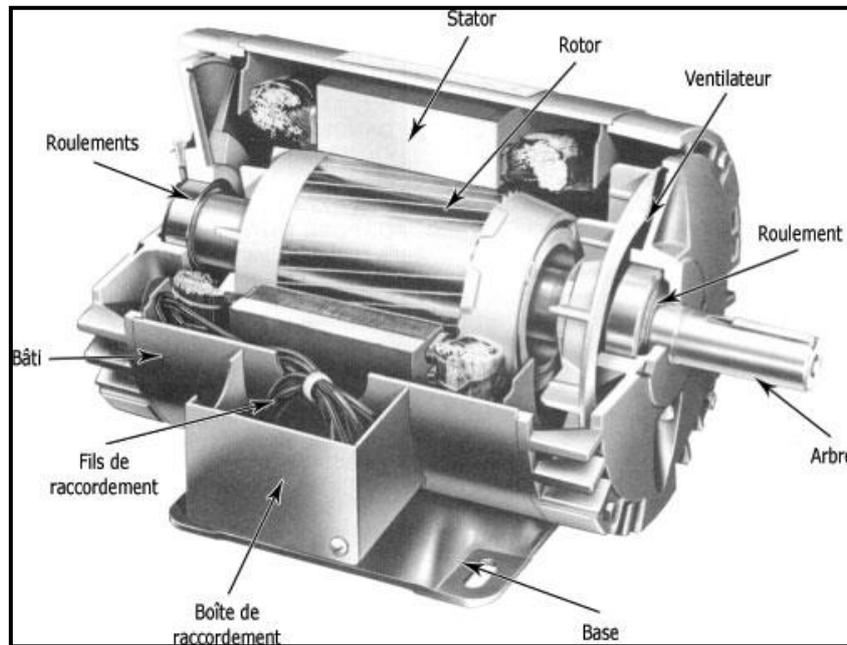


Figure 2.38 : Les parties d'un moteur asynchrone triphasé[33]

c) Le principe de fonctionnement :

Dans un moteur asynchrone triphasé, le stator contient trois bobines placées à des angles de 120 degrés les unes par rapport aux autres. Ces bobines sont alimentées par une tension alternative triphasée. L'interaction entre ces bobines crée un champ magnétique variable qui tourne autour du stator à une fréquence correspondant à celle de la tension d'alimentation. Ce champ magnétique rotatif est communément appelé champ tournant ou champ statorique.

d) Le démarrage direct de moteur asynchrone triphasé :

Le contacteur est en position ouverte. Cela signifie que le circuit électrique du moteur est ouvert, et il n'y a pas de courant qui circule dans les enroulements statoriques du moteur.

Lorsque le contacteur est fermé, le courant électrique circule dans les enroulements statoriques du moteur, créant ainsi un champ magnétique qui fait tourner le rotor.

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

Le couple de démarrage est créé grâce à la différence de phase entre le champ magnétique tournant créé par le courant dans les enroulements statoriques et le champ magnétique induit dans le rotor. Cela entraîne le démarrage du moteur.

Le courant initial peut être très élevé, pouvant atteindre 5 à 8 fois la valeur nominale. Cette forte intensité de courant peut entraîner une chute de tension importante dans le réseau électrique et perturber d'autres équipements électriques.

Pour cette raison, des dispositifs de protection tels que des fusibles, des disjoncteurs, des relais thermiques et des contacteurs de surcharge sont utilisés pour protéger le moteur et le réseau électrique contre les surintensités.

Une fois le moteur démarré, le contacteur reste fermé et le moteur continue de tourner jusqu'à ce que l'on coupe l'alimentation électrique.

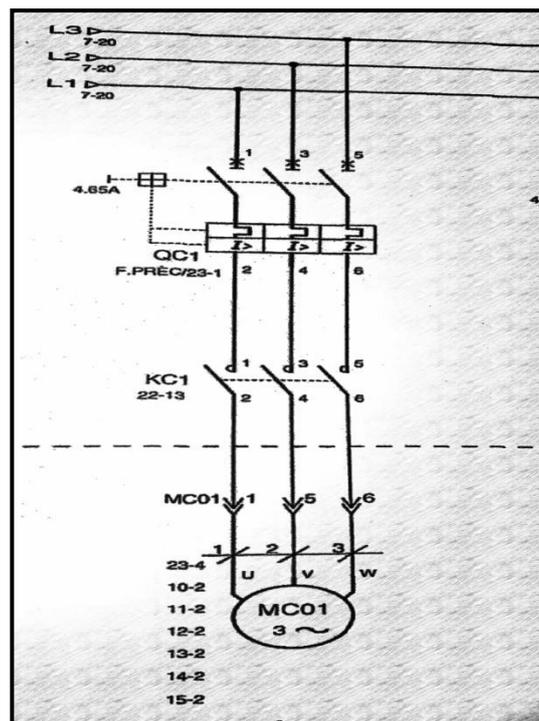


Figure 2.39 : démarrage direct d'un moteur triphasé

2.1.6 Conclusion :

Dans cette partie, nous avons présenté en détail le système de refroidissement d'eau, ses différents composants ainsi que leurs principes de fonctionnement et la partie hard du système.

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

Partie 2 : Partie soft

2.2.1 Introduction :

Ce chapitre couvre tous les composants de la partie commande, y compris l'enveloppe et les accessoires divers ainsi que sur le système automatisé et l'automate programmable industriel. Nous aborderons également la supervision via l'interface homme-machine (HMI).

2.2.2 Automate programmable industriel (API) :

A. Historique :

Les API sont apparus aux Etats-Unis vers 1969, où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile, afin de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués. L'API s'est ainsi substituée aux armoires à relais, en raison de sa souplesse, mais aussi parce que, dans les automatismes de commandes complexes, les coûts de câblage et de mise au point, devenaient trop élevés.

Le cahier des charges de ces nouvelles machines, comprenait aussi des spécifications sur les conditions d'utilisation en milieu industriel perturbé, sur la variété et les nombres des entrées sorties industrielles, sur la simplicité de mise en œuvre par le personnel en place et naturellement sur les coûts de développement des automatismes [34].

B.Principe :

L'API, en anglais Program Logic Controller (PLC), est une machine électronique programmable destinée, industriellement, à la gestion de processus séquentiels ou combinatoires. Les automates programmables remplacent progressivement les équipements câblés, en assurant l'adaptation nécessaire entre tout ce qui est de grande puissance, en rendant, ainsi, le mécanisme de type « laisser- faire - seul ».

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

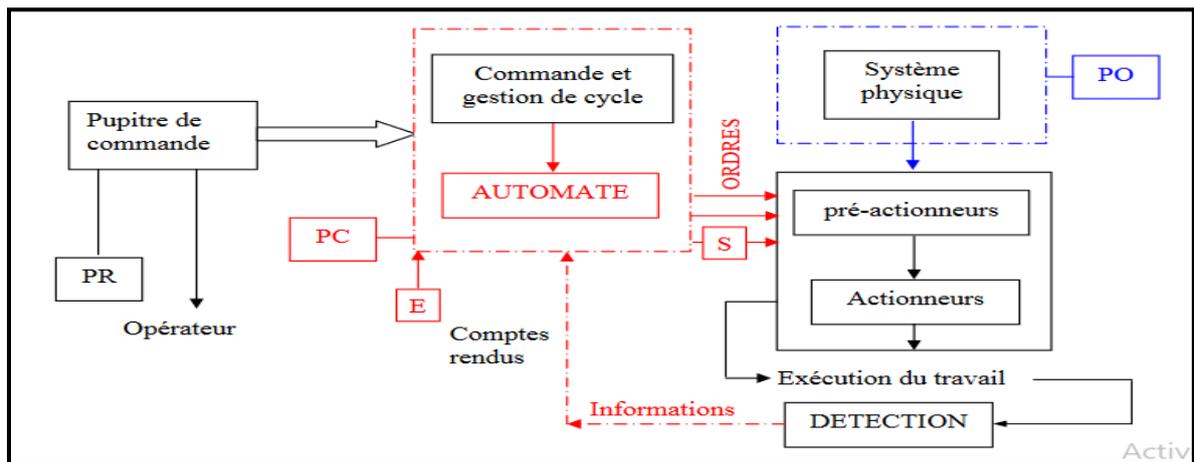


Figure 2.40 : Situation de l'automate dans un système automatisé de production [35]

C.Constituants :

Les API comportent quatre parties principales:

- Une mémoire.
- Un processeur.
- Des interfaces d'Entrées/Sorties.
- Une alimentation (240 Vac → 24 Vcc).

Ces quatre parties sont reliées entre elles par des bus (ensemble câblé autorisant le passage de l'information entre ces 4 secteurs de l'API). Ces quatre parties réunies forment un ensemble compact appelé automate[35].

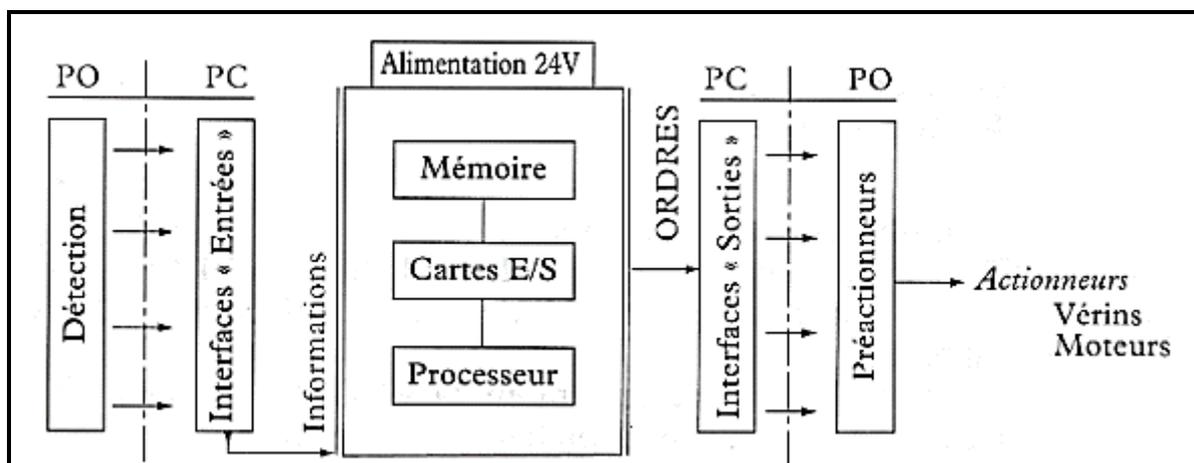


Figure 2.41: structure interne d'un API[35]

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

- **Alimentation :**

Elle permet de fournir à l'automate, l'énergie nécessaire à son fonctionnement, à partir d'une alimentation en 220 volts en alternatif.

- **Unité centrale (UC) :**

L'unité centrale (UC) est le « cerveau » de l'automate. Son rôle consiste à recevoir, mémoriser et traiter les informations reçues aux entrées et de déterminer, l'état des sorties en fonction d'un programme établi. Elle est constituée d'un processeur et d'une mémoire.

- **Le processeur :**

Le processeur est l'intelligence de l'UC. C'est l'ensemble fonctionnel chargé d'assurer le contrôle de l'ensemble de l'automate et d'effectuer les traitements demandés, par les instructions des programmes.

- **La mémoire :**

La mémoire de l'automate est conçue pour traiter, stocker et gérer les données provenant des différentes sources du système, à savoir le terminal de programmation (PC ou console) et le processeur, qui exécute le programme. En outre, elle reçoit également des informations en provenance des capteurs.

Les automates comprennent plusieurs types de mémoire qui remplissent des fonctions distinctes : la RAM et l'EEPROM sont utilisées pour la conception et l'élaboration du programme, tandis que l'EPROM est utilisée pour la conservation du programme pendant son exécution [35].

- **Modules d'entrées/sorties (E /S) :**

Il existe trois types de modules d'entrées/sorties(E/S) :

- **Modules d'E/S tout ou rien (TOR) :**

- **Entrée TOR :** L'information ne peut avoir que deux états (vrai/faux, 0 ou 1). Ils permettent d'interfacer divers capteurs logiques à l'automate, tels que : boutons poussoirs, thermostats, fins de course, capteurs de proximité ..
- **Sortie TOR :** Ils sont utilisés pour interfacer divers pré-actionneurs tels que des électrovannes, des contacteurs, des voyants lumineux, etc. à l'automate.

- **Modules d'E/S analogiques :** Les entrées et sorties analogiques sont souvent gérées par des convertisseurs analogique-numérique (CAN) et numérique-analogique (CNA) pour convertir les signaux analogiques en données numériques et vice versa, ce qui

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

facilite l'interaction avec l'API . Permet de fournir une interface pour interagir avec des signaux analogiques continus pour une large gamme d'applications .

- **Modules d'E/S numériques** :ils sont utilisées dans API a haut de gamme ou moyenne de gamme pour le traitement numérique. La longueur est définie par la taille du mot mémoire de l'automate .

D.Caractéristiques générales :

L'automate programmable est caractérisé par :

- Le nombre d'entrées/sorties.
- Modulaire ou compacte.
- La capacité de la mémoire.
- La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques, booléens).
- La tension d'alimentation.
- La vitesse de traitement : le temps de scrutation qui sépare deux lancements. successifs, de la même portion du programme d'application.

E.Langages de programmation pour API :

Chaque automate possède son propre langage. Mais par contre, les constructeurs proposent tous une interface logicielle répondant à la norme CEI1 1131-3.

Cette norme définit cinq langages de programmation utilisables, [36] qui sont :

- **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 a relais ou LD** : ce langage graphique est essentiellement dédié a 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 .

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

- **Liste d'instructions ou IL** : ce langage textuel de bas niveau est un langage à une instruction par ligne. Il peut être comparé au langage assembleur.

F. Domaines d'utilisation des API :

- Pour le contrôle ou bien commande des machines (convoyage, conditionnement).
- Dans Chaînes de production (produits agroalimentaire , automobiles, etc).
- Il est également assurer des fonctions de régulation de procédés (métallurgiques, chimiques, etc.).

G. Communication avec un API :

Un automate doit pouvoir se connecter et communiquer avec d'autres appareils et opérateurs. L'API ne se limite pas à communiquer avec les processus qu'elle pilote via ses modules d'E/S. de. Parmi d'autres types de relations pouvant être sécurisées, nous citons:

- Communication avec l'opérateur via pupitre ou terminal industriel.
- Affichage local de valeurs ou de messages.
- Échanger des informations avec d'autres API ou systèmes de contrôle.
- Échanger des informations avec des capteurs et actionneurs intelligents.
- Échanger des informations avec les superviseurs.
- Échanger des informations avec le processeur maître ou le processeur esclave dans la carte réseau. [36]

2.2.3 L'automate s7-1200 de marque SIEMENS :

Automate S7-1200 offre la flexibilité et la puissance nécessaires pour contrôler une variété d'appareils afin de répondre à vos besoins d'automatisation. Son facteur de forme compact, sa configuration flexible et son grand jeu d'instructions le rendent idéal pour contrôler une grande variété d'applications. La CPU combine un microprocesseur, une alimentation électrique intégrée, des circuits d'entrée et de sortie, un PROFINET intégré, des E/S de contrôle de mouvement rapide et des entrées analogiques intégrées dans un boîtier compact pour créer un contrôleur puissant [37].

La CPU met à disposition un port PROFINET pour la communication via un réseau PROFINET. Des modules supplémentaires sont disponibles pour la communication via les réseaux PROFIBUS, GPRS, RS485 ou RS232.

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft



Figure 2.42 : automate programmable S7 -1200 avec des modules

1. Principe de fonctionnement du S7-1200 :

Une fois le programme chargé, la CPU contient la logique nécessaire au contrôle et à la commande des appareils dans l'application. Il surveille les entrées et modifie les sorties conformément à la logique du programme utilisateur, qui peut contenir des instructions booléennes, de comptage, de temporisation, ou mathématiques complexes ainsi que des commandes pour communiquer avec d'autres appareils intelligents [37].

2. Choix de CPU :

Les CPU du système SIMATIC S7-1200 se déclinent en cinq classes de performances : CPU 1211 C, CPU1212 C , CPU1214 C,CPU1215C et CPU1217C chacune d'elles pouvant être étendue en fonction des besoins de la station. Sur chaque CPU, une carte d'extension peut être ajoutée pour ajouter des entrées/sorties TOR ou analogiques supplémentaires sans modifier la taille de l'automate. Des modules d'E/S supplémentaires peuvent être ajoutés sur le côté droit de la CPU pour étendre les capacités d'E/S TOR ou analogiques [37].

Les CPU's de l'automate S7-1200 sont données dans le tableau suivant :

CPU		CPU1211C	CPU1212C	CPU1214C	CPU1215C	CPU1217C
Mémoire utilisateur	De travail	30 Ko	50Ko	75Ko	100Ko	125Ko

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

	De chargement	1Mo	1Mo	4Mo	4Mo	4Mo
E/S intégrées locales	TOR	6e/4s	8e/6s	14e/10s	14e/10s	14e/10s
	Analogique	2e	2e	2e	2e/2s	2e/2s
Module E/S (SM) pour extension		Aucune	2modules	8modules	8modules	8modules
Module de communication (CM)		3modules	3modules	3modules	3modules	3modules
Port de communication Ethernet PROFINET		1	1	1	2	2

Tableau 2.1 : Tableau de comparaison entre les modèles de CPU S7-1200

3. Modes de fonctionnement de la CPU :

La CPU à les modes de fonctionnement suivants(figure 2.43) :

- En mode « STOP », la CPU n'exécute pas le programme, et on ne peut pas charger un projet.
- En mode « STARTUP », la CPU entame une procédure de démarrage.
- En mode « RUN », le programme est exécuté de façon cyclique, certaines parties d'un projet peuvent être chargées dans la CPU en mode RUN [37]

La couleur de la LED des états RUN/STOP sur la face avant de la CPU indique le mode de fonctionnement actuel.

- Une lumière JAUNE indique le mode STOP.
- Une lumière VERTE indique le mode RUN.
- Une lumière CLIGNOTANTE indique le mode ST[37]

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft



Figure 2. 43 : l'état des modes fonctionnement de l'automate S7-1200

4. Les modules d'API S7-1200 :

Le S7-1200 est un automate modulaire , il existe 6modules [37] :

- 1- Modules centraux CPU avec différentes capacités, entrées/sorties intégrées, et un interface PROFINET (par exemple, la CPU 1214C)
- 2- Module de puissance PM (Power Module)
- 3- Signal Boards SB pour ajouter des entrées ou sorties analogiques ou numériques, la taille de la CPU étant fixée
- 4- Modules de signal SM (Signal Module)
- 5- Modules de communication CM (Communication Module)
- 6- Les cartes mémoire.

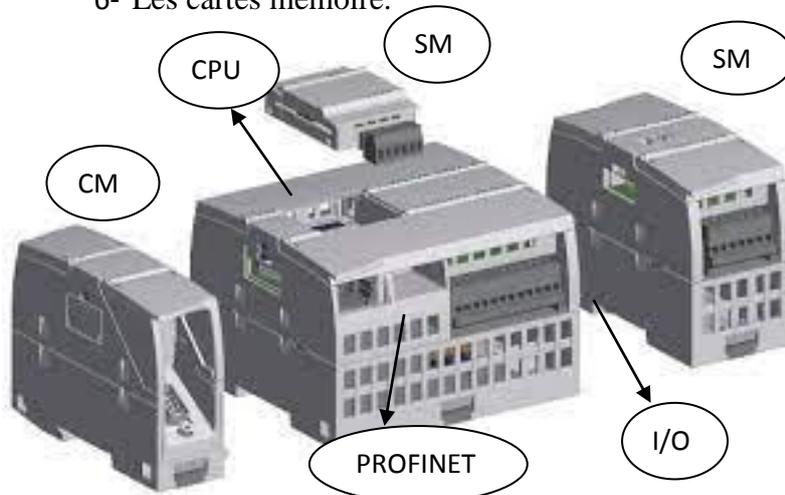


Figure 2.44 : les modules d'API S7-1200



Figure 2.45 : la carte mémoire

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

Avec une alimentation intégrée de 24V et des entrées et sorties numériques intégrées, la CPU du S7-1200 est prête à l'emploi, sans avoir besoin de composants supplémentaires. Pour communiquer avec l'appareil de programmation, la CPU est équipée d'un port TCP/IP intégré. Au moyen d'un réseau ETHERNET, la CPU est capable de communiquer avec des appareils de commande IHM et d'autres CPU.

5. Les avantages de l'automate S7-1200 :

L'automate S7-1200, présente de nombreux avantages , cités ci-dessous

- Construction compacte et modulaire : Le S7-1200 est conçu de manière compacte et modulaire, ce qui permet une configuration libre et flexible du système sans contraintes.
- Performances élevées : Malgré sa taille compacte, le S7-1200 offre des performances élevées. Il dispose d'une puissance de traitement suffisante pour gérer efficacement les tâches de contrôle, de surveillance et de communication.
- Gamme étendue de modules : Le S7-1200 propose une large gamme de modules qui répondent aux besoins variés du marché. Ces modules peuvent être utilisés dans une architecture centralisée.
- Flexibilité : Le S7-1200 offre une grande flexibilité grâce à ses options de configuration modulaires. Il permet de personnaliser le système de contrôle en fonction des besoins spécifiques de chaque application.
- Choix varié de CPU : Le S7-1200 offre une sélection étendue de CPU, ce qui permet de choisir la puissance de traitement adaptée à l'application spécifique.
- Plage de température étendue .
- Résistance accrue aux sollicitations mécaniques .
- Résistance à la pollution et à l'humidité .
- Amélioration des performances (Performances élevées).
- Communication puissante : Le S7-1200 dispose d'une communication puissante, avec l'interface standard PROFINET IO et la possibilité d'intégrer des interfaces PROFINET supplémentaires. Il est également compatible avec le serveur OPC UA pour une connexion simple à des appareils ou des systèmes non-Siemens.
- Extensibilité avec des modules de communication .

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

2.2.4 Profinet :

PROFINET est utilisé pour l'échange de données par le biais du programme utilisateur avec d'autres partenaires de communication via Ethernet[38] :

- PROFINET prend en charge 16 périphériques ES avec 256 sous-modules au maximum.
- Communication S7
- User Datagram Protocol (UDP)
- ISO sur TCP (RFC 1006)
- Transport Control Protocol (TCP)

A.Objectifs de PROFINET :

La norme PROFINET a les objectifs suivants [39] :

- Standard Ethernet ouvert, conçu pour l'automatisation sur la base d'Industriel Ethernet.

Les composants Industriel Ethernet et Ethernet standard sont compatibles, toutefois les Appareils Industriel Ethernet sont plus robustes et donc mieux adaptés à un environnement industriel (température, immunité aux perturbations, etc.).

- Utilisation de TCP/IP et de standards des NTIC
- Automatisation d'applications à impératifs de temps réel
- Intégration sans faille de systèmes de bus de terrain

B.Services de communication PROFINET :

- **Profinet IO** pour l'intégration d'appareils de terrains décentralisés à industrielle Ethernet
- **Profinet CBA** pour la construction moderne d'installation en vue de la réalisation de structure d'automatisation sur la base de constituants préfabriqués [40]

C.Communication PROFINET :

La communication PROFINET se fait via Industriel Ethernet. Elle supporte les modes de transfert suivants :

- Transmission acyclique de données d'ingénierie et de diagnostic ainsi que d'alarmes.
- Transmission cyclique des données utiles .

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

- La communication PROFINET-IO s'effectue en temps réel.

PROFINET utilise trois canaux pour la communication avec différentes classes de performance selon l'utilisation envisagée[37] (figure 2.46)

- NRT (Non-Real Time) pour les processus non critiques en temps : PROFINET utilise TCP/IP standard et UDP/IP pour transmettre des paquets de données.
- RT (Real Time) pour des performances optimisées d'échange de données : L'opération de lecture-écriture pour l'automatisation industrielle nécessite principalement un transfert de données à haute vitesse, tandis que TCP/IP standard ou UDP/IP ne peut pas satisfaire cette exigence.
- IRT (Isochrones Real Time) pour une communication synchronisée par horloge : Les applications de commande, telles que Motion Control, doivent être satisfaites immédiatement. L'IRT peut le faire avec un temps de réponse inférieur à 1 milliseconde.

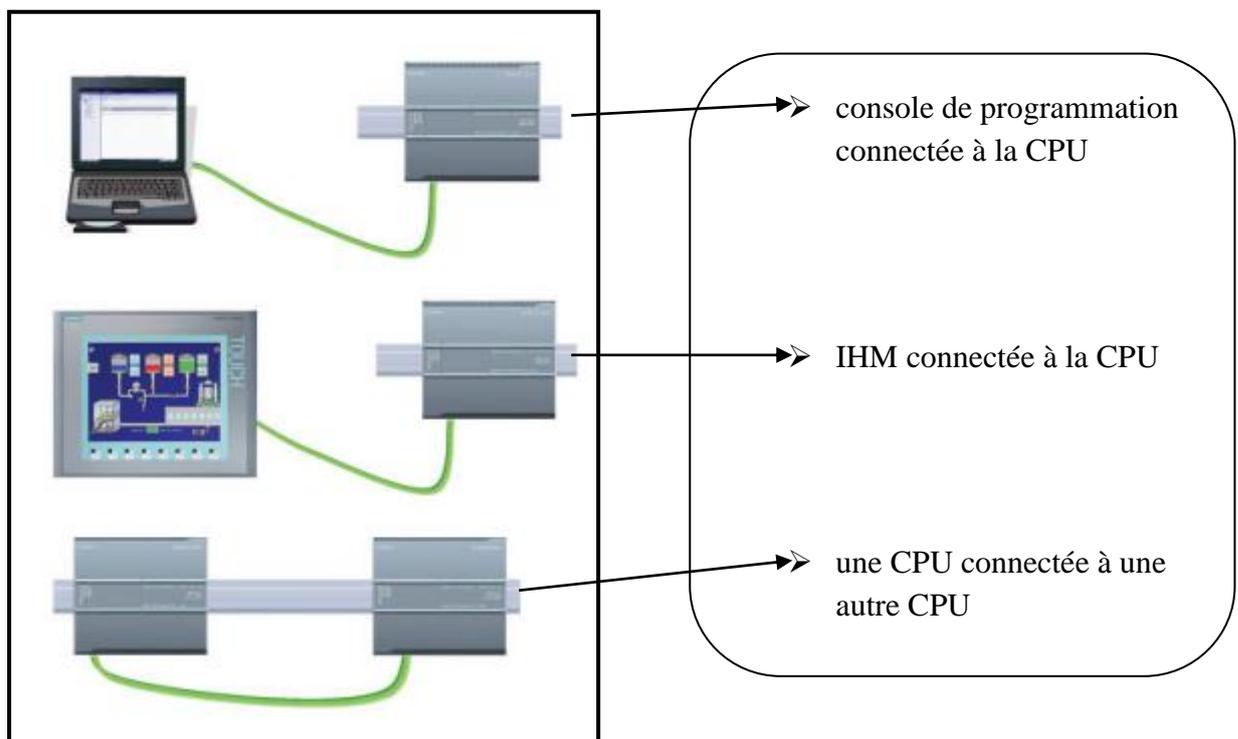


Figure 2.46 : S7-1200 communication profinet[37]

2.2.5 Interface Homme Machine « HMI » :

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

Une Interface Homme-Machine (IHM) (figure 34), est une interface utilisateur permettant de connecter une personne à une machine, à un système ou à un appareil. Ce terme définit globalement n'importe quel dispositif permettant à un utilisateur d'interagir avec un appareil en milieu industriel. L'interfaçage fait appel aux 3 principales fonctions d'interactions humaines :

- Le toucher (commande par boutons, écrans tactiles, claviers, pavés numériques)
- Le regard (surveillance et contrôle sur écran, supervision de colonnes lumineuses)
- L'écoute (alarmes sonores, bips)

Les appareils HMI en milieu industriel permettent de surveiller et / ou de contrôler les équipements auxquels ils sont reliés à travers un automate (programmable ou non).



Figure 2.47 : SIEMENS SIMATIC HMI

Ces fonctions sont :

- Réglages .
- Contrôle commande .
- Surveillance des industriels à distance et supervision .
- Stockage d'historiques .
- Passerelle intelligente.
- Facilite l'échange d'informations entre les équipements d'automatisation et les outils informatiques.

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

- Grâce à l'intégration du WinCC flexible Runtime, il est possible de simuler les programmes avant de les exécuter.

1. Avantages de HMI :

- Amélioration de la visibilité.
- Augmentation de l'efficacité.
- Diminution des temps d'arrêt.
- Amélioration de l'ergonomie.
- Unification du système.

2. Différents ports de connexion :

Principalement compatible avec la communication série, il peut communiquer avec les principaux API du marché, tels que SAMKOON, MITSUBISHI, SIEMENS, OMRON .

3. Panneau SIMATIC HMI KTP700 Basic :

La gamme de produits SIMATIC HMI Basic Panels propose des panneaux clavier et écran tactile (saisie de l'opérateur via clavier et écran tactile) [41] (Figure 2.48)



Figure 2.48 : SIMATIC HMI KTP700 [41]

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

Le HMI (Human Machine Interface) Device KTP 700 Basic de Siemens est un écran tactile conçu pour interagir avec des machines industrielles. Il est utilisé pour visualiser et surveiller les processus de production, ainsi que pour contrôler et régler les machines. Le KTP 700 Basic est équipé d'un écran couleur TFT de 7 pouces et d'une interface utilisateur conviviale, ce qui facilite la programmation et l'utilisation. Il est également équipé de ports Ethernet et RS485 pour la communication avec d'autres équipements de l'usine et peut être programmé avec le logiciel de développement WinCC Basic.

Le KTP 700 est souvent utilisé dans des applications de contrôle de processus automatisés et est un composant essentiel dans de nombreux systèmes d'automatisation industrielle.

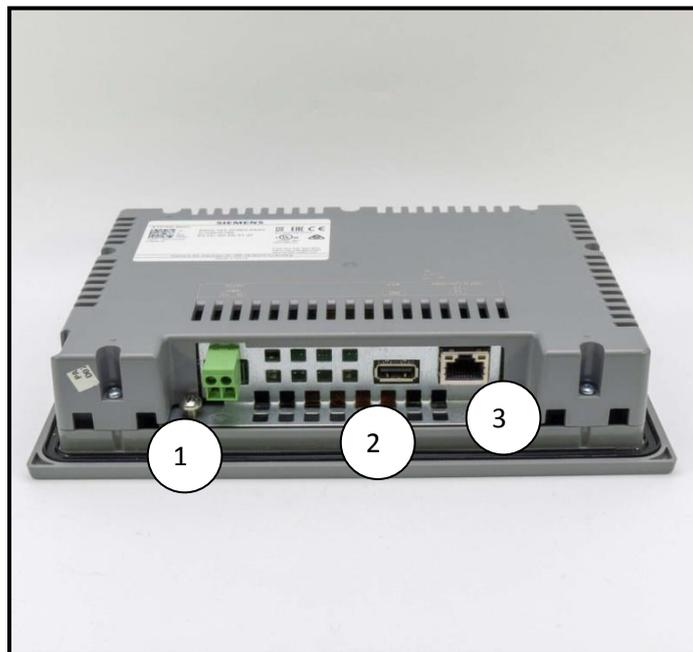


Figure 2.49 : les Ports connexion de l'écran tactile de la série KTP700

- 1- Un connecteur d'alimentation (24V DC).
- 2- Un port de programmation (COM).
- 3- Un connecteur de connexion.

4. Concept de mémoire :

Les dispositifs HMI peuvent utiliser les mémoires suivantes [41] :

Chapitre 2 : Etude Technique Sur Le Système De Refroidissement D'eau En Deux Parties Hard Et Soft

➤ **Mémoire interne :**

Les données suivantes sont stockées ici :

- Système d'exploitation.
- Fichier de projet.
- Clés de licence.
- Gestion des utilisateurs.
- Recettes.

➤ **Stockage de masse USB sur l'interface USB**

Les données suivantes peuvent être stockées ici :

- Système d'exploitation pour la mise à jour.
- Fichier de projet en tant que sauvegarde.
- Gestion des utilisateurs en tant que sauvegarde.
- Recettes en tant que sauvegarde.
- Logiciel de récupération pour réinitialiser aux paramètres d'usine via USB.
- Clés de licence pour le transfert vers le panneau.
- Certificats pour la communication basée sur le web.

2.2.6 Conclusion :

Dans cette partie, nous avons examiné les systèmes automatisés, en mettant principalement l'accent sur la partie commande et supervision. Concernant la partie commande, nous avons discuté des automates programmables et de leurs structures internes et externes.

La partie IHM (Interface Homme-Machine) nous permettra de contrôler et de commander notre unité à distance. Nous avons également présenté le SIMATIC HMI Panel KTP700 Basique, qui offre la possibilité d'interagir avec les principaux API du marché.

Chapitre 03

Programmation Et Simulation Du Projet

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

3.1 Introduction :

L'automatisation et la supervision sont des approches préconisées afin de permettre aux équipes de production de bénéficier d'une maîtrise accrue et de préserver un degré supérieur de qualité au sein de l'entreprise industrielle.

Après avoir présenté la partie opérative et la partie commande dans les chapitres précédents, l'objet de ce chapitre, est le développement de programme d'automatisme et de supervision nécessaire au fonctionnement de travail demander.

3.2 Analyse de la Tableau d'instrumentation :

Le tableau d'instrumentation (tableau 3.1) comporte tous les équipements utilisé ainsi que les instruments de chiller, leurs caractéristiques techniques et leurs emplacements physiques. Cette opération a pour but de déterminer les ressources nécessaires, pour la mise en œuvre d'un système d'automatisation.

Caractéristiques	Signification
Tag TIA	Le nom de l'équipement dans Tia portal
tag	Le nom de l'équipement dans le synoptique
Désignation	Le nom complet de l'équipement
Type	Les types des équipements (Moteur/Capteur/résistance)
Type de commande	Le type de commande pour les moteurs
Nombres_ DI	Le nombre des entrées digitaux réservés à l'équipement.
Nombres_ DO	Le nombre des sorties digitaux réservés à l'équipement.
Nombres_ AI	Le nombre des entrées analogiques réservés à l'équipement.
Nombres_ AO	Le nombre des sortie analogiques réservés à l'équipement.
Vues	La vue où on trouve l'équipement dans la supervision. Utile dans la supervision.
ID	Un numéro (ID) pour chaque équipement (moteur/capteurs/résistances), utile dans la programmation.

Tableau 3.1 : les Caractéristiques du tableau d'instrumentation

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

Tag	Tag(TIA)	Désignation	ID	Vue	Type	Type comd	Type Capteur	Nombre_DI	Nombre_DO	Nombre_AI	Nombre_AO
MG1	CMP1	Compresseur	%M180.2	comp	moteur	DD		1	1		
MG2	CMP2	Compresseur	%M180.3	comp	moteur	DD		1	1		
MP1	P1	Pompe	%M180.1	pompe	moteur	DD		1	1		
MC1	FN1	Ventilo	%M180.4	FN	moteur	DD		1	1		
MC2	FN2	Ventilo	%M180.5	FN	moteur	DD		1	1		
MC3	FN3	Ventilo	%M180.6	FN	moteur	DD		1	1		
MC4	FN4	Ventilo	%M180.7	FN	moteur	DD		1	1		
B2	T_Wtr_i	capteur d'entrée d'eau gla	%IW112	comp	capteur		analog	0	0	1	0
B14	T_huile	sonde antigel	%IO.6	pompe	capteur		Digital	1	0	0	0
BHP1	HP1	capteur de haut pression	%IO.7	FN	capteur		Digital	1	0	0	0
BBP1	BP1	capteur de base pression	%IO.8	FN	capteur		Digital	1	0	0	0
HP4	Pi_gaz1	pressostats (capteur de co	%IW114	FN	capteur		analog	0	0	1	0
RC1	RC1	résistance	%M180.0	pompe	resistance			0	1	0	0

Figure 3.1 : échantillon des équipements de la table d'instrumentation

3.3 Analyse de la table d'instrumentation :

Le tableau ci-dessous énumère les équipements nécessaires au développement de notre projet

Équipements	Nombre
Moteurs DD	7 (tous les moteurs sont asynchrone)
Capteurs	5 (2 capteurs digitaux , 2 capteurs analogiques)
Résistances	1

Tableau 3.2 : Nombre des différents équipements

3.4 Les critères d'activation de moteur :

La disponibilité et l'activation du compresseur dans un système de refroidissement dépend de plusieurs facteurs notamment :

- ✓ **Heures de démarrage :** Le nombre d'heures de démarrage dépendra de la fréquence de besoin de refroidissement. Les compresseurs qui ont le minimum nombre d'heures de démarrage seront les premiers qui démarrent, contrairement ces derniers qui ont le plus élevée nombre d'heures s'arrêteront les premiers.
- ✓ **Disponibilité :** La disponibilité du compresseur dépendra également de la conception du système et des équipements auxiliaires tels que les relais de surcharge et les dispositifs de protection contre les coupures de courant. Si ces dispositifs sont présents et fonctionnent correctement, le compresseur sera disponible pour démarrer lorsque les besoins de refroidissement le nécessitent.

3.5 Le critère principal pour calculer le nombre de compresseurs nécessaires :

Plus la plage de température est large, plus le nombre de compresseurs nécessaires est élevé pour maintenir une température constante. Par exemple, si la plage de température d'eau est de 4 à 12 degrés Celsius, un seul compresseur peut suffire. Cependant, si la plage de température d'eau est plus large, comme de 2 à 18 degrés Celsius, un ou plusieurs compresseurs peuvent être nécessaires pour maintenir une température stable, et dans n'importe quel cas on fait une comparaison entre la température de l'eau et la consigne.

3.6 Spécification fonctionnelle (FSD) :

3.6.1 Description général du système :

Le refroidissement d'eau est un processus permet de refroidir l'eau avec un fluide frigorigène 410A, les composants qui sont utiliser et qui sont nécessaire dans ce cycle de refroidissements sont : les pompes, les compresseurs et les ventilateurs.

- **Les pompes** : sont également utilisé pour faire circuler l'eau dans le système.
- **Les compresseurs** : Utilisés pour comprimer, le réfrigérant et le faire circuler dans le système.
- **Les ventilateurs** : sont utilisé pour circuler l'air à travers l'échangeur de chaleur et les condenseurs dissipe la chaleur transférée par l'eau.

3.6.2 Description de cahier de charge :

- Lorsque le système de refroidissement est mis en marche, une temporisation de 1 minute est souvent nécessaire pour vérifier si une alarme se déclenche. Cette étape est cruciale car elle permet de détecter rapidement tout problème potentiel qui pourrait causer des dommages au système ou à la production.
- Après la temporisation, les préchauffages sont effectués pour chauffer l'huile des moteurs de pompes. Une fois que l'huile est suffisamment chauffée, (sonde antigél actionnée), (variable T_huil dans le programme), les pompes sont actionnées pour permettre la circulation de l'eau dans le système.

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

- Ensuite on vérifie la température d'entrée d'eau avec un capteur (variable T_{wtr} dans le programme) et fait une comparaison avec la consigne SP pour déterminer combien de compresseurs sont nécessaires pour maintenir la température de l'eau dans la plage de fonctionnement souhaitée
- On va déterminer l'erreur entre la température p_v et la consigne sp et la comparer avec une tolérance ht et $-ht$, et une différence de température DT comme suit :
 - Si $eT > ht$, mise en marche du compresseur 1.
 - Si $eT > ht + DT$, mise en marche du compresseur 2
- ❖ Après une temporisation de 300ms, le système peut être configuré pour arrêter un ou plusieurs compresseurs pour éviter une sur-refroidissement comme suit :
 - Si $eT < DT - ht$, arrêt du compresseur 2.
 - Si $eT < -ht$, arrêt du compresseur 1.
- En parallèle, un capteur pi_gaz (pi_gaz : un capteur de pression) surveille la pression du système, pour déterminer combien de ventilateurs sont nécessaires pour évacuer la chaleur produite par le système, on va déterminer l'erreur entre la pression p_v et la consigne de pression sp , et la comparer avec une tolérance hp et $-hp$ et une différence de pression DP .
- ❖ **Les conditions de mise en marche des ventilateurs :**
 - Si $eP > hp$, mise en marche du ventilo 1.
 - Si $eP > DP + hp$, mise en marche du ventilo 2
 - Si $eP > DP_1 + hp$, mise en marche du ventilo 3.
 - Si $eP > DP_2 + hp$, mise en marche de ventilo 4.
- ❖ **Les conditions d'arrêt du ventilateur :**
 - Si $eP < DP_2 - hp$, arrêt du ventilo 4.
 - Si $eP < DP_1 - hp$, arrêt du ventilo 3.
 - Si $eP < DP - hp$, arrêt du ventilo 2.
 - Si $eT < -hp$, arrêt du ventilo 1.

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

3.7 Le grafcet :

Après une analyse approfondie du cahier des charges, nous avons proposé la solution suivante donnée sous forme de grafcet, en utilisant une approche fonctionnelle qui nous permet de construire un grafcet spécifique à notre système.

a) Le grafcet de système :

Ce Grafcet représente le système général qui inclue deux macro-étapes (actionnement compresseur, actionnement ventilateurs).

RC1 : préchauffage (résistance) .

P1 : pompe .

S : set .

R : reset .

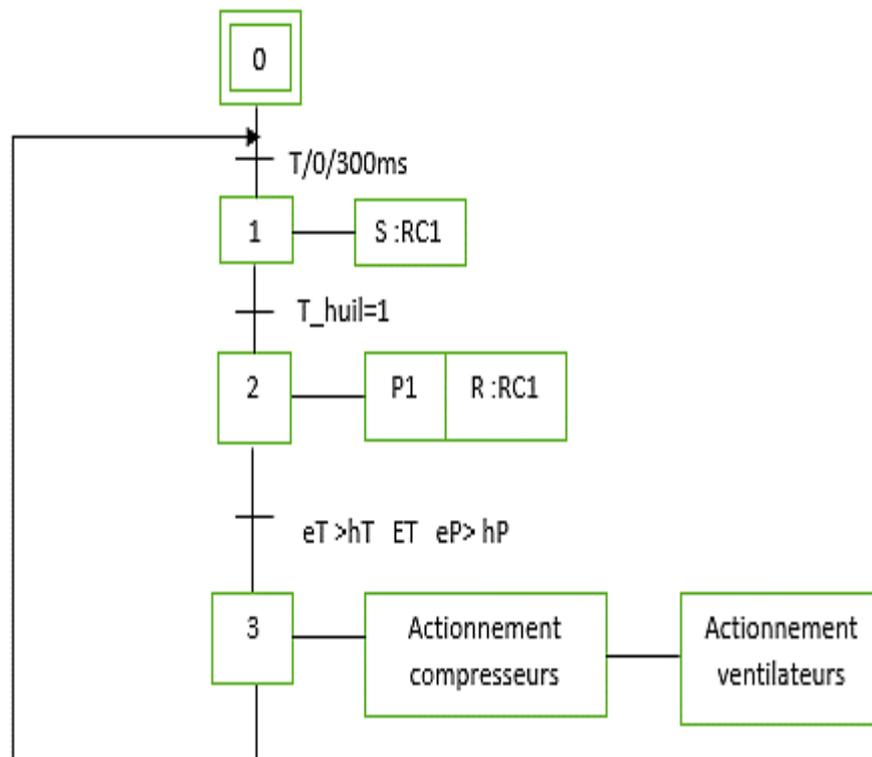


Figure 3. 2: Le Grafcet de système

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

b) Macro-étape d'actionnement de compresseur :

La macro-étape d'actionnement de compresseur sera activé si l'erreur de température « eT » est supérieur à une tolérance « hT ».

Comp1 : compresseur 1

Comp2 : compresseur 2

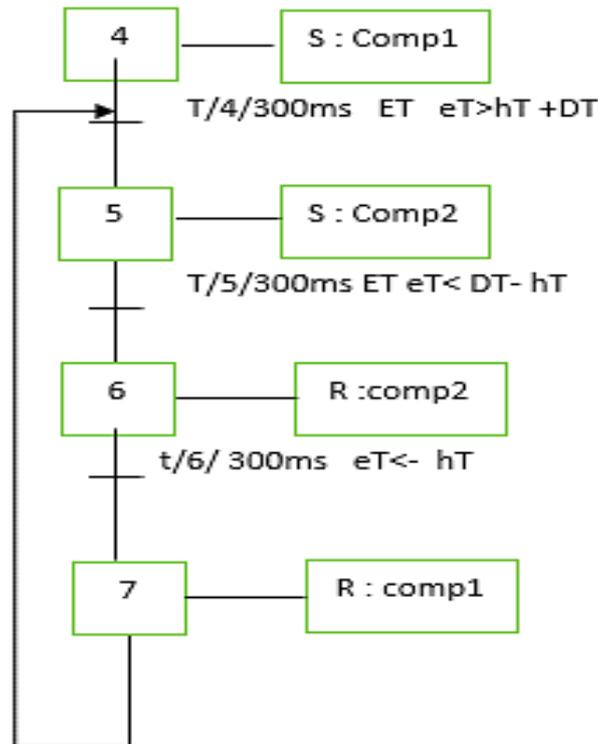


Figure 3.3 :Macro étape d'actionnement de compresseurs

c) Macro-étape d'actionnement de ventilateurs :

La macro-étape d'actionnement de ventilateurs sera activé si l'erreur de pression « eP » est supérieur à une tolérance « hP ».

FN1 : ventilateur 1

FN2 : ventilateur 2

FN3 : ventilateur 3

FN4 : ventilateur 4

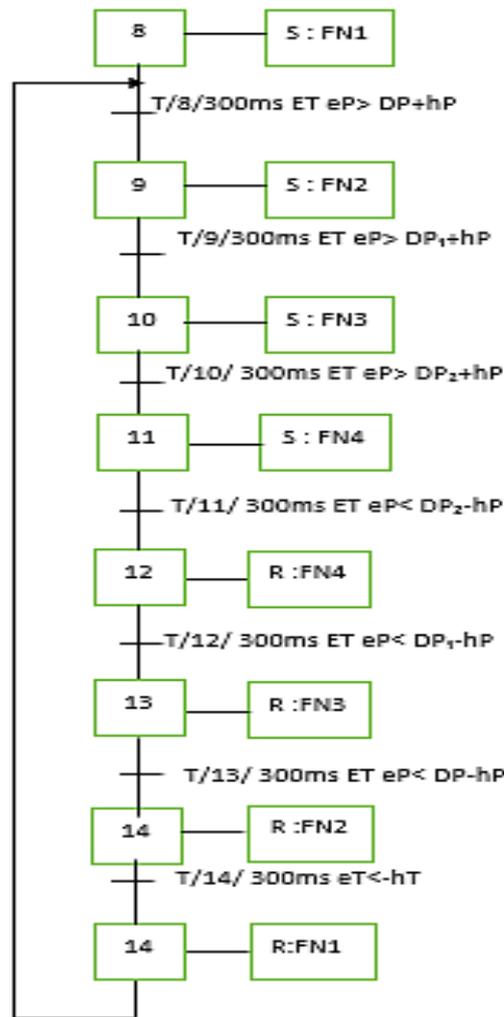


Figure 3.4:Macro étape d'actionnement de ventilateurs

3.8 Logiciel de programmation :

Dans le domaine de l'automatisation, il existe plusieurs logiciels permettant la programmation d'automates programmables industriels (API). Pour notre part, nous avons choisi d'utiliser le logiciel TIA Portal pour configurer et programmer l' API S7-1200 ainsi que l' interface homme-machine (IHM) Siemens .

3.8.1 Description du logiciel Tia portal :

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) est une plate-forme logicielle développée par Siemens pour la programmation et la configuration de ses automates programmables (PLC), interfaces homme-machine (IHM) et autres composants d'automatisation. TIA Portal fournit un environnement d'ingénierie unifié qui permet aux ingénieurs en automatisation de concevoir, programmer et mettre en service des systèmes d'automatisation à l'aide d'un seul progiciel.

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

Le portail TIA se compose de plusieurs outils logiciels qui ont des objectifs différents. Parmi eux figurent STEP 7, qui est utilisé pour la programmation des automates, WinCC, qui est responsable de la conception et de la configuration des IHM, et Start drive, qui est dédié à la configuration des systèmes d'entraînement. De plus, TIA Portal est équipé d'un support pour les langages de programmation couramment utilisés, y compris la logique de contacts, le diagramme de blocs fonctionnels et le texte structuré.

3.9 Conception du programme d'automatisme :

Pour établir le programme d'automatisme, il est impératif de suivre une procédure bien établie.

- 1- La Création du projet
- 2- La Configuration des matériels.
- 3- La Déclaration des entrées et des sorties.
- 4- La Création des fonctions pour la gestion de chaque type d'équipements.
- 5- Déclaration des instances des fonctions créées.

3.9.1 Création du projet :

Pour la création d'un projet dans l'interface du portail (figure 3.5), il est nécessaire de sélectionner l'option "Créer un projet", donner un nom au projet, choisir un emplacement pour son enregistrement et spécifier l'auteur du projet. Une fois que toutes ces informations ont été saisies, il suffit de cliquer sur le bouton "Créer" pour finaliser la création du projet.

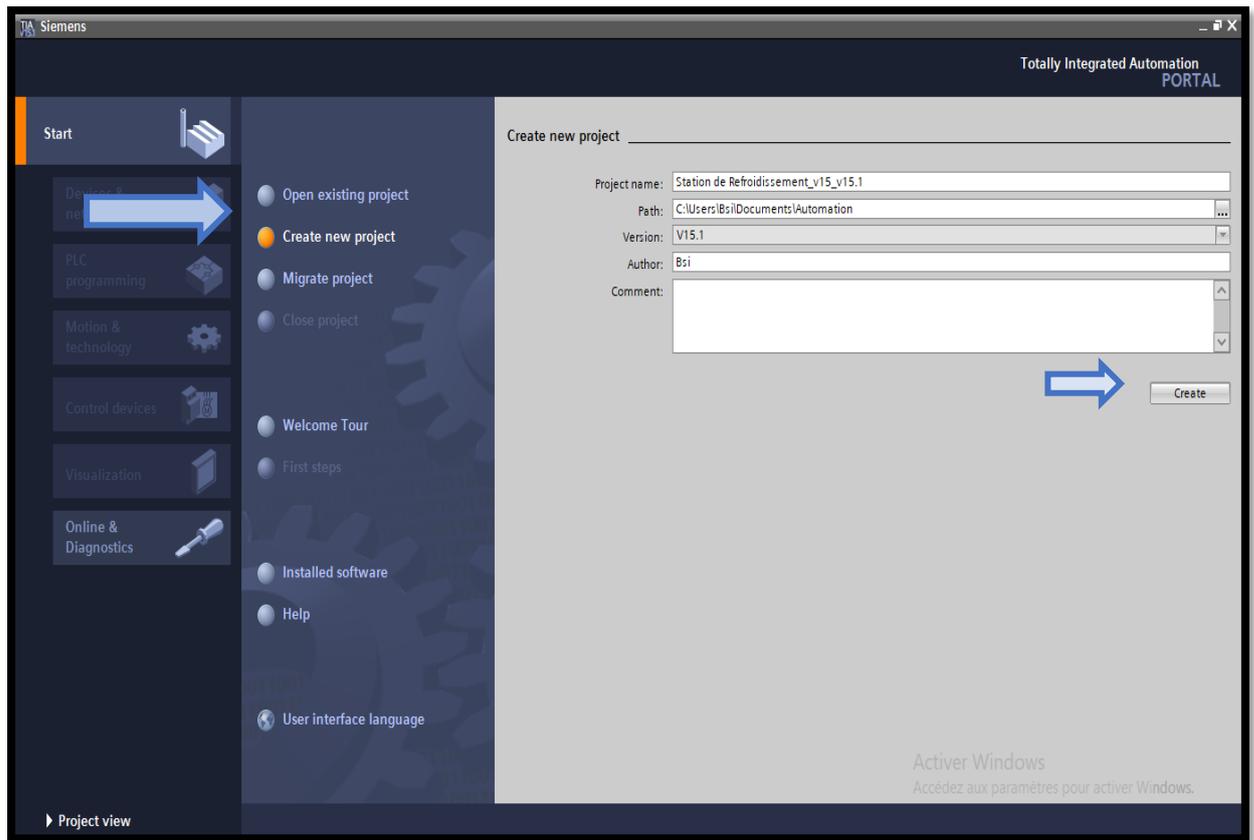


Figure 3.5: Création du projet

3.9.2 La Configuration des matériels :

Après la création du projet, nous procédons à la configuration de la station de travail (figure2). Pour cela, il est possible d'accéder à la vue du projet et de cliquer sur "Ajouter un appareil" dans le navigateur du projet. La liste des éléments pouvant être ajoutés apparaît (API, HMI, système PC, entraînements).

La sélection du CPU "CPU 1215C DC/DC/DC" est effectuée en premier, suivi de l'ajout des modules complémentaires tels que l'alimentation, les E/S TOR ou analogiques, ainsi que le module de communication.

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

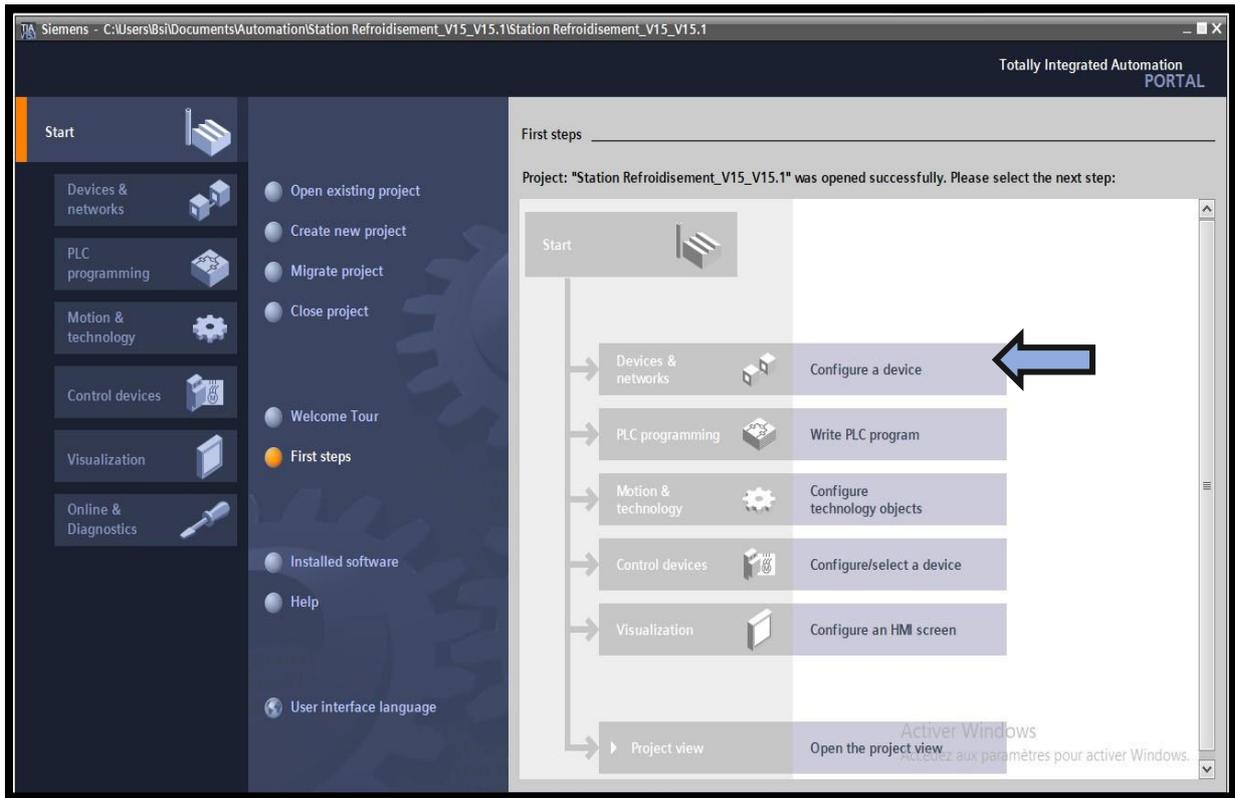


Figure 3. 6: Configuration d'un appareil

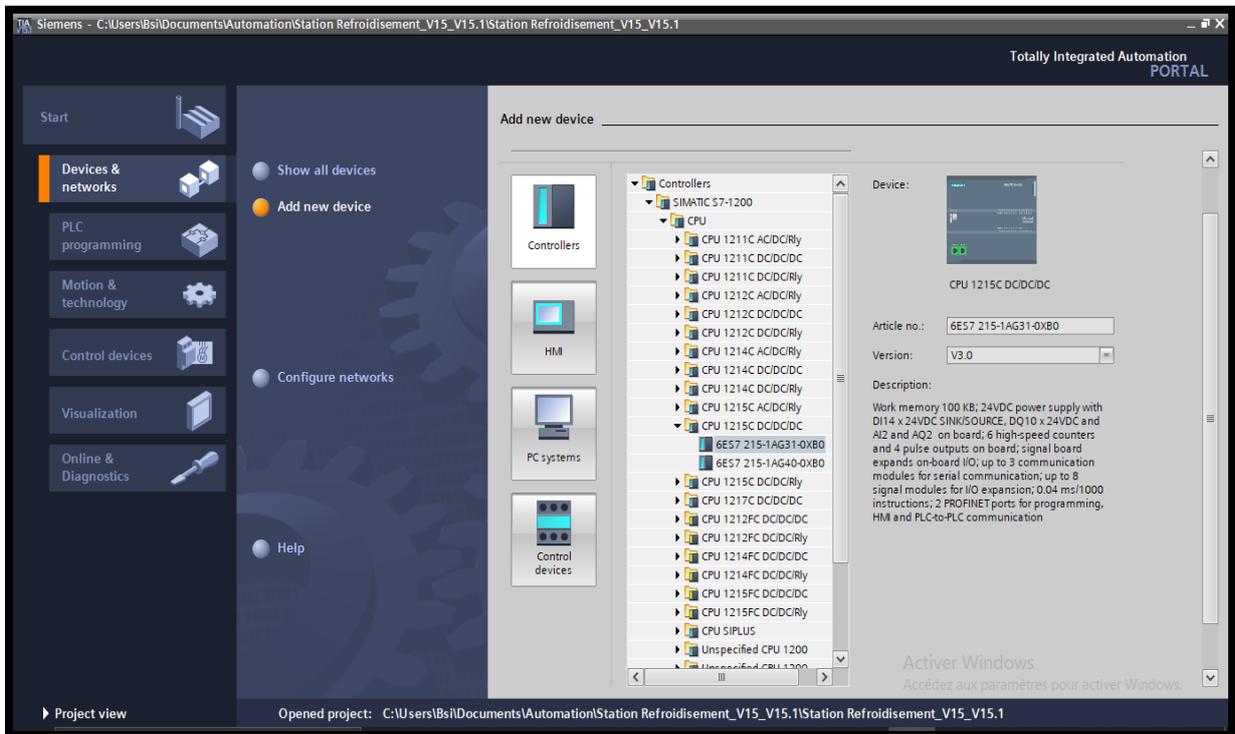


Figure 3. 7: Ajouter un appareil

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

Pour ajouter les modules complémentaires de l'API , en utilisant le catalogue.

On Calcule le nombre des entrées et des sorties, pour déduire le nombre des modules d'entrées et de sorties utilisées, dans notre cas on ajoute un module d'entrée/sortie et un module d'entrée analogique.

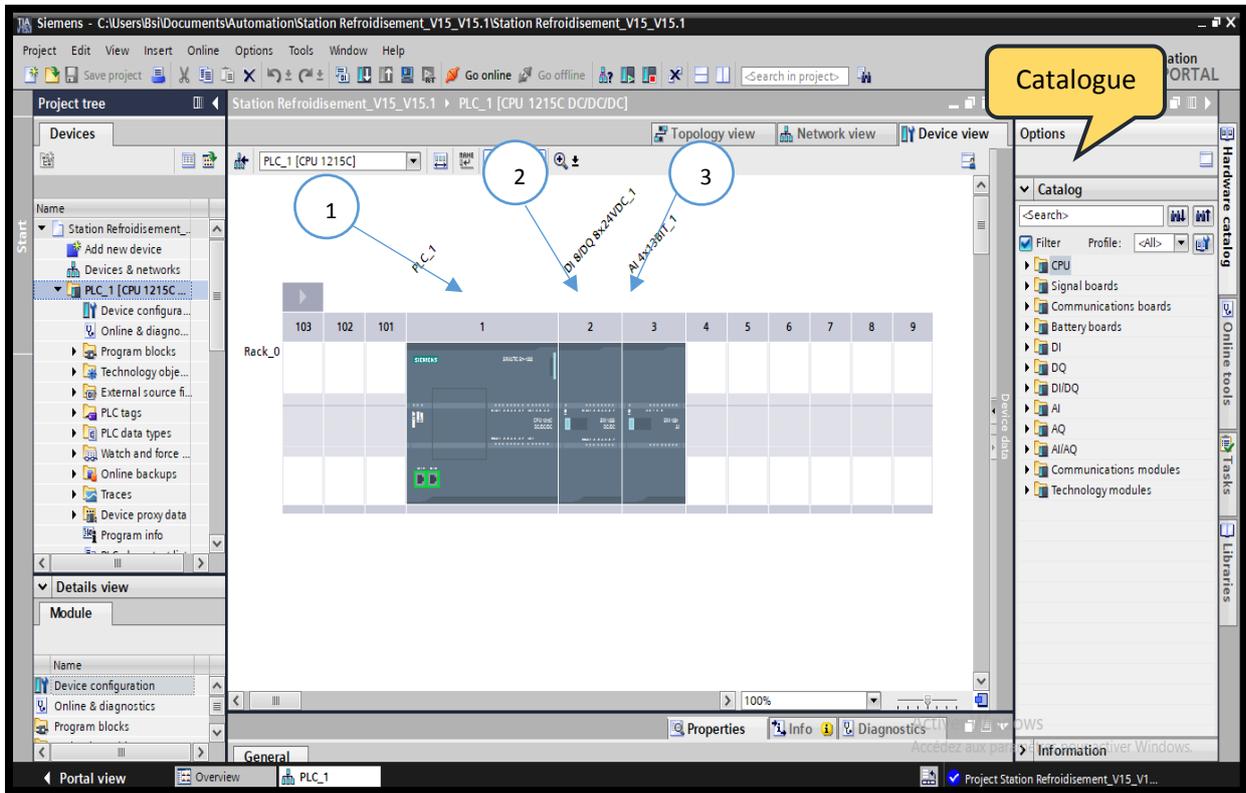


Figure 3. 8 :Vue de l'interface TIA portal

- 1 : PLC (CPU 1215C).
- 2 : module d'entrée/sortie (DI 8/DQ 8*24VDC).
- 3 : module d'entrée Analogique (AI 4*13BIT).

3.9.3 Affectation des entrée/sortie :

Nous assignons les tags dans une table de variables (figure 3.9) en leur octroyant les adresses correspondantes.

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

General	IO tags	System constants	Texts	
Name	Address	Type	Tag table	Comment
CMP2	%Q2.0	Bool	DO	compresseur 2
CMP1	%Q2.1	Bool	DO	compresseur 1
RC1	%Q2.2	Bool	DO	préchauffage
P1	%Q2.3	Bool	DO	pompe
FN1	%Q2.4	Bool	DO	ventilateur1
FN2	%Q2.5	Bool	DO	ventilateur2
FN3	%Q2.6	Bool	DO	ventilateur3
FN4	%Q2.7	Bool	DO	ventilateur4

Figure 3. 9: La table de variable

3.10 Les blocs de programme :

Notre programme est constitué de :

- Blocs d'organisations OB.
- Blocs fonctionnels FC.
- Blocs de fonctions FB.
- Blocs de données DB.

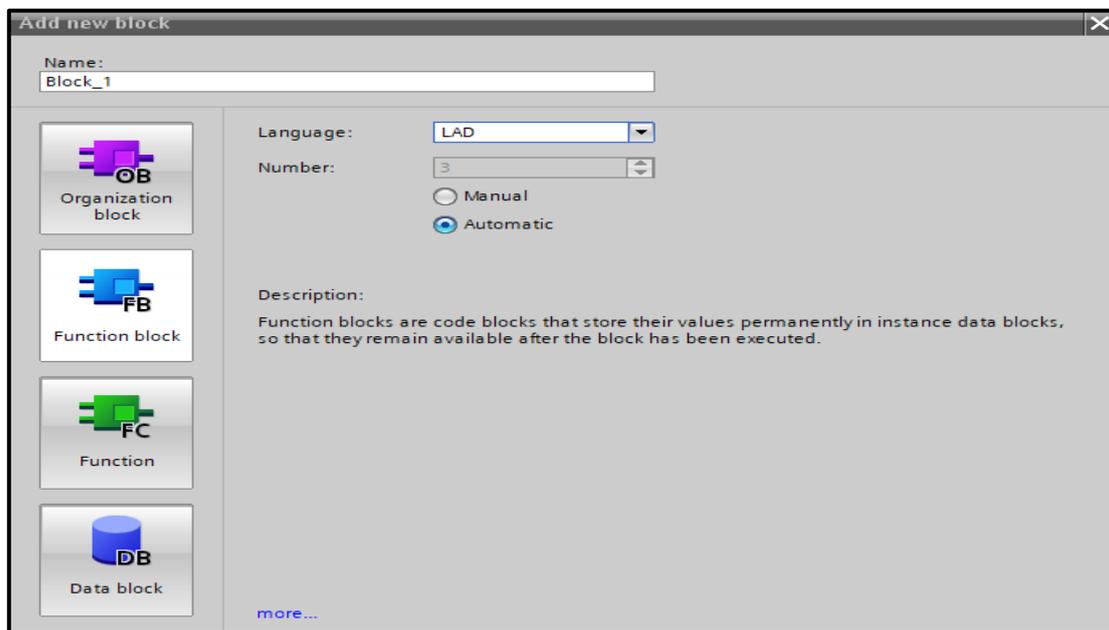


Figure 3.10: Les différents blocs de programme

➤ Bloc d'organisation (OB) :

Les blocs d'organisations (OB) constituent l'interface entre le système d'exploitation de la CPU et le programme utilisateur. Il gère le traitement du programme cyclique et déclenche

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

par alarme, la mise en route de l'API et le traitement des erreurs. L'OB contient l'instruction d'appel de bloc, pour ramener les autres blocs (FB, FC,) afin d'être exécutés par l'automate[42].

➤ **Bloc de donnée (DB) :**

Les blocs de données sont destinés au stockage des données nécessaires, au traitement du programme. On distingue des blocs de données d'instance et des blocs de données globaux[42].

➤ **Bloc fonctionnel (FB) :**

C'est un bloc programmable, rémanent, subordonné à un bloc d'organisation, afin qu'il puisse être traité par la CPU. Un bloc de données d'instance est associé à ce dernier, qui en constitue la mémoire. Il intervient dans des programmes spéciaux (programmation des régulateurs, fonction de signalisation, de calcul, de saut à l'intérieur d'un bloc, etc.)[42].

➤ **Fonction (FC):**

C'est un bloc de codes programmables, sans mémoire. Les FC peuvent faire appel à des blocs de données globaux, pour la sauvegarde des données. Les programmes sont exécutés quand cette fonction, est appelée par d'autres blocs de code. Ce dernier se fait pour renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant, ou pour l'exécution d'une fonction technologique[42].

3.11 Création des programmes de gestion de base pour chaque type d'équipements :

3.11.1 fonction de traitement analogique :

A. Normalisation et mise à l'échelle d'une valeur d'entrée analogique :

Les entrées analogiques sont : le capteur de température et le capteur de pression, Elles sont représentées par le bloc normalisation « **NORM X** » et le bloc mise à l'échelle « **SCALE X** ».

Pour transformer la valeur analogique en unités physiques correspondantes, on normalise l'entrée à une valeur comprise entre 0 et 27648, puis on la mise à l'échelle entre une valeur inférieure (min) et une valeur supérieure (max).

➤ **La Température :**

L'entrée analogique représente une température, avec la valeur 0 de l'entrée analogique correspondant à 0 °C et la valeur 27648 correspondant à 250 °C.

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

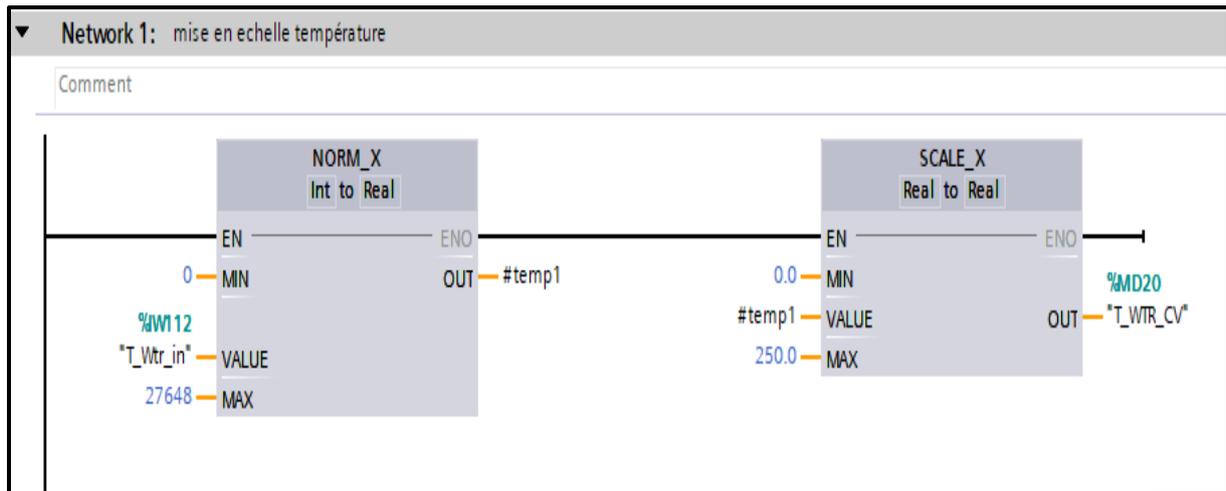


Figure 3.11: Mise à l'échelle du capteur de température

➤ La Pression :

L'entrée analogique représente une pression, avec la valeur 0 de l'entrée analogique correspondant à 0 bar et la valeur 27648 correspondant à 50 bar.

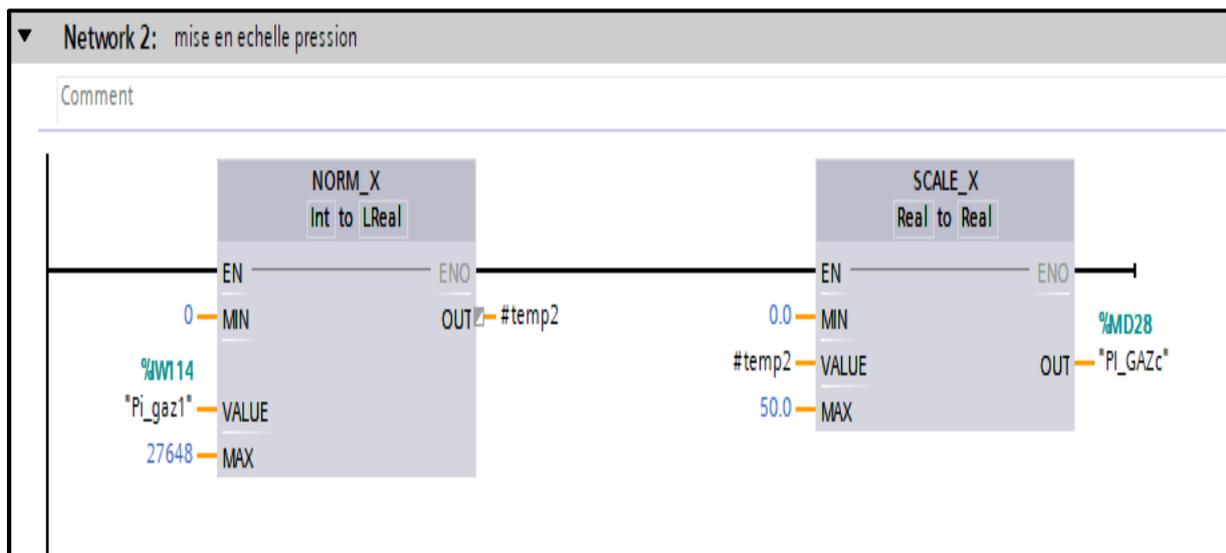


Figure 3.12: Mise à l'échelle du capteur de pression

B. Les équations arithmétiques de la température et de pression :

Ce sont des séries d'équations de température et de pressions pour attribuer le nombre de démarrages des moteurs de compresseurs et ventilateurs.

La figure 3.12 représente l'équation de calcul d'erreur de température entre la température d'eau « T_WTR_CV » et la consigne (spT) comme suit :

$$eT = T_WTR_CV - spT.$$

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

On a utilisé SUB : soustraction et ADD : addition

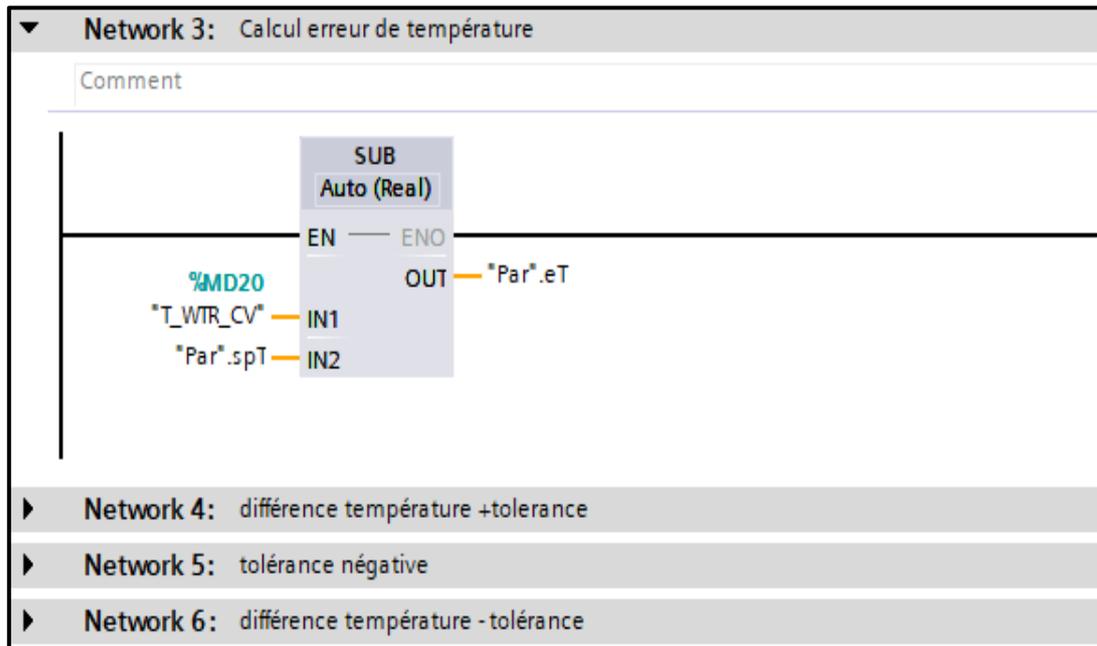


Figure 3.13: Les équations arithmétique de température et de pression

3.12 Fonction de commande automatique :

Cette fonction est dédiée au démarrage et l'arrêt de chaque équipement du système.

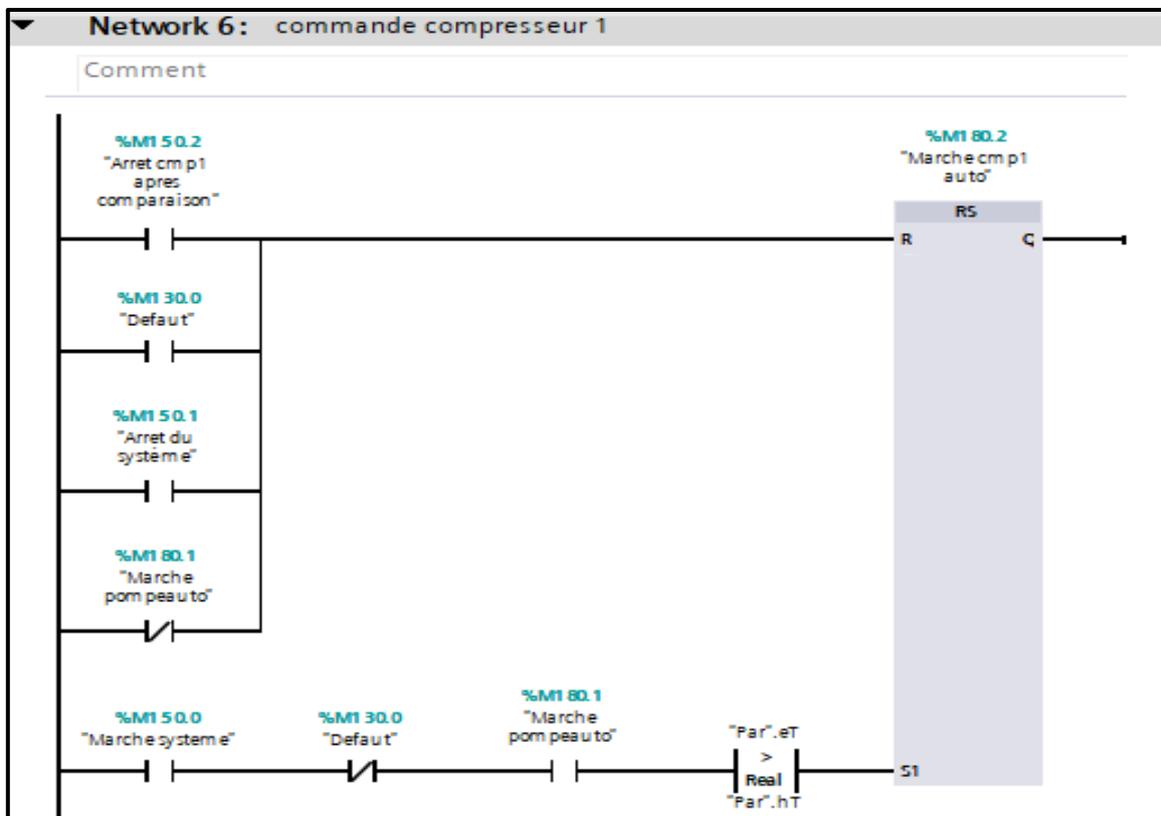


Figure 3.14: Commande de compresseur1

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

3.13 fonction de commande manuel :

Cette fonction est dédiée au démarrage et l'arrêt manuel de chaque équipement du système.

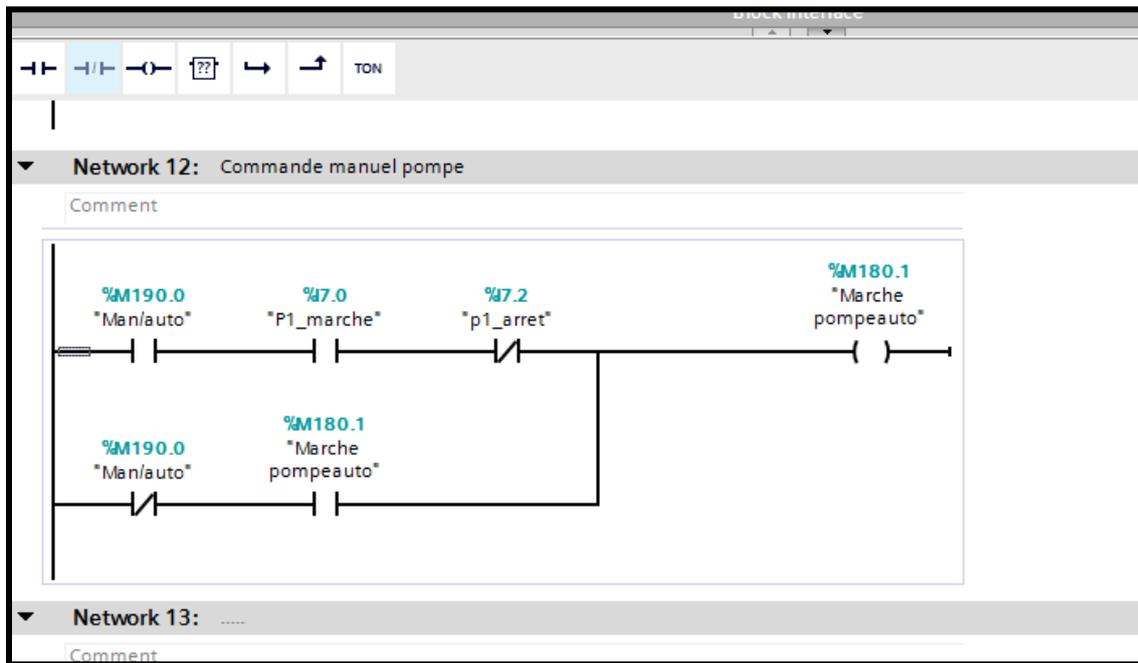


Figure Error! No text of specified style in document.15 : commande manuel de la pompe

3.14 Les fonctions d'alarmes :

3.14.1 Les Alarme de la capture de température et de pression :

Cette fonction est dédiée aux alarmes analogiques du capteur de température et de pression.

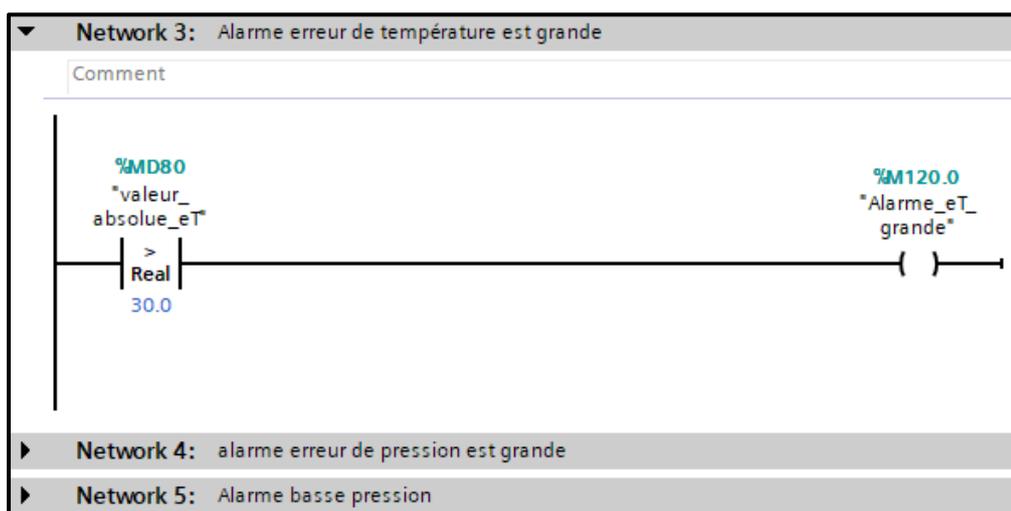


Figure 3.16: Alarme du température

3.14.2 Fonction d'Alarme numérique :

Cette fonction est dédiée au alarmes de chaque équipement du système.

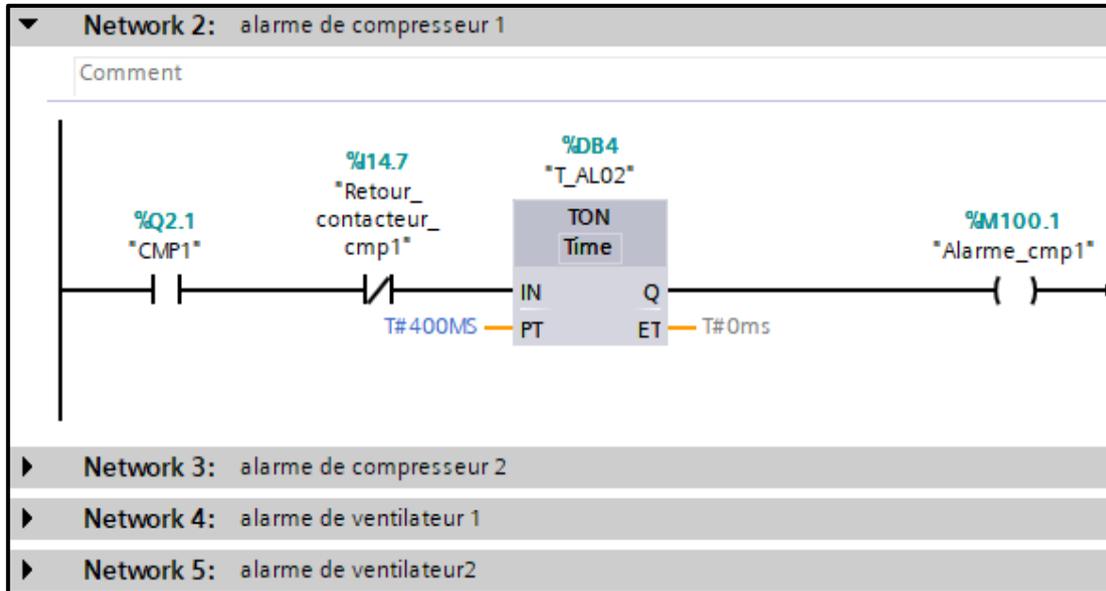


Figure 3. 17: Alarme de compresseur

3.15 Déclaration des fonctions de base :

On déclare tous les fonctions de base précédente dans le programme principale OB

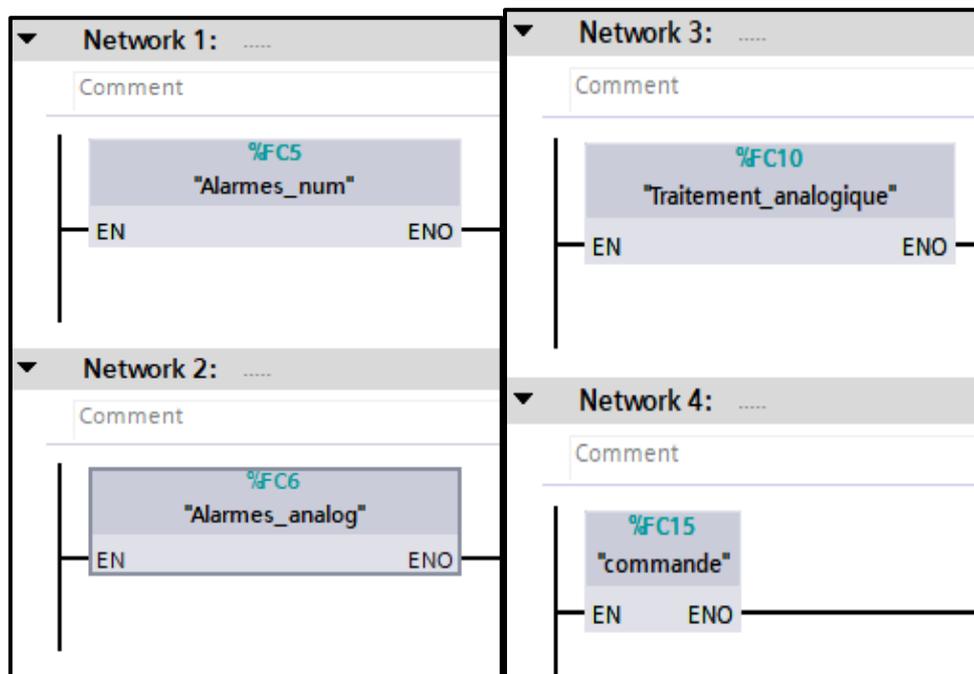
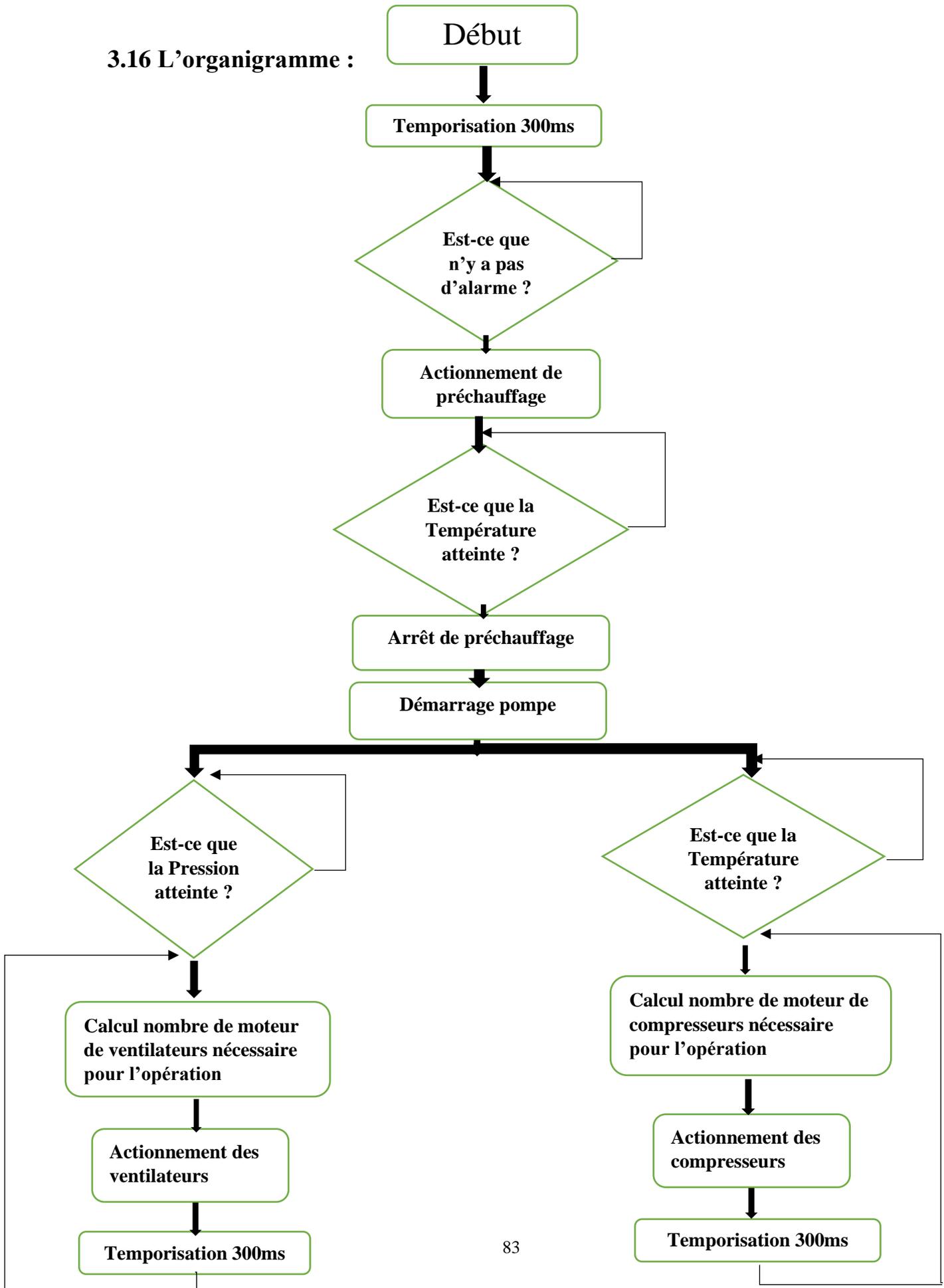


Figure 3.18: Déclaration des fonctions de bases

3.16 L'organigramme :



3.17 Conception du programme de supervision :

Pour le système de supervision, nous avons choisi d'utiliser le modèle 'HMI [KTP700 Basic PN] dans l'environnement TIA V15.1.

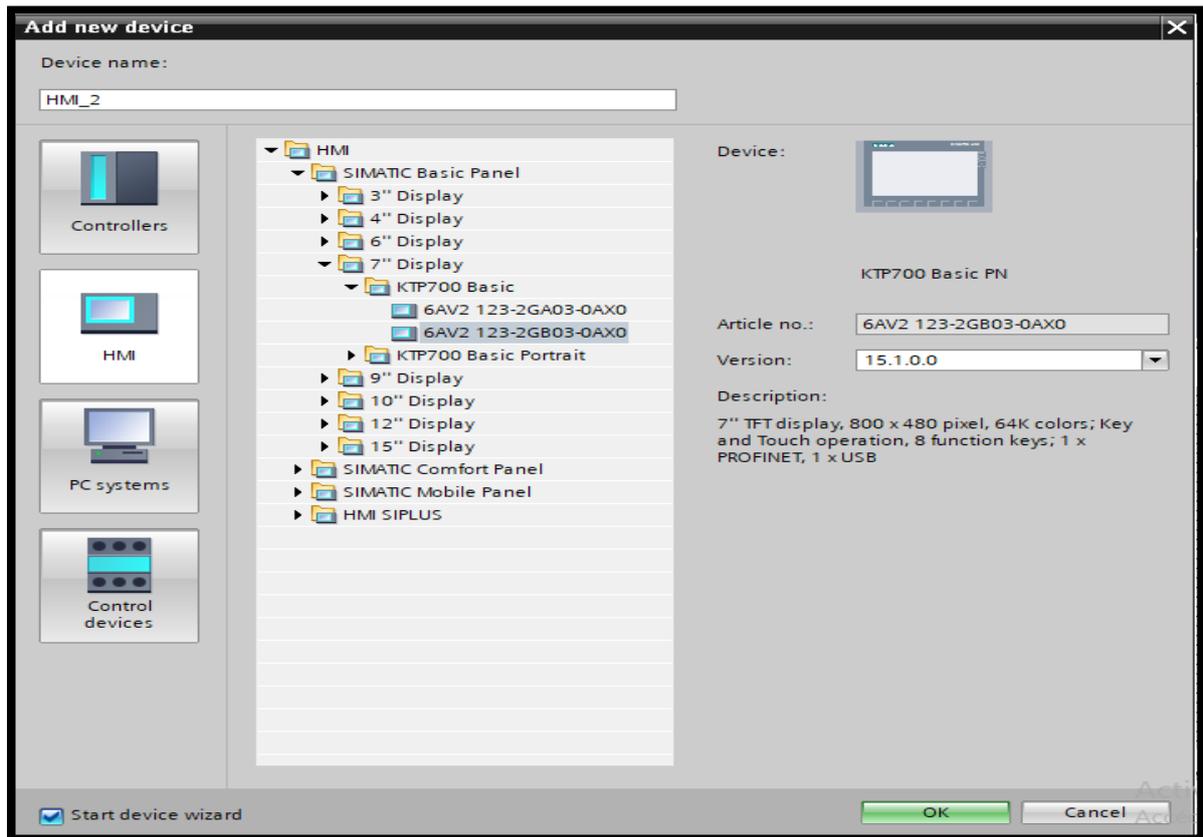


Figure 3. 19:Ajouter d'un appareil HMI

Une fois le matériel ajouté, il est connecté avec le PLC.



Figure 3.20 : Vue de réseau.

3.18 Présentation des vues :

Une fois la liaison est établie, nous accédons au menu du projet, pour se mettre sur l'onglet « Vue » et commencer la simulation des vues de notre projet. Dans cette étape, le Graphique Designer est adopté pour la réalisation des représentations de supervision, en insérant les différents éléments ainsi que les objets de vue statiques et actifs correspondant à notre installation (Pompe, tuyauteries, boutons, ventilateurs ... etc.). Ces composants sont configurés, en leur affectant les variables correspondantes.

3.18.1 Vue principale :

La figure 3.21 apparaît immédiatement après le démarrage de l'interface homme-machine (IHM). Elle offre la transition entre les différentes vues du système.

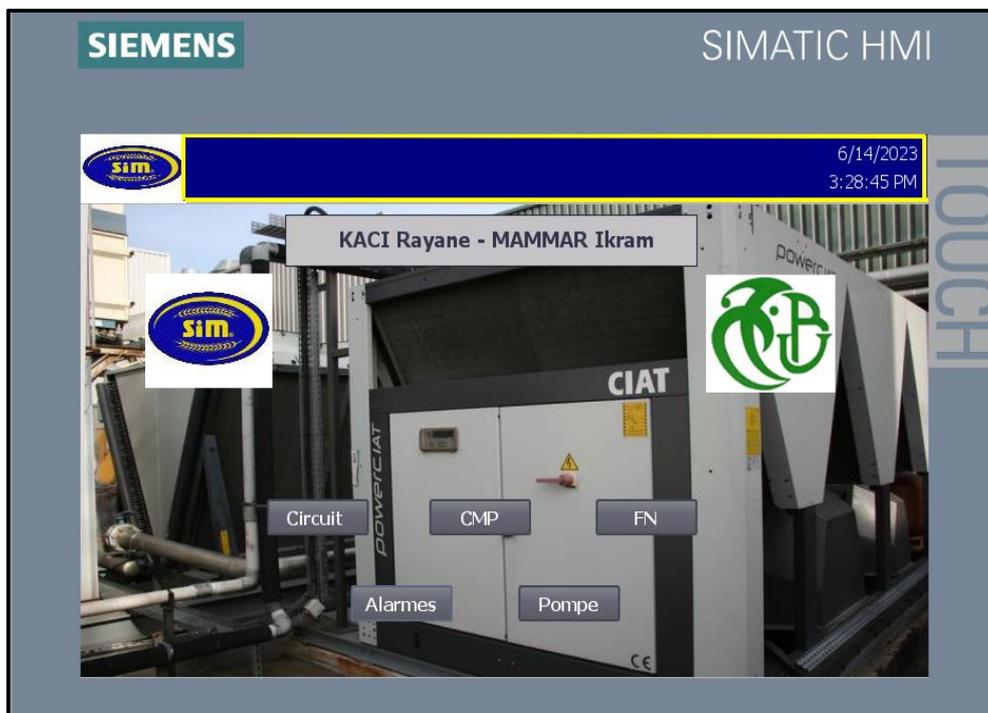


Figure 3.21 : Vue principal.

3.18.2 Vue de circuit :

Cette vue (La figure 3.22) présente les divers paramètres associés à cette section du système. Elle affiche le mode de fonctionnement du système, ainsi que les valeurs actuelles De température et la pression (T_{wtr_in} et pi_gaz).

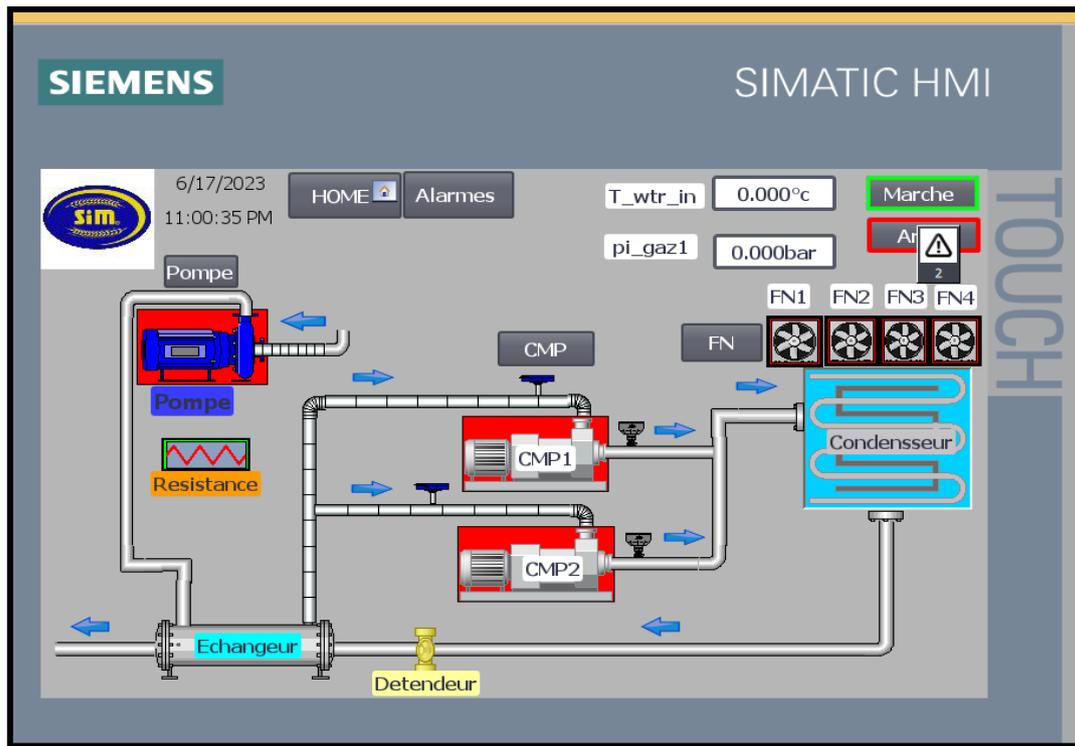


Figure 3.22: vue de circuit du système de refroidissement d'eau

3.18.3 Vue de la pompe :

Cette vue (figure 3.23) indique si la pompe est en état de marche ou arrêt, piloté par la variable (T_huile) et l'affichage de température d'eau contrôlée par la variable (T_wtr_in).

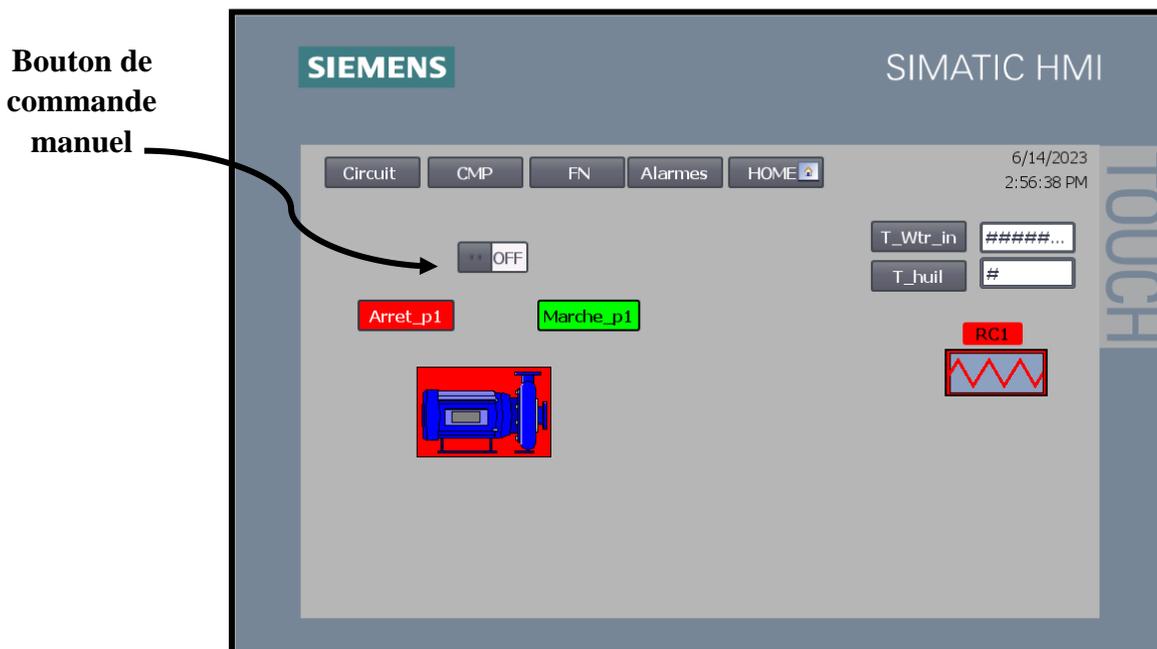


Figure 3.23 : vue de la pompe

3.18.4 Vue de compresseurs :

- Pour voir combien de compresseurs sont en état de marche ou en arrêt. En cliquant sur le bouton "CMP ", une nouvelle vue (figure 3.24) contenant l'affichage de la température d'eau (T_wtr_in) .
- L'état des 2 compresseurs (marche ou arrêt) est piloté par la température d'eau (T_wtr_in) et la consigne (SPT).

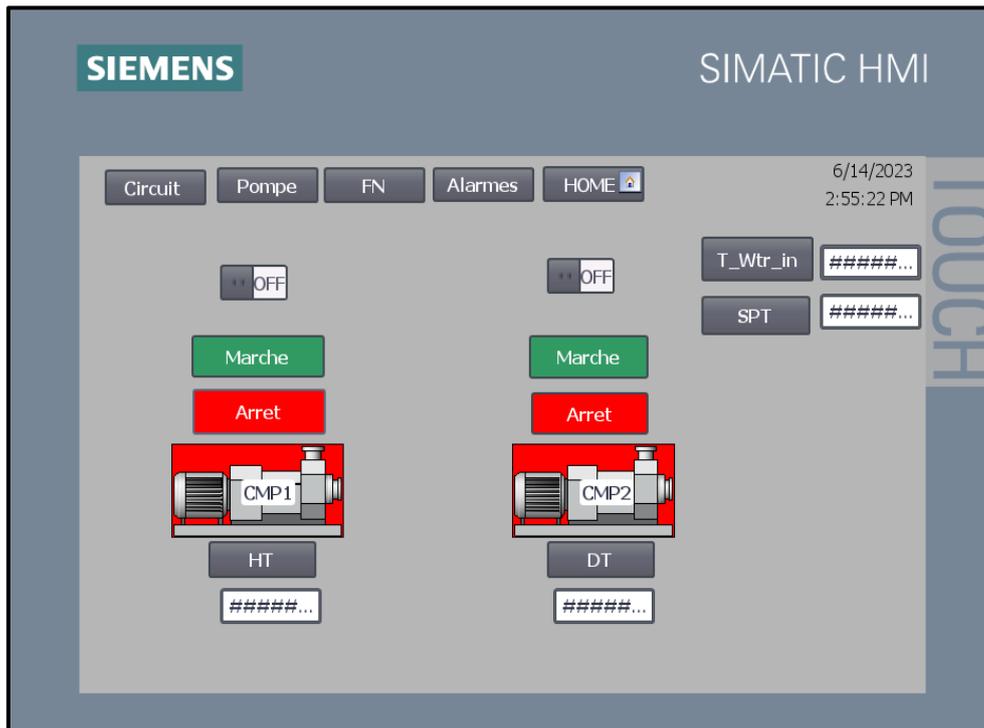


Figure 3.24 : Vue compresseurs

3.18.5 Vue de ventilateurs :

- Pour voir combien de ventilateurs est en état de marche ou arrêt. En cliquant sur le bouton "FN ", une nouvelle vue (figure 3.25) contenant l'affichage de la pression de gaz (pi_gaz).
- L'état des 4 ventilateurs (marche ou arrêt) est piloté par la pression de gaz (pi_gaz) et la consigne (SPP) .

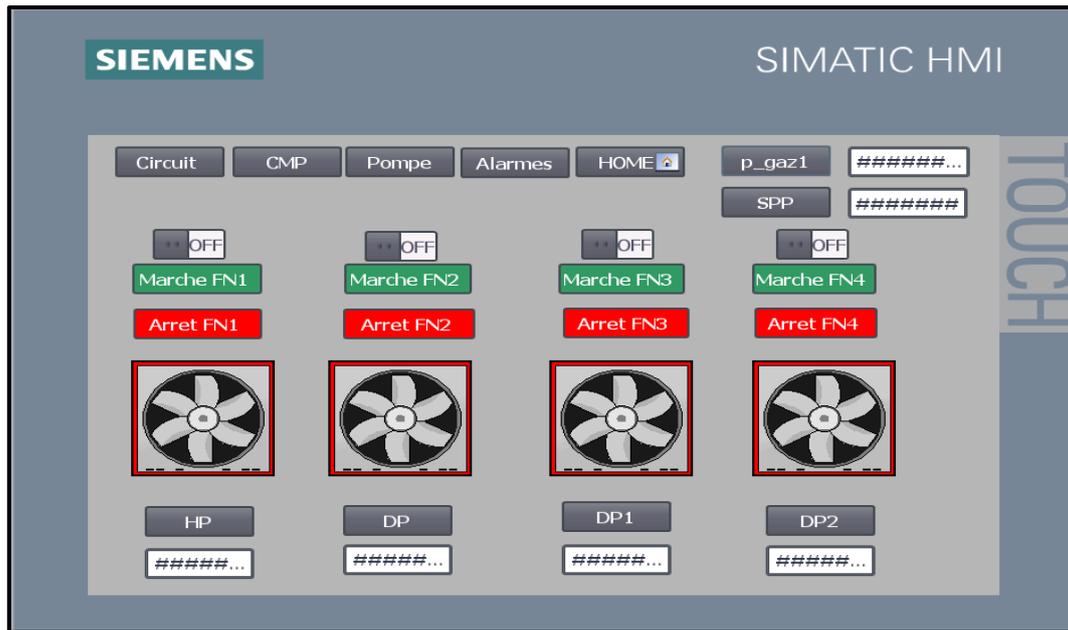


Figure 3.25 : vue de ventilateurs

3.18.6 Vue des alarmes :

Pendant l'exécution des diverses opérations, plusieurs problèmes ou situations imprévues peuvent survenir à tout moment. Lorsqu'une alarme se déclenche, elle est affichée en haut au centre de toutes les vues de l'interface homme-machine (IHM). En cliquant sur le bouton " Alarmes", une nouvelle vue contenant la liste des alarmes survenues s'ouvre (Figure 3.26).

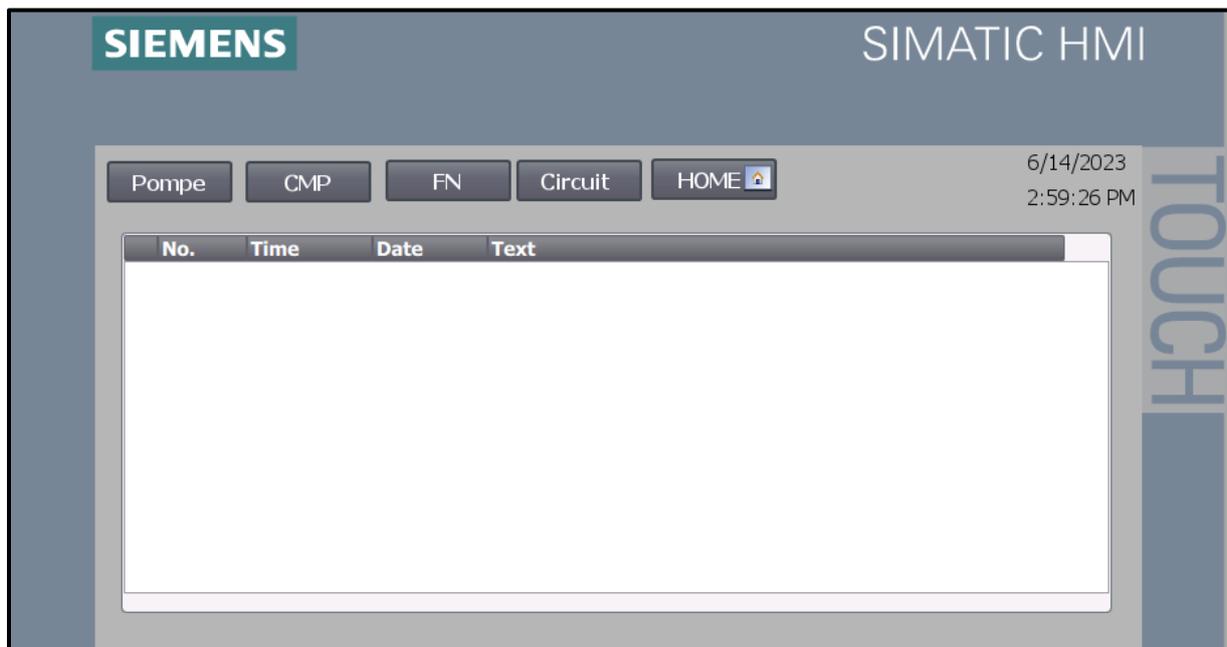
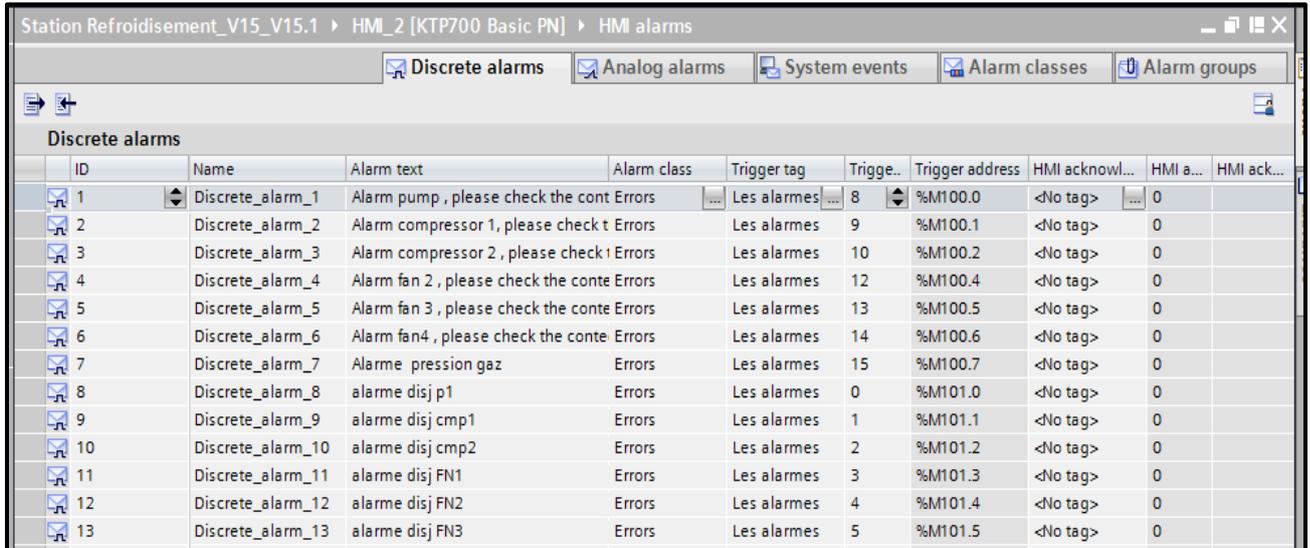


Figure 3.26 : vue des alarmes

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet



ID	Name	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge...	Trigger address	HMI acknowl...	HMI a...	HMI ack...
1	Discrete_alarm_1	Alarm pump , please check the cont	Errors	Les alarmes	8	%M100.0	<No tag>	0	
2	Discrete_alarm_2	Alarm compressor 1, please check t	Errors	Les alarmes	9	%M100.1	<No tag>	0	
3	Discrete_alarm_3	Alarm compressor 2, please check 1	Errors	Les alarmes	10	%M100.2	<No tag>	0	
4	Discrete_alarm_4	Alarm fan 2 , please check the conte	Errors	Les alarmes	12	%M100.4	<No tag>	0	
5	Discrete_alarm_5	Alarm fan 3 , please check the conte	Errors	Les alarmes	13	%M100.5	<No tag>	0	
6	Discrete_alarm_6	Alarm fan4 , please check the conte	Errors	Les alarmes	14	%M100.6	<No tag>	0	
7	Discrete_alarm_7	Alarme pression gaz	Errors	Les alarmes	15	%M100.7	<No tag>	0	
8	Discrete_alarm_8	alarme disj p1	Errors	Les alarmes	0	%M101.0	<No tag>	0	
9	Discrete_alarm_9	alarme disj cmp1	Errors	Les alarmes	1	%M101.1	<No tag>	0	
10	Discrete_alarm_10	alarme disj cmp2	Errors	Les alarmes	2	%M101.2	<No tag>	0	
11	Discrete_alarm_11	alarme disj FN1	Errors	Les alarmes	3	%M101.3	<No tag>	0	
12	Discrete_alarm_12	alarme disj FN2	Errors	Les alarmes	4	%M101.4	<No tag>	0	
13	Discrete_alarm_13	alarme disj FN3	Errors	Les alarmes	5	%M101.5	<No tag>	0	

Figure 3.27 : Table des alarmes de l’HMI

3.19 Simulation du projet :

Dans cette partie nous allons montrer la simulation de processus qu’on a développé.

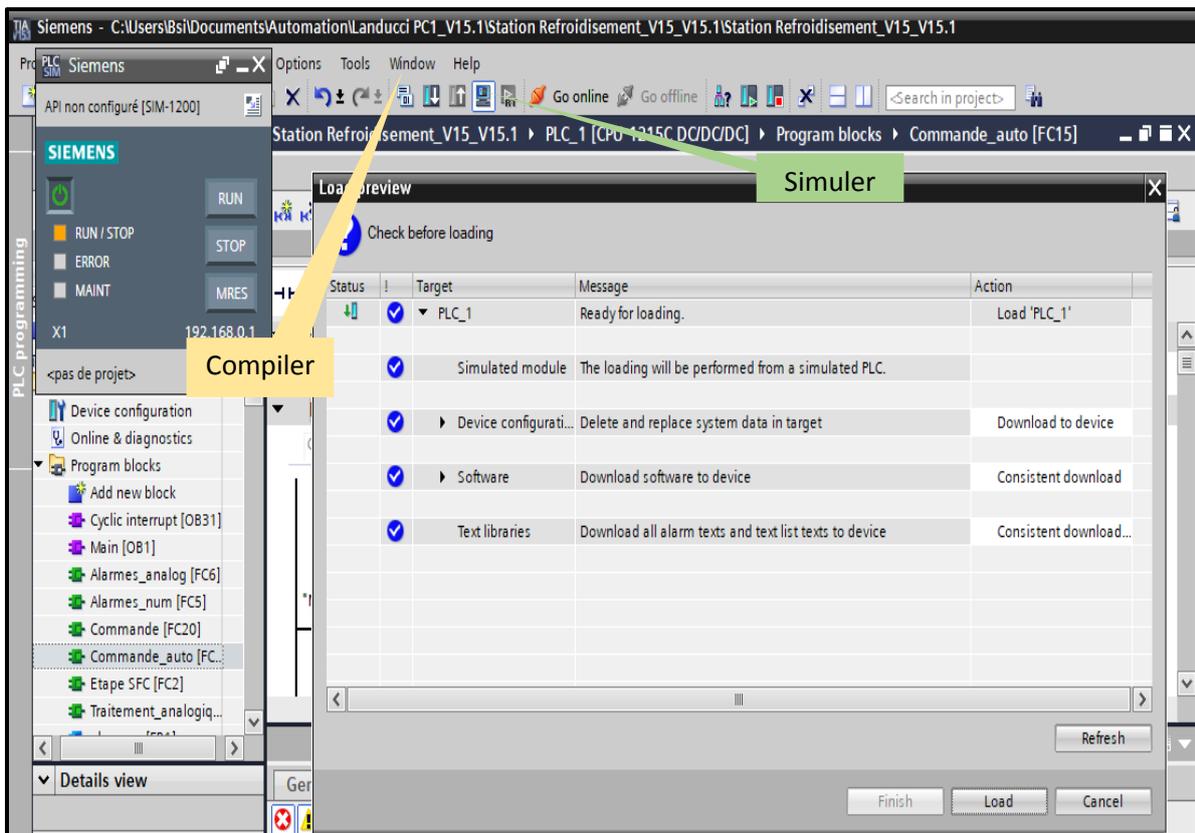


Figure 3.28: Outil de compilation et de chargement

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

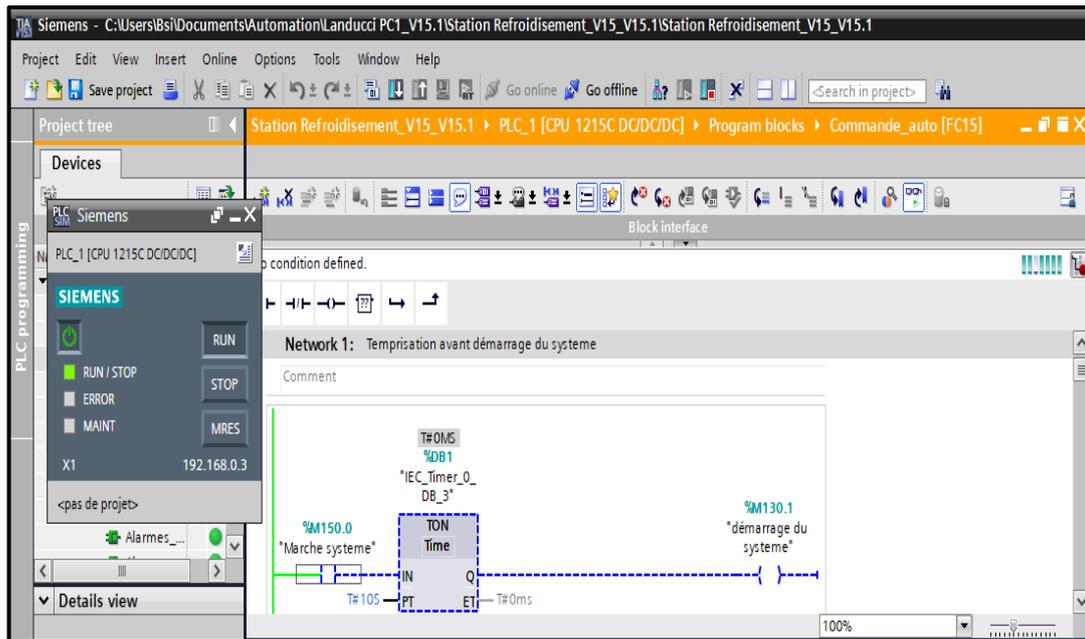


Figure 3.29 : Vue de simulation du programme

- Création d'un nouveau projet dans le PLCSIM S7 1215C.
- On ajoute une nouvelle table SIM.
- Déclaration des tags nécessaires pour le démarrage du circuit.

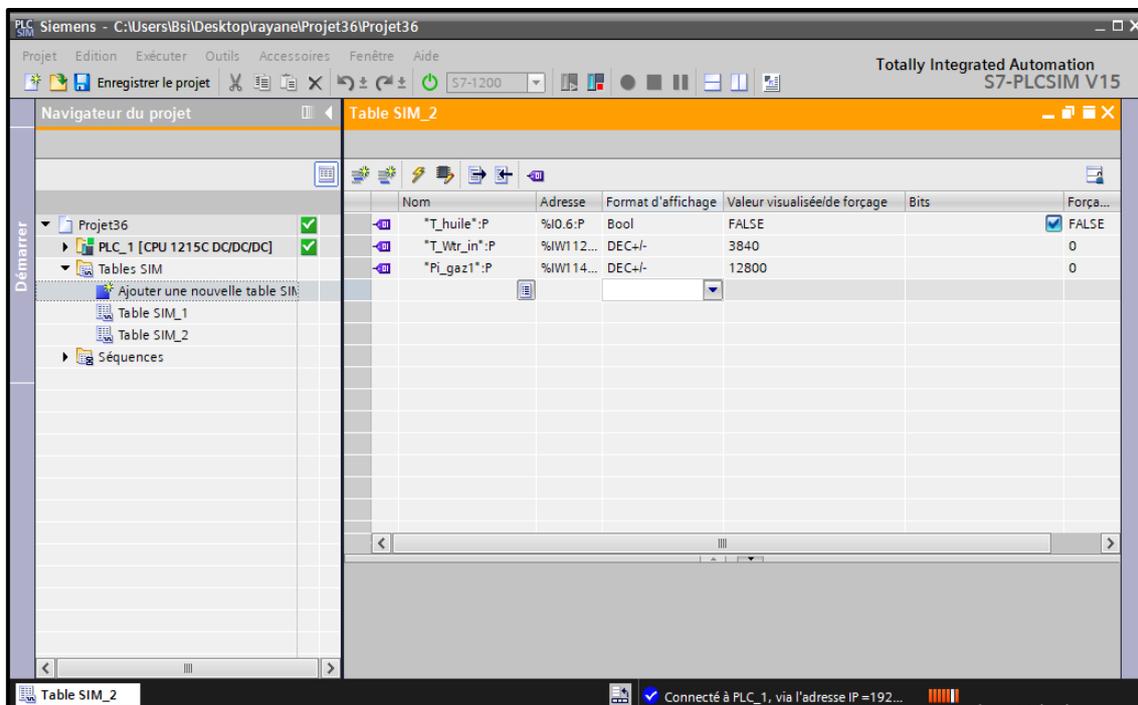


Figure 3.30: Vue de PLCSIM S7 1215C

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

On appuie sur le bouton marche (figure 3.22), si Ya pas d'alarme la résistance se préchauffer l'huile pour le bon fonctionnement de la pompe.

- (T_huil=1) pour que la pompe se démarre (la pompe en vert).
- Si T_huil=0, la pompe s'arrête (pompe en rouge).

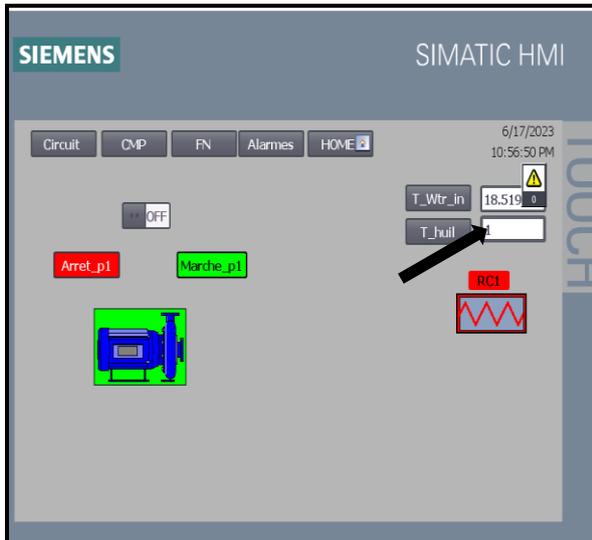


Figure 3.31 : démarrage du pompe

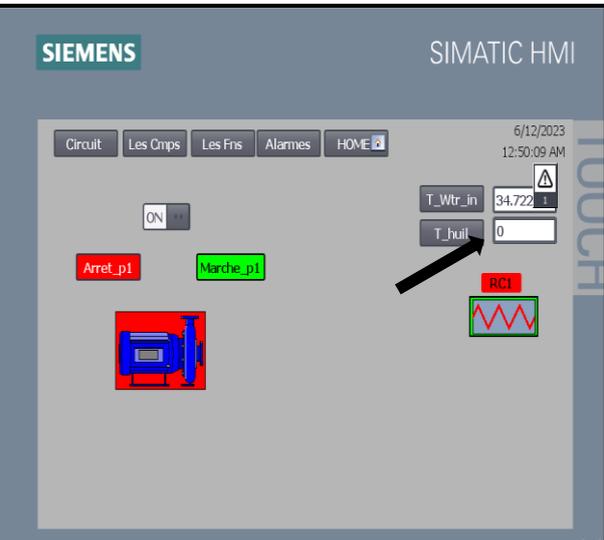


Figure 3.32: Arrêt du pompe

Après le démarrage du pompe, la température d'eau sera maintenir par les compresseur, plus la température augmente plus le nombre de compresseur augmentent.

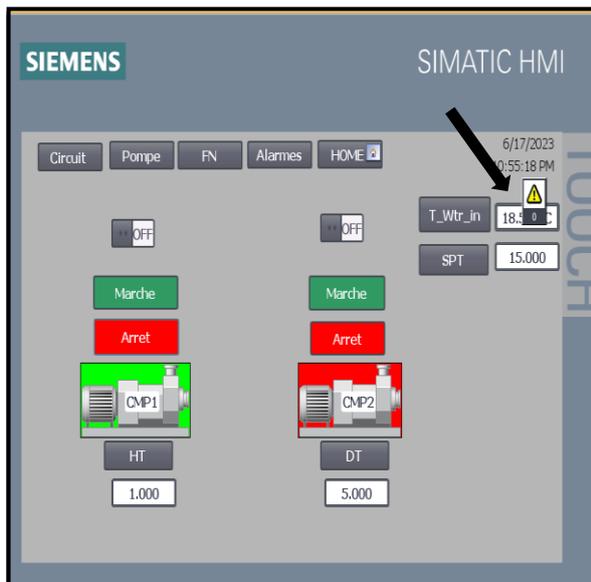


Figure 3.33 : Démarrage de compresseur 1

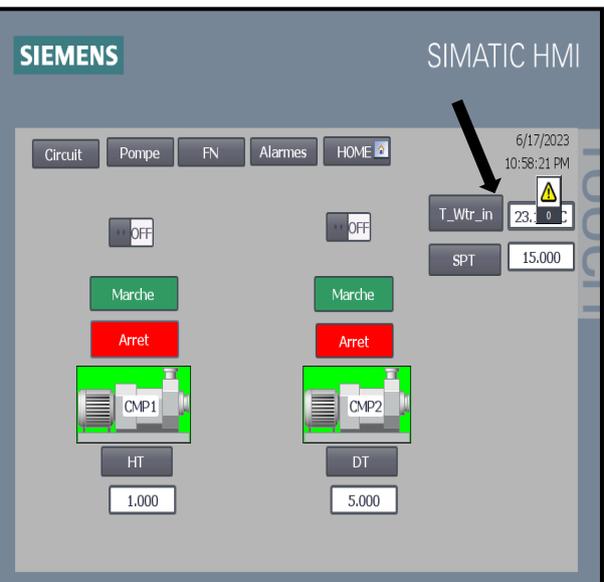


Figure 3.34 : Démarrage de deux compresseurs

Chapitre 3 : Programmation Et Simulation Du Projet

En parallèle, un capteur pi_gaz (pi_gaz : un capteur de pression) surveille la pression du système , pour déterminer combien de ventilateurs sont nécessaires pour évacuer la chaleur produite par le système. Plus la pression augmente plus le nombre de ventilateurs augmentes.

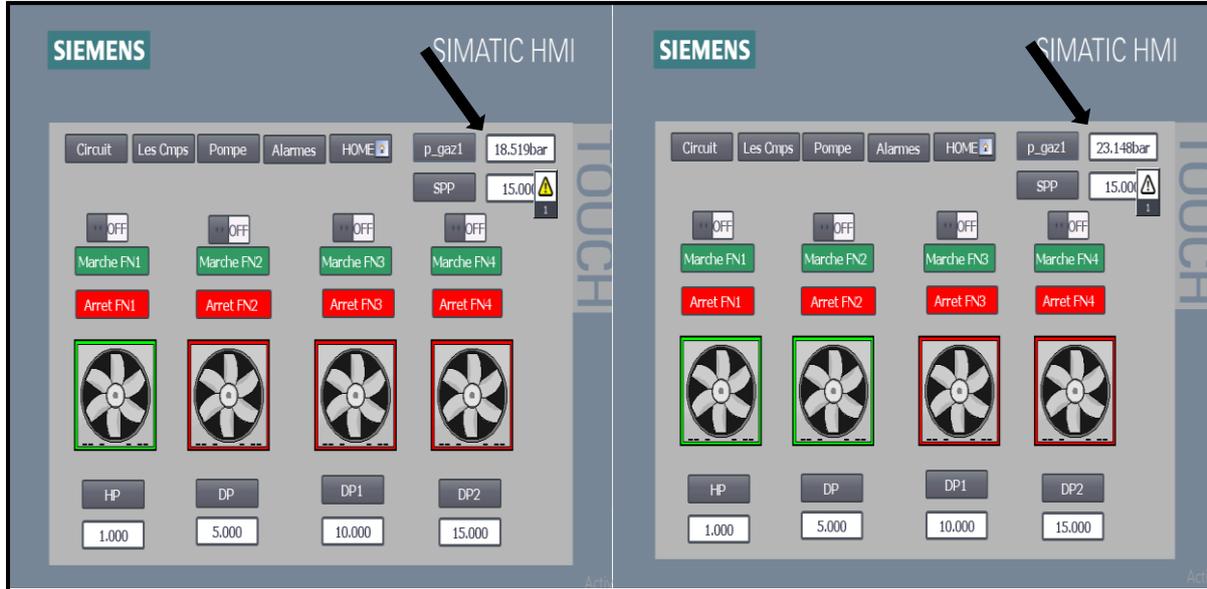


Figure 3.35 démarrage de ventilateur 1

Figure 3.36 : démarrage de deux ventilateurs

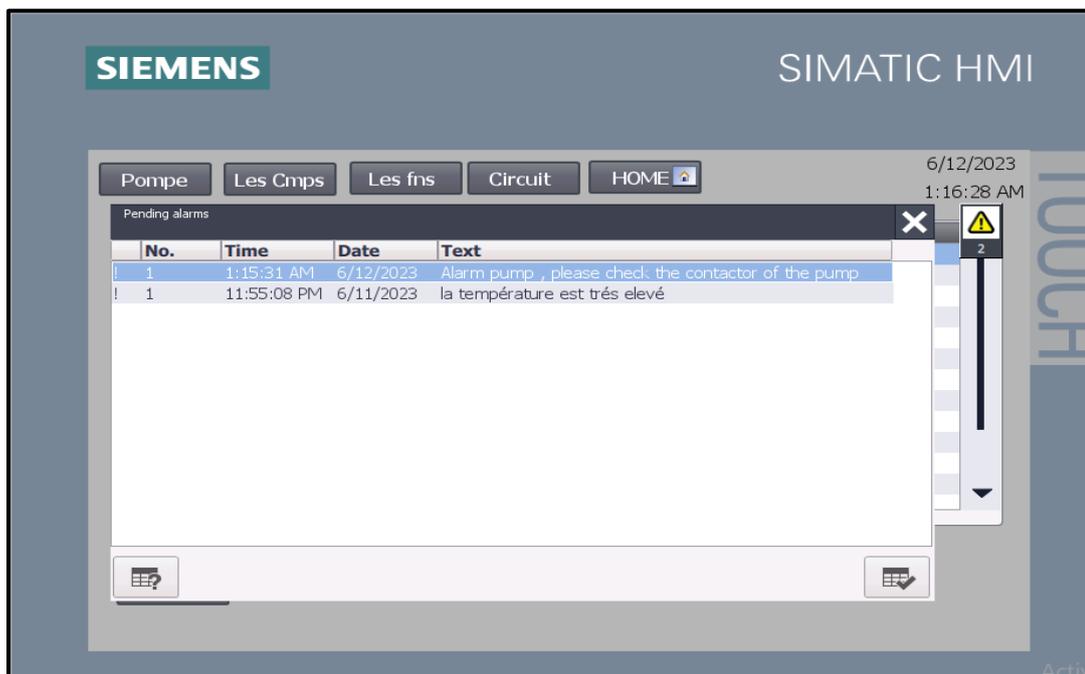


Figure 3.37 : Historique des alarmes survenues

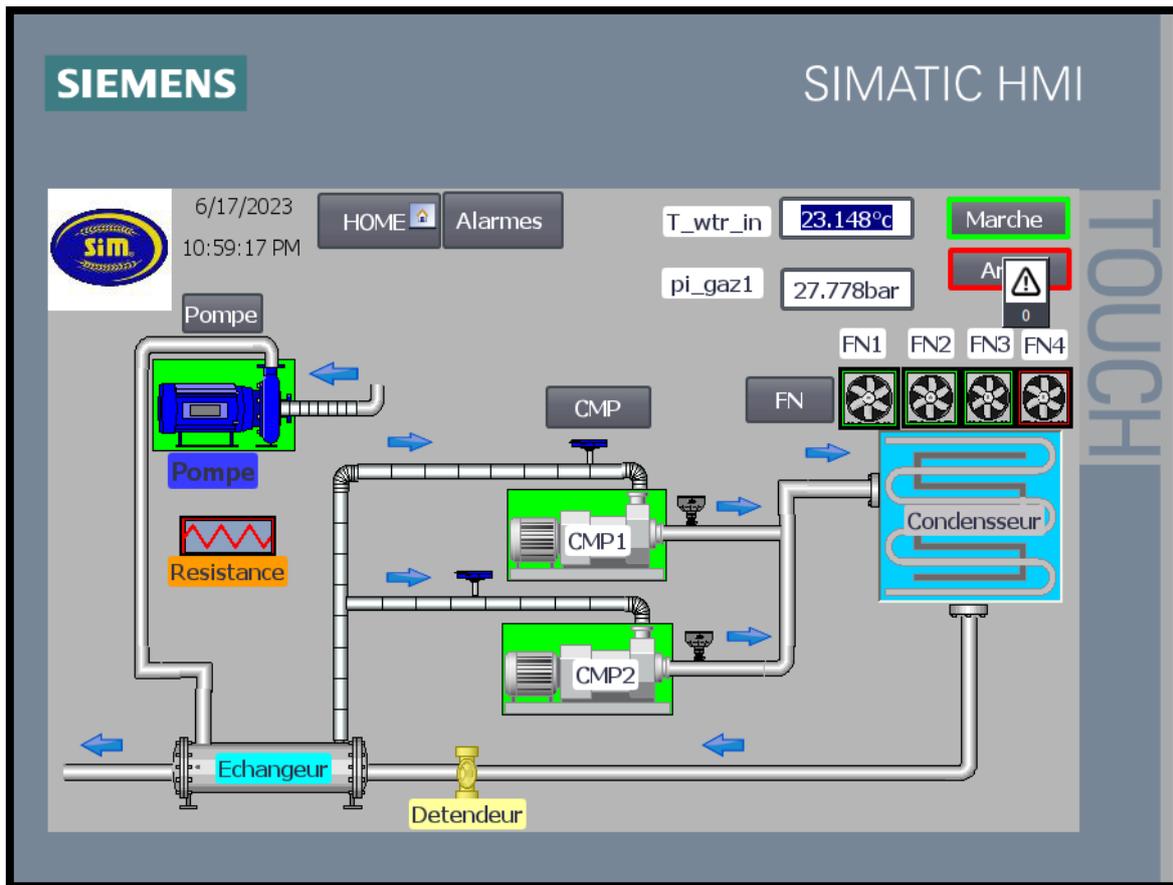


Figure 3.38 : vue de circuit en état de marche

3.20 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons élaboré le modèle du grafcet en répondant au cahier des charges ainsi que la présentation de la procédure à suivre pour la création de notre programme sous TIA PORTAL V15.1.

Afin d'assurer la fiabilité de notre système, nous avons proposé un modèle de supervision pour contrôler le fonctionnement de station de refroidissement, et de répondre à la problématique qui a été posé au sein de l'industrie.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Le projet que nous avons développé, a été réalisé au sein de l'entreprise SIM_AGRO du groupe SIM, il rentre dans le cadre du développement d'un système d'automatisation et de supervision pour un refroidisseur d'eau (cette eau permet de refroidir les équipements de production), basé sur un automate programmable de type S7-1200 de siemens et d'un superviseur du même constructeur.

L'expérience professionnelle que nous avons acquise, nous a offert une occasion privilégiée d'approfondir nos connaissances théoriques sur le processus de refroidissement, ainsi que sur les caractéristiques techniques des composants de la commande et des équipements opérationnels. Nous avons pu mettre en pratique cet apprentissage lors de l'élaboration du programme d'automatisation en utilisant l'outil TIA PORTAL V15.1. Ce logiciel nous a grandement facilité la tâche en termes de configuration, de programmation et de simulation.

Le développement de ce projet nous a permis d'appliquer les connaissances acquises au cours de notre formation et de mettre en pratique divers principes d'ingénierie des systèmes automatisés pour répondre aux contraintes et aux exigences du milieu industriel.

En conclusion, nous sommes pleinement satisfaits de ce travail que nous avons développé. Nous avons réussi à atteindre notre objectif, qui consiste à valider la solution proposée à l'entreprise.

Nous espérons que ce travail sur l'automatisation supervisée servira d'exemple aux futurs étudiants qui entreprendront probablement d'autres projets plus complexes.