

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

Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou



Faculté de Génie de la Construction  
Département d'électromécanique

## Mémoire de Fin d'Etude

### MASTER

Domaine : Science Et Technologie

Filière : Electromécanique

Spécialité : Maintenance Industrielle

#### Thème

## Dimensionnement et programmation d'un automate pour piloter une installation frigorifique

*Présenté par :*

M<sup>r</sup>. KABRI ALI

M<sup>r</sup>. MEDDAHI FAROUK

*dirigé par :*

Mr. SI AHMED. H

*Mémoire soutenu publiquement devant le jury composé de :*

**Mr. Ouelmokhtar. H**

M C B, UMMTO, Président

**Mme. Oussidhoum. S**

M C B, UMMTO, Examineur

**Mr. SI AHMED. H**

M A A, UMMTO, Encadreur

**Année universitaire : 2023 /2024**

# *Remerciement*

Avant tout, nous tenons à remercier DIEU qui nous a donné le courage, la santé et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier très chaleureusement notre promoteur **Mr Si AHMED** qui nous a permis de bénéficier de son encadrement, nous le remercions pour sa confiance, ses conseils et son aide précieux tout au long de notre parcours de réalisation de notre travail de recherche.

Nous voudrions également remercier les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

A tous nos enseignants qui nous ont aidé durant notre cursus, en signe d'un profond respect et d'une profonde gratitude.

A tous qui nous ont aidés de près ou de loin pour réaliser ce travail.

*Merci à vous tous*

# *Dédicaces*

**Nous dédions ce travail à :**

Nos mères, sources de tendresse et d'amours pour leurs soutiens tout  
le long de notre vie scolaire.

Nos pères, qui nous ont toujours soutenus et qui ont fait tout possible  
pour nous aider.

Nos frères et nos sœurs, que nous aimons beaucoup.

Nos chers amis, et enseignants.

Tout qu'on collaboré de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

*Que dieu leur accorde santé et prospérité*

*Ali, Farouk*

## Résumé

Les besoins de l'être humain l'ont motivé à la créativité et à l'innovation. Parmi ses nombreuses réalisations, on trouve les chambres froides, qui nous permettent de conserver les aliments à basse température, ce qui prolonge leur durée de conservation. L'objectif de notre projet de fin d'études est de programmer un automate pour piloter une installation frigorifique. Nous avons commencé notre travail par une présentation générale des chambres froides, suivie de l'étude et de la réalisation de l'armoire électrique en y installant les composants de commande nécessaires. Enfin, nous avons programmé notre automate et donné un aperçu de l'utilisation du logiciel S7-PLCSIM.

**Mots clés :** Chambre froide, moteur, armoire électrique, API, système automatisé, logiciel S7-PLCSIM.

## Abstract:

Human needs have driven creativity and innovation. Among his many achievements are cold rooms, which allow us to store food at low temperatures, thereby extending its shelf life. The goal of our final year project is to program a PLC to control a refrigeration system. We began our work with a general overview of cold rooms, followed by the study and construction of the electrical cabinet by installing the necessary control components. Finally, we programmed our PLC and provided an overview of using the S7-PLCSIM software.

**Keywords:** Cold room, motor, electrical cabinet, PLC, automated system, S7-PLCSIM software.

## ملخص :

لقد حفزت احتياجات الإنسان على الإبداع والابتكار. ومن بين إنجازاته العديدة، نجد الغرف الباردة التي تتيح لنا تخزين الطعام في درجات حرارة منخفضة، مما يطيل فترة صلاحيتها. هدف مشروعنا النهائي هو برمجة جهاز التحكم القابل للبرمجة (PLC) للتحكم في نظام التبريد. بدأنا عملنا بعرض عام للغرف الباردة، تلاه دراسة وتنفيذ الخزانات الكهربائية من خلال تركيب المكونات اللازمة للتحكم. أخيراً، قمنا ببرمجة جهاز التحكم القابل للبرمجة وقدمنا لمحة عن استخدام برنامج

الكلمات المفتاحية : الغرفة الباردة، المحرك، الخزانات الكهربائية، النظام S7-PLCSIM

## Sommaire

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

## **Chapitre I : Généralités sur les chambres froides**

I. Chambres froides .....	3
- Introduction .....	3
I.1. Définition .....	3
I.2. Objectif d'utilisation de chambre froide .....	4
I.3. Fonctionnement d'une machine frigorifique .....	4
I.3.1. Le circuit frigorifique simplifié .....	5
I.3.2. Les éléments de base du circuit frigorifique .....	5
I.3.3. Les éléments annexes du circuit frigorifique .....	6
I.3.4. Compréhension du circuit frigorifique .....	6
I.4. Les types des chambres froides .....	7
I.4.1. La chambre froide positive .....	7
I.4.2. La chambre froide négative .....	8
I.4.2.1. La congélation .....	8
I.4.2.2. La surgélation .....	8
I.5. L'utilisation des chambres froides positives et négatives dans différents secteurs .....	8
I.6. Les fluides frigorigènes .....	9
I.6.1. Définition .....	9
I.6.2. Le rôle des fluides frigorigènes .....	9
I.6.3. Les différents critères des fluides frigorigènes .....	10
I.6.4. Description du cycle du fluide frigorigène .....	11
I.7. Les types des éléments de base du circuit frigorifique .....	12
I.7.1. Les Différents types de compresseur .....	12
I.7.2. Les Différents types d'évaporateur .....	14
I.7.3. Les Différents types de condenseur .....	15
I.7.4. Différents types de détendeur .....	16
- Conclusion .....	17

## **Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide**

- Introduction .....	18
II.1. Description de l'armoire de commande électrique .....	18
II.2. Constitution des installations industrielles des automatismes .....	18
II.2.1. Circuit de commande .....	18
II.2.2. Circuit de puissance .....	19
II.3. Données de base nécessaire pour le choix des équipements .....	19
II.3.1. Conditions climatiques de la chambre .....	19
II.3.2. Dimensions de la chambre .....	19
II.3.3. Autres données .....	20
II.4. Choix des équipements frigorifiques .....	20
II.4.1. Choix du compresseur .....	20
II.4.2. Choix de l'évaporateur .....	20
II.4.3. Choix du condenseur .....	21
II.5. Les étapes de dimensionnement du l'armoire électrique .....	21
II.6. Les domaines réglementaires et normatifs .....	21
II.7. Le bilan de puissance .....	22
II.7.1. La méthode de réalisation du bilan de puissance .....	22
II.7.2. Les différents types de la puissance .....	23
II.7.3. Les formules de puissance pour les charges inductives .....	23
II.7.4. Description des facteurs de correction .....	24
II.7.5. Calcul des puissances .....	24
II.8. Choix de l'alimentation stabilisé (AC/DC) .....	25
II.9. Choix du démarrage des moteurs .....	26
II.9.1. Le démarrage direct .....	26
II.10. Dimensionnement des organes de commande et de protection pour l'installation électrique .....	27
II.10.1. Choix des contacteurs .....	27
II.10.2. Choix de sectionneur porte fusible .....	30
II.10.3. Choix des disjoncteurs .....	31
II.11. Dimensionnement des sections des conducteurs .....	34
II.12. Fonctionnement de la chambre froide .....	38

II.12.1. Présentation du schéma électrique de l'installation (circuits de puissance et de commande) .....	38
II.12.2. Les composants de circuit de commande et de puissance .....	40
II.12.3. Le fonctionnement du schéma électrique .....	41
- Conclusion .....	42

## **Chapitre III : Généralités sur l'automatique et l'automatisme industriel**

- Introduction .....	43
III.1. Définition d'un système automatisé .....	43
III.2. Objectifs des systèmes automatisés .....	43
a- Une partie commande PC .....	44
b- Une partie opérative PO .....	44
c- Le pupitre de commande .....	46
III.3. Structure d'un système automatisé .....	46
III.4. Critères de choix d'un automate .....	47
- Avantage et désavantage de l'automate .....	48
III.5. Présentation de l'automate S7-300 .....	48
III.6. Modularité .....	49
III.6.1. Module d'alimentation .....	49
III.6.2. Unité centrale CPU .....	50
III.6.3. Le coupleur .....	50
III.6.4. Module communication CP.....	50
III.6.5. Module de fonction CP .....	50
III.6.6. Module de signaux SM .....	51
III.6.7. Module de simulation SM 374 .....	51
Conclusion.....	51

## **Chapitre IV : Programmation de la chambre froide**

- Introduction .....	52
IV. Programmation de la chambre froide avec le STEP 7 .....	52
IV.1. Création du projet dans SIMATIC Manager .....	52
IV.2. Table des mnémoniques .....	55
IV.3. Programmation .....	55

IV.4. Simulation .....	61
IV.4.1. Présentation du logiciel de simulation S7- PLCSIM .....	61
IV.4.2. Les modes de marche du logiciel de simulation S7- PLCSIM .....	61
1- Etat de marche (RUN-P) .....	62
2- Etat de marche (RUN) .....	62
3- Etat d'arrêt (STOP) .....	62
IV.4.3. Exemple de simulation .....	62
- Conclusion .....	65
Conclusion générale .....	66
Références bibliographiques	
Annexes	

## Listes des figures :

<b>Figure 1.1</b> : circuit frigorifique simplifié .....	5
<b>Figure 1.2</b> : Schéma de la machine frigorifique de base (cycle de Hirn) .....	11
<b>Figure 1.3</b> : Compresseur à piston .....	12
<b>Figure 1.4</b> : Compresseur à spirale .....	13
<b>Figure 1.5</b> : Compresseur centrifuge .....	14
<b>Figure 1.6</b> : Condenseur à air a convection forcée .....	16
<b>Figure 1.7</b> : Détendeur capillaire .....	16
<b>Figure 1.8</b> : Détendeur thermostatique .....	17
<b>Figure 2.1</b> : Démarrage direct d'un moteur asynchrone .....	27
<b>Figure 2.2</b> : Contacteur .....	28
<b>Figure 2.3</b> : Sectionneur .....	30
<b>Figure 2.4</b> : Disjoncteurs .....	31
<b>Figure 2.5</b> : Plaque signalétique d'un disjoncteur .....	32
<b>Figure 2.6</b> : Courbes de déclenchement des disjoncteurs .....	33
<b>Figure 2.7</b> : Schéma de circuit de puissance .....	38
<b>Figure 2.8</b> : Schéma de circuit de commande .....	39
<b>Figure 3.1</b> : Aspect d'un système automatisé de production .....	43
<b>Figure 3.2</b> : Schéma de fonctionnement d'un pré-actionneur .....	45
<b>Figure 3.3</b> : Schéma de fonctionnement d'un actionneur .....	45
<b>Figure 3.4</b> : Schéma de fonctionnement d'un capteur .....	46
<b>Figure 3.5</b> : Composants de système automatisé .....	46
<b>Figure 3.6</b> : Structure d'un système automatisé .....	47
<b>Figure 3.7</b> : L'automate programmable S7-300 .....	49
<b>Figure 4.1</b> : Création d'un nouveau projet .....	52

<b>Figure 4.2</b> : Le choix de la CPU .....	53
<b>Figure 4.3</b> : Le choix du bloc et du langage de programmation .....	53
<b>Figure 4.4</b> : Nom du projet .....	54
<b>Figure 4.5</b> : Ouverture du projet chambre froide .....	54
<b>Figure 4.6</b> : Table des mnémoniques .....	55
<b>Figure 4.7</b> : Le bloc OB1 .....	56
<b>Figure 4.8</b> : Fenêtre S7- PLCSIM .....	63
<b>Figure 4.9</b> : Mode de production froid .....	63
<b>Figure 4.10</b> : Mode de dégivrage .....	64
<b>Figure 4.11</b> : Retard de ventilation .....	65

# Liste des tableaux :

<b>Tableau 1.1</b> : températures de conservation des denrées .....	4
<b>Tableau 1.2</b> : températures maximales de conservation des denrées .....	7
<b>Tableau 2.1</b> : Les domaines de tension .....	22
<b>Tableau 2.2</b> : Les formules de puissance .....	23
<b>Tableau 2.3</b> : Le bilan puissance des récepteurs .....	25
<b>Tableau 2.4</b> : Les catégories d'emploi des contacteurs .....	29
<b>Tableau 2.5</b> : Références des contacteurs des récepteurs .....	30
<b>Tableau 2.6</b> : Les courbes de disjoncteur .....	32
<b>Tableau 2.7</b> : Disjoncteurs des récepteurs .....	34
<b>Tableau 2.8</b> : Les types des câbles .....	35
<b>Tableau 2.9</b> : Choix de la section du câble selon l'ampérage .....	37
<b>Tableau 2.10</b> : Section de câbles des récepteurs .....	37

# Les abréviations :

**API** : automate programmable industriel.

**NF** : état initiale ferme.

**NO** : état initiale ouvert.

**TGBT** : tableau générale basse de tension.

**Pa** : la puissance absorbée.

**Q** : la puissance réactive.

**S** : la puissance apparente.

**Pu** : la puissance utile.

**KS** : facteur de simultanéité.

**KU** : facteur d'utilisation.

**KE** : facteur tenant compte des prévisions d'extension.

**GRAFCET** : Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition.

**Cos ( $\varphi$ )** : angle de déphasage.

**$\eta$**  : rendement.

**AC** : courant alternatif.

**DC** : courant continu.

**I** : courant.

**U** : tension.

**In** : courant nominal.

**ID** : courant de démarrage.

**Ie** : courant d'emploi.

**Im** : courant de fonctionnement.

**Ir** : courant thermique.

**Icu / Icn** : pouvoir de coupure.

**Ue** : tension d'emploi.

**Uc** : tension de commande.

**Y** : le couplage étoile.

$\Delta$  : le couplage triangle.

**BT** : basse de tension.

**TBT** : très basse tension.

**HT** : haute tension.

**L** : longueur.

**S** : section du conducteur.

**HP** : haut pression.

**BP** : basse pression.

**gF** : fusible à usage domestique.

**gG** : fusible à usage industriel.

**aM** : accompagnement moteur.

**Lint** : longueur intérieur.

**lint** : largeur intérieur.

**Hint** : hauteur intérieur.

**Vint** : volume intérieur.

**Dmoy** : densité moyenne.

**K** : surchauffe / sous-refroidissement.

**PC** : partie commande.

**PO** : partie opérative.

**TOR** : tout ou rien.

**CPU** : unité centrale.

**RAM** : Random-Access Memory (la mémoire vive).

**CP** : processus de communication.

**PS** : module d'alimentation.

**FM** : modules de fonctionnement.

**M** : coupleur.

**SM** : modules de signaux.

**RUN** : état de marche.

**STOP** : état d'arrêt.

**L1 L2 L3 N** : Alimentation triphasée+neutre.

**DM1** : Disjoncteur magnétothermique pour la protection du moteur compresseur.

**DM2** : Disjoncteur magnétothermique pour la protection du moteur condenseur.

**DM3** : Disjoncteur magnétothermique pour la protection du moteur évaporateur.

**D4** : Disjoncteur magnétothermique différentiel pour la protection des résistances de dégivrage.

**F1** : Sectionneur porte fusible pour relier et protéger le circuit de commande.

**F2** : Sectionneur porte fusible pour la protection des lampes d'éclairage.

**Q4** : Disjoncteur magnétothermique différentiel pour la protection de l'électrovanne.

**KM1** : Contacteur électromagnétique pour le démarrage du moteur compresseur.

**KM2** : Contacteur électromagnétique pour le démarrage du moteur condenseur.

**KM3** : Contacteur électromagnétique pour le démarrage du moteur ventilateur évaporateur.

**KM4** : Contacteur électromagnétique pour la commande des résistances de dégivrage.

**KA1** : Contact à fermeture du relais de commande de l'électrovanne.

**K** : Relais à thermistance.

**CP** : Moteur du compresseur.

**CD1** : Moteur du condenseur.

**EVAP** : Moteur du ventilateur de l'évaporateur.

**R1** : Résistances de dégivrage des ailettes de l'évaporateur.

**EV** : Electrovanne pour l'ouverture de la circulation du fluide frigorigène.

**HP/BP** : Pressostat combiné de sécurité (haut pression/bas pression).

**BP** : Pressostat de régulation de la basse pression.

**HP** : Pressostat de régulation de la haute pression.

**S2** : bouton marche.

**S4** : Bouton d'arrêt d'urgence.

**P1** : Double contact à ouverture et fermeture de l'horloge de dégivrage.

**T1** : Temporisateur pour faire fondre le givre formé sur les ailettes de l'évaporateur.

**H1** : Lampe témoin présence de la tension de commande.

**H2** : Voyant défaut de pression.



**Introduction**

**Générale**

### Introduction générale :

Depuis toujours, l'être humain cherche des moyens de conserver les aliments périssables. Ils ont remarqué que pendant l'hiver, les aliments se conservaient plus longtemps qu'en été. C'est ainsi qu'ils ont compris que le froid permettait de préserver et de ralentir la dégradation des aliments.

La première armoire réfrigérante fut inventée par Charles Tellier en 1869. Il a démontré l'efficacité de son procédé de réfrigération en envoyant de France un bateau nommé **Le Frigorifique**, rempli de carcasses de viande et de volailles vers l'Amérique du Sud. Une fois le voyage terminé, tout le monde constata que la cargaison était intacte.

Les ambitions et l'imagination de l'être humain n'ont aucune limite. Il cherche toujours des moyens d'économiser ses efforts en utilisant des outils permettant de réaliser une partie ou la totalité des tâches auparavant exécutées par des opérateurs humains, grâce à un ensemble d'objets techniques. Grâce à l'arrivée récente des systèmes automatisés, on peut minimiser l'intervention humaine et éviter la réalisation de tâches répétitives ou dangereuses pour l'homme.

Notre travail dans le cadre de notre projet de fin d'études consiste à dimensionner et programmer un automate pour piloter une installation frigorifique. Pour réaliser ce projet, nous avons divisé notre travail en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous présentons des généralités sur la chambre froide, telles que sa définition, ses types, son principe de fonctionnement, et son domaine d'application.

Dans le deuxième chapitre, nous allons dimensionner une armoire électrique pour la commande de notre chambre froide positive, en recueillant un maximum d'informations techniques nécessaires pour effectuer les calculs de bilan de puissance. Nous y ferons également le choix de l'appareillage de commande et de protection, la section des câbles, et la réalisation du schéma de câblage de notre installation avec une explication de son principe de fonctionnement.

Dans le troisième chapitre, nous abordons des généralités sur les automates programmables, telles que leur définition, leur objectif, la structure d'un système automatisé, ainsi que les modularités de l'automate S7-300.

Dans le quatrième chapitre, nous détaillons les étapes à suivre pour programmer notre chambre froide en utilisant le logiciel Step7.

Enfin, nous clôturons notre mémoire avec une conclusion générale.

# Chapitre I

## Généralités sur les chambres froides.



**I. Chambres froides :****- Introduction :**

Il existe plusieurs systèmes frigorifiques de production de froid, le plus utilisé est le système frigorifique de compression mécanique de vapeur.

Le principe de ce système est de faire circuler un fluide actif (qui est le fluide frigorigène) dans un cycle, appelé cycle frigorifique et de récupérer la chaleur de vaporisation de ce fluide pour produire le froid.

Les systèmes frigorifiques à compression mécanique de vapeur sont constitués essentiellement par une machine frigorifique, qui assure la production du froid [1].

**I.1. Définition :**

Une chambre froide est une grande installation industrielle utilisée pour l'entreposage de denrées périssables afin de les conserver à basse température. Elle peut refroidir le corps en extrayant une partie de sa chaleur.

Elles sont aussi utilisées pour conserver les produits alimentaires dans un bon état de qualité en vue d'une consommation ultérieure.

L'avantage est qu'elles gardent l'aspect initial du produit, ceci en évitant toute perte de couleur, de poids et de qualité.

Selon le produit à traiter, les calculs d'une chambre froide doivent satisfaire trois conditions:

- La température.
- L'hygrométrie.
- La ventilation.

La grandeur physique fondamentale est la température, ainsi existe-t-il deux types de chambres froides selon cette dernière à l'intérieur du milieu à refroidir : les chambres froides positives et les chambres froides négatives [1].

## I.2. Objectif d'utilisation de chambre froide :

Éviter aux nourritures de s'abimer car chaque produit a une température bien déterminée pour le stocker dans les conditions normales.

Température positive ( $0 < T \leq 15 \text{ °C}$ )	Chambre froide poisson	2 à 4 °C
	Chambre froide fruit et légumes	4 à 6 °C
	Chambre froide pâtisserie	2 à 4 °C
	Chambre froide viande	2 à 4 °C
	Chambre froide de jour	2 à 4 °C
	Local de tranchage	10 °C
Température négative ( $T \leq 0 \text{ °C}$ )	Crèmes glacées	-18 °C
	La pêche congelée	-18 °C
	Poisson entier congelés	-9 °C
	Congélateur	-20 à -30 °C

**Tableau (1.1):** températures de conservation des denrées.

Les chambres froides sont utilisées pour conserver les produits alimentaires dans un bon état de qualité en vue d'une consommation ultérieure.

Les chambres froides évitent :

- Les pertes de couleurs du produit.
- Les pertes de qualité du produit.
- Les pertes de valeur.
- Les pertes de poids des produits entreposés [2].

## I.3. Fonctionnement d'une machine frigorifique :

Le fonctionnement est en globalité le même qu'un réfrigérateur avec une plus grande puissance et des contraintes techniques beaucoup plus importantes [2].

### I.3.1. Le circuit frigorifique simplifié :

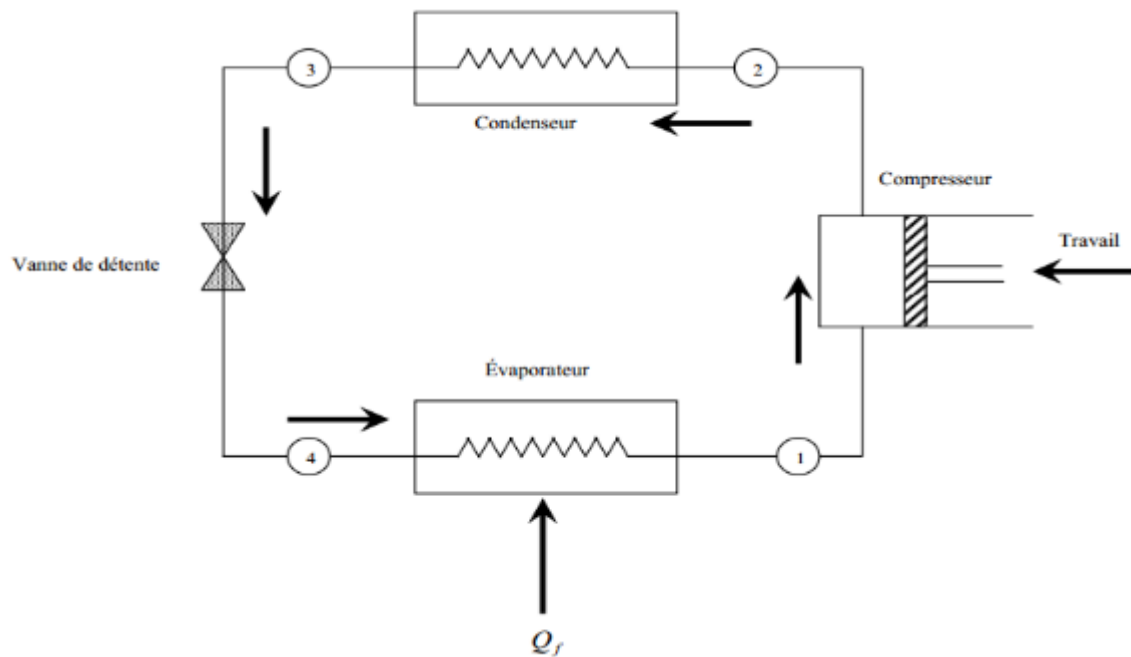


Figure (1.1) : circuit frigorifique simplifié [2]

### I.3.2. Les éléments de base du circuit frigorifique :

**Compresseur** : Le compresseur est indispensable. Sans lui, le fonctionnement de la chambre froide est impossible. Le compresseur aspire le gaz à basse pression et à basse température. L'énergie mécanique du compresseur va permettre une élévation de la pression et de la température.

**Condenseur** : Les gaz chauds haute pression et haute température venant du compresseur se dirigent vers le condenseur, le condenseur est un échangeur qui va permettre aux gaz de se condenser par échange avec un fluide extérieur (l'eau, l'air..) à température et pression constante, c'est la phase de condensation, la vapeur se transforme en liquide.

**Détendeur** : Le liquide formé dans le condenseur est détendu par abaissement brusque de la pression au passage du détendeur.

**Évaporateur** : L'évaporateur est lui aussi un échangeur de chaleur, le fluide liquide provenant du détendeur va entrer en ébullition dans l'évaporateur en absorbant de la chaleur au fluide extérieur, (l'eau, l'air..) c'est la phase d'évaporation. Le gaz est ensuite aspiré par le compresseur pour un nouveau cycle [1].

### I.3.3. Les éléments annexes du circuit frigorifique :

**Le filtre déshydrateur :** Son rôle est de filtrer le fluide frigorigène de toutes ses impuretés comme les copeaux de cuivre, la limaille, les boues et notamment l'humidité du circuit en cas de mauvaises manipulations. Il se place sur la ligne liquide entre le condenseur et le détendeur.

**Le voyant liquide:** Il permet de vérifier le passage du fluide et son état qui est normalement 100% liquide. Certains voyants sont aussi hygroscopiques, c'est à dire qu'ils indiquent la présence ou non d'humidité dans le circuit.

De ce fait, le voyant liquide, se place directement à la sortie du déshydrateur afin de contrôler son fonctionnement.

**Les pressostats :** Ils jouent un rôle essentiel dans la régulation et la sécurité du circuit frigorifique. Un pressostat haut pression (HP) et une basse pression (BP) sont notamment utilisés.

Le pressostat HP, assure un rôle de sécurité en coupant le compresseur en cas de montée anormale de la pression pouvant devenir dangereuse. On parle de pressostat HP de sécurité, il est possible également d'avoir un pressostat HP de régulation pour réguler les ventilateurs du condenseur.

Coté BP, le pressostat permettra d'empêcher la pression BP de descendre en dessous de la pression atmosphérique. Si cela arrivait, en cas d'imperfection de l'étanchéité, de l'air entrerait dans le circuit. L'air est nuisible pour le fluide frigorigène.

**La bouteille réservoir de liquide:** Lorsqu'un circuit frigorifique possède un détendeur régulant le débit de fluide frigorigène (thermostatique et électronique notamment) comme par exemple sur un climatiseur, il est essentiel de pouvoir stocker le fluide non utilisé. C'est le rôle de la bouteille réservoir de liquide. Elle se place directement à la sortie du condenseur, juste avant le filtre déshydrateur.

Elle permet aussi de stocker le fluide en cas d'intervention sur le circuit [5].

### I.3.4. Compréhension du circuit frigorifique :

Les quatre éléments de base du circuit frigorifique sont reliés entre eux par les tuyauteries frigorigènes (voir figure (1.1)) :

- De refoulement: entre le compresseur et le condenseur (en2).
- De liquide: entre le condenseur et le détendeur(en 3).
- D'aspiration: entre l'évaporateur et le compresseur(en 1).

Dans lesquelles circule en circuit fermé étanche, le fluide frigorigène qui est successivement à l'état :

- De vapeurs froides détendues à basse pression dans la conduite d'aspiration (point 1).
- De vapeurs comprimées surchauffées à haute pression HP dans la conduite de refoulement (point 2).
- De liquide frigorigène pur (à haute pression et température sensiblement ambiante) dans la conduite de liquide (point 3) [2].

#### I.4. Les types des chambres froides :

Il existe deux types de chambres froides selon la température : les chambres froides positives et les chambres froides négatives.

##### I.4.1. La chambre froide positive :

Lorsque on veut stocker des denrées alimentaire, laquelle la température de conservation est inférieur à dix degrés degré Celsius 10, on utilise une chambre froide positive.

Chambre froide Positive	Domaine d'application	Plage de température
	Local de préparation froide	10 à 12 °C
	Local de réserve sèche	16 à 20 °C
	Chambre de réfrigération	0 à 8 °C
	Chambre de fruits et légumes	7 à 15 °C
	Local poubelle	9 à 11 °C

**Tableau (1.2)** : températures maximales de conservation des denrées : [2]

La conservation en chambre froide positive freine les phénomènes vitaux des tissus vivants, tels que ceux des fruits et légumes et des tissus morts en ralentissant les métabolismes biochimiques.

Elle ralentit considérablement l'évolution microbienne et les conséquences de celles-ci (putréfaction, toxines,.....).

#### **I.4.2. La chambre froide négative :**

Lorsque on veut stocker des produits dont la température de conservation est inférieure à dix-huit degrés Celsius, on utilise une chambre froide négative. On les appelle aussi chambres de congélation.

##### **I.4.2.1. La congélation :**

Dans les chambres froides négatives la température d'une denrée est abaissée à un niveau tel que la majeure partie de son eau de constitution est transformée en cristaux de glace plus ou moins gros ; on parle alors de congélation.

##### **I.4.2.2. La surgélation :**

La congélation peut être suivie d'une surgélation ou congélation rapide. La surgélation des denrées consiste à soumettre à celles-ci à l'action du froid à basse température, de façon à provoquer rapidement la cristallisation de l'eau de la denrée et abaisser sa température à une valeur suffisamment basse pour que la proportion d'eau non congelée soit très faible.

Les conditions qui motivent la surgélation sont:

- Produits dans un très bon état de fraîcheur et d'hygiène.
- Délai avant congélation réduite
- Congélation rapide jusqu'à -18 °C
- Stockage et distribution à une température supérieure à -18°C
- Vente de denrées au consommateur à l'état congelé [1].

#### **I.5. L'utilisation des chambres froides positives et négatives dans différents secteurs :**

On retrouve les chambres froides positives, permettant une durée de conservation courte :

**-Dans le secteur alimentaire :** pour la conservation des denrées alimentaires, les 2 chambres froides sont utilisées. L'usage du froid positif ou négatif dépend du type d'aliment à conserver

et du respect des températures imposées par loi. Par exemple, la conservation des fruits et légumes s'effectue grâce à une chambre froide positive.

**-Dans le secteur pharmaceutique :** certains médicaments, les vaccins ou les poches de sang doivent être conservés à une certaine température pour rester viables. Les poches de sang sont par exemple conservées à une température située entre 2 et 6°C.

**-Chez les fleuristes et pépiniéristes :** les plantes sont des êtres vivants et sont par conséquent très fragiles. Pour permettre leur commercialisation dans de bonnes conditions, les fleurs, arbustes et plantes doivent être conservés dans des chambres réfrigérées. On utilise dans ce secteur des chambres froides positives.

Les chambres froides négatives permettent des temps de conservation bien plus longs (grâce à la congélation qui stoppe le développement bactéries) et s'utilisent principalement :

**-Dans le secteur alimentaire :** pour les aliments congelés, c'est bien sûr la chambre froide négative qui s'impose. En effet, la législation française prévoit une température de -18°C pour conserver les viandes et produits de la mer congelés ainsi que les sorbets et glaces.

**-Dans le secteur médical et hospitalier :** on peut citer en exemple le plasma sanguin dit « thérapeutique » (c'est-à-dire utilisé pour les transfusions), qui se conserve à -25°C [3].

## **I.6. Les fluides frigorigènes :**

### **I.6.1. Définition :**

Le fluide frigorigène est un élément essentiel des systèmes thermodynamiques, tels que la pompe à chaleur, la climatisation ou encore le ballon thermodynamique.

Ces équipements qui utilisent les propriétés physiques des fluides frigorigènes peuvent produire (dans la réalité, transférer) de la chaleur ou de la fraîcheur [4].

### **I.6.2. Le rôle des fluides frigorigènes :**

Le fluide frigorigène existe soit sous forme liquide soit sous forme gazeuse et sert à la production de froid mais également de chaud. Le fluide frigorigène circule dans les pompes à

chaleur et la climatisation et subit un cycle de transformation de plusieurs étapes jusqu'à la production de chaud ou de froid.

### **I.6.3. Les différents critères des fluides frigorigènes :**

Les fluides frigorigènes assurent le transfert thermique entre l'évaporateur et le condenseur. Leurs caractéristiques doivent respecter certains critères.

#### **\* Critères de sécurité :**

- Non toxiques.
- Non Inflammables.
- Non explosives aux températures d'utilisations.

#### **\* Critères thermodynamique :**

- Pression d'évaporation supérieure à la pression atmosphérique.
- Température critique supérieur aux températures de condensation.
- Taux de compression faible pour obtenir de bon rendement volumétriques sur le compresseur.

#### **\* Critères technique :**

- Non corrosif sur les métaux
- Compatible avec les élastomères et les plastiques
- Miscibilité avec l'huile permettant le retour au compresseur
- Aptitude à la détection des fuites [4]

## I.6.4. Description du cycle du fluide frigorigène :

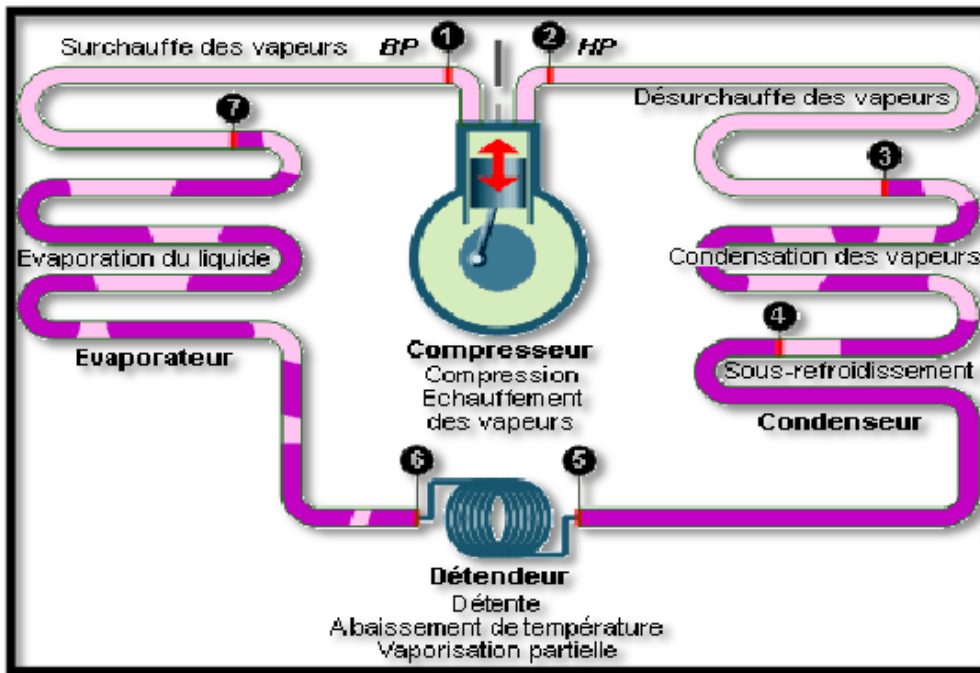


Figure (1.2) : Schéma de la machine frigorifique de base (cycle de Hirn) [2].

**Dans le compresseur**, le fluide frigorigène arrive à l'entrée du compresseur à l'état gazeux, à basse pression et basse température; La compression permet d'élever sa pression et sa température.

En théorie, la compression est adiabatique (ou isentropique);mais elle ne l'est pas en pratique.

Un compresseur réel présente des pertes importantes. D'une part ce sont les pertes volumétriques, dues :

- À la dilatation du gaz d'aspiration à son entrée dans le compresseur dont les parois sont plus chaudes (enroulement du moteur, pistons, cylindre, etc.)
- Aux fuites entre le piston et le cylindre,
- Aux fuites dans les soupapes à l'espace mort du cylindre ; le surplus de gaz qui se dilate lors de l'aspiration empêche le remplissage complet avec du fluide frigorigène nouvellement aspiré.

D'autre part, ce sont les pertes mécaniques dues aux frictions entre les pièces mobiles.

**Dans le condenseur**, le gaz chaud cède sa chaleur à l'eau du circuit extérieur, Les vapeurs de fluide frigorigène se refroidissent (Désurchauffe), puis le fluide se condense. Le fluide liquide se refroidit de quelques degrés (sous-refroidissement) avant de quitter le condenseur.

**Dans le détendeur**, le fluide subit une détente isenthalpique. Le fluide frigorigène se vaporise partiellement, ce qui abaisse sa température.

**Dans l'évaporateur**, le fluide frigorigène s'évapore totalement en absorbant la chaleur provenant du circuit d'eau qui se refroidit. Dans un deuxième temps, le gaz formé est encore légèrement réchauffé par le fluide extérieur ; c'est ce qu'on appelle la phase de surchauffe [2].

## **I.7. Les types des éléments de base du circuit frigorifique :**

### **I.7.1. Les Différents types de compresseur :**

#### **a- Compresseur à piston:**

Ils sont principalement équipés de réfrigérateurs domestiques mais peuvent être trouvés pour la réfrigération commerciale et pour la production d'eau froide destinée aux centrales aériennes. On les retrouve dans les anciennes installations de froid.



**Figure (1.3) :** Compresseur à piston [6].

**b- Compresseur à spirale (Scroll):**

Aussi connu sous le nom de compresseurs scroll ; ceux-ci sont souvent installés sur les unités de climatisation en raison de leur bruit. On les reconnaît à leur forme allongée. Leur champ d'application est plutôt pour la climatisation (split-system, multi-split, ...).

Ils peuvent également former un « moyeu » pour sécuriser le système de traitement de l'air via le fluide caloporteur (plus généralement de l'eau pure ou glycol).



**Figure (1.4) :** Compresseur à spirale [7].

**c- Compresseur à vis (Screw) :**

Le compresseur à vis ou hélico-compresseur appartient à la classe des machines volumétriques de type rotation. Depuis 1976, on assiste à un développement important mondial des compresseurs à vis dans tous les domaines du froid. Depuis quelques années, il est apparu une nouvelle génération de compresseurs à vis de petite et moyenne puissance recouvrant le domaine des compresseurs à pistons de moyenne puissance vus leurs efficacités et leur progrès dans l'amélioration du rendement.

Les compresseurs à vis se répartissent en deux sous-groupes: les birotors et les Mono rotors.

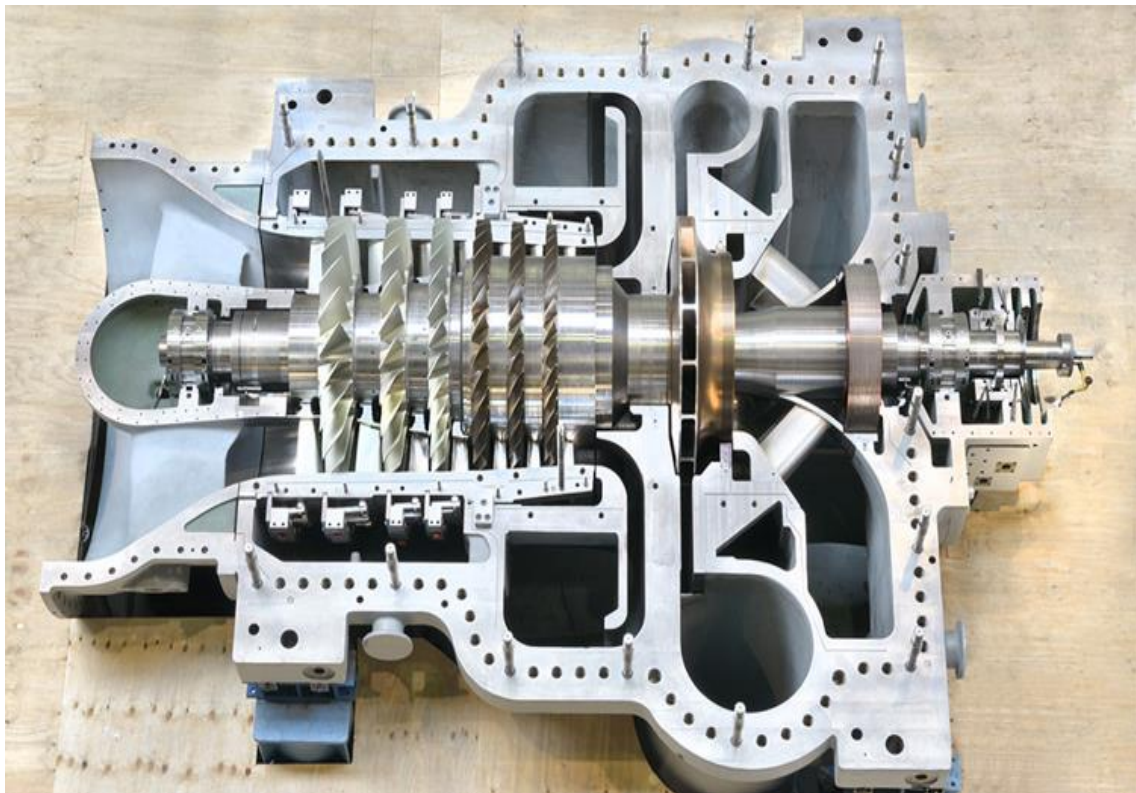
**d- Compresseur centrifuge :**

Le compresseur centrifuge ou turbocompresseur est une turbomachine de type radial. Il se compose d'un rotor animé d'une vitesse de rotation uniforme. Il est traversé par le fluide qui

s'écoule de façon permanente. Vitesse de rotation uniforme et écoulement permanent font partie des caractéristiques essentielles des turbomachines. Le compresseur centrifuge utilise l'augmentation de l'énergie cinétique du fluide, obtenue en utilisant la force centrifuge provoquée par la grande vitesse périphérique avec laquelle le fluide quitte les aubes du rotor.

A la sortie de la roue, le fluide pénètre dans un diffuseur où la vitesse du fluide est convertie en pression.

Description : Un compresseur centrifuge est constitué d'un ensemble mobile constitué par un arbre et une roue à aubages, et d'un jeu d'aubages de pré rotation placé à l'aspiration du compresseur [2].



**Figure (1.5) :** Compresseur centrifuge [8].

## **I.7.2. Les Différents types d'évaporateur :**

### **a- Évaporateur à convection naturelle:**

Nous appelons cela la convection naturelle, le mouvement dû à la masse volumétrique du liquide avec la température, la variation crée la formation d'un champ de force gravitationnelle qui facilite le mouvement des particules liquides.

Les évaporateurs à convection naturelle sont généralement constitués d'ailettes et parfois de tubes lisses collés sur une plaque métallique. Le refroidissement de la zone est obtenu par la convection naturelle de l'air qui commence à se déplacer. Ce procédé est réservé aux faibles capacités de refroidissement ; exemple l'évaporateur du réfrigérateur.

**b- Évaporateur convection forcée :**

La convection forcée est un mouvement provoqué par une mécanique indépendante des phénomènes thermiques ; Par conséquent, le gradient de pression externe provoque le mouvement des particules de fluide.

L'échange thermique avec ventilation forcée implique une circulation forcée de l'air à travers l'évaporateur et améliore ainsi l'échange thermique du réfrigérant et du corps refroidi.

Avec ce système, une plus grande capacité de refroidissement est possible.

**I.7.3. Les Différents types de condenseur :****a- Condenseur à convection naturelle :**

Ce type de condenseur est destiné spécifiquement aux installations de faible puissance ; il est constitué d'un tube formant serpentins sur une plaque métallique formant une seule ailette puis le condenseur est placé verticalement derrière le réfrigérateur.

**b- Condenseur à convection forcée :**

Pour une puissance frigorifique supérieure à celle d'un réfrigérateur, il convient d'utiliser un condenseur à convection forcée dont la taille est compatible avec la capacité calorifique à évacuer.

Les condenseurs à convection forcée sont constitués d'une ailette équipée d'un ou plusieurs ventilateurs électriques pour assurer la surface traversant du faisceau de l'ailette ; exemple le condenseur d'un climatiseur [2].



Figure (1.6) : Condenseur à air a convection forcée [9].

#### I.7.4. Différents types de détendeur :

##### a- Détendeur capillaire:

Le capillaire est un tube en cuivre dont le diamètre est très faible (de l'ordre 0.6mm à 1.8mm) et la longueur varie de 1.7m et 7m environ. Il permet d'assurer la détente du fluide frigorigène et l'alimentation de l'évaporateur en fluide frigorigène détendu, il relie le condenseur avec l'évaporateur. La détente du fluide frigorigène est obtenue par une chute de pression lors de son passage dans le tube.

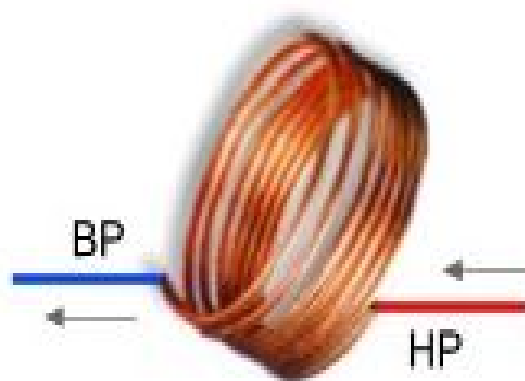


Figure (1.7) : Détendeur capillaire [10].

##### b- Détendeur thermostatique :

C'est un régulateur piloté en fonction de la température.

Son rôle est de réguler la quantité de liquide pompée dans l'évaporateur en fonction de la surchauffe du fluide frigorigène sortant de l'évaporateur.

Il suffit donc d'envoyer une certaine quantité de réfrigérant dans l'évaporateur pour une évaporation complète.

Exemple le détendeur thermostatique d'injection, type TEAT qui s'utilise pour l'injection de réfrigérant liquide dans la conduite d'aspiration du compresseur frigorifique [2].



**Figure (1.8) :** Détendeur thermostatique [11].

### - Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présentés les chambres froides en général, on a traité leurs caractéristiques, types, objectif d'utilisation dans différents secteurs, le fonctionnement général ainsi les éléments de base et annexes du qu'elles sont composées.

Dans le chapitre suivant nous présentons la réalisation et le dimensionnement d'une installation de commande pour notre chambre froide positive choisie et qu'il nécessite principalement une étude de fonctionnement de leurs différentes composantes

## Chapitre II

### Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide



## **Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide**

---

### **- Introduction :**

L'ensemble des systèmes automatisés de production sont pilotés par des armoires électriques dites de commande. Et pour la réalisation de ces dernières, il faut d'abord faire une étude électrique et automatique basée sur le procédé demandé et les installations à gérer, afin d'établir des configurations optimisées, des éléments de l'armoire et un bon niveau de protection des installations et du personnel, ainsi qu'une fonctionnalité sans interruption.

Dans le premier chapitre nous avons donné les différents composants principaux et annexes d'une chambre froide, dans ce chapitre nous allons faire de dimensionnement de l'armoire électrique pour les commander et les méthodes de calculs, le choix de l'appareillage et l'ensemble des facteurs dont il faut tenir compte.

### **II.1. Description de l'armoire de commande électrique :**

C'est l'endroit où sont regroupés tous les équipements électriques nécessaires, elle contient l'appareillage de protection et de commande des moteurs, les systèmes de protection de ces circuits ainsi que les protections spécifiques aux utilisateurs. Ce regroupement, dépend de l'importance de l'installation, peut être un simple coffret d'une installation électrique basse tension comme dans notre cas [12].

### **II.2. Constitution des installations industrielles des automatismes :**

Elles sont constituées de 02 parties principales : circuit de commande et circuit de puissance.

#### **II.2.1. Circuit de commande :**

Il comporte l'appareillage nécessaire à la commande des récepteurs de puissance. On trouve :

- Une source d'alimentation.
- Un appareil d'isolement (sectionneur).
- Une protection du circuit (fusible ; disjoncteur).
- Les appareils de commande ou de contrôle (bouton poussoir, détecteur de grandeur physique).

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

---

- Organes de commande (bobine du contacteur).

### II.2.2. Circuit de puissance :

Cette partie comporte l'appareillage nécessaire aux fonctionnements des récepteurs de puissance d'une manière automatique. On trouve :

- Une source de puissance (généralement réseau triphasé).
- Un appareil d'isolement (sectionneur).
- Une protection du circuit électrique (relais thermique de protection, fusible, disjoncteur...).
- Les appareils de commande (contacts de puissance du contacteur).
- Les récepteurs de puissance (moteurs) [13].

### II.3. Données de base nécessaires pour le choix des équipements :

Pour une bonne conception d'un système automatisé et pour un meilleur choix des composants électriques il faudra recueillir le maximum d'informations :

#### II.3.1. Conditions climatiques de la chambre :

- Température intérieure de notre chambre froide positive qui est destinée à la conservation des fruits (l'orange) : **3°C**
- Température extérieure (Ambiante) : **30 °C**
- Humidité relative de chambre : **85 à 90%**

#### II.3.2. Dimensions de la chambre :

##### - Dimensions intérieures :

- Longueur : **Lint = 15 m**
- Largueur : **lint = 11 m**
- Hauteur : **Hint = 2,5 m**

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

---

### - Calcul du volume intérieur :

$$V_{int} = L_{int} \cdot l_{int} \cdot H_{int} = 15 \times 11 \times 2,5$$

$$\Rightarrow V_{int} = 412,5 \text{ m}^3$$

### II.3.3. Autres données :

- Volume occupé par le produit :  **$V_u=240,786 \text{ m}^3$**
- Capacité de la chambre :  **$E=72,23 \text{ tonnes}$**
- Densité moyenne de stockage des fruits :  **$D_{moy}= 300 \text{ à } 350 \text{ Kg/m}^3$**
- Puissance frigorifique :  **$18,02 \text{ kW}$**
- Temps de marche des résistances de dégivrage :  **$30\text{min}$**
- Température d'évaporation :  **$-3,3^\circ\text{C}$**
- Température de condensation :  **$50^\circ\text{C}$**
- Surchauffe utile pour l'évaporation :  **$7 \text{ k}$**
- Sous-refroidissement pour la condensation :  **$7 \text{ k}$**
- Fluide frigorigène :  **$R404A$**
- lampe d'éclairage :  **$40 \text{ w}$**

### II.4. Choix des équipements frigorifiques :

#### II.4.1. Choix du compresseur :

En utilisant le logiciel **danfoss (coolselector2)**, on a choisi un compresseur de type (VLZ065-TGD) en utilisant une puissance frigorifique de 18.02 kw et un fluide frigorigène R404A (voir : **annexe 1 et 2**).

#### II.4.2. Choix de l'évaporateur :

En utilisant le logiciel **Friga-bohn** on a choisi un évaporateur de type (3C-A 4364 R), en utilisant une puissance frigorifique de 18.02 et un fluide R404A (voir : **annexe 3 et 4**).

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

---

### II.4.3. Choix du condenseur :

En utilisant le logiciel **Friga-bohn** on a choisi un condenseur de type (WA 44 04/06P) en utilisant une puissance frigorifique de 18.02 et un fluide R404A (voir : **annexe 5 et 6**).

### II.5. Les étapes de dimensionnement de l'armoire électrique :

Pour réaliser une armoire électrique, il faut suivre les étapes suivantes :

- Avoir les plaques signalétiques de tous les récepteurs à commander.
- Le choix des organes de commande.
- Le choix de l'alimentation stabilisée (AC/DC transformateur).
- Le bilan de puissance (la puissance active, réactive, apparente).
- Le Choix du démarrage des moteurs.
- Dimensionner les protections (disjoncteurs, relais,...).
- Dimensionner les câbles (section de conducteur et sa longueur).
- Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire.
- Le câblage de l'armoire.
- Programmation de l'automate programmable [14].

### II.6. Les domaines réglementaires et normatifs :

Il existe plusieurs domaines selon le type du courant (continu ou alternatif) et le type de tension (haute et basse) comme il est montré dans le tableau suivant [15]:

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

Code			Alternatif	Continu
<b>B</b>	<b>Très basse tension</b>	TBT	$U \leq 50 \text{ V}$	$U \leq 120 \text{ V}$
	<b>Basse tension</b>	BTA	$50 < U \leq 500 \text{ V}$	$120 < U \leq 750 \text{ V}$
		BTB	$500 \text{ V} < U \leq 1 \text{ KV}$	$750 \text{ V} < U \leq 1.5 \text{ KV}$
<b>H</b>	<b>Haute tension</b>	HTA	$1 < U \leq 50 \text{ KV}$	$1.5 < U \leq 75 \text{ KV}$
		HTB	$U > 50 \text{ KV}$	$U > 75 \text{ KV}$

**Tableau (2.1) : Les domaines de tension : [16]**

Dans notre cas d'installation on utilise la **BT** (basse tension), ce qui signifie que la plage de tension est comprise entre **0** et **1000v**.

### II.7. Le bilan de puissance :

Le bilan de puissance est une opération qui consiste à effectuer le bilan courant en évaluant la consommation de chaque appareil électrique à son niveau jusqu'à la source, la puissance électrique d'un équipement est relative au travail qu'il peut produire à un instant donné [15].

#### II.7.1. La méthode de réalisation du bilan de puissance :

- Réaliser un schéma de l'installation électrique (d'identifier le plan du circuit, schéma unifilaire synoptique).
- Calculer la puissance apparente, active et réactive de chaque charge de circuits, et note-les sur le schème unifilaire.
- Intégration les coefficients de correction.
- Sommer les puissances de tous les circuits dans le même tableau.
- Additionner la puissance des tableaux aval du même tableau amont.
- Pour obtenir la puissance du tableau, multiplier la somme obtenue par  $K_s$  par le nombre de départs.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

- Continuer de la même manière jusqu'à l'installation en amont (compteur général basse tension), la puissance finalement obtenue est multipliée par le coefficient de dilatation pour obtenir la puissance du transformateur [15].

### II.7.2. Les différents types de la puissance :

**1. La puissance nominale :** C'est la puissance maximale reçue par un appareil quand il fonctionne dans des conditions normales, elle est indiquée sur la plaque signalétique de composante.

**2. La puissance apparente :** C'est la puissance nécessaire pour faire fonctionner un récepteur, cette puissance est utilisée par les fournisseurs d'électricité pour déterminer, dimensionner et protéger correctement les installations électriques.

**3. La puissance active :** La puissance active (réelle) consommée par le récepteur se compose de la puissance "utile" et perte joule : c'est celle qui est effectivement développée par les appareils électriques.

**4. La puissance réactive :** La puissance réactive concerne les récepteurs Inductifs et capacitifs (condensateurs, etc.), elle est inutile dans le sens où elle ne produit pas de travail thermique. L'alimentation des circuits magnétiques des moteurs consomme de la puissance réactive [15].

### II.7.3. Les formules de puissance pour les charges inductives :

Dans les installations électriques le calcul du bilan de puissance est une étape importante et fondamentale. Pour établir le bilan de puissance, il faut d'abord connaître le calcul des quantités suivantes pour chaque récepteur et étage d'installation [15]:

	<b>La charge Monophasée</b>	<b>La charge Triphasée</b>	<b>La charge Continue</b>
<b>La puissance absorbée</b>	$P = U \times I \times \cos\varphi$	$P = U \times I \times \cos\varphi \times \sqrt{3}$	$P = U \times I$
<b>La puissance réactive</b>	$Q = U \times I \times \sin\varphi$	$Q = \sin\varphi \times U \times I \times \sqrt{3}$	
<b>La puissance apparente</b>	$S = U \times I$	$S = U \times I \times \sqrt{3}$	

Tableau (2.2) : Les formules de puissance : [15]

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

---

**U** : tension en V (monophasé, triphasé ou en continu).

**Q** : Puissance réactive en Var.

**S** : Puissance apparente en Va ou KVa.

**P** : Puissance active en W ou kW.

**I** : Courant en A.

### II.7.4. Description des facteurs de correction :

#### a. Le facteur de simultanéité **KS** :

Le facteur de simultanéité est une estimation qui tient compte du fait que, dans une installation aucun des appareils ne sera actif à pleine puissance en même temps. Cette valeur est utilisée pour calculer les pertes de joule. Le facteur d'utilisation s'applique individuellement à chaque récepteur.

#### b. Le facteur d'utilisation **KU** :

Il caractérise les conditions d'exploitation de l'installation notamment pour les moteurs et les prises de courant, il nécessite donc une connaissance détaillée de l'installation, il est utilisé pour le choix du jeu de barres.

#### c. Le facteur tenant compte des prévisions d'extension **KE** :

Le facteur Permet de prendre en Compte les évolutions prévisibles de l'installation, la valeur du facteur « **Ke** » doit être estimée suivant les conditions prévisibles d'évolution de l'installation (voir : **Annexe 7**) [15].

### II.7.5. Calcul des puissances:

- **Exemple : Calcul de puissance pour les charges triphasées :**

- **Le courant du moteur compresseur:**

$$I_n = P_a / (U \times \cos \varphi \times \sqrt{3}) = 7677 / (380 \times 0.8 \times \sqrt{3}) = 14,58 \text{ A}$$

**In**: le courant nominal.

**Pa** : la puissance absorbée.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

**U:** La tension.

**Cos φ:** le coefficient de puissance.

- **Calcul de courant de démarrage :**  $ID = K \times In = 6 \times 14,58 = 87,48A$ .

- **Calcul de la puissance apparente:**  $SD = S \times Ks \times Ku = 9596,25 \times 1 \times 0,75 = 7197,18 V = 7,19 KV$ .

- **Calcul de la puissance réactive:**  $Q = \sin \varphi \times U \times I \times \sqrt{3} = 0,55 \times 380 \times 14,58 \times \sqrt{3} = 5277,93V = 5,27 KV$ .  
( $\eta = P \text{ utile} / P \text{ absorbée}$ ).

- **Les valeurs de coefficient correction de toute l'installation:**  $Ks = 1, Ku = 0,75$  (adopté pour les moteurs).

Tous les résultats de calcul de la puissance des récepteurs sont dans ce tableau :

Les récepteurs	U (V)	Pu (KW)	In (A)	cos φ	η	ID (A)	S (KV <sub>a</sub> )	Q (kvar)	Sd (KV <sub>a</sub> )
Moteur Compresseur	380	9,067	14,58	0,8	0,84	87,48	9,59	5,27	7,19
Moteur de condenseur	380	1,053	1,6	0,8	0,91	9,6	1,05	0,579	0,78
Moteur de l'évaporateur	380	1,125	1,71	0,8	0,98	10,26	1,12	0,619	0,84

**Tableau (2.3) :** Le bilan puissance des récepteurs.

### II.8. Choix de l'alimentation stabilisé (AC/DC) :

L'alimentation stabilisée (24VDC) est utilisé pour alimenter les organes de commande, elle est choisie généralement à base de :

- Tension d'entrée (monophasée ou triphasée).
- La puissance délivrée à sa sortie.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

---

- Le courant et la tension continue de sortie.

Pour notre armoire, nous avons choisi une alimentation stabilisée (220VAC/24VDC).

### II.9. Choix du démarrage des moteurs :

La mise sous tension d'un moteur asynchrone, celui-ci provoque un fort appel de courant qui peut provoquer des chutes de tension importantes dans une installation électrique, c'est pour ça, il faut choisir un type de démarrage adéquat pour amener le courant pendant le démarrage à une valeur acceptable et adapter au besoin de fonctionnement.

On peut appliquer des nombreux modes de démarrages aux moteurs asynchrones :

- Démarrage direct.
- Démarrage étoile-triangle.
- Démarrage progressif.
- Démarrage par variateur de fréquence.
- Démarrage par élimination des résistances statoriques.

Pour nôtres moteurs de la chambre froide on a choisie **un démarrage direct**.

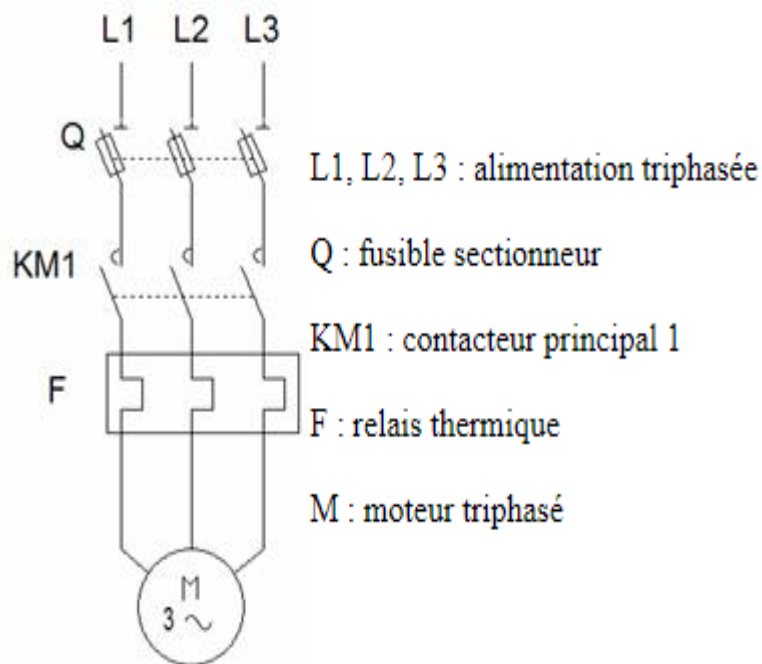
#### II.9.1. Le démarrage direct :

On a choisie ce mode de démarrage à cause de ces avantages (simplicité de l'appareillage, démarrage rapide, cout faible), ce démarrage convient dans les cas ou la puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau.

⇒ La machine à entrainer ne nécessite pas de mis en rotation progressive et peut accepter une mise en rotation rapide.

⇒ Le couple de démarrage doit être élevé.

Dans notre chambre froide positive il sera appliqué aux moteurs : compresseur (9,06 kW), moteur condenseur (1,05) et moteur évaporateur (1,12 KW).



**Figure (2.1) :** Démarrage direct d'un moteur asynchrone [17].

**NB :** Tous les moteurs utilisés dans notre chambre froide se sont des moteurs asynchrones triphasés : moteur compresseur, moteur ventilateur de condenseur et moteur de l'évaporateur.

## **II.10. Dimensionnement des organes de commande et de protection pour l'installation électrique :**

Pour un bon fonctionnement, commande et contrôle de notre installation électrique et une marche en toute sécurité, il faut choisir ses compositions avec soin comme il est montré ci-dessous [15]:

### **II.10.1. Choix des contacteurs :**

C'est un appareil de commande capable d'établir ou d'interrompre le passage de l'énergie électrique. Il assure la fonction commutation. Ce composant est appelé pré actionneur car il se trouve avant l'actionneur dans la chaîne des énergies [15].

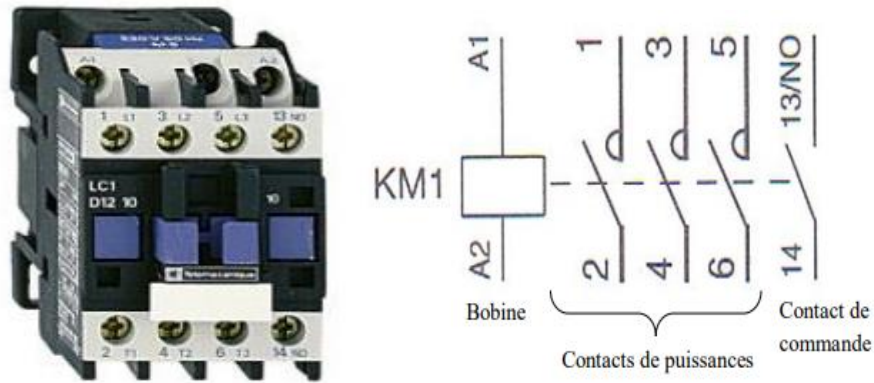


Figure (2.2) : Contacteur : [13].

Symbole

### 1- Méthode du choix :

Les éléments à prendre en compte pour ce choix sont :

**a- Courant d'emploi  $I_e$ :** Il est défini suivant la tension d'emploi, la fréquence de service, la catégorie d'emploi et la température de l'air au voisinage de l'appareil.

**b- Tension d'emploi  $U_e$ :** La Valeur de tension qui, combinée avec un courant assigné d'emploi, détermine l'emploi du contacteur. Pour les circuits triphasés, elle s'exprime par la tension entre phases.

**c- Puissance  $P_u$ :** Puissance du moteur normalisé pour lequel le contacteur est prévu à la tension assignée d'emploi.

**d- Tension de commande  $U_c$ :** la Valeur de la tension de commande sur laquelle sont Basées les caractéristiques de fonctionnement de (12V à 400V) Alternatif ou Continu.

**e- Accessoires :** Eléments complémentaires (Contact instantané, Contact temporisé, Dispositif de condamnation).

**f- Les catégories d'emploi :** Les catégories d'emploi normalisées fixent les valeurs de courant que le contacteur doit établir ou couper, elles dépendent de la nature du courant (alternatif ou continu) ; de la nature du récepteur à commander et des conditions dans lesquelles s'effectuent les Fermetures et les ouvertures du circuit électrique [15].

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

Le courant	Les catégories	Fonctionnement
<b>Alternatif</b>	AC-1	Charges non inductives ou faiblement inductives.
	AC-2	Démarrage, inversion de marche.
	AC-3	Démarrage, coupure du moteur lancé.
	AC-4	Démarrage, inversion, marche par à-coups.
<b>Continu</b>	DC-1	Charges non inductives.
	DC-2	Démarrage, coupure.
	DC-3	Démarrage, inversion, à-coups.
	DC-4	Démarrage, coupure.
	DC-5	Moteur en série.

**Tableau (2.4) : Les catégories d'emploi des contacteurs : [15]**

### 2- Exemple de choix du contacteur (pour le compresseur) :

On a le moteur compresseur est un moteur asynchrone triphasé à cage (coupure moteur lancé) de puissance du 9,067 kw et de  $\cos \varphi=0,8$  et sous tension 380V, 50Hz, tension de commande sous 24V 50Hz (voir : **les tableaux (2.3), (2.4)**).

En suivant la méthode de choix du contacteur qu'on a cité précédemment et on utilisant la documentation technique (voir : **annexe 8**) nous avons pu choisir la référence du contacteur de notre compresseur.

Catégorie d'emploi : **AC3**

Courant d'emploi : **25A**

Référence du contacteur : **LC1 D25 B7**

De la même méthode qu'on va choisir les références des autres contacteurs des autres récepteurs que nous avons résumé dans ce tableau ci-dessous :

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

Les récepteurs	Catégorie d'emploi	Référence
Moteur compresseur	AC3	LC1 D25 B7
Moteur condenseur	AC3	LC1 D09 B7
Moteur évaporateur	AC3	LC1 D09 B7

Tableau (2.5) : Références des contacteurs des récepteurs.

### II.10.2. Choix de sectionneur porte fusible :

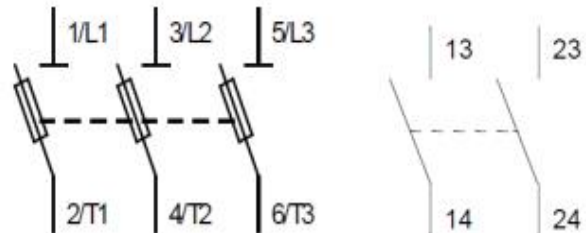
**1- Son rôle :** Assurer le sectionnement (séparation du réseau) au départ des équipements sans aucun endommagement, dans la plupart des cas il comporte des fusibles de protection.

Le sectionneur n'a pas de pouvoir de coupure, il doit être manipulé à vide.

Figure (2.3) : Sectionneur : [13]



Sectionneur fusible.



Symboles

### 2- Méthode du choix :

Les étapes nécessaires pour pouvoir faire le choix de ce dispositif sont :

- Déterminer le nombre de pôles : C'est-à-dire nombre de contacts de puissance (unipolaire+neutre : coupure de la phase et du neutre, bipolaire : 2 contacts, tripolaire : 3 contacts,.....).
- Déterminer la tension et le courant d'emploi.
- Choisir le type de fusibles (**aM** pour les moteurs et **gG** pour l'utilisation générale).

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

- Déterminer le nombre de contacts de pré-coupure (généralement 1 ou 2).

### II.10.3. Choix des disjoncteurs :

C'est un appareil de protection qui comporte 02 relais : relais magnétique qui protège contre les courts-circuits et un relais thermique qui protège contre les surcharges [13].



Figure (2.4) : Disjoncteurs : [13]

Symbole

Il existe différents types de disjoncteurs selon la méthode de fonctionnement par laquelle ils sont activés pour couper le courant, dans notre cas d'installation on a choisi des disjoncteurs magnétothermiques pour la protection de nos récepteurs.

#### 1- Caractéristiques des disjoncteurs :

**a- Le courant nominal  $I_n$**  : c'est le courant maximum qu'il peut supporter sans déclencher.

**b- Le courant thermique  $I_r$**  : c'est le courant supporté par l'interrupteur sans déclencher, il peut être ajusté de **0,7  $I_n$** .

**c- Le courant de fonctionnement  $I_m$**  : c'est le courant qui provoque la défaillance de l'aimant, il peut être fixe ou réglable peut varier de **1,5 à 20  $I_n$** .

**d- Pouvoir de coupure  $I_{cu}$  ou  $I_{cn}$**  : c'est la valeur de courant la plus grande qu'un conducteur peut interrompre sans dommage, elle est exprimée en **KA**.

**e- Capacité de limitation** : on parle de la capacité d'un conducteur à transporter un courant inférieur au courant de court-circuit potentiel.



Figure (2.5) : Plaque signalétique d'un disjoncteur [18].

- 1 : variante du disjoncteur suivant le pouvoir de coupure.
- 2 : courbe de déclenchement.
- 3 : calibre du disjoncteur (courant assigné).
- 4 : tension d'emploi  $U_e$ .
- 5 : pouvoir de coupure selon la norme **NFC 61- 410**.
- 6 : pouvoir de coupure selon la norme industrielle **NFC 63- 120**.
- 7 : référence commerciale.
- 8 : symbole électrique selon le nombre des pôles [15].

## 2- Les courbes de déclenchement des disjoncteurs :

Ils correspondent au réglage du seuil de déclenchement, donc induire une réaction différente selon le type de courbe [15]:

Les courbes	Déclenchement magnétique	Les sécurités
<b>B</b>	3 à 5 In	Générateur, personne
<b>C</b>	5 à 10 In	Câble alimentation
<b>D</b>	10 à 14 In	Les circuits électriques câble moteur

Tableau (2.6) : Les courbes de disjoncteur : [15]

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

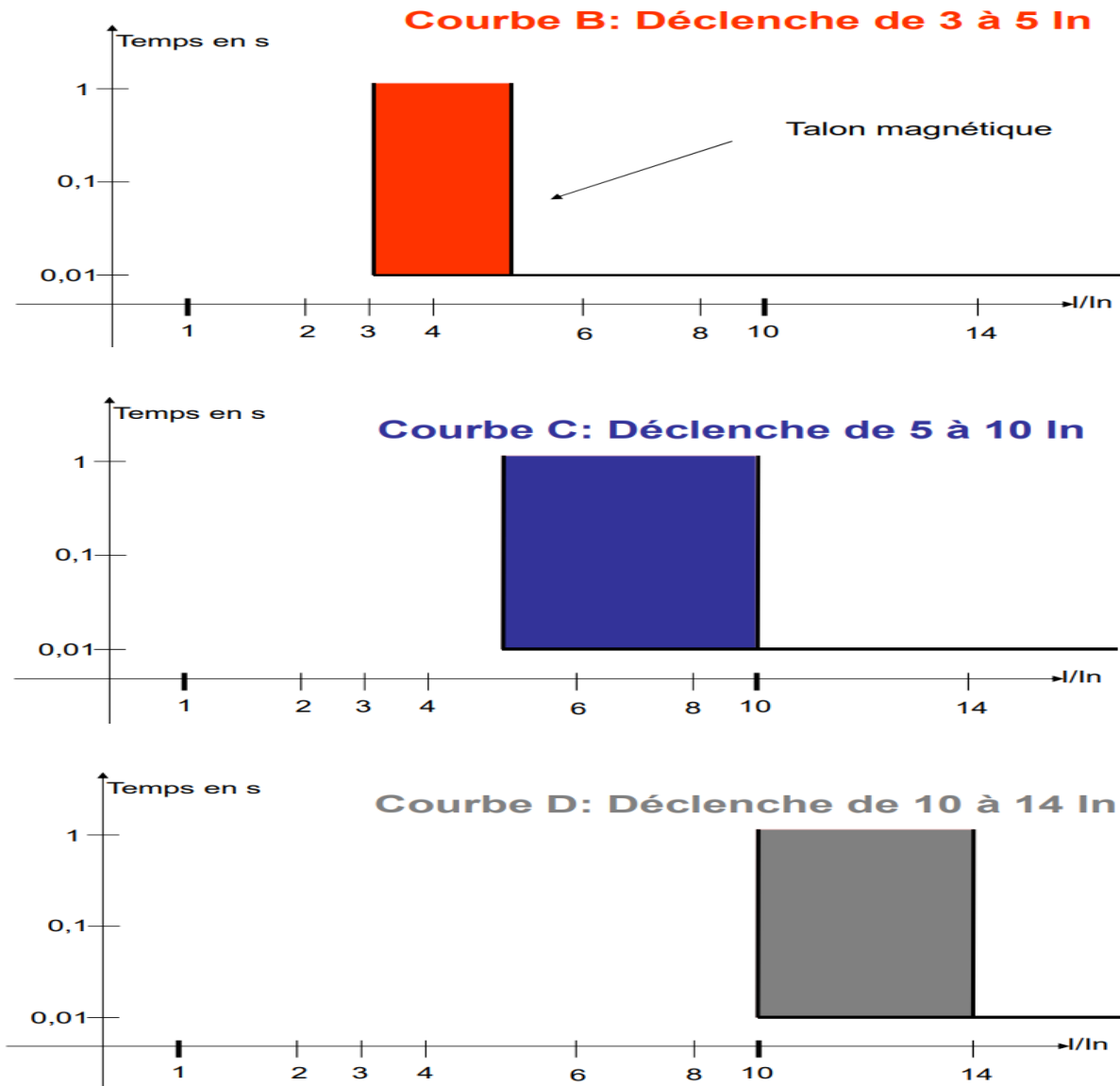


Figure (2.6) : Courbes de déclenchement des disjoncteurs [18].

### 3- Critères du choix :

Il dépend du type de circuit, le disjoncteur moteur s'effectue en fonction de :

- Caractéristiques électriques de l'installation ( $I_b < I_n$ ).
- Installation en armoire, l'environnement dans laquelle il se trouve et la température ambiante, conditions climatiques.
- Caractéristiques de pouvoir de coupure.
- Règles et étapes d'installation (protection des équipements et des personnes).

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

- Caractéristiques des récepteurs, tels que les moteurs [15].

### 4- Exemple de choix d'un disjoncteur (pour le compresseur) :

Du bilan puissance des récepteurs effectué précédemment (voir : tableau 2.3) on a :

$$U = 380V \quad ; \quad I_d = 87,48 \text{ A}$$

Courbe de déclenchement de disjoncteur qu'on doit choisir est la courbe **D** (cas des circuits électriques câble moteur) : il se déclenche de **10 à 14 × I<sub>n</sub>** en 1 seconde.

$$I_d / 10 = 87,48 / 10 = 8,74 \text{ A (partie magnétothermique)}.$$

Si on prend un calibre de 10A qui est supérieur à la courbe de coupure 8,74 A et aussi le plus proche, on a :

$$10 \times \text{calibre} = 10 \times 10 = 100\text{A} > I_d = 87,48 \text{ A}.$$

Alors nous choisirons un calibre de disjoncteur **D 10**, dans le courant de déclenchement est de  $10 \times 10 = 100\text{A}$ .

De la même méthode qu'on va choisir les calibres des autres disjoncteurs des autres récepteurs que nous avons résumé dans ce tableau ci-dessous :

Les récepteurs	Le type de disjoncteur	Le calibre (A)
Moteur compresseur	D. magnétothermique	10
Moteur condenseur	D. magnétothermique	2
Moteur évaporateur	D. magnétothermique	2

Tableau (2.7) : Disjoncteurs des récepteurs.

### II.11. Dimensionnement des sections des conducteurs :

La distribution d'électricité est assurée par des câbles. Ceux-ci partent du tableau de distribution et alimentent les différents récepteurs, les points d'éclairage,.....Le câble relie plusieurs conducteurs électriques regroupés dans une même gaine de protection.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

Pour la réalisation de notre armoire électrique on aura besoin de dimensionner les sections des canalisations dans le but de protéger le personnel contre les contacts directs et indirects, ainsi que les circuits de puissance (moteurs, ventilateurs,.....) et circuits de commande.

Un sous dimensionnement peut entrainer des échauffements et causer un dysfonctionnement de l'installation électrique, d'où la nécessité d'un dimensionnement optimal.

Pour dimensionner des câbles on doit tenir compte ces conditions :

- Le mode de pose et la nature des milieux traversés.
- La température extrême du milieu ambiant.
- L'intensité du courant à transporté.
- La chute de tension admissible.
- La longueur de la liaison.
- La valeur du courant de court-circuit et le temps de coupure sur défaut [15].

Il existe plusieurs fournitures de conducteurs électriques. Cependant, voici quelques exemples de câbles électriques :

Câbles	Leurs utilisations
U-1000 RVFV	Transformateurs et TGBT
U-1000 R2V	L'alimentation des récepteurs
Souple HO5VV-F4X1.5mm <sup>2</sup>	Appareil mobile et électroménager
Non métallisée en caoutchouc	Câblage résiduel intérieur
Méplat H03VVFH2F	Appareilles électroménager
Câble gaine métallique	Application extérieure des grands appareils électriques
Rigide	Alarmes, téléphonie
Coaxial	Liaison et téléviseur
Souterrain	Eclairage extérieur

**Tableau (2.8) : Les types des câbles : [15]**

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

### 1- La section des câbles :

Il est très important de choisir correctement la section de câble utilisé dans les installations électriques, un câble de section trop petite entrainera une génération de chaleur (échauffement) due à la résistance du câble et ce qui entraine une perte de tension, la rupture des isolants et par conséquent, l'apparition des courts-circuits et le déclenchement des incendies. Le fait le plus dangereux c'est qu'on aura ce cas, le dispositif de protection contre les surcharges ne pourra pas assurer sa fonction.

D'autre part une section trop grande entrainera des problèmes de poids et de cout (représente de grosses pertes économiques vu les longueurs importantes des conducteurs et le prix très élevé du cuivre) [15].

### 2- Critères du choix :

Pour déterminer la section des câbles, il est essentiel de déterminer le courant (ampérage) qui le traversera.

Le courant se calcule en divisant la puissance (**P**) de notre récepteur sur la tension (**V**) :

$I = P / U$ , il est donc crucial d'évaluer la puissance et la tension requis pour chaque circuit.

**N.B** : Pour les récepteurs de la partie puissance il est important de choisir une section de câble de 2,5 au minimum pour des raisons de sécurité.

Section (mm <sup>2</sup> )	Ampérage (A)
0,5	6
0,75	10
1	12
1,5	15,5
2,5	21
4	28
6	36

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

10	50
16	68
25	89
35	111
50	134
70	171
95	207
120	239

**Tableau (2.9) :** Choix de la section du câble selon l'ampérage.

### 3- Exemple de choix :

#### - Pour le récepteur (compresseur) :

Du bilan puissance des récepteurs effectué précédemment (voir : tableau 2.3) on a :

Le courant nominal (**In**) du compresseur est de **14,58 A**, en utilisant le tableau (2.9) et puisque ce récepteur appartient au partie puissance, donc on va lui choisir une section de **2,5 mm<sup>2</sup>**.

De la même méthode qu'on va choisir les sections des câbles des autres récepteurs que nous avons résumé dans ce tableau ci-dessous :

Récepteurs	Section du câble (mm <sup>2</sup> )
Compresseur	2,5
Condenseur	2,5
Evaporateur	2,5
Eclairage	2,5

**Tableau (2.10) :** Section de câbles des récepteurs.

### II.12. Fonctionnement de la chambre froide :

Afin d'expliquer le fonctionnement de notre chambre froide positive nous allons d'abord présenter les schémas de circuit de puissance et de commande de notre installation, ensuite nous allons définir tous les composants de notre schéma électrique, enfin nous allons expliquer le fonctionnement de notre schéma.

#### II.12.1. Présentation du schéma électrique de l'installation (circuits de puissance et de commande) :

Voici les schémas de circuit de puissance et de commande qu'on a réalisé par le logiciel CADe\_SIMU et qu'ils vont nous aider à mieux comprendre le fonctionnement de notre chambre froide positive :

##### 1- Schéma de circuit de puissance :

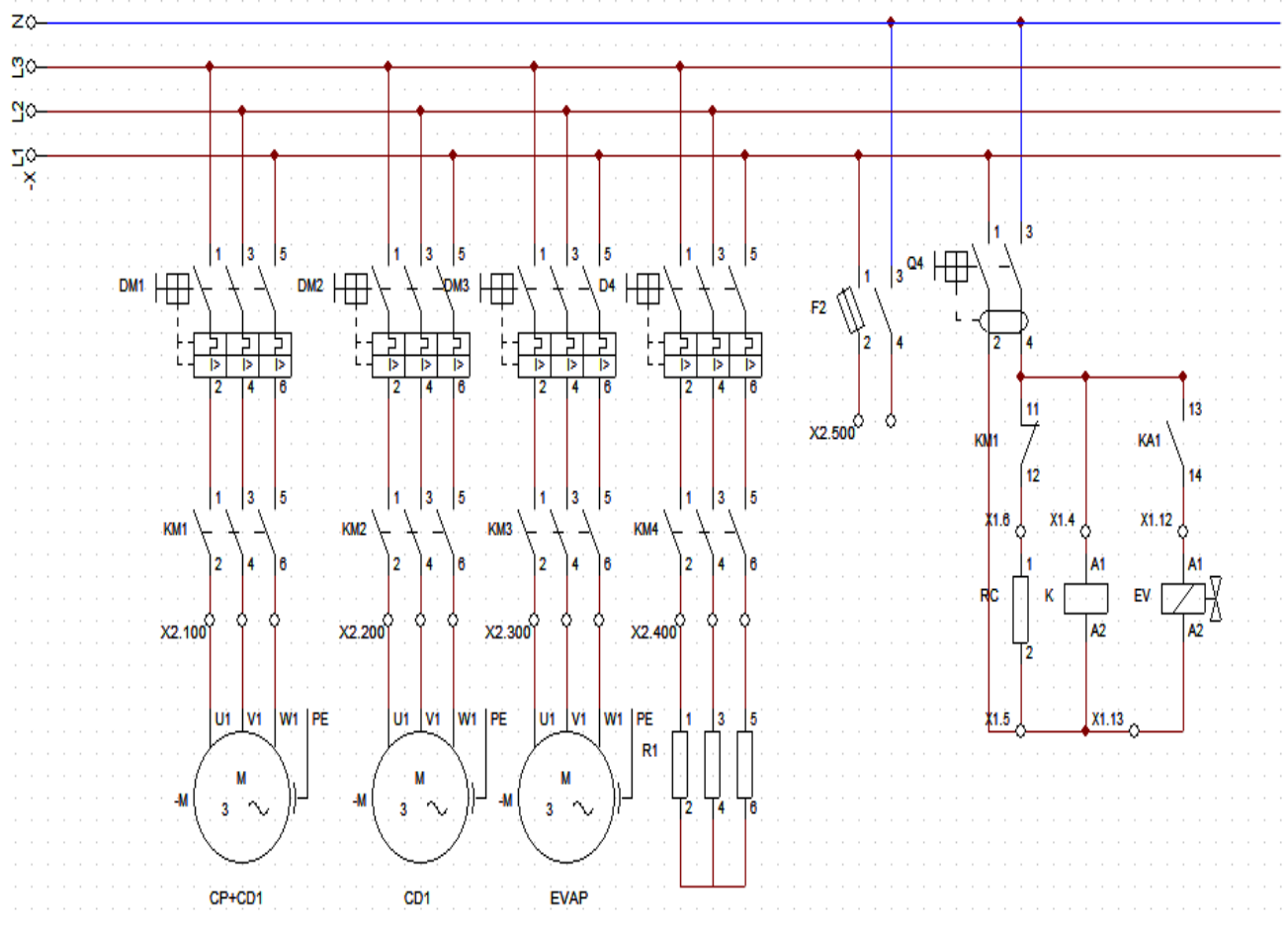


Figure (2.7) : Schéma de circuit de puissance.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

### 2- Schéma de circuit de commande :

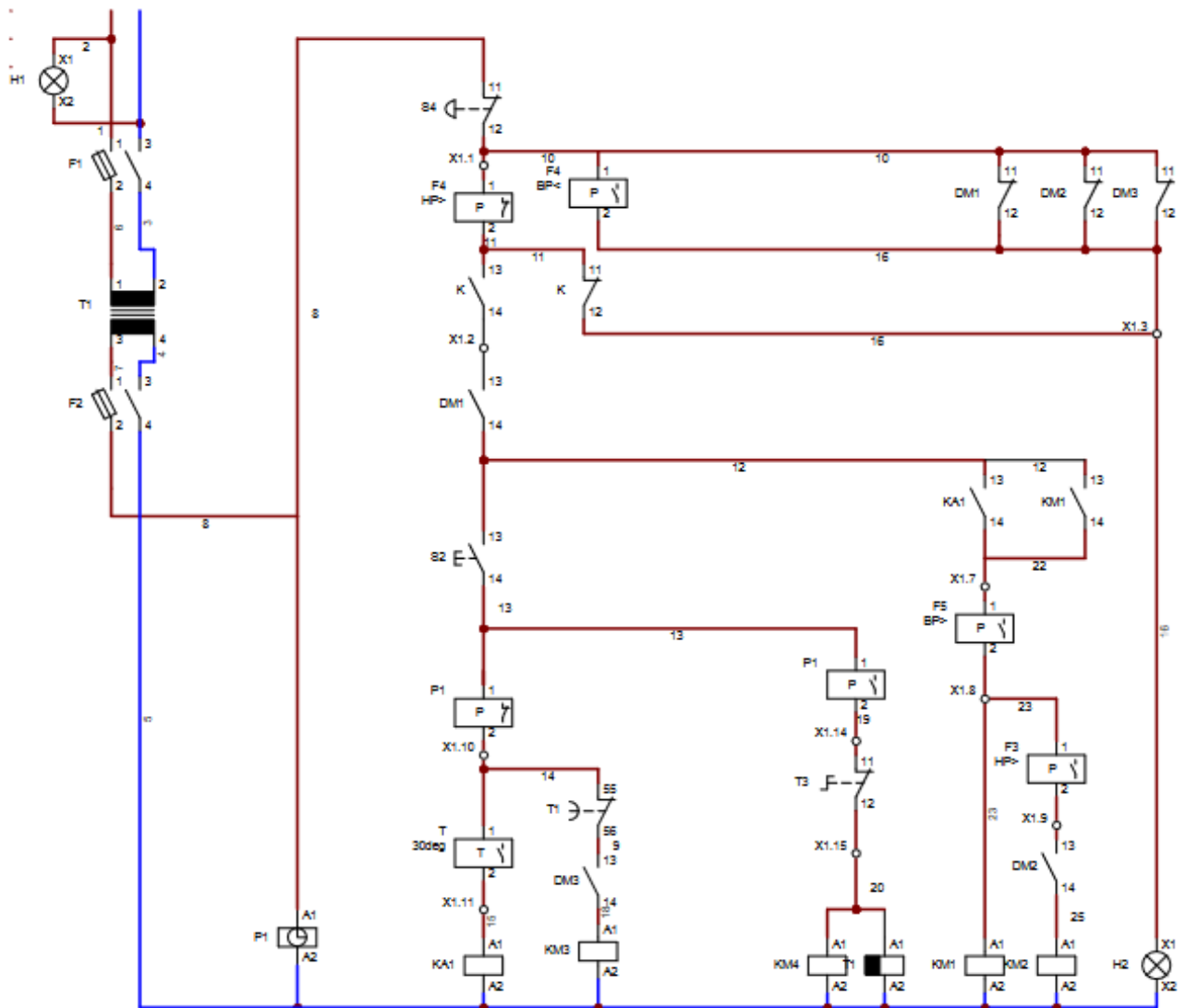


Figure (2.8) : Schéma de circuit de commande.

#### II.12.2. Les composants de circuit de commande et de puissance :

**L1 L2 L3 N** : Alimentation triphasée+neutre.

**DM1** : Disjoncteur magnétothermique pour la protection du moteur compresseur.

**DM2** : Disjoncteur magnétothermique pour la protection du moteur condenseur.

**DM3** : Disjoncteur magnétothermique pour la protection du moteur évaporateur.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

---

**D4** : Disjoncteur magnétothermique différentiel pour la protection des résistances de dégivrage.

**F1** : Sectionneur porte fusible pour relier et protéger le circuit de commande.

**F2** : Sectionneur porte fusible pour la protection des lampes d'éclairage.

**Q4** : Disjoncteur magnétothermique différentiel pour la protection de l'électrovanne.

**KM1** : Contacteur électromagnétique pour le démarrage du moteur compresseur.

**KM2** : Contacteur électromagnétique pour le démarrage du moteur condenseur.

**KM3** : Contacteur électromagnétique pour le démarrage du moteur ventilateur évaporateur.

**KM4** : Contacteur électromagnétique pour la commande des résistances de dégivrage.

**KA1** : Contact à fermeture du relais de commande de l'électrovanne.

**K** : Relais à thermistance.

**CP** : Moteur du compresseur.

**CD1** : Moteur du condenseur.

**EVAP** : Moteur du ventilateur de l'évaporateur.

**R1** : Résistances de dégivrage des ailettes de l'évaporateur.

**EV** : Electrovanne pour l'ouverture de la circulation du fluide frigorigène.

**HP/BP** : Pressostat combiné de sécurité (haut pression/bas pression).

**BP** : Pressostat de régulation de la basse pression.

**HP** : Pressostat de régulation de la haute pression.

**S2** : bouton marche.

**S4** : Bouton d'arrêt d'urgence.

**P1** : Double contact à ouverture et fermeture de l'horloge de dégivrage.

**T1** : Temporisateur pour faire fondre le givre formé sur les ailettes de l'évaporateur.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

---

**H1** : Lampe témoin présence de la tension de commande.

**H2** : Voyant défaut de pression.

### II.12.3. Le fonctionnement du schéma électrique :

Afin d'élaborer un programme de commande de n'importe quelle système il faut d'abord connaître son fonctionnement, et en ce qui concerne notre chambre froide il est comme suit :

Pour la mise en marche de notre chambre froide il faut d'abord fixer :

- La consigne de conservation de produit.
- Les pressions de régulation de la basse et de haute pression **HP/BP**.
- Les pressions de sécurité.

Ensuite, on doit fermer tous les disjoncteurs de la partie puissance **DM1 DM2 DM3 D4** respectivement pour le compresseur, le condenseur, l'évaporateur et les résistances de dégivrage des ailettes de l'évaporateur.

#### a- Mise en marche de l'électrovanne :

On ferme d'abord les sectionneurs portes fusibles **F1** et **F2** et puis on appuie sur le bouton marche **S2**. Une fois que ce sera fait le courant va passer successivement par le bouton d'arrêt d'urgence **S4**, les contacts de sécurité combiné **HP/BP**, relais à thermistance **K**, le contact du disjoncteur **DM1**, le bouton marche **S2**, le contact de l'horloge de dégivrage **P1**, et si la température mesurée par le thermostat **T** monte, alors son contact se ferme automatiquement et enfin le courant électrique arrive à la bobine du relais auxiliaire **KA1** ce qui permet d'alimenter l'électrovanne et de laisser circuler le fluide frigorigène.

#### b- Mise en marche du compresseur :

Le courant électrique passe successivement par l'arrêt d'urgence **S4**, le contact de sécurité **HP/BP**, relais à thermistance **K**, le contact du disjoncteur **DM1**, il se dirige ensuite vers le contact à fermeture du relais auxiliaire **KM1** puis il arrive au contact du pressostat de régulation **BP** qui se ferme si la pression devient supérieure à la valeur du réglage, enfin le courant arrive à la bobine de fermeture du contacteur de démarrage du compresseur **KM1**.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une armoire électrique pour la commande de la chambre froide

---

### c- Mise en marche du condenseur :

Il va suivre le même schéma que le compresseur et ce jusqu'à la sortie du contact **BP** et arrive à l'ouverture du contact **HP** qui va se fermer si la valeur de mesure de pression devient supérieur à la valeur de réglage du pressostat de régulation **HP**, le contact du disjoncteur **DM2** pour arriver enfin à la bobine de fermeture du contacteur du démarrage du condenseur **KM2** ce qui permet de démarrer le moteur condenseur.

### d- Mise en marche de l'évaporateur et des résistances de dégivrages :

Le courant va suivre le même chemin que l'électrovanne et ce jusqu'à la sortie du contacteur d'ouverture de l'horloge de dégivrage P1 puis il arrive vers le contact du disjoncteur DM3 pour arriver enfin à la bobine de fermeture du contacteur **KM3** ce qui permet de démarrer les ventilateurs de l'évaporateur.

Une fois que le temps de fonctionnement de la chambre froide est expiré, l'évaporateur s'arrête, le contact de fermeture de l'horloge de dégivrage **P1** se ferme et permet de commander la bobine du contacteur **KM4** ce qui va permettre d'alimenter les résistances de dégivrage et de faire fondre le givre accumulé dans les ailettes de l'évaporateur en les réchauffant pour une durée de 30 min et ce en utilisant le temporisateur **T1**.

### - Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'acquérir différentes informations techniques et des connaissances générales sur les équipements d'armoires et les installations électriques, ce qui nous a aidés à progresser dans notre projet et à procéder au dimensionnement de notre réalisation, tels que :

1. Le dimensionnement des matériels nécessaires pour le câblage de cette armoire électrique.
2. L'étude de son fonctionnement, afin d'assurer le bon pilotage automatique de notre chambre froide positive.

## **Chapitre III**

Généralités sur l'automatique et  
l'automatisme industriel.

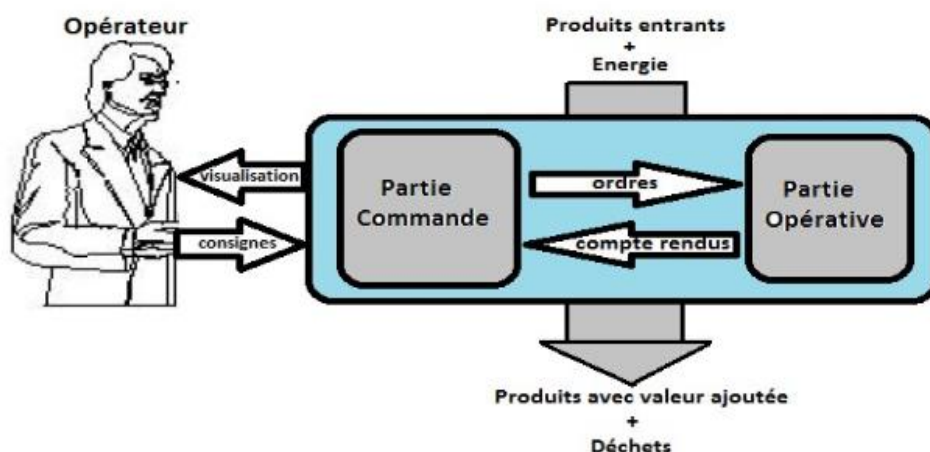
**-Introduction :**

Les automates programmables industrielles sont apparus à la fin des années soixante à la demande de l'industrie américaine automobile afin de concevoir un système pour remplacer les armoires à relais et lui permettre de faire des modifications de cycle de fabrication à moindre coût, plus rapidement en concevant une possibilité d'évolution.

**III.1. Définition d'un système automatisé :**

Un système automatisé est composé de plusieurs éléments qui permettent d'exécuter des tâches programmées sans l'intervention de l'utilisateur [19].

Un système de production est automatisé lorsqu'il peut gérer de manière autonome un cycle de travail préétabli qui se décompose en séquence ou en étape comme le montre la figure (3.1) :



**Figure (3.1) :** Aspect d'un système automatisé de production [19].

**III.2. Objectifs des systèmes automatisés :**

L'automatisation industrielle est la mise en œuvre automatique qui fonctionne toute seule ou sans intervention humaine pour la réalisation d'un processus de fabrication.

L'automatisation peut être utilisée dans presque tous les stades des opérations industrielles dans divers domaines tels que :

- Les industries de transformation pour les réglages de températures, de pression ou de débit.
- Les industries de fabrication pour le contrôle de l'ensemble des opérations de montages.
- Les industries de transports pour la commande de positionnement, de vitesse.
- L'automatisation possède plusieurs objectifs dont on peut citer :
  - La recherche d'un cout minimal en réduisant les effectifs.
  - Réduire la charge de travail en minimisant l'intervention de l'être humain.
  - Réaliser des taches dangereuses ou complexes pour l'être humain.
  - Machiner les opérations répétitives.
  - Réaliser des opérations qui sont souvent irréalisables manuellement.
- De plus, la concurrence économique impose une automatisation des industries pour une production de qualité et en quantité suffisante au moment voulu afin d'avoir une meilleur compétitivité [19].

Tout système automatisé comporte 03 parties importantes :

**a- Une partie commande (PC) :** Un organe de décision qui peut être compose de circuit électrique ou électronique. Elle donne les ordres et reçoit les informations de l'extérieur ou de la partie opérative et les transmet vers cette même partie des pré-actionneurs et actionneur (elle coordonne les différentes actions de la partie opérative).

**b- Une partie opérative (PO) :** Un organe de puissance qui peut être mécanique, électrique, pneumatique ou hydraulique. Elle reçoit les ordres de la partie commande qui les exécute.

Elles se composent des interfaces suivant :

- **Les pré-actionneurs :** Ce sont des interfaces de puissance entre la partie commande et la partie opérative. Il permet de distribuer sur ordre de la PC l'énergie utile aux actionneurs.

Les actionneurs les plus utilisés sont les contacteurs pour les moteurs électriques et les distributeurs les vérins.

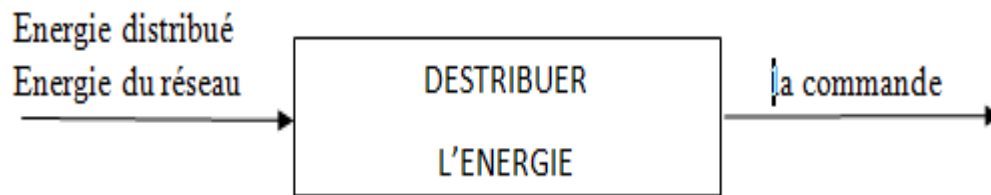


Figure (3.2) : Schéma de fonctionnement d'un pré-actionneur [19].

- **Les actionneurs :**

Les actionneurs sont des éléments de la partie opérative qui est capable de produire une action physique tel qu'un déplacement, un dégagement de chaleur, une émission de lumière ou de son à partir de l'énergie qu'il a reçu. Ils peuvent aussi convertir une énergie d'entrée (électrique, pneumatique, hydraulique) en énergie de sortie (mécanique) comme le montre la Figure (3.3).

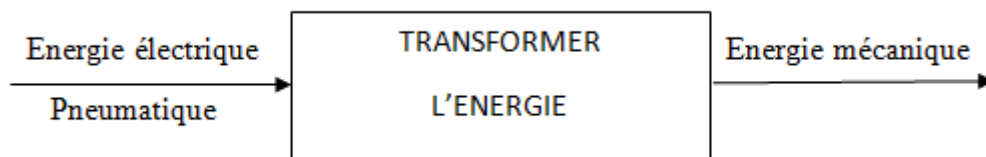


Figure (3.3) : Schéma de fonctionnement d'un actionneur [19].

- **Les capteurs :**

Les capteurs sont des organes de prélèvement et de codage d'information qui transforme une grandeur physique (position, distance, vitesse, température, pression, etc.) en grandeur exploitable, généralement électrique, qui peut être interpréter par un dispositif de contrôle commande comme schématisé dans la figure (3.4).

On distingue 03 catégories de capteur en fonction de la nature du signal délivré :

- Numérique.
- Analogique.
- Logique (TOR).

Ce dernier est aussi appelé détecteur de position tout ou rien, on le voit dans plusieurs machines comme les ascenseurs.



Figure (3.4) : Schéma de fonctionnement d'un capteur [19].

c- **Le pupitre de commande** : Il permet d'intervenir sur le système (marche, arrêt, arrêt d'urgence, départ du cycle...). Et il permet de visualiser les différents états à l'aide du voyant. La figure (3.5) nous montre la relation entre ces 03 parties [19] :

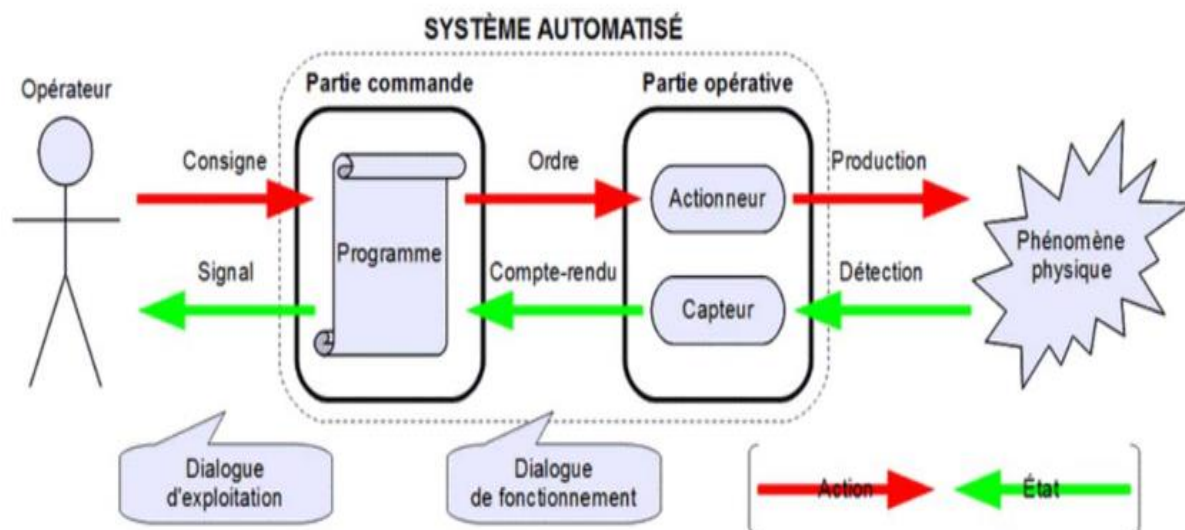


Figure (3.5) : Composant de système automatisé [19].

### III.3. Structure d'un système automatisé :

La figure (3.6) nous montre la structure générale d'un système automatisé et se différencie par les différentes parties et le sens de communication entre elles [19]:

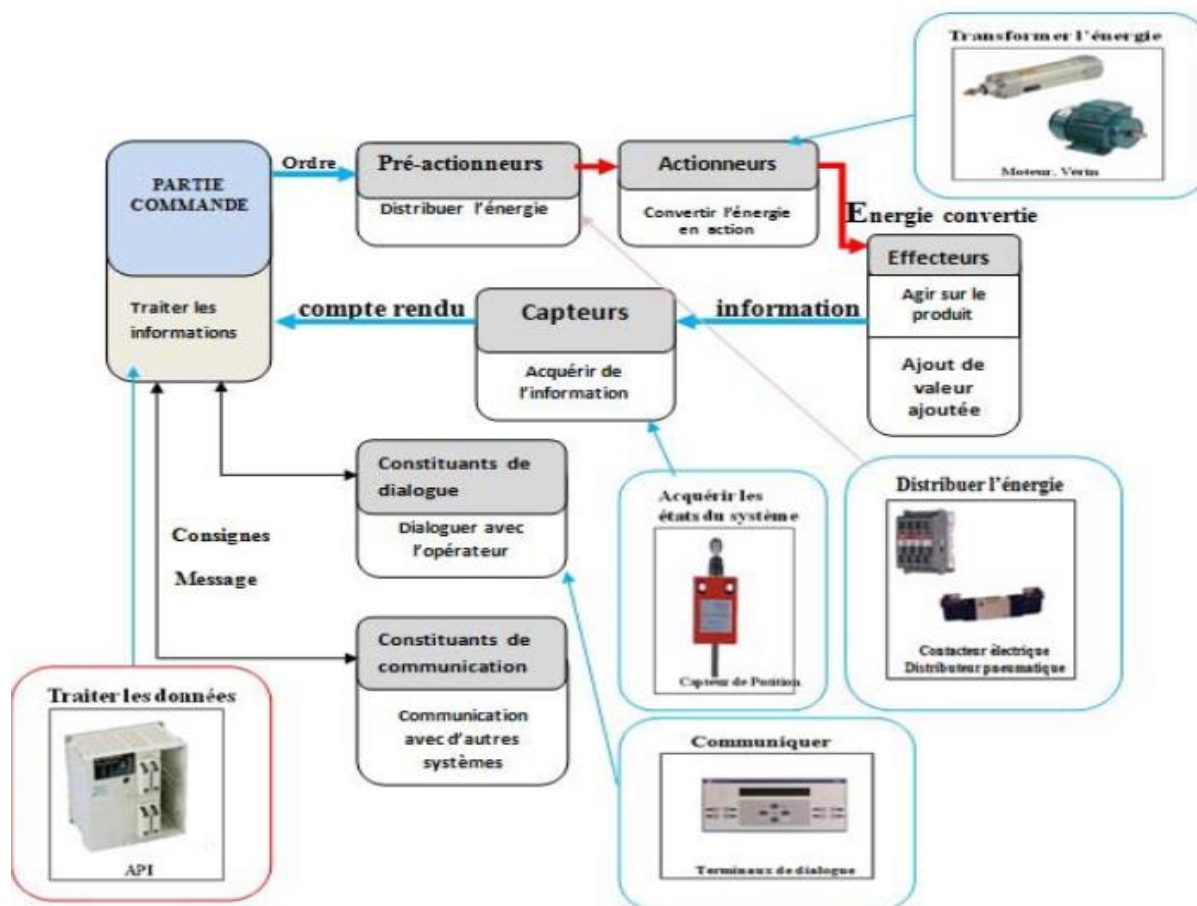


Figure (3.6) : Structure d'un système automatisé [19].

#### III.4. Critères de choix d'un automate :

Le choix d'un automate programmable est généralement basé sur :

- Nombre d'entrées et de sortie : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks des que le nombre d'entrées/sorties nécessaires devient élevé.
- Le personnel de maintenance et le logiciel de programmation (achat du logiciel et formation du personnel).
- Type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.
- Fonction ou modules spéciaux : certaines cartes (commande d'axe, pesage...) permettront de soulager le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées.

e. Fonctions de communication : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus, Ethernet...).

**- Avantages :**

- Améliorer la productivité en augmentant la production.
- Améliorer la qualité des produits et réduire le coût de production.
- Flexibilité (peut servir à plusieurs tâches à la fois).
- La modification du programme est facile par rapport à la logique câblée.
- Simplifier le câblage afin de rendre les tâches moins pénibles.

**- Désavantages :**

- Vulnérable aux pannes techniques.
- Les coûts initiaux sont élevés.
- Demande une importante consommation d'énergie.
- Besoin de former le personnel plus qualifié.

**III.5. Présentation de l'automate S7-300 :**

L'automate programmable industrielle S7-300 fabriqué par SIMENS, qui fait partie de la gamme SIMATIC S7 est un automate destiné à des tâches d'automatisation moyenne et haute gamme.

La configuration et le jeu d'instructions des API SIMENS sont choisis pour satisfaire les exigences industrielles, et la capacité d'extension variable permet une adaptation facile de l'appareil à la tâche considérée.

L'automate lui-même est constitué d'une configuration minimale composée d'un module d'alimentation, de la CPU, du coupleur et de module d'entrée/sorties [20].

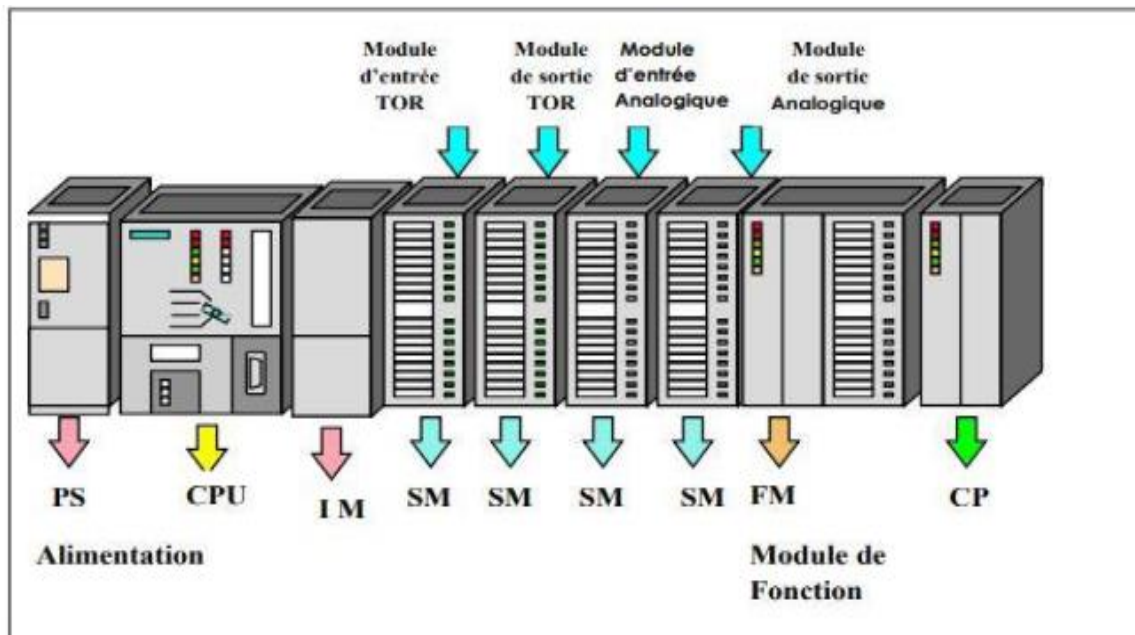


Figure (3.7) : L'automate programmable S7-300 [20].

### III.6. Modularité :

Le S7-300 a une conception modulaire, avec plusieurs types de module disponible.

Dans la conception ces modules peuvent être combinés d'une solution d'automatisation, Les types de modules les plus utilisées sont les suivant :

- Module d'alimentation (PS).
- Unité centrale (CPU).
- Coupleur (M).
- Processus de communication (CP).
- Modules de fonctionnement (FM).
- Modules de signaux (SM).
- Module de simulation (SM 374).

#### III.6.1. Module d'alimentation :

Le module d'alimentation permet de convertir la tension du secteur (ou du réseau) en tension de (24V, 48V, 120V ou 230V) pour l'alimentation des automates, des capteurs et des

actionneurs en (24V, 48V, 120V ou 230V). Il permet aussi de remplir des fonctions de surveillances à l'aide des LEDS et de sauvegarder le contenu de la mémoire RAM en utilisant une pile de sauvegarde.

### **III.6.2. Unité centrale (CPU) :**

Le CPU est le cerveau de l'automate car elle peut permettre de :

- Lire les états des signaux d'entrée.
- Exécuter le programme utilisateur et commander la sortie.
- Régler le comportement au démarrage et diagnostiquer les défauts par les LEDS. Le S7-300 possède une large gamme de CPU avec différents niveaux de performance.

### **III.6.3. Le coupleur (IM) :**

Les coupleurs sont des cartes électroniques qui permettent d'assurer la communication entre les E/S et l'unité centrale. L'échange d'information entre la CPU et les modules E/S par l'intermédiaire d'un bus interne. Le rôle des coupleurs est de relier un ou plusieurs châssis au châssis de base.

### **III.6.4. Module communication (CP) :**

Les modules de communication sont principalement utilisés dans les tâches de communication par transmission en série. Ils permettent également d'établir des liaisons point à point :

- Des commandes robots.
- Communication avec des pupitres d'opérateur.
- Des automates SIMATIC S7, SIMATIC S5.

### **III.6.5. Modules de fonction (CP) :**

Ces modules permettent de réduire la charge de traitement de la CPU tout en assurant des tâches lourdes de calculs.

**III.6.6. Modules de signaux (SM) :**

Ils permettent de servir d'interface entre le processus et l'automate. Il existe. Il existe plusieurs modules d'entrées/sorties :

- Les modules d'entrées/sorties TOR (SM321/SM322).
- Les modules d'entrées/sorties analogiques (SM331/SM322).
- Les modules d'entrées analogiques (SM331).
- Les modules de sorties analogiques (SM332).

**III.6.7. Modules de simulation (SM 374) :**

Le module de simulation SM 374 est un module spécial qui offre à l'utilisateur la possibilité de tester son programme lors de la mise en service en cours de fonctionnement.

Dans le S7 - 300, ce module se monte à la place d'un module d'entrée ou de sortie TOR. Il assure plusieurs fonctions telles que:

- La simulation des signaux de capteurs aux moyens d'interrupteurs.
- La signalisation d'état des signaux de sorties par des LEDS.

**- Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons pu voir quelques généralités sur les automates programmables, telles que leurs définitions, leurs objectifs, leurs composants et leurs structures, ce qui nous a permis de mieux comprendre leur fonctionnement et de constater leur importance dans le domaine industriel.



## **Chapitre IV**

Programmation de la chambre  
froide.

**- Introduction :**

Dans ce chapitre nous allons présenter l'étape finale de notre projet. Dans cette étape nous allons développer notre programme avec le logiciel de programmation Step7 en utilisant le langage graphique (le ladder). A la fin nous allons présenter un exemple de simulation.

**IV. Programmation de la chambre froide avec le STEP 7 :**

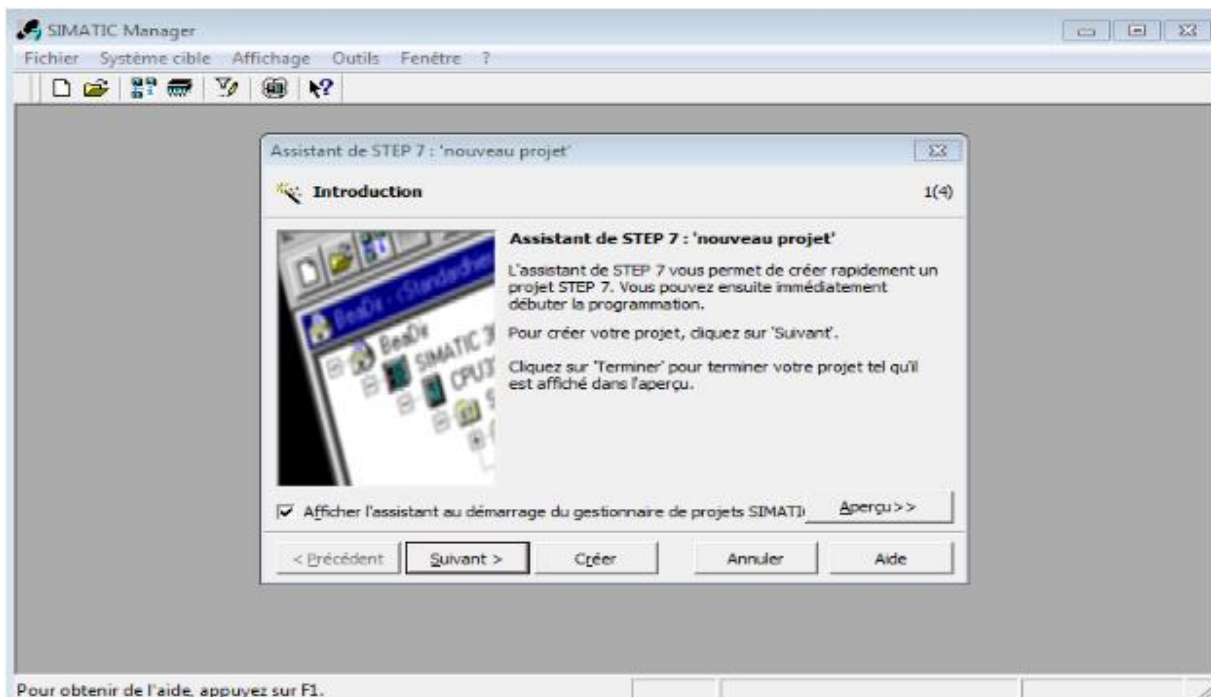
Afin de programmer notre chambre froide nous allons utiliser le logiciel de programmation SIMATIC STEP 7. Ce logiciel va nous permettre de créer et à configurer notre programme. Pour commencer nous allons d'abord créer un nouveau projet, ensuite définir la table des mnémoniques enfin nous allons programmer notre système.

**IV.1. Création du projet dans SIMATIC Manager :**

Pour créer notre projet il faut suivre les étapes suivantes :



1- Cliquer deux fois sur l'icône SIMATIC Manager ; ce qui va nous permettre d'entrer dans la fenêtre suivante :



**Figure (4.1) :** création d'un nouveau projet.

2- En cliquant sur la commande suivant la figure ci-dessous s'affiche, elle permet de choisir le type e CPU qu'on va utiliser, pour notre projet nous avons choisi la CPU 312 comme le montre la figure (4.2).

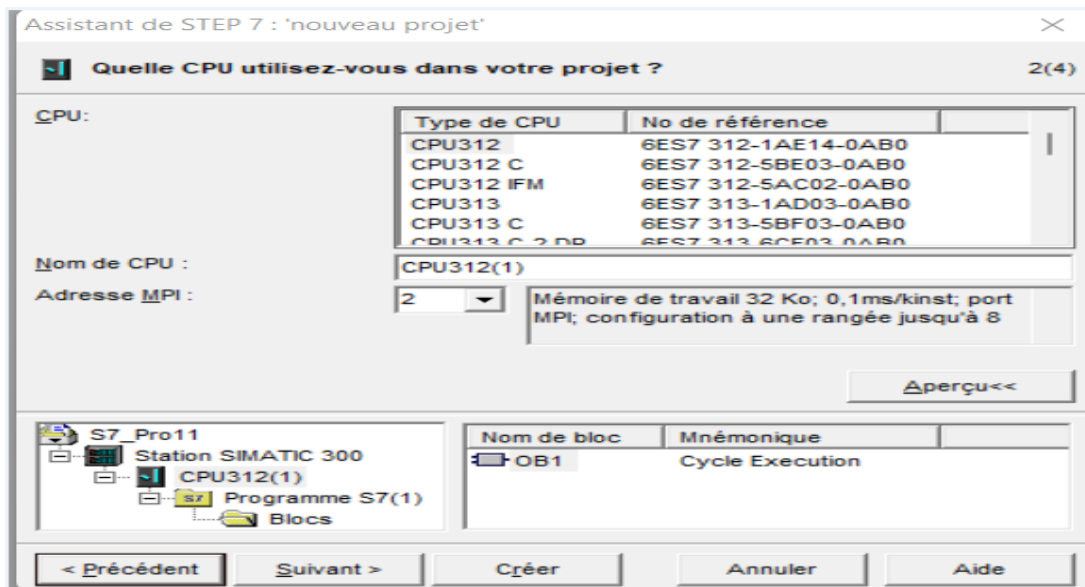


Figure (4.2) : Le choix de la CPU.

3- Apres avoir choisi la CPU on clique sur la commande suivant, la fenêtre qui apparait ensuite nous permet de choisir les blocs à insérer et le langage de programmation qu'on va utiliser (LIST, CONT, LOG).

Pour notre projet nous avons choisi le bloc OB1 et le langage de contact comme le montre la figure (4.3).

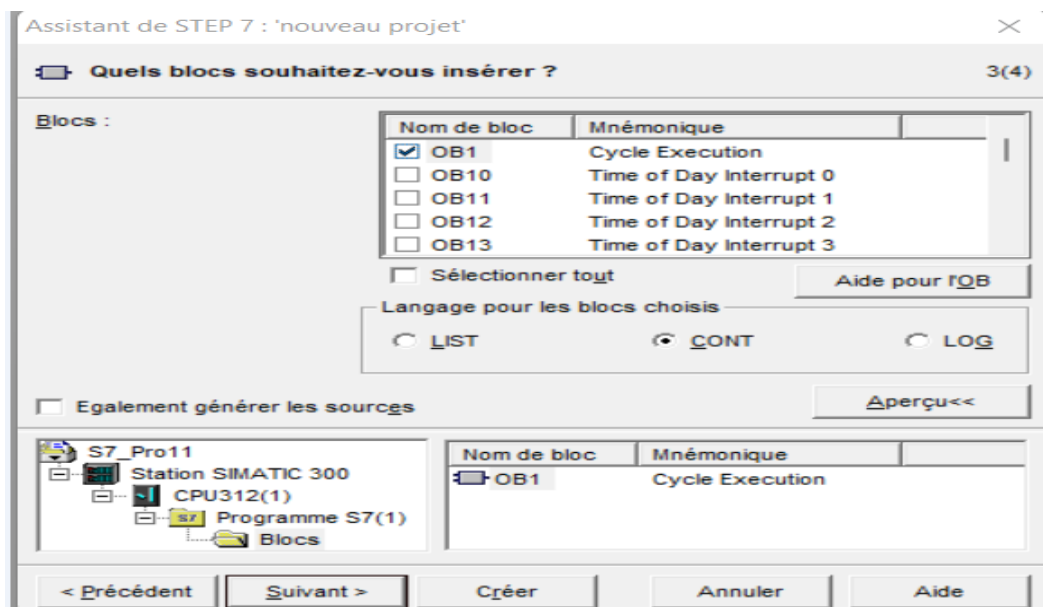


Figure (4.3) : Le choix du bloc et du langage de programmation.

4- Une fois qu'on a choisi le bloc et le langage de programmation on clique sur la commande suivant, la fenêtre qui va apparaître ensuite nous permet de choisir le nom de notre projet comme le montre la figure (4.4).

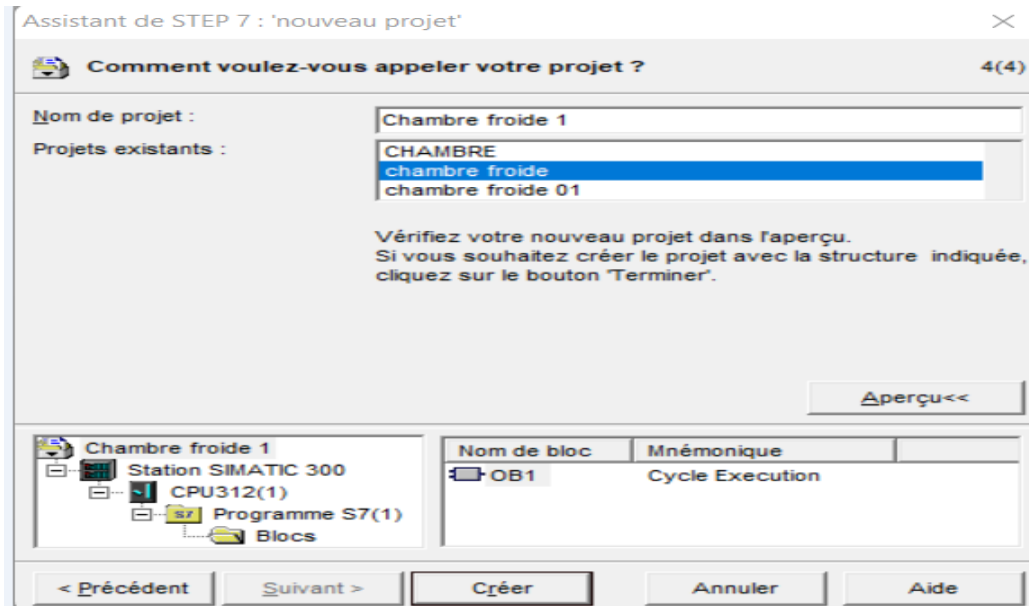


Figure (4.4) : Nom du projet.

5- En cliquant sur la commande créer, on obtient la fenêtre suivant :

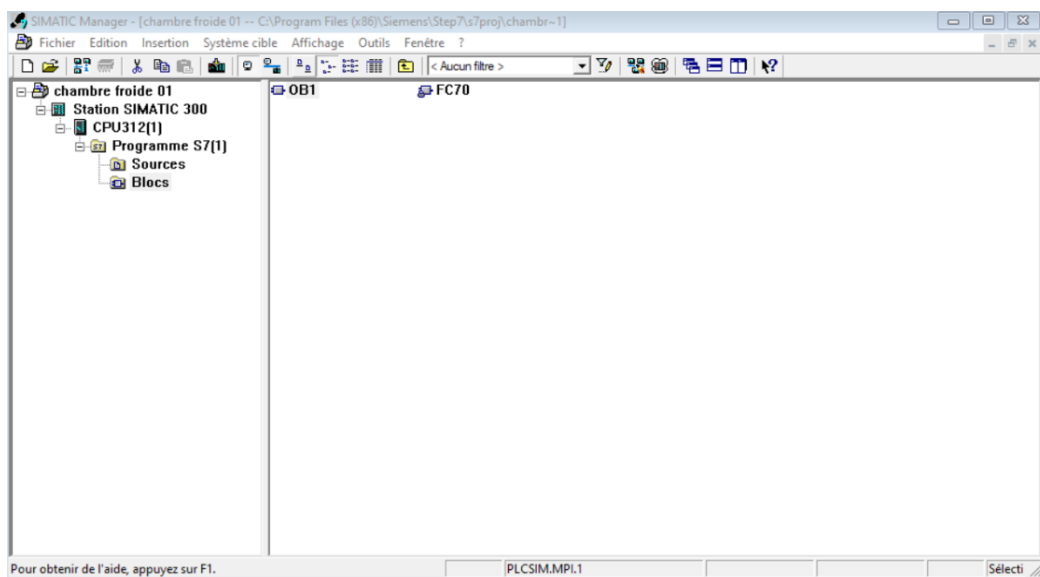


Figure (4.5) : Ouverture du projet chambre froide.

**IV.2. Table des mnémoniques :**

On utilise la table des mnémoniques pour définir la liste des variables qu'on va utiliser lors de notre programmation. Il permet de rendre le programme plus lisible et plus facile à manipuler.

Les entrées sont écrit sous forme de (E a.b) tandis que les sortie sont écrit sous forme de (A a.b).

Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de do	Commentaire
1	HP/BP	E 1.0	BOOL	Pressostat combine HP/BP
2	Cycle Execution	OB 1	OB 1	
3	K	E 1.1	BOOL	Relais a thermistance
4	DM1	E 1.2	BOOL	Dijoncteur magnétothermique du moteur compresseur
5	S2	E 1.3	BOOL	Rotatif marche/arret
6	G7_STD-1	FC 70	FC 70	
7	Thermostat	E 1.4	BOOL	Thermostat ambiant
8	DM3	E 1.5	BOOL	Dijoncteur magnétothermique du moteur de ventilateur d'évaporateur
9	Tailette	E 1.6	BOOL	Thermostat de sécurité ailette
10	BP>	E 1.7	BOOL	Pressostat BP de regulation
11	HP>	E 2.0	BOOL	Pressostat HP de regulation
12	DM2	E 2.1	BOOL	Dijoncteur magnétothermique du moteur de ventilateur du condenseur
13	KA1	A 2.1	BOOL	Bobine electrovanne
14	KM3	A 2.2	BOOL	Bobine de commande du ventilateur d'évaporateur
15	KM4	A 2.3	BOOL	Bobine de commande des resistance du degivrage
16	RELAIS	M 0.0	BOOL	
17	KM1	A 2.4	BOOL	Bobine de commande du compresseur
18	KM2	A 2.5	BOOL	Bobine de commande du ventilateur KM2
19	H2	A 2.6	BOOL	Voyant default
20	TIMER	T 0	TIMER	
21	TON	T 1	TIMER	
22	TOFF	T 2	TIMER	
23				

**Figure (4.6) :** Table des mnémoniques.

**IV.3. Programmation :**

Pour la programmation, on clique sur la commande blocs puis sur OB1 et on aura cette fenêtre :

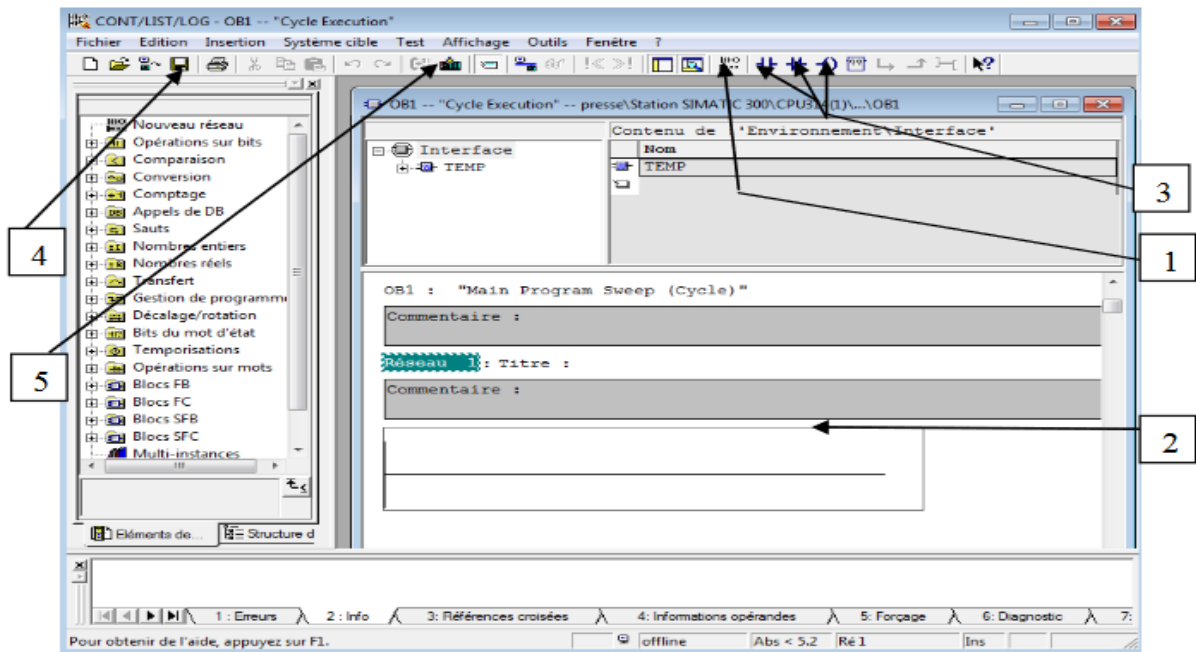


Figure (4.7) : Le bloc OB1.

Afin de créer notre programme nous allons devoir utiliser les paramètres de la figure (4.7) parmi eux on a :

**1- Insertion d'un nouveau réseau :** Cette icône nous permet de créer de nouveaux réseaux jusqu'à ce qu'on atteigne le nombre nécessaire pour notre programmation.

**2- Nouveau réseau inséré :** Ce sont tous les réseaux qu'on a créés pour notre programme en cliquant sur l'icône insertion d'un nouveau réseau.

**3- Contact à fermeture, contact à ouverture et bobine :** On utilise ces icônes pour créer les entrées et sorties nécessaires pour programmer notre système.

**4- Enregistrement d'un programme :** Cette icône nous permet de sauvegarder notre programme.

**5- Chargement du programme :** Cette icône nous permet de transférer notre programme dans la mémoire de l'API [21].

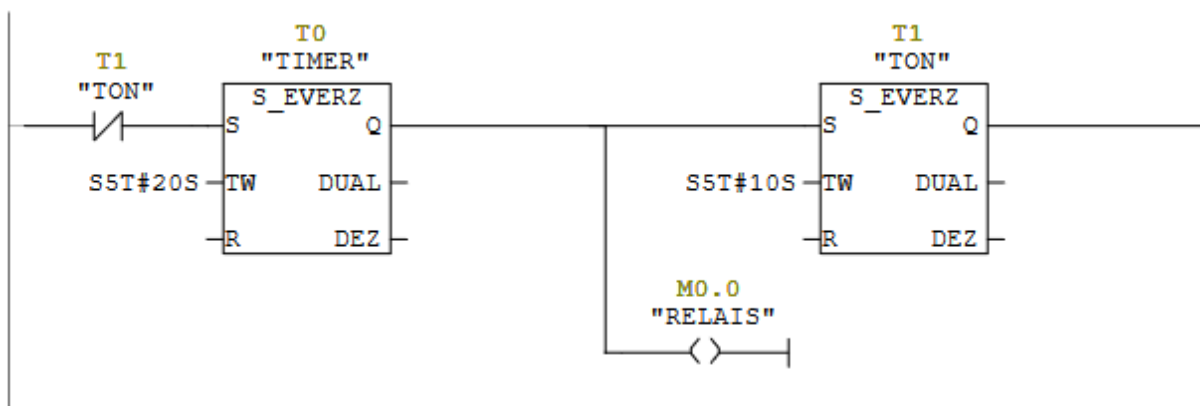
L'horloge de dégivrage (Réseau 1) : nous permet de contrôler efficacement le processus de dégivrage de notre équipement frigorifique ce qui va nous permettre de faire fondre le givre qui se trouve sur les ailettes.

L'horloge de dégivrage possède 2 timer, le timer (T0) pour le mode production de froid et le timer (T2) pour le mode dégivrage.

Le contact à ouverture (T1) nous permet de passer au mode froid et le relais (M0.0) de passer en mode dégivrage.

Le mode de production de froid nous permet de conserver nos aliment à basse température, Une fois le temps de fonctionnement écoulé on passe en mode dégivrage ce qui nous permet de faire fondre le givre qui s'est formée sur les ailettes. Une fois le mode dégivrage terminé on repasse en mode froid après que toute l'eau qui se trouve sur les ailettes s'évapore.

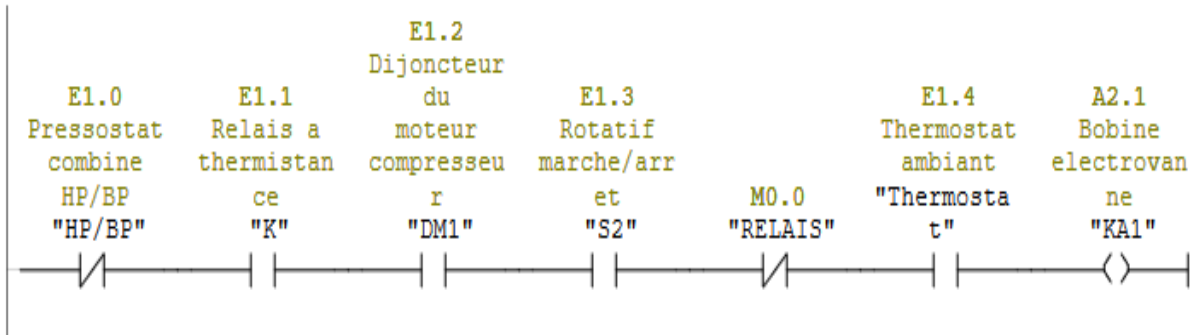
Réseau:1 HORLOGE DU DEGIVRAGE



L'électrovanne (Réseau 2) : Afin d'alimenter l'électrovanne il faut qu'il n'y est aucun défaut dans les composant suivant (E1.0, E1.1, E1.2), qu'il soit en mode marche (E1.3) et qu'il ne soit pas en mode dégivrage (M0.0).

Une fois ces conditions réunis et que la température de la chambre froide monte (E1.4) on pourra commander notre électrovanne(A2.1).

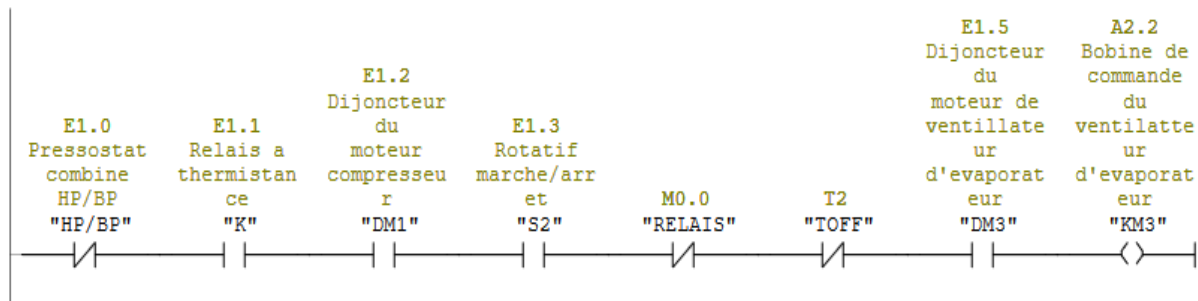
Réseau:2 ELECTROVANNE



Ventilateur évaporateur (Réseau 3) : Afin d’alimenter ventilateur de l’évaporateur il faut qu’il n’y est aucun défaut dans les composant suivant (E1.0, E1.1, E1.2), qu’il soit en mode marche (E1.3) et qu’il ne soit pas en mode dégivrage (M0.0).

Une fois ces conditions réunis et si il y’a pas de retard de ventilation (T2) on pourra commander notre ventilateur d’évaporateur (A2.2).

Réseau:3 VENTILLATEUR EVAPORATEUR

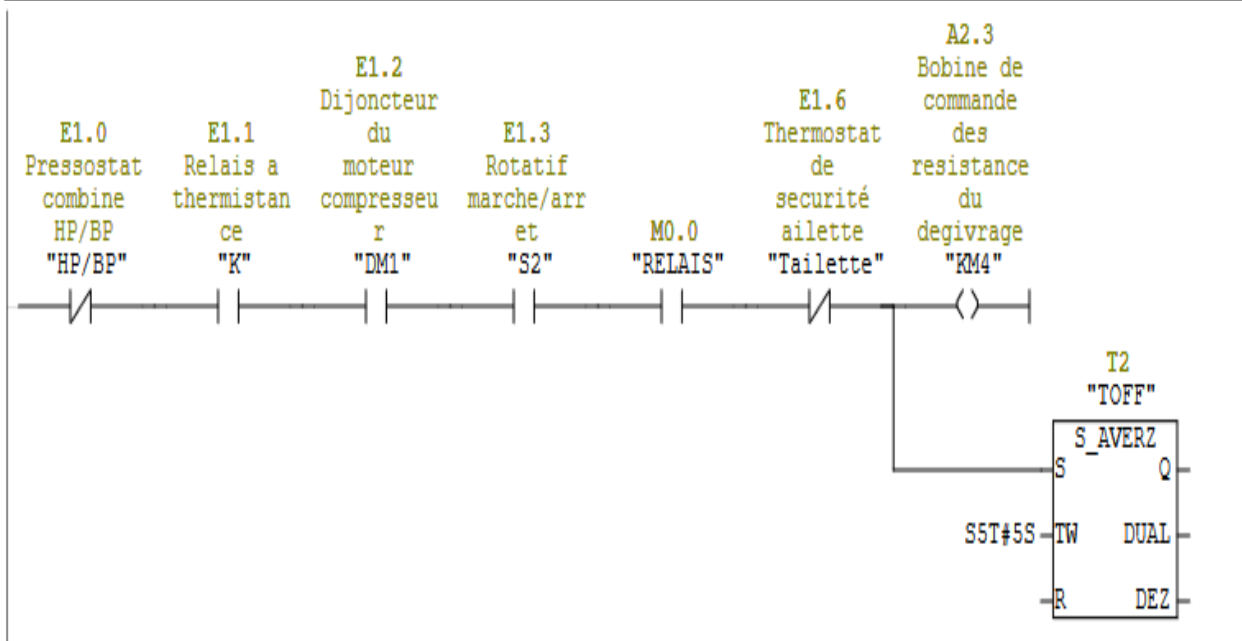


Résistance de dégivrage (Réseau 4) : Afin d’alimenter ventilateur de l’évaporateur il faut qu’il n’y est aucun défaut dans les composant suivant (E1.0, E1.1, E1.2), qu’il soit en mode marche (E1.3) et qu’il soit en mode dégivrage (M0.0).

Une fois ces conditions réunis on pourra commander nos résistances de dégivrage (A2.3).

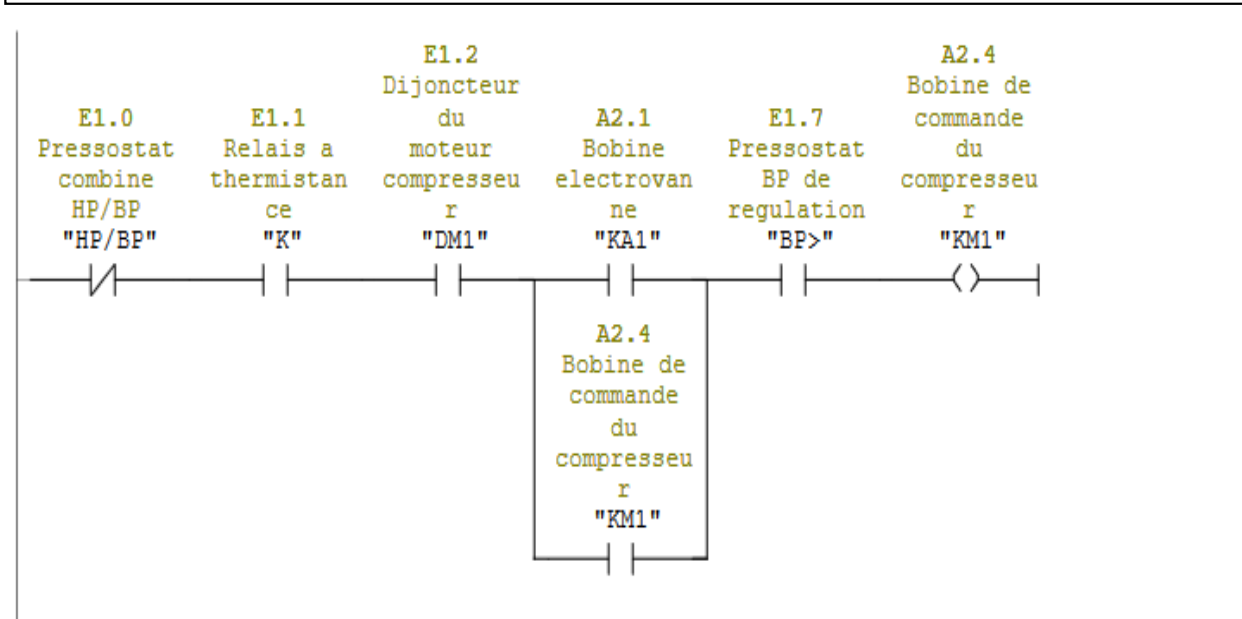
Une fois que le mode dégivrage terminer on repasse en mode froid et l’horloge de retard de ventilation (T2) va se mettre en marche ce qui va nous permettre de laisser les ventilateurs de l’évaporateur à l’arrêt et permettre à l’eau qui se trouve dans les ailettes de s’évaporer pour éviter l’éclaboussement.

Réseau:4 RESISTANCES DE DEGIVRAGE



Compresseur (Réseau 5) : Afin d'alimenter compresseur il faut qu'il n'y est aucun défaut dans les composant suivant (E1.0, E1.1, E1.2). Si l'électrovanne (A2.1) fonctionne ça va augmenter la valeur de BP de régulation (E1.7) ce qui va nous permettre de commander notre compresseur (A2.4).

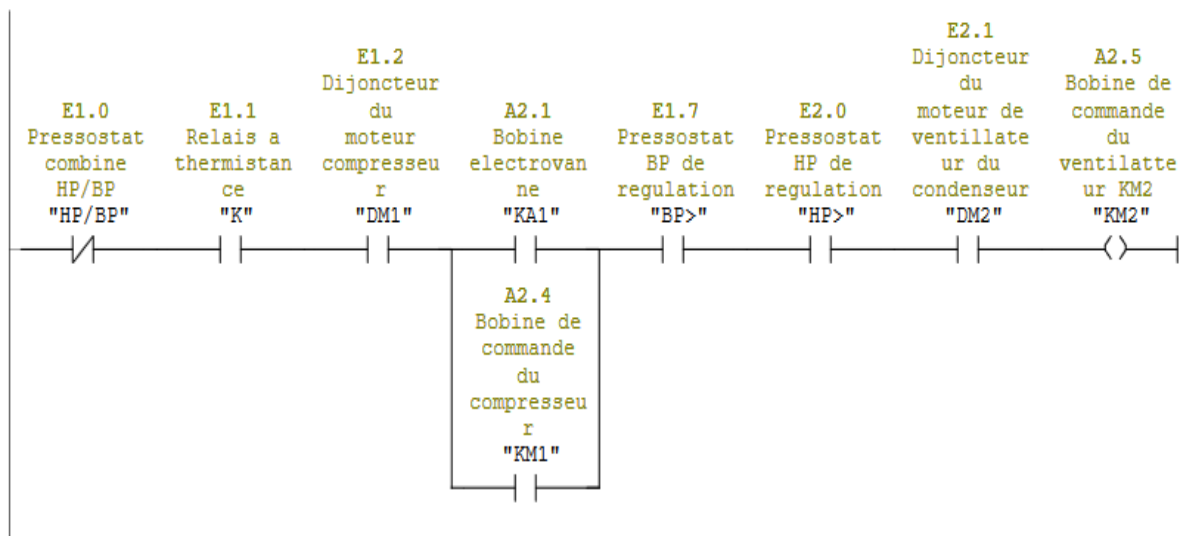
Réseau:5 COMPRESSUR



Ventilateur du condenseur (Réseau 6) : Afin d'alimenter ventilateur du condenseur il faut qu'il n'y est aucun défaut dans les composant suivant (E1.0, E1.1, E1.2).

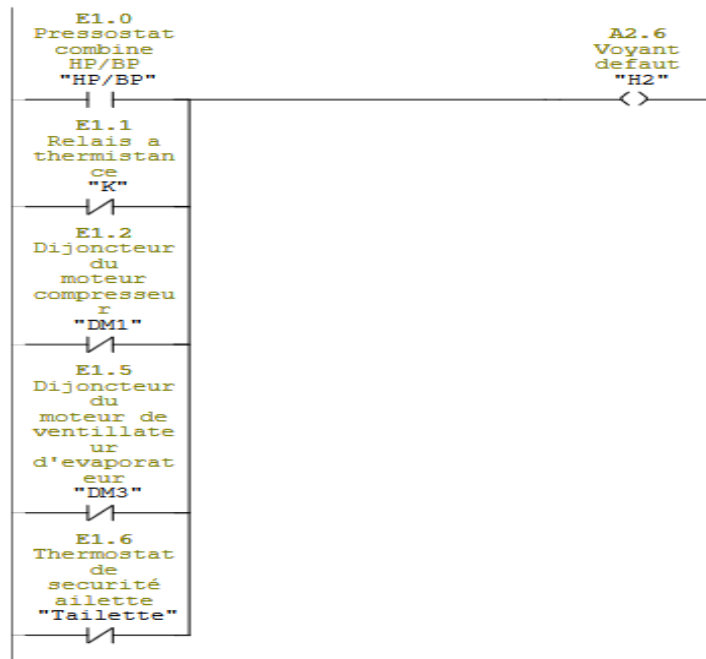
Si l'électrovanne (A2.1) fonctionne ça va augmenter la valeur de BP de régulation (E1.7) et la valeur HP de régulation (E2.0) ce qui va nous permettre de commander notre ventilateur du condenseur (A2.5).

Réseau:6 VENTILATTEUR DE CONDENSUR



Voyant de défaut (Réseau 7) : Si il y'a un défaut dans les composant suivant (E1.0, E1.1, E1.2, E1.5, E1.6) le voyant de défaut (H2) va s'allumer ce va nous permettre de voir si il y'a un problème dans notre système et le réparer.

Réseau:7 VOYANT DE DEFAULT



#### IV.4. Simulation :

Une fois qu'on a terminé tous les étapes citées précédemment, nous allons passer à la simulation à l'aide de S7-PLCSIM, qui est un logiciel optionnel du STEP7. Il nous permet de visualiser et forcer différents objet comme des entée et des sortie tout en exécutant notre programme dans l'API de simulation.

##### IV.4.1. Présentation du logiciel de simulation S7-PLCSIM :

Le logiciel de simulation S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester le programme dans des automates programmables (API) comme S7-300 et S7-400 que nous simulons dans un ordinateur.

Le S7-PLCSIM possède une interface qui nous permet de visualiser et de choisir les paramètres utilise dans notre programme tels que l'activation et la désactivation des entrées et des sortie ce qui nous permet de lancer notre simulation en se basant sur les donnée qu'on cite dans notre interface [22].

##### IV.4.2. Les modes de marche du logiciel de simulation S7-PLCSIM :

Le logiciel de simulation S7-PLCSIM possède trois modes de marche, parmi eux on a :

**1- Etat de marche (RUN-P) :**

Permet au CPU d'exécuter le programme et permet aussi de les modifier, de même que ses paramètres. En mettant la CPU dans l'état de marche RUN-P on peut utiliser les applications du STEP 7 pour forcer un paramètre du programme durant son exécution.

**2- Etat de marche (RUN) :**


Permet au CPU d'exécuter le programme en lisant les entrées, puis en actualisant les sorties. En mettant la CPU dans l'état de marche RUN on ne peut pas utiliser les applications STEP 7 pour forcer un paramètre du programme durant son exécution. On peut seulement utiliser les fenêtres créées par le logiciel de simulation S7-PLCSIM pour modifier les données utilisées par le programme.

**3- Etat d'arrêt (STOP) :**

La CPU ne peut pas exécuter le programme. En mettant la CPU dans l'état d'arrêt STOP ça nous permet de conserver les sorties à l'état où elles étaient. On peut aussi charger le programme dans la CPU lorsqu'elle est à l'arrêt [22].

**IV.4.3. Exemple de simulation :**

Afin d'activer notre simulation nous allons d'abord :

1- Cliquer sur la commande activer/désactiver la simulation  qui se trouve sur l'onglet principale on obtient alors la fenêtre suivante :

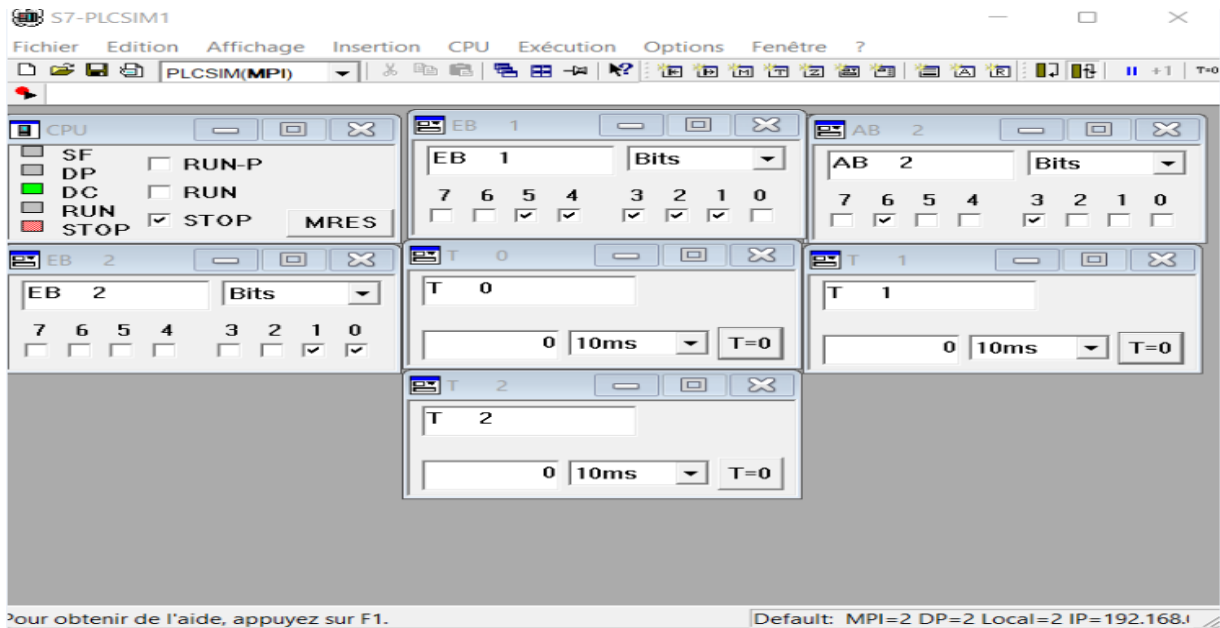



Figure (4.8) : Fenêtre S7-PLCSIM.

2- Pour visualiser le fonctionnement de notre programme, on clique sur la commande visualisation du programme .

La programmation de notre chambre froide possède deux modes, un mode ou notre chambre froide fonctionne en produisant du froid pendant une durée de 5h.

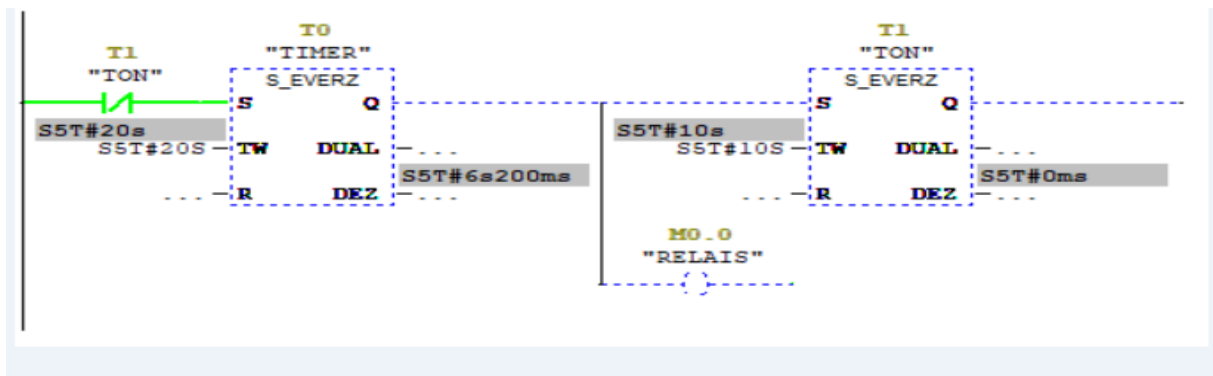


Figure (4.9) : Mode production froid.

Une fois que le temps de fonctionnement écoule le mode de dégivrage ce qui provoque l'arrêt de l'évaporateur et l'électrovanne pendant la durée du dégivrage de 30 min et permet aussi d'alimenter les résistances du dégivrage.

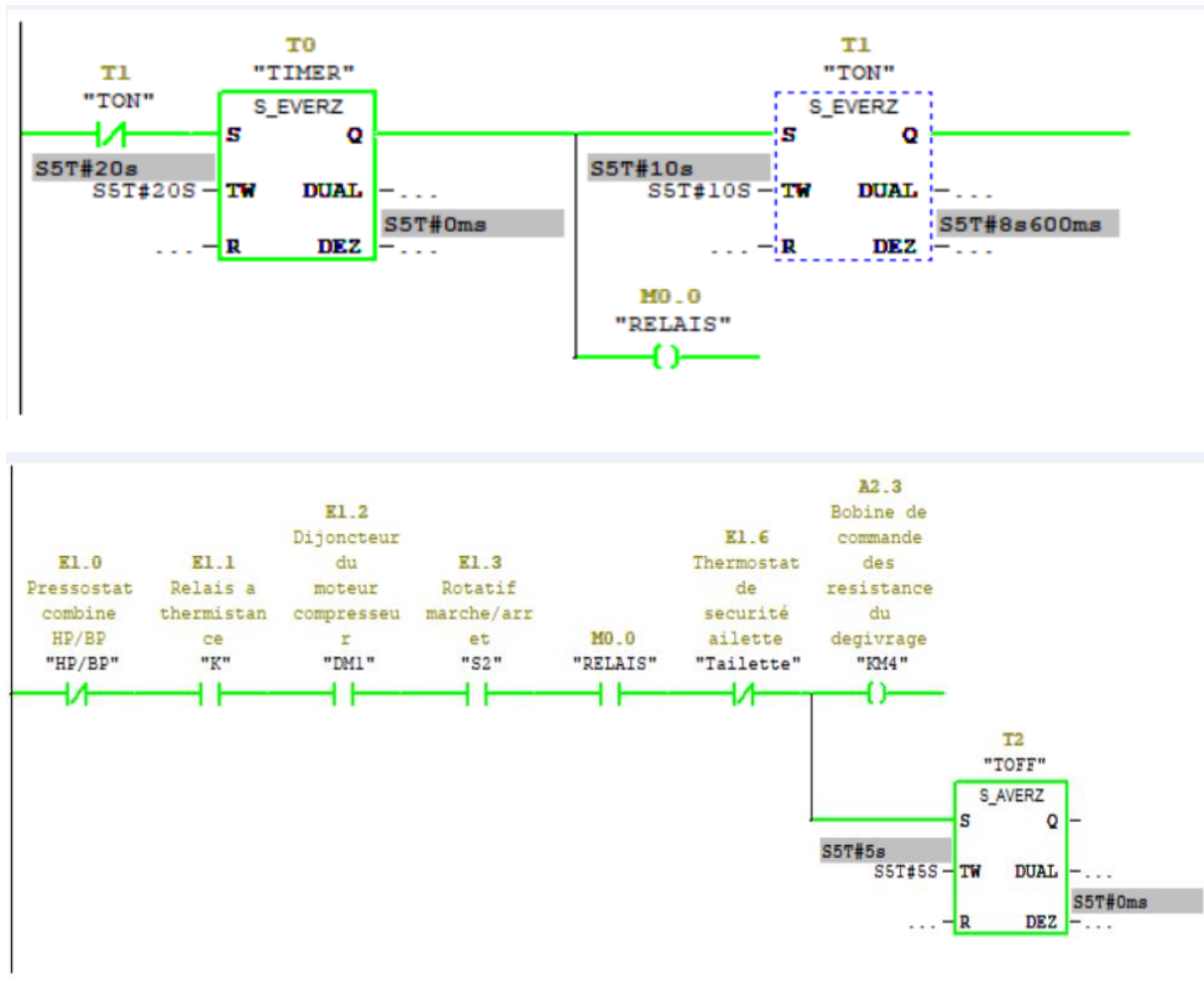


Figure (4.10) : Mode de dégivrage.

L'arrêt de l'électrovanne provoque une baisse du pressostat de régulation BP ce qui permet l'arrêt du compresseur et du condenseur. Toute cette étape nous permet de dégivrer l'évaporateur.

Une fois le mode de dégivrage terminé on revient en mode production froid ce qui permet à l'électrovanne de fonctionner à nouveau et de laisser les ventilateurs de l'évaporateur à l'arrêt pendant 10 min afin de permettre à l'eau qui se trouve dans les ailettes de s'évaporer pour éviter l'éclaboussement.

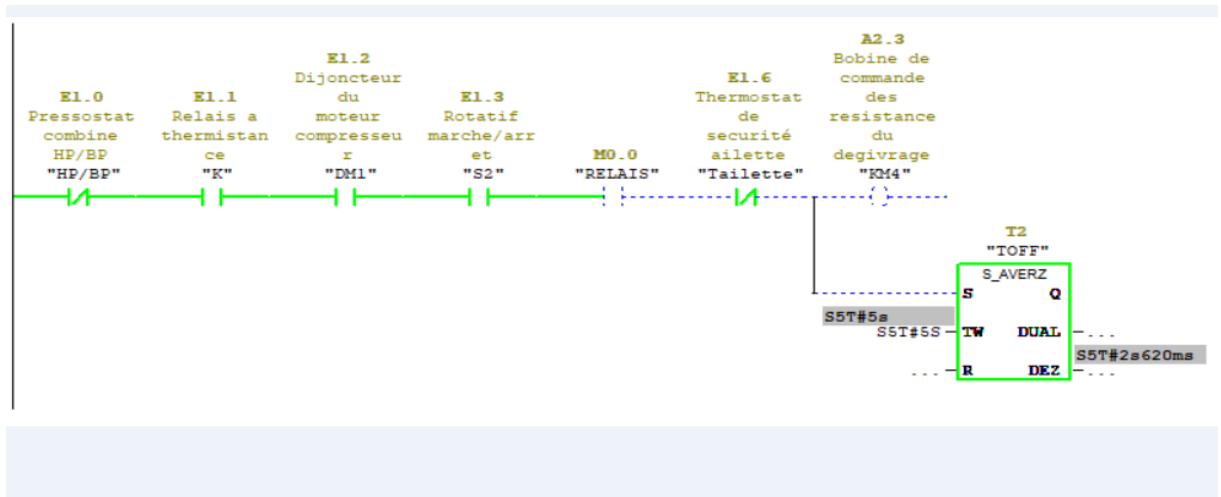
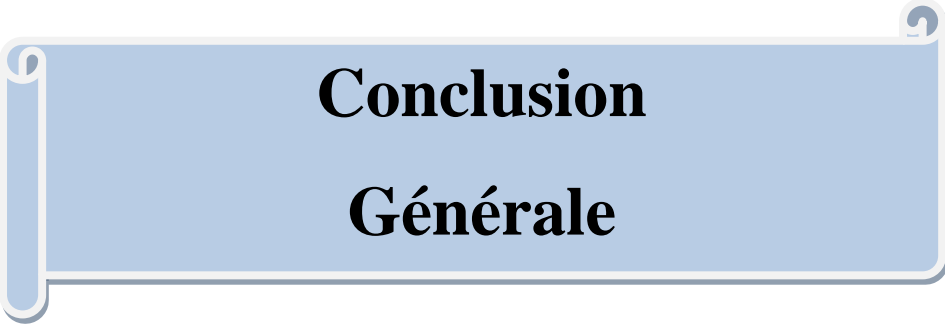


Figure (4.11) : Retard de ventilation.

**- Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les étapes à suivre pour créer un nouveau projet avec le logiciel STEP7 on a ensuite réalisé notre programme avec le langage le ladder. A la fin nous avons présenté un exemple de simulation ce qui nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement de notre chambre froide.



**Conclusion  
Générale**

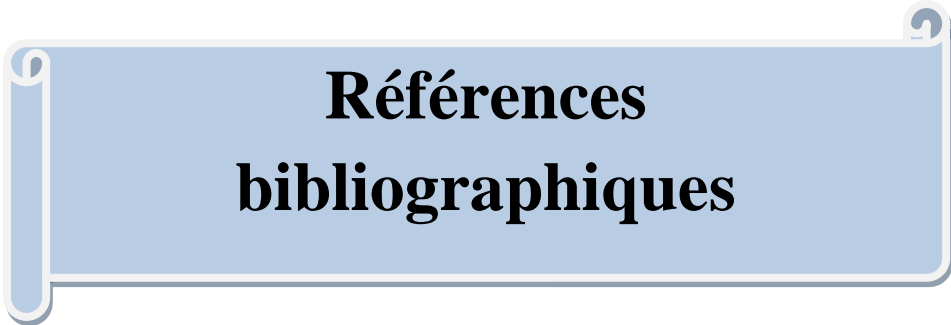
### - Conclusion générale :

Tout au long de la préparation de notre projet de fin d'étude, nous avons essayé de mettre en pratique les connaissances acquises durant nos parcours éducatif et surtout universitaire et cela dans le but de réaliser de notre mémoire qui consiste à dimensionner et automatiser une armoire électrique pour le but de bon pilotage et en tout sécurité de notre chambre froide positive qui sert à conserver des fruits. Pour se faire, on a utilisé deux types de commande ; une commande câblée et une commande programmée à l'aide d'un API (Automate programmable industrielle). Par conséquent, la réalisation d'un circuit électrique avec la logique programmée utilise moins de composants et il est facile à réaliser, mais en contre partie il demande l'utilisation des API qui sont très chers.

Ce projet nous a permis de :

- Mieux connaître un des domaines de l'électrotechnique celui des armoires de commande électrique, et c'eut en mettant en pratique une partie des connaissances théoriques acquises durant notre formation en électricité industrielle ou on a fait appel à l'étude et dimensionnement de tous les équipements technologiques nécessaires pour notre projet.
- Compléter nos connaissances sur les dispositifs électrotechniques ainsi nous avons appris à utiliser le logiciel de conception, de réalisation et de simulation des schémas électriques CADe\_SIMU.
- Familiariser avec l'automate programmable API S7-300 et de nous initier encore plus sur leur langage de programmation qui est STEP 7.
- Renforcer nos connaissances théoriques et techniques par expérience pratique dans ce domaine de l'automatisation.

Enfin, nous souhaitons continuer le travail dans ce domaine, et nous espérons que ce travail puisse apporter un plus et constituer un support supplémentaire aux étudiants des promotions à venir qui seront intéressés.



**Références  
bibliographiques**

### Références bibliographiques :

[1] : **BELAID SAMIR** et **IKROUBERKANE SAMIR** et **MEZAGUER KARIM**, «Etude comparative entre deux chambres froides équipées de panneaux sandwich et polystyrène expansé avec une alimentation photovoltaïque », mémoire d'ingénieur d'état en génie mécanique, promotion 2018/2019.

[2] : **OSMALI AHMED** et **AIDAOUI FAROUK** et **BOULARES AYOUB**, «Etude et Dimensionnement d'un Entrepôt Frigorifique », mémoire d'ingénieur d'état en énergétique, promotion 2019/2020.

[3] : <https://www.fthsynergie.com/blog/2017/10/26/chambres-froides-positives-et-negatives-comment-faire-le-bon-choix>

[4] : <https://www.garanka.fr/2022/04/25/fluide-frigorigene-definition/>

[5] : <https://www.formationfroid.com/circuit-frigorifique/>

[6]:<https://www.amifrigo.com/compresseur-semi-hermetique-a-piston-2fes-2y-de-bitzer-coline.html>

[7] : <http://froidclime.blogspot.com/2012/02/huile-frigorifique.html>

[8]:<https://www.man-es.com/process-industry/products/compressors/axial/fertilizer-process-industry-industrial-gases>

[9] : <https://tr.pinterest.com/pin/frigabohn--730286895825233235/>

[10] : <https://colddistribution.fr/content/20-le-detendeur-dans-le-circuit-frigorifique>

[11] : <https://www.piecesfrigo.com/detendeur-thermostatique-ascaso-r404a-egalisation-externe-sortie-a-visser-c2x37663768>

[12] : **Mr ADLANI Ahmed** et **Mr ASMA Ahmed** et **Mlle BIA Zedjiga** «Etude et réalisation d'une armoire se commande pour un système de ventilation d'un bâtiment de production avicole», mémoire d'ingénieur d'état en génie électrique et d'informatique, promotion 2013

[13] : <file:///C:/Users/PCSAT/Documents/Formation%20Indus/Cours%2001%20etudiant.pdf>

[14] : FEKIK SOFIANE et DEBBI DJAMEL et MAKOUDI RABAH « Etude et réalisation d'une armoire électrique pour un pasteurisateur » mémoire d'ingénieur d'état en génie électrique et informatique, promotion 2013

[15] : **Toulaï Tinhinane et Ailam Sofiane** «Dimensionnement et maintenance d'armoire électrique de la centrale à béton «ELBA"» mémoire d'ingénieur d'état en génie mécanique.

[16] : <https://bpmei-prades.com/cours/chaine-daction-electrique/lessons/ou/>

[17] : <https://www.abcelectronique.com/annuaire/cours/cache/840/le-moteur-asynchrone-triphas.html>

[18] : <file:///C:/Users/PCSAT/Downloads/Cours%2008%20etudiant.pdf>

[19] : **Ali HASSANI**, «AUTOMATISATION D'UN ASCENSEURPAR UN API», mémoire d'ingénieur d'état en génie électrique, promotion 2017/2018

[20] : **AIDROUS Achour** et **SFIHI Kahina** «Automatisation et amélioration d'une chaîne de production de lait pasteurisé», mémoire d'ingénieur d'état en génie électrique, promotion 2013.

[21] : AMROUCHE MOHAMED et HADJ ALI MARZOUK «Etude et automatisation d'une ligne d'emboutissage de tôle à l'aide d'un API S7-300» mémoire d'ingénieur d'état en génie électrique, promotion 2012/2013.

[22] : ATMIMOU Omar et MAMA Massilva «Contribution à l'automatisation et supervision d'une chaîne à mousser des armoires de réfrigérateurs à l'unité FROID de l'ENIEM», mémoire d'ingénieur d'état en automatique, promotion 2008/2009.

### - Logiciels utilisés :

- CADe\_SIMU version 4.0
- Step7 version 5.6
- Coolselector 2 (danfoss) version 5.4.2
- Friga-bohn version V4.18



## **Annexes**

## Annexe 1 : Conditions de fonctionnement du compresseur.

Conditions de fonctionnement		
Puissance requise:		
Puissance frigorifique :	18,02 kW	
<input type="radio"/> Afficher tous les mo		
<input checked="" type="radio"/> Afficher :	11 modèles	
Conditions nominales :		
Personnaliser		
Évaporation :		
Température de point de rosée :	-3,3 °C	
Surchauffe utile :	7,0 K	
Surchauffe additionnelle :	0 K	
<input type="checkbox"/> Température des gaz de retour :	3,7 °C	
Condensation :		
Température de point de rosée :	50,0 °C	
Sous-refroidissement :	7,0 K	
Sous-refroidissement additionnel :	0 K	
Sous-refroidissement total :	7,0 K	
Température du liquide :	42,7 °C	

### Compresseur hermétique 1

#### Conditions de fonctionnement

Fluide frigorigène :	R404A	
Température de point de rosée d'évapo	-3,3 °C	Température de point de rosée de conde 50,0 °C
Pression d'évaporation :	5,435 bar	Pression de condensation : 22,98 bar
Température d'évaporation à point-moy	-3,5 °C	Sous-refroidissement : 7,0 K
Surchauffe utile :	7,0 K	Sous-refroidissement additionnel : 0 K
Surchauffe additionnelle :	0 K	Sous-refroidissement total : 7,0 K
Température des gaz de retour :	3,7 °C	Température du liquide : 42,7 °C
Conditions nominales :	Personnaliser	
Puissance frigorifique requise:	18,02 kW	

## Annexe 2 : Fiche technique du compresseur.

### Sélection : VLZ065TGD, R404A - 6000 rpm

Modèle	VLZ065TGD
Technologie	Scroll hermétique
Configuration	Unique
Fluide frigorigène	R404A
Régulation de la puissance	Vitesse variable
Vitesse [rpm]	6000
Refroidissement [kW]	18,02
COP re froidissement [W/W]	1,99
Chauffage [kW]	26,25
COP chauffage [W/W]	2,90
Puissance [kW]	9,067
Intensité [A]	14,58
Fréquence [Hz]	50
Alimentation électrique	380 - 400 V (415 V) 3 ph*
Débit massique [kg/h]	612,8

#### Numéro de code et pièces détachées sélectionnés

Numéro de code: 120G0395. VLZ065TGNEDB

## Annexe 3 : Conditions de fonctionnement de l'évaporateur.

FRIGA SOFT Sélection d'évaporateurs

Fichier Web Aide

Mode

Sélection  Calcul

Client :  Réf. Offre :  Poste :

Critères de sélection

Puissance :  (kW) +/-  %

Température chambre :  (°C)

(=Température d'entrée d'air)

SC 1 SC 3  
SC 2 SC 4

Fluide :

Delta T1 (Rosée) :  K Delta T Moyen :  K  
(DT1 Eurovent selon EN 328)

Nombre d'appareils :

Gamme

Plafonniers - Muraux :  EVB  MF  XR  
 MR  MH

Doubles flux :  NTA  GTI  GTA

Cubiques commerciaux :  3C-A  3C-E

Cubiques industriels :  NK  NC

Tunnels :  NF  NW

Anciennes gammes (Pour consultation) :  MUC-LUC  SKB  SD  TA  
 NK (Old)

Afficher les modèles négatifs (En application positive) - Gamme 3C

FRIGA-BOHN

Critères facultatifs

Vitesse de rotation :  (tr/mn)

Pas d'ailettes :  (mm)

Moteur AC  Vent. EC (Variation)  Vent. EC (Vit. Fixe)







Option EGT (Dégivrage eau glycolée)

Résultats :  Delta T1 variable - Puissance fixe  
 Puissance variable - Delta T1 fixe

Valider Retour



## Annexe 4 : Fiche technique de l'évaporateur.

Détails du modèle	
Fichier Web Aide	
Modèle :	3C-A 4364 R
<b>Conditions de fonctionnement</b>	
Fluide frigorigène :	R404A
Température de la chambre :	3 °C
Pression de service :	-1 bar / 25 bar
Nombre d'appareils :	1
<b>Caractéristiques Aérauliques (Par appareil)</b>	
Nb. et diamètre des ventilateurs :	3 x 450 (Moteur AC) mm
Débit d'air :	12640 m3/h
Pression :	0 Pa
Projection d'air :	31 m
Lp (à 4m) :	46 dB(A)
<b>Caractéristiques Electriques (Par appareil)</b>	
Puissance absorbée maximale :	3 x 370 W
Intensité de fonctionnement maximale :	3 x 0,57 A
Vitesse de rotation :	1070 Tr/min
Couplage moteurs :	Etoile *
Tension / Nb Phases / Fréquence :	400V / 3 / 50Hz
<b>Prix total</b>	
Prix unitaire HT de l'appareil hors options :	8777,30 €
Prix unitaire HT de l'appareil avec options :	8777,30 €
Prix HT des appareils avec options :	8777,30 €
<b>Performances Thermiques (Par appareil)</b>	
Puissance totale :	18,02 kW.
Puissance par appareil :	18,0 kW.
DTI (Rosée) / DTM (Moyen)	7 / 7,2 K
<b>Caractéristiques Batterie (Par appareil)</b>	
Pas d'ailettes :	4 mm
Surface :	55,3 m²
Volume :	8,7 dm3
Inlet / Outlet :	1"1/8-1"5/8 (D)
<b>Caractéristiques Dégivrage standard</b>	
Puissance de dégivrage :	- W
Intensité de dégivrage :	- A
Tension / Nb Phases / Fréquence :	-
Nombre d'éléments :	-
<b>Caractéristiques Dimensionnelles (Par appareil)</b>	
Dimensions (L/P/H) :	2211/610/635 mm
Poids net à vide :	84 kg
Colisage (L/P/H) :	2320 / 750 / 750 mm
Poids de l'appareil emballé :	132 kg
Emballage standard :	Palette
     	
* Attention : Produit sélectionné en petite vitesse (Couplage étoile), mais le produit livré sera câblé d'origine en Triangle.	

## Annexe 5 : Conditions de fonctionnement du condenseur.

FRIGA SOFT Sélection de condenseurs

Fichier Web Aide




**Mode**

Sélection  Calcul

Client :  Réf. Offre :  Poste :

**Gamme**

Condenseurs Hélicoïdaux :

<input type="checkbox"/>	NEOSTAR		18 à 1252 kW
<input type="checkbox"/>	NEOSTAR - Moteurs EC		
<input checked="" type="checkbox"/>	WA		7.5 à 99 kW
<input checked="" type="checkbox"/>	MA		3 à 13.2 kW

**Critères de sélection**

Puissance totale à évacuer  Puissance à évacuer en multi-circuits

Puissance :  kW +/-  %

Fluide :

Température extérieure :  (°C)

Delta T1 (Rosée) :  K Delta T Moyen :  K

Nombre d'appareils :

**Critères facultatifs**

Pression d'air disponible :  Pa

Niveau sonore :  dB(A)  m (Lw = 72)


Altitude :  m dB(A)

Vitesse de rotation :

Nombre de ventilateurs : De  à

Encombrement : L - P - H maxi (mm)    mm

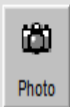
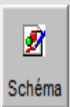



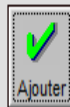
Résultats :  Sélection automatique  Puissance variable - Delta T1 fixe  Delta T1 variable - Puissance fixe



**FRIGA-BOHN**

Valider Retour

## Annexe 6 : Fiche technique du condenseur.

Modèle : WA 44 04/06P	
<b>Conditions de fonctionnement</b>	
Fluide frigorigène :	R404A
Température ambiante :	30 °C
Nombre d'appareils :	1
Altitude :	200 m
<b>Caractéristiques Acoustiques (Par appareil)</b>	
Lp (à 10m) :	40 / 33 ? dB(A)
Lw :	71 dB(A)
<b>Caractéristiques Aérauliques (Par appareil)</b>	
Nb. et diamètre des ventilateurs :	2 x 500 (Moteur AC) mm
Débit d'air :	10130 m3/h
Pression :	0 Pa
<b>Caractéristiques Batterie (Par appareil)</b>	
Surface :	70 m <sup>2</sup>
Volume :	11,9 dm <sup>3</sup>
Pas d'ailettes :	2,12 m
<b>Prix total</b>	
Prix unitaire HT de l'appareil hors options :	7178,56 €
Prix unitaire HT de l'appareil avec options :	7178,56 €
Prix HT des appareils avec options :	7178,56 €
<b>Performances Thermiques (Par appareil)</b>	
Puissance totale :	18,2 kW
Puissance par appareil :	18,2 kW
DTI (Rosée) / DTM (Moyen) :	7,9 / 7,7 K
<b>Caractéristiques Electriques (Par appareil)</b>	
Puissance absorbée réelle :	- W
Puissance absorbée maximale :	2 x 480 W
Intensité de fonctionnement maximale :	2 x 0,8 A
Classe énergétique :	D
Vitesse de rotation :	1000 tr/min
Couplage moteurs :	Etoile
Tension / Nb Phases / Fréquence :	400 V / 3 / 50 Hz V/Ph/Hz
<b>Caractéristiques Dimensionnelles (Par appareil)</b>	
Dimensions (L/P/H) :	1390 / 873 / 808 mm
Poids net à vide :	80 kg
Colisage (L/P/H) :	1560 / 450 / 1025 mm
Poids de l'appareil emballé :	97 kg
Emballage standard :	Carton sur palette
 Photo  Schéma  Options  Impression  Retour  Ajouter	

## Annexe 7 : Les coefficients de correction de la puissance.

Facteurs d'utilisation		Facteurs de simultanéité				Facteur d'extension	
Guide pratique UTE C 15-105		Norme NFC 63-410		Norme NFC 14-100/1			
Utilisations	$k_u$ (1)	Nombre de circuits	$k_s$ (2)	Nombre de circuits	$k_s$	1,1 à 1,3 (5)	
Force Motrice	0,75 à 1	2 et 3	0,9	4 ≤	1		
Eclairage	1	4 et 5	0,8	5 à 9	0,75		
Chauffage	1	6 à 9	0,7	10 à 14	0,56		
PC	0,1 à 0,2 (3)	> 10	0,6	15 à 19	0,48		
Ventilation	1			20 à 24	0,43		
Climatisation	1			25 à 29	0,40		
Froid	1			30 à 34	0,38		
Ascenseurs et Monte charges (4)	Moteur le + puissant	1			35 à 39		0,37
	Moteur suivant	0,75			40 à 49		0,36
	Autres moteurs	0,6			> 50	0,34	

## Annexe 8 : Documentation technique des contacteurs.

## Contacteurs tripolaires avec raccordement par vis étriers

puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3 ( $\theta \leq 60^\circ\text{C}$ )								courant assigné d'emploi en AC-3 jusqu'à	contacts auxiliaires instantanés	référence de base à compléter par le repère de la tension (1) fixation (2)						
220 V	380 V				660 V	1000 V	440 V			vis	ressort	tensions usuelles				
kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	A			~	≡	BC (3)			
2,2	4	4	4	5,5	5,5			9			LC1 D09** (4)	LC1 D09** (4)	B7	P7	BD	BL
3	5,5	5,5	5,5	7,5	7,5			12			LC1 D12** (4)	LC1 D123** (4)	B7	P7	BD	BL
4	7,5	9	9	10	10			18			LC1 D18** (4)	LC1 D183** (4)	B7	P7	BD	BL
5,5	11	11	11	15	15			25			LC1 D25** (4)	LC1 D253** (4)	B7	P7	BD	BL
7,5	15	15	15	18,5	18,5			32			LC1 D32** (4)	LC1 D323** (4)	B7	P7	BD	BL
9	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5			38			LC1 D38** (4)	LC1 D383** (4)	B7	P7	BD	BL
11	18,5	22	22	22	30	22		40			LC1 D40** (4)		B7	P7	BD	
15	22	25	30	30	33	30		50			LC1 D50** (4)		B7	P7	BD	
18,5	30	37	37	37	37	37		65			LC1 D65**		B7	P7	BD	
22	37	45	45	55	45	45		80			LC1 D80**		B7	P7	BD	
25	45	45	45	55	45	45		95			LC1 D95**		B7	P7	BD	
30	55	59	59	75	80	75		115			LC1 D115**		B7	P7	BD	
40	75	80	80	90	100	90		150			LC1 D150**		B7	P7	BD	

(1) Tensions du circuit de commande préférentielles.  
Courant alternatif

vols	24	48	115	230	400	440	500
LC1 D09...D150 (bobines D115 et D150 antiparasitées d'origine)							
50/60 Hz	B7	E7	FE7	P7	V7	R7	
LC1 D40...D115							
50 Hz	B5	E5	FE5	P5	V5	R5	S5
60 Hz	B6	E6				R6	

**Annexe 9** : Organigramme explicative des entrées et des sorties de la chambre froide.