

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



**UNIVERSITE DE BLIDA 1  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE MECANIQUE**

**Projet de Fin d'Etudes  
Pour l'obtention du Diplôme de Master  
Spécialité : Installation énergétique et turbo machine**

**Étude des méthodes de dégivrage dans les installations frigorifiques et pompe à chaleur. Conception et réalisation d'un banc didactique**

**Réalisé par :**

MESSAOUDANE Rida

SAIDI Oussama

**promoteur :**

NEHAL kamal

**Promotion : 2023/2024**

---

---

## Résumé

### **Résumé :**

Cette note est le résultat du travail effectué dans le cadre du projet de fin d'année relatif aux méthodes de dégivrage des systèmes de refroidissement, qui est l'un des systèmes les plus importants au monde, nous abordons donc dans notre étude les épisodes les plus importants des systèmes de réfrigération, qui dépendent de plusieurs éléments de base sont le compresseur, le condenseur et l'évaporateur en plus du régulateur

Après avoir étudié certains systèmes de dégivrage et toutes les conclusions précédentes, nous sommes parvenus à la conception et à réalisation d'un système de refroidissement avec un système de dégivrage par résistance électrique à travers les étapes suivantes :

- Conception et réalisation du support
- Conception et réalisation des bacs d'eau
- Conception et réalisation de circuit hydraulique
- Conception et réalisation de circuit de gaz frigorigène
- Conception et réalisation de circuit électronique et électrique

Une fois la conception et réalisation de la maquette, nous corrigeons certains problèmes, nous testons une maquette de dégivrage au moyen de la résistance électrique et, à la fin, obtenons le résultat à atteindre, à savoir le dégivrage dans les systèmes de refroidissement au moyen de la résistance électrique, qui est l'une des nombreuses méthodes dans ce domaine.

**Les mots clés :** Machine frigorifiques, dégivrage, maquette, refroidissement.

### **Summary:**

This note is the result of the work carried out in the framework of the year-end project on defrosting methods of cooling systems, which is one of the most important systems in the world, so we address in our study the most important episodes of refrigeration systems, which depend on several basic elements are the compressor, the condenser and evaporator in addition to the regulator

After studying some of the de-icing systems and all Based on the previous conclusions, we have arrived at the design and realization of a cooling system with an electric resistance defrosting system through the following steps:

- Design and realization of the support
- Design and production of water tanks
- Design and production of hydraulic circuits
- Design and construction of refrigerant gas circuits
- Design and production of electronic and electrical circuits

Once the mock-up has been designed and produced, we correct some problems, test a de-icing mock-up by means of electrical resistance and, at the end, obtain the result to be achieved, which is defrosting in cooling systems by means of electrical resistance, which is one of the many methods in this field.

Keywords: Refrigeration machines, defrosting, mock-up, cooling

## Sommaire :

### Chapitre 1 : Machine frigorifique et pompe à chaleur :

Introduction générale.....	1
1.1 Introduction .....	2
1.2 Eléments de physique .....	2
1.2.1 Température .....	2
1.2.2 Chaleur .....	3
1.2.3 Puissance .....	3
1.2.4 Pression .....	3
1.2.5 Le changement d'état .....	3
1.3 Organes principaux d'une machine frigorifique et pompe à chaleur .....	4
1.3.1 principe de fonctionnement .....	5
1.3.2 Éléments constitutifs des machines frigorifiques et pompe à chaleur .....	5
a- Le compresseur .....	5
b- Le condenseur .....	5
c- Le détendeur .....	6
d- L'évaporateur .....	6
e- Thermostat .....	7
1.3.3 Le fluide frigorigène .....	7
1.3.4 Circulation de fluide frigorigène.....	7
1.4 Thermodynamique.....	8
1.4.1 Diagramme Enthalpique .....	8
1.5 Codification des fluides.....	9
1.5.1 Préfixes .....	9
1.5.2 Suffixes .....	9

### Chapitre 2 : Formation du givre dans les machines frigorifiques et pompes à chaleur :

2.1 Introduction .....	10
2.2 La formation du givre et ses causes .....	10

2.3 Le dégivrage.....	11
2.4 Les méthodes de dégivrage .....	11
2.4.1 Dégivrage par résistances électrique .....	11
2.4.2 Dégivrage par Inversion de cycle .....	12
2.4.3 Dégivrage par économiseur, .....	12
2.4.4 Dégivrage par gaz chaud.....	13
2.5 Stratégies du dégivrage .....	14
2.5.1 Perte de charge dans l'évaporateur.....	14
2.5.2 Température de surface des ailettes.....	14
2.5.3 Pincement dans l'évaporateur.....	14
2.5.4 Température du réfrigérant à la sortie de l'évaporateur.....	15
2.5.5 Température de surface d'ailettes.....	15
2.5.6 La régulation par horloge.....	15
<b>Chapitre 3 : instrumentation et régulation dans les machines frigorifiques et pompes à chaleur :</b>	
3.1 Introduction .....	16
3.2 Instrumentation .....	16
3.2.1 Le flotteur.. .....	16
3.2.2 capture température CTN.. .....	16
3.3 Appareille de sécurité.....	17
3.3.1 Pressostat.....	17
a-Pressostat haut pression.....	17
b-Pressostat basse pression.....	17
3.4 Types de Régulateurs et les horloges .....	18
3.4.1 Régulateurs de température- EKC 201 et EKC 301 .....	18
3.4.2 Régulateur de poste de froid avec horloge temps réel TAR 1380-2 .....	18
3.4.3 Régulateur pour le froid positif ou négatif Série MR55 0-2.. .....	19
3.4.4 Régulateur pour chambres froides AKC 72A .....	20
3.4.5 Régulateur de température- EKC 202D1.. .....	20
3.4.6 Régulateur de poste de froid EVP 1130 EVP 1130/ST .....	21
3.4.7 Horloge modulaire programmable hebdomadaire .....	22
3.4.8 Régulateur digital avec gestion du relais auxiliaire XR35CX.....	23

3.4.9 Horloge programmable numérique HPN2 .....	24
a-sécurité.....	24
b-caractéristiques techniques.....	25
c-description.....	25
d-dimensions et schéma branchement.....	26
<b>Chapitre 4 : Conception et réalisation d'un banc de Pompe à chaleur Avec système de dégivrage</b>	
4.1 Introduction.....	25
4.2 Cahier des charges.....	25
4.2.1 Le temps.....	25
4.2.2 Budget.....	25
4.2.3 Le banc Sécurité.....	25
4.2.4 Didactique.....	25
4.3 Conception du banc.....	25
4.3.1 Introduction.....	25
4.3.2 Présentation de quelques bancs didactiques .....	25
a- Échangeurs de chaleur dans le circuit de réfrigération.....	25
b- Installation frigorifique avec régulation de puissance.....	28
c- Banc réfrigération et climatisation.....	30
4.3.3 Présentation du maquet.....	31
4.3.4 Eléments et conception de maquette.....	32
4.4 Conception et réalisation du support de notre bon .....	34
4.4.1 Conception du support.....	34
4.4.2 Réalisation du support.....	34
4.5 Conception et réalisation des bacs d'eau .....	35
4.6 Conception de la ceinture des bac .....	35
4.7 Réalisation de ceinture des bacs.....	35
4.8 réalisation de circuits hydraulique....	36
4.9 Réalisation de circuits de gaz frigorifique.....	36
4.10 Réalisation de circuits électrique et électronique.....	37
a- Rôle de la carte électronique.....	41
b-Télécommande à infrarouge.....	42

c-Fonctionnement du système à réaliser .....	42
d-Mode froid.....	42
e-Fonctionnement de la télécommande.....	43
4.11 Câblage électrique de notre bon.....	45
4.12 Les tests de notre bon .....	47
4.12.1 Les tests de circuit hydraulique.....	47
4.12.2 Les tests de circuit électrique.....	47
4.12.3 Les tests de circuit de fluide frigorigène.....	49
4.13 Modifications apportées à notre banc.....	51
4.14 Mise on marche de notre banc.....	51
4.15 Comparaison entre un banc didactique et notre maquette.....	52
4.15.1 Pompe à chaleur MOD.F-PC/EV.....	52
4.15.2 Notre banc (maquette de dégivrage par résistance électrique) .....	54
a-Programme de formation .....	54
b-Données techniques .....	54
c-Alimentation .....	54
4.16 Digramme <b>enthalpique</b> .....	55
Calcule le cop	

## Liste des figures

### Chapitre 1

#### **Machine frigorifique et pompe à chaleur**

Figure 1.1 Changement d'état de l'eau .....	5
Figure 1.2 pompe à chaleur .....	6
Figure 1.3 machine frigorifique .....	6
Figure 1.4 Vues de compresseur hermétique.....	7
Figure 1.5 le Condenseur.....	7
Figure 1.6 Détendeur thermostatique.....	8
Figure 1.7 L'évaporateur.....	8
Figure 1.8 Thermostat mécanique.....	8
Figure 1.9 Schéma fluïdique d'une machine frigorifique.....	9
Figure 1.10 Diagramme enthalpique du cycle frigorifique.....	10

### Chapitre 2

#### **Formation du givre dans les machines frigorifiques et pompes à chaleur**

Figure 2.1 formation de givre dans les system froide.....	12
Figure 2.2 schéma de dégivrage résistance électrique.....	13
Figure 2.3 Schéma fluïdique pour une installation De réfrigération conventionnelle.....	14
Figure 2.4 Schéma fluïdique pour une installation de climatisation réversible.....	14
Figure 2.5 Cycle de dégivrage par économiseur, installation prototype du laborant ire d'Énergétique Industrielle à l'EPF Lausanne.....	
Figure 2.6 Dégivrage par gaz chaud.....	16

### Chapitre 3

#### **Instrumentation et régulation dans les machines frigorifiques et pompes à chaleur :**

Figure 3.1 Le Flotter.....	19
Figure 3.2 Capture température CTN.....	19
Figure 3.3 Pressostat haut pression.....	20
Figure 3.4 Pressostat basse pression.....	20
Figure 3.5 Régulateurs de température- EKC 201 et EKC 301.....	21
Figure 3.6 Régulateur de poste de froid avec horloge temps réel TAR 1380-2.....	21



Figure 3.7 le schéma de câblage de Régulateur TAR 1380-2.....	22
Figure 3.8 Régulateur MR55.....	22
Figure 3.9 de câblage de Régulateur MR55.....	23
Figure 3.10 Régulateur pour chambres froides AKC 72A.....	23
Figure 3.11 Régulateur de température- EKC 202D1.....	24
Figure 3.12 schéma de câblage de Régulateur de température- EKC 202D1.....	24
Figure 3.13 Régulateur de poste de froid EVP 1130 EVP 1130/ST.....	25
Figure 3.14 schéma de câblage de Régulateur de poste de froid EVP 1130 EVP 1130/ST....	25
Figure 3.15 Horloge modulaire programmable hebdomadaire.....	26
Figure 3.16 Schéma de câblage d'Horloge modulaire programmable hebdomadaire.....	26
Figure 3.17 Régulateur digital avec gestion du relais auxiliaire XR35CX.....	26
Figure 3.18 Schéma de câblage de Régulateur digital auxiliaire XR50CX.....	27
Figure 3.19 Horloge programmable numérique HPN2.....	27
Figure 3.20 Dimension et câblage d'horloge programmable HPN2..	

## **Chapitre 4**

### **Conception et réalisation d'un banc de Pompe à chaleur Avec système de dégivrage**

Figure 4.1 Échangeurs de chaleur dans le circuit de réfrigération.....	35
Figure 4.2 Installation frigorifique avec régulation de puissance.....	37
Figure 4.3 Banc réfrigération et climatisation.....	39
Figure 4.4 Schéma de l'installation d'une pompe à chaleur avec système de dégivrage.....	41
Figure 4.5 Conception du support .....	43
Figure 4.6 Conception de ceinture des bacs .....	48
Figure 4.7 outil de matriçage de réfrigération pour les tuyaux de cuivre.....	52
Figure 4.8 le condenseur après le processus d'installation.....	53
Figure 4.9 le circuit de gaz de refroidissement.....	54
Figure 4.10 la connexion du pressostat au compresseur.....	54
Figure 4.11 les voyants .....	
Figure 4.12 résistons électrique.....	
Figure 4.14 horloge numérique .....	
Figure 4.15 la carte électronique .....	

Figure 4.16 disjoncteur.....	56
Figure 4.17 l'installation des prises électriques et les voyants.....	56
Figure 4.18 pliage du support de résistance électrique.....	57
Figure 4.19 perçage du support de résistance électrique.....	57
Figure 4.20 l'état final du support de résistance électrique.....	57
Figure 4.21 Installation d'une résistance électrique à l'intérieur d'un réservoir.....	58
Figure 4.22 le support du flotteur.....	58
Figure 4.23 l'installation du flotteur.....	58
Figure 4.24 l'installation de la carte électronique.....	59
Figure 4.25 Télécommande adapte à notre carte électronique.....	61
Figure 4.26 Découpage de plexiglas.....	61
Figure 4.27 Processus Essuyez un morceau de plexiglas.....	62
Figure 4.28 Carte électronique après installation plexiglas.....	62
Figure 4.29 capture de température CTN.....	62
Figure 4.30 Schéma de l'installation d'une pompe à chaleur avec système de dégivrage.....	63
Figure 4.31 plan câblage électrique de notre banc.....	63
Figure 4.32 opération de Câblage électrique.....	64
Figure 4.33 La fin du processus de Câblage électrique.....	65
Figure 4.34 Les tests de circuit hydraulique.....	65
Figure 4.35 test de circuit électrique.....	66
Figure 4.36 test de circuit électrique de notre maquette.....	66
Figure 4.37 Le processus d'inspection d'un circuit de réfrigérant.....	67
Figure 4.38 un manomètre.....	68
Figure 4.39 Remplissage de gaz 410 A.....	68
Figure 4.40 Mesure du volume de gaz.....	68
Figure 4.41 L'apparition de bulles savonneuses.....	69
Figure 4.42 Soudage de tuyaux en cuivre.....	70
Figure 4.43 Pompe à chaleur MOD.F-PC/EV.....	72
Figure 4.44 Une maquette de dégivrage par résistance électrique.....	74
Figure 4. 45 : Diagramme enthalpique de R 134a	

## **Bibliographie :**

### **Ouvrage :**

-Installations Frigorifiques Ecole supérieure de Technologie (EST) de Fès Pr. Said HAM-DAOUI [1]

-Gean macé apprentissage en BAC pro TFCA et BTS FEEopt.c [6]

Pompe à chaleur bi étagée à haute performance Préparé par Michele Zehnder, Daniel Favrat --  
-Laboratoire d'énergétique industrielle Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne Décembre 1999 [7]

-JOHNSON Controls régulateur pour le froid positif ou négatif série MR 55

-ELREHA électronique regelungen GAMB notice technique 5311439-00\05F Types EVP1130 EVP1130ST [15]

### **Thèses :**

Mr GRIBISSA Aghilas Commande domotique d'un climatiseur. Le 29 /09/ 2016 devant le jury composé de [3]

### **Sites et liens consultés :**

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Pompe\\_à\\_chaleur](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pompe_à_chaleur)[2]

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Fluide\\_frigorigène](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fluide_frigorigène)[4]

<https://www.watteo-le-givre.fr> [5]

<https://www.abcclim.net/fonctionnement-degivrage-gaz-chauds.html>[8]

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Pressostat>[9]

<https://manuals.fr/manual/490970/danfoss-ekc-201.html>[10]

<https://www.elreha-france.fr/wp-content/uploads/2021/12/tar1380-2.pdf>[11]

<https://soluclim.com/acheter/froid-commercial-regulateur-johnson-controls-regulateur-mr55-pm230>[12]

<https://www.manualslib.fr/manual/586048/Danfoss-Ekc202D1>[14]

<https://www.adeo.com/leroy-merlin>[16]

<https://www.copeland.com/documents/xr35ch-fr-fr-3843052.pdf> [17]

[https://systemes-didactiques.fr/img/produit/cache/imgs\\_gu.GUET422.jpg](https://systemes-didactiques.fr/img/produit/cache/imgs_gu.GUET422.jpg)[18]

<https://fr.didactic-equipment.com>[19]

<https://sunlabtech.com/basic-refrigeration-and-air-conditioning-training-system/>[20]

### **Introduction générale :**

La réfrigération est devenue un phénomène physique important dans notre société, utilisée dans un grand nombre de secteurs et sous de nombreuses formes (conservation des denrées périssables, climatisation, réfrigération des processus industriels, etc.).

Cependant, la recherche moderne et la technologie informatique se sont poursuivies afin d'inventer de nouvelles façons de produire de la réfrigération.

Les machines de refroidissement actuelles sur le marché algérien sont très efficaces en termes de consommation d'énergie, grâce à la technologie qui permet de refroidir divers objets sans apparition de glace, après quoi il y a des problèmes tels que la diminution du rôle de la machine et la consommation de plus d'énergie.

L'objectif de notre travail est de concevoir de nouvelles façons de dégivrer divers systèmes de refroidissement en utilisant

Cette thèse est organisée en quatre chapitres à travers lesquels la moitié du travail effectué pour concevoir et réaliser notre système.

Dans le premier chapitre, nous présentons le fonctionnement général de la réfrigération et ses caractéristiques

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté la glace et les causes de sa présence dans les systèmes de réfrigération et ses résultats, puis les méthodes d'élimination et les stratégies utilisées dans ce domaine.

Le troisième chapitre présente les dispositifs utilisés dans le fonctionnement du système et leurs caractéristiques en plus des méthodes de connexion

Dans le dernier chapitre, présente les étapes de conception et réalisation du système et développe un plan pour la mise en place du projet, et celui-ci est basé sur les chapitres précédents Nous concluons notre travail par une conclusion générale et les perspectives.

### 1.1 Introduction :

Le froid trouve de nombreuses applications dans des domaines très variées (industries agroalimentaires, médecine, confort thermique,...) et c'est dans le domaine alimentaire que le froid occupe une place prépondérante car il permet de limiter les gaspillages (pertes après récolte...) et de prolonger la durée de conservation des produits. Ainsi, l'objectif du froid est de maintenir la qualité originale des produits.

L'avancée technologique de nos jours qui autorise un contrôle plus précis de la température de l'humidité permet d'améliorer la production du froid. Malgré que les appareils de réfrigération Leur principe de « production » de froid est identique. Les traitements thermiques à basse température (le froid) seront étudiés dans le cadre de ce cours.

Modes de production de froid : obtenue suivant plusieurs modes Nous citons à titre d'exemple

La vaporisation d'un liquide permet de produire du froid par l'absorption de la chaleur à travers un échangeur (évaporateur), la vapeur produite étant ultérieurement liquéfiée dans un autre échangeur (condenseur), le fluide décrit ainsi un cycle au sein d'une machine fonctionnant de manière continue.

La vaporisation d'un liquide en circuit fermé reste la méthode la plus utilisée pour la production du froid.

✓la fusion de ✓la détente d'un gaz comprimé ✓la vaporisation d'un liquide en circuit fermé [1]

#### Machine frigorifique :

La production de froid pour les besoins domestiques, commerciaux et industriels nécessitent l'utilisation d'un dispositif capable d'extraire de la chaleur du milieu à refroidir pour la rejeter dans un milieu dit extérieur, ce dispositif qui obéit nécessairement au second principe de la thermodynamique est appelé « Machine frigorifique et pompe à chaleur ». [1]

### 1.2. Eléments de physique :

#### 1.2.1 Température :

Le chaud et le froid sont appréciés par des sensations d'où une évaluation irrationnelle de ces grandeurs. Ainsi, il a été défini la température qui permet une objectivité des mesures.

Les températures dans le S.I. sont exprimées en °C (degrés Celsius) mais dans la littérature, on rencontre les degrés Fahrenheit (°F) et les degrés Kelvin (°K) [1]

La température caractérise le niveau auquel la chaleur se trouve dans un corps permettant ainsi de dire qu'un corps est plus ou moins chaud qu'un autre.

#### 1.2.2 Chaleur :

La chaleur est une forme d'énergie (énergie de mouvement des molécules) qui va d'un point chaud (température plus élevée) vers un point froid (température moins élevée).

C'est la sensation perçue par nos organes de sens lorsque nous sommes placés devant le feu ou devant un corps incandescent en général. [1]

L'unité légale de la chaleur est le Joule (J) mais la kcal (kilocalorie) est également

. 1kcal = 4,182 kJ

**1.2.3 Puissance :**

La puissance est le rapport de l'énergie fournie ou absorbée sur l'unité de temps. L'unité légale est le Watt (W)

**1.2.4 Pression :**

La pression est l'application d'une force sur une surface.

L'unité légale de la pression est le Pascal (Pa), toutefois plusieurs autres unités sont couramment utilisées :

Le bar 1 bar = 100 000 Pa

L'Atmosphère 1 ATM = 1,013 bar

Le torr (mm Hg) 1 ATM = 760 mm Hg

Pression relative : C'est la pression lue au manomètre. Pression qui règne à partir de la pression atmosphérique

Pression absolue : la pression est dite absolue lorsqu'elle est mesurée par rapport au vide

P absolue

P. relative

Atmosphérique

**1.2.5 Le changement d'état :**

Un corps physique peut prendre 3 états :

Solide, liquide ou gazeux.

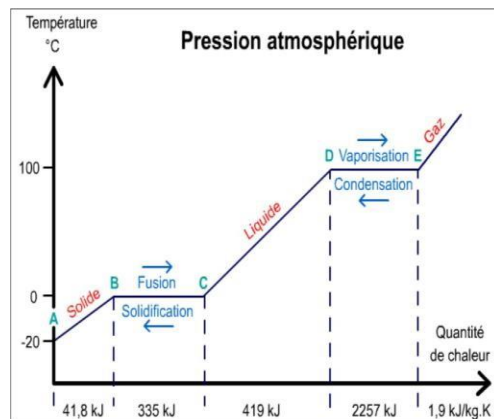
Le passage d'un état physique à l'autre s'appelle changement d'état.

La vaporisation : c'est le passage de l'état liquide à l'état gazeux. Ce changement d'état s'obtient en apportant de la chaleur au corps que l'on désire faire changer d'état. Pour l'eau, on dira qu'elle bout. La condensation : C'est le passage de l'état gazeux à l'état liquide. Pour réaliser ce changement d'état, le corps doit céder de la chaleur. [1]

**Exemple de l'eau :**

Si nous partons d'un bloc de glace de 1kg à -20°C, sous pression atmosphérique, et que nous le chauffons. Nous allons rencontrer plusieurs étapes fondamentales dans la transformation de ce bloc de glace...

Chaleur latente nécessaire pour évaporer l'eau à P (1 ATM) (kJ/kg)	Chaleur sensible nécessaire pour chauffer l'eau liquide de 1°C (kJ/kg°C)
2257	4,18



**Figure 1.1 Changement d'état de l'eau**

La quantité de chaleur absorbée durant l'évaporation est équivalente au fait d'avoir élevé la température de l'eau d'environ 538°C.

**Remarque :**

Plus la pression est élevée plus la température du changement

D'état augmente. Fig. (1,2)

Exemple : à 1,5 bar l'eau bout à 110°C. À

**1.3 Organes principaux d'une machine frigorifique et pompe à chaleur :**



**Figure 1.2 : pompe à chaleur**



**Figure 1.3 : machine frigorifique**

Une pompe à chaleur (PAC), aussi appelée thermopompe en français canadien<sup>1</sup>, est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique (anciennement « calories ») d'un milieu à basse température (source froide) vers un milieu à haute température (source chaude). Ce dispositif permet donc d'inverser le sens naturel du transfert spontané de l'énergie thermique. [2]

Selon le sens de fonctionnement du dispositif de pompage, une pompe à chaleur peut être considérée comme un système de chauffage, si l'on souhaite augmenter la température de la source chaude, ou de réfrigération, si l'on souhaite abaisser la température de la source froide. Pour la production de froid, le procédé est à la base la quasi-totalité des climatiseurs et

réfrigérateurs. Pour la production de chaleur, le procédé diffère du chauffage classique, dans lequel un corps est chauffé (par effet Joule, par combustion, ou par tout autre procédé).

Lorsque le dispositif de pompage fournit simultanément chauffage et réfrigération, le système est une thermo frigo pompe.

Les pompes à chaleur sont considérées par divers experts comme l'une des solutions à court terme pour réduire les émissions provenant de la consommation des logements domestiques<sup>2</sup><sup>3</sup>. Selon une étude rapportée par les magazines spécialisés *illumine* et *Cool Product EU*, 81% des utilisateurs domestiques se déclarent satisfaits de cette technologie pour leur habitation [5] La machine frigorifique et pompes à chaleurs à compression de vapeur est composée de 4 organes principaux qui sont [1] :

### Source froide :

On appelle source froide la source où l'on va capter la chaleur ou l'énergie.

### Source chaude :

On appelle source chaude la source où l'on va restituer la chaleur

(Énergie) récupérer dans la source froide.

### **1.3.1 Principe de fonctionnement :**

Le principe de fonctionnement d'une machine frigorifique pompe à chaleur est celui d'un réfrigérateur inversé (dans le cas commun du chauffage, tandis que la climatisation suit le même fonctionnement). Au lieu d'extraire la chaleur d'une enceinte fermée pour la refroidir, la pompe à chaleur extrait la chaleur de l'environnement pour la transférer dans une maison

### **1.3.2 Eléments constitutifs de la machine frigorifique et pompe à chaleur :**

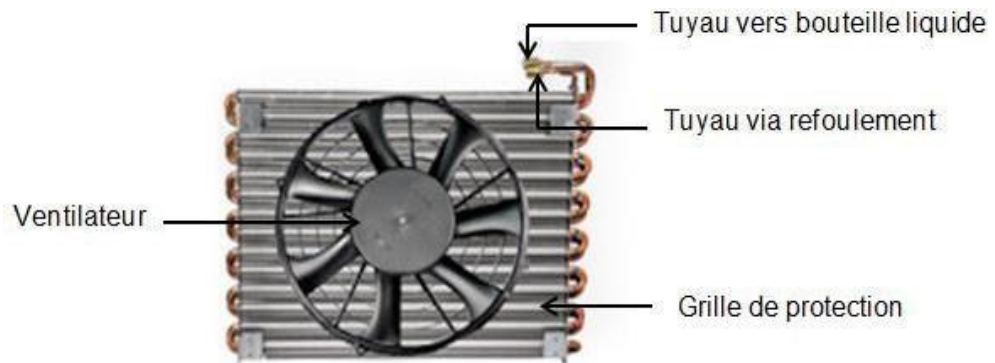
**a- Le compresseur :** aspire le fluide frigorigène gazeux (à bas niveau de température et de pression) issu de l'évaporateur, Fig. (1.5) [1]



**Figure 1.4 : Vues de compresseur hermétique**

**b- Le condenseur :** est un échangeur de chaleur qui va permettre l'évacuation de la chaleur contenue dans le FF gazeux issu du compresseur en le liquéfiant. Cette condensation est effectuée à pression constante par le refroidissement du FF gazeux. Fig. (1.6) [1]





**Figure 1.5 : le Condenseur**

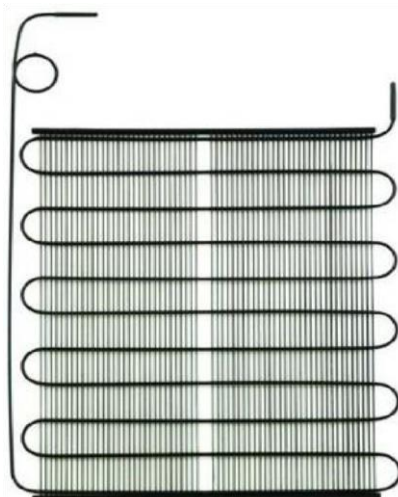
**c- Détendeur thermostatique** : permet de réduire la pression du FF liquide (création de pertes de charge) issu du condenseur avant son introduction dans l'évaporateur dans le but de permettre sa vaporisation à basse température dans l'évaporateur, fig. (1.7) [1]



**Figure 1 .6 : Détendeur thermostatique**

**d- L'évaporateur** : est un échangeur de chaleur dans lequel le FF liquide à bas niveau de température et de pression va absorber la chaleur du milieu à refroidir (air ou eau) à pression constante devenant ainsi gazeux

Fig. (1.8) [1]



**Figure 1.7 : L'évaporateur**

**e-Le thermostat :**

Par définition, un thermostat est un appareil qui est sensible aux variations de température et qui, à une température préréglée, active ou désactive un système mécanique ou électrique. Ces températures peuvent être réglées une fois pour toutes en usine, ou être ajustables par l'utilisateur. Le thermostat met le compresseur en route quand la température à l'intérieur de l'enceinte atteint un seuil préréglé, et l'arrête lorsque la température intérieure de l'enceinte atteint le seuil inférieur ou supérieur préréglé.



**Figure 1.8 : Thermostat mécanique**

**1.3.3 Le fluide frigorigène :**

Un fluide frigorigène ou réfrigérant est un fluide pur ou un mélange de fluides purs pouvant être présents en phase liquide, gazeuse ou les deux à la fois en de la température et de la pression de celui-ci. La principale propriété des fluides frigorigènes est de s'évaporer à une faible température sous pression atmosphérique. Les fluides frigorigènes sont utilisés dans les systèmes de production de froid comme la climatisation, la réfrigération, la congélation.[3] On distingue parmi les gaz réfrigérants différentes catégories de molécules :

- Les frigorigènes anciens (ou naturels) :  $\text{NH}_3$ , hydrocarbures,  $\text{CO}_2$ ,
- Les chlorofluorocarbures (CFC) : R11, R12, R13, R113, R114, R115,
- Les hydro-chlorofluorocarbures (HCFC) : R22, R21, R142b, R123, R124, R141b.
- Les hydrofluorocarbures (HFC) : R134a, R23, R125, R143a, R404a, R407b.
- La frigorigène zoé tropes : mélanges qui voient changer leur composition volumétrique et leur température de saturation lorsqu'ils s'évaporent et se condensent à pression constante. Les numéros sont chronologiques par ordre d'apparition. Par exemple : R407, R408, R409. -Les frigorigènes azéotropes (contraire de zoé tropes) : R410A, R410c, R502, R507.
- Les frigorigènes quasi-azéotropes (mélange zoé trope avec un glissement de température et une modification de la composition) et qui, par conséquent, se comportent comme un azéotrope : R404a.

**1.3.4 Circulation du fluide frigorigène :**

Afin d'améliorer la production du froid, le fluide frigorigène subit plusieurs transformations thermodynamiques dont le détail est donné dans la figure suivante [3] :

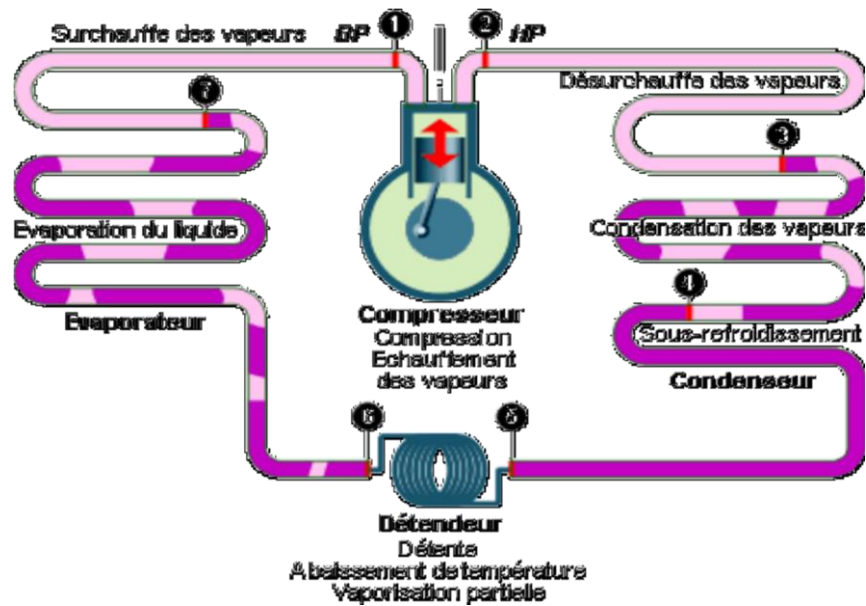


Figure 1.9 : Schéma fluide d'une machine frigorifique

Dans le compresseur : le fluide frigorigène arrive à l'entrée du compresseur à l'état gazeux, sous basse pression et basse température. La compression permet d'élever sa pression et sa température. En théorie, la compression est adiabatique (ou isentropique). En pratique, la compression est plutôt poly tropique

Dans le condenseur : La condensation du fluide se fait par refroidissement. Ainsi, le gaz chaud venant du compresseur cède sa chaleur à l'eau ou à l'air du circuit extérieur. Les vapeurs de fluide frigorigène se refroidissent ("désurchauffe"), puis le fluide se liquéfie, c'est la condensation proprement dite. Le fluide liquide se refroidit encore de quelques degrés (sous refroidissement) avant de quitter le condenseur.

Dans le détendeur : le fluide subit une détente enthalpique. 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.

Dans la tuyauterie d'aspiration, le fluide continue à s'échauffer légèrement. La somme de ces deux augmentations de température est appelée la surchauffe totale du fluide frigorigène.

## 1.4 THERMODYNAMIQUE :

### 1.4.1 Diagramme Enthalpique :

Le diagramme enthalpique, aussi appelé diagramme de Molliere, est une notion importante dans la compréhension du cycle frigorifique. Il s'agit d'un graphique spécifique à chaque fluide exprimant son niveau de saturation pression-température sous forme de cloche

Ce diagramme permet de suivre l'évolution au cours

Des transformations de la pression, la température,

L'enthalpie, l'entropie, le volume massique et

Le mélange liquide- vapeur d'un FF dans un système frigorifique [1]

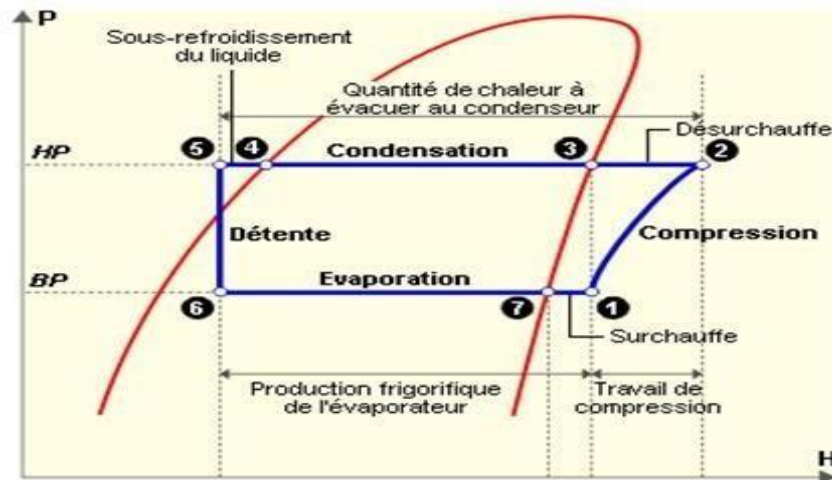


Figure 1.10 : Diagramme enthalpique du cycle frigorifique

### 1.5 Codification des fluides :

Un code d'identification est attribué à chaque fluide frigorigène. Il comprend un préfixe constitué des lettres et un suffixe constitué de chiffres. [4]

#### 1.5.1 Préfixes :

Le préfixe est constitué de la lettre R (pour le mot anglais Réfrigérant). Exemples : R22, R134a, R600a, R717

#### 1.5.2 Suffixes :

Hydrocarbures et dérivés

Le premier chiffre en partant de la droite (chiffre des unités) indique le nombre d'atomes de fluor (F). Le deuxième chiffre en partant de la droite (chiffre des dizaines) représente le nombre d'atomes d'hydrogène (H) plus 1. Le troisième chiffre en partant de la droite (chiffre des centaines) indique le nombre d'atomes de carbone (C) moins 1 (si ce chiffre est nul

**Exemple :** le RC318 (octafluorocyclobutane – C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>)

Dans le cas des isomères de la série éthane, chacun possède le même numéro. Le plus symétrique d'entre eux est indiqué par le numéro seul. L'asymétrie des isomères est repérée suivant son importance par l'adjonction successive de lettres minuscules (a, b, c). Exemple

## 2.1 Introduction :

La formation de givre est un phénomène courant et il est généralement normal d'en voir apparaître sur les parois de son réfrigérateur, de son congélateur ou même certains modèles de GLASIERE ELECTRIC [5]



**Figure 2.1 : Formation de givre dans les system froide**

## 2.2 La formation du givre et ses causes :

L'apparition de givre est due au phénomène de condensation, appelé rosée, qui se forme avec une température inférieure à **0c**. Ce phénomène peut se produire dans tous types d'appareils ayant pour fonction de maintenir froid, peu importe la technologie utilisée : Statique ou Brasse. La formation du givre se fait sur la paroi du fond d'un réfrigérateur mais également dans le congélateur, lorsque le compresseur de l'appareil est en fonctionnement.

Cependant, le givre fonctionnant comme un isolant, plus la couche sera épaisse, plus les températures vont augmenter et seront difficiles à faire redescendre. Le compresseur d'un appareil réfrigérant se met en marche lorsque la température est trop élevée et travaille jusqu'à ce qu'elle soit redescendue au niveau attendu.

Un givrage trop important va donc entraîner une surcharge d'activité pour le compresseur en réduisant ainsi son efficacité et sa durée de vie,

La formation de glace est donc un phénomène normal pour la plupart des appareils frigorifiques. Cependant, si sa formation est régulière et excessive, elle peut empêcher le bon fonctionnement de vos appareils et réduire la durée de vie de vos équipements.

Les causes de givrage peuvent être liées à votre utilisation des appareils, ou à des dysfonctionnements techniques. Pour prévenir au mieux la formation de glace sur vos appareils, il est donc nécessaire d'optimiser leur utilisation et de contrôler les équipements [5]

Et Les causes d'utilisation :

Le givre est provoqué par l'humidité de l'air et n'est donc pas forcément lié à une anomalie technique. La manière dont vous utilisez vos appareils peut aussi affecter leur fonctionnement et provoquer ce phénomène

- ouvrir les appareils trop fréquemment ;
- laisser les appareils ouverts trop longtemps (pour les remplir par exemple)
- mal refermer les appareils ;

- surcharger les appareils (cela empêche l'air de circuler et l'appareil ne peut pas fonctionner correctement)
- Surcharger les appareils (cela empêche l'air de circuler et l'appareil ne peut pas fonctionner correctement) ;
- remplir avec des aliments non-refroidis ;
- régler le thermostat sur une température trop élevée ;
- stocker des aliments en dehors des espaces réservés (fruits et légumes hors du bac)

Une formation récurrente de gel peut également être causée par un dysfonctionnement ou une mauvaise installation De certaines pièces du circuit de réfrigération [5]

### 2.3 Le dégivrage :

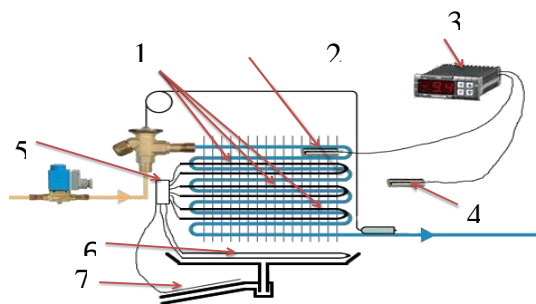
Le dégivrage est l'action d'enlever le givre. Plusieurs types peuvent être distingués : dégivrage, une procédure pour améliorer l'efficacité des congélateurs et réfrigérateurs ; dégivrage des aéronefs pour permettre leur décollage.

#### 2.4 Les méthodes de dégivrages :

Lorsque du givre se forme dans les systèmes de refroidissement, ce dernier réduit les performances de ces systèmes en plus d'autres problèmes, qui nécessitent des méthodes et des solutions pour s'en débarrasser, qui sont les suivants :

##### 2.4.1 Dégivrage par résistances électrique :

C'est la technique de dégivrage la plus utilisée pour les petites et moyennes puissances. Les résistances électriques sont placées au niveau de la section d'échange de l'évaporateur (les épingles chauffantes sont fixées parallèlement aux tubes généralement) et la mise en route de la séquence de dégivrage est généralement pilotée par une horloge et son arrêt commandé par un thermostat d'évaporateur (sonde placée entre les ailettes de l'évaporateur) ou lorsque le temps de dégivrage prévu est épuisé. Figure(2,2) [3]



**Figure 2.2 : schéma de dégivrage résistance électrique**

- 1 Résistances de dégivrage
- 2 sondes de fin de dégivrage
- 3 thermostats électroniques
- 4 sondes d'ambiance
- 5 boîtiers de raccordement électrique
- 6 Résistance de bac

## 7 Résistance découlement

L'utilisation d'un thermostat électronique facilite énormément la conception du schéma électrique

### 2.4.2 : dégivrage par inversion de cycle :

Un dégivrage par inversion de cycle est testé après adaptation du stand d'essai. La configuration de test ne permet pas une inversion de cycle standard. Le dégivrage se fait également à l'aide du compresseur de l'étage du haut et à travers des conduites de bypass. Sur le schéma le cycle est représenté comme suit : Figure (2.3) (2.4) [7]

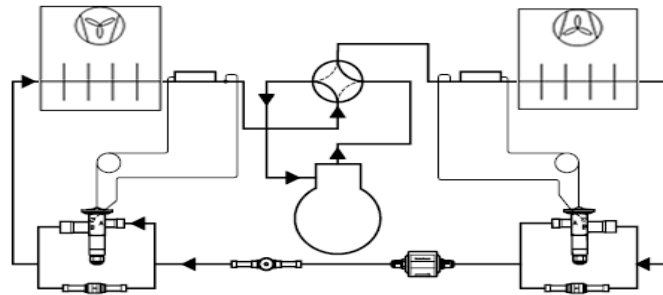


Figure 2.3 : Schéma fluidique pour une installation De réfrigération conventionnelle

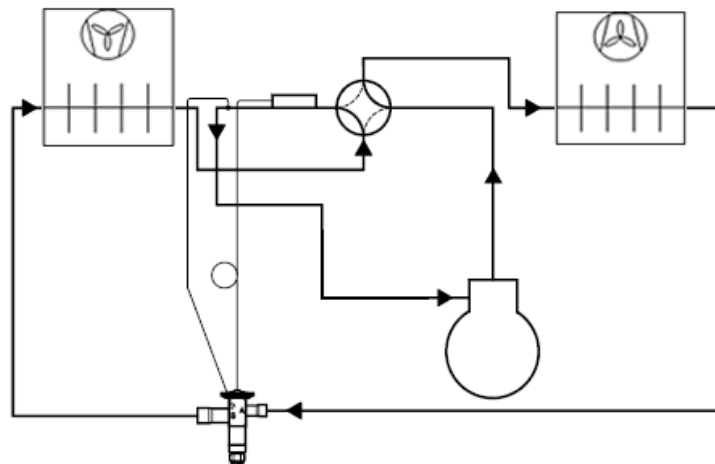
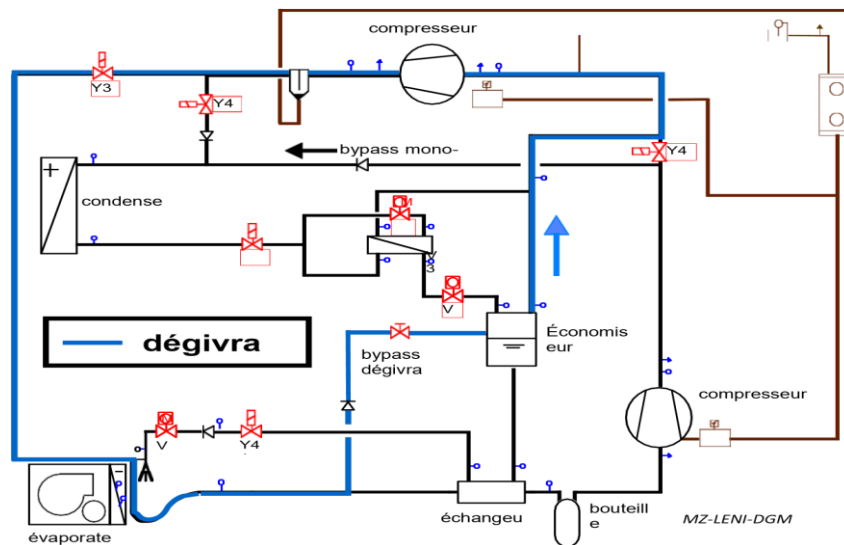


Figure 2.4 : Schéma fluidique pour une installation de climatisation réversible utilisant un détendeur thermostatique bidirectionnel

### 2.4.3 Dégivrage par économiseur :

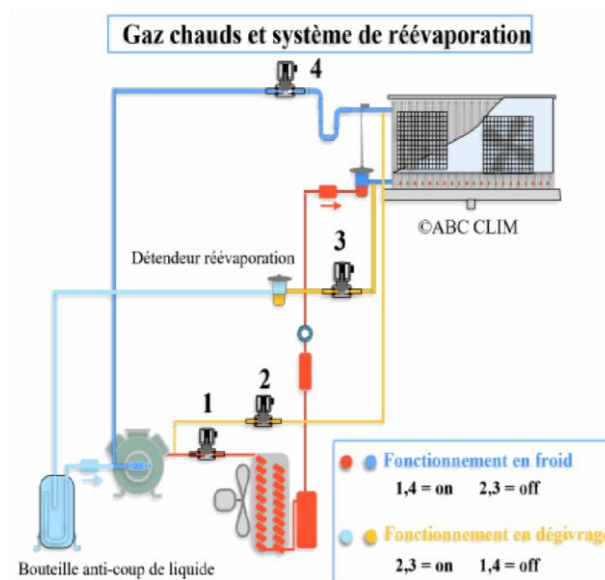
Plusieurs étapes composent une séquence de dégivrage par économiseur Figure (2.5) et plusieurs options doivent être étudiées afin de pouvoir réduire à la fois la durée de dégivrage ainsi que l'énergie électrique consommée par le compresseur restant en marche .Figure (2.5) [7]



**Figure 2.5 : Cycle de dégivrage par économiseur, installation prototype du laborant ire d’Energétique Industrielle à l’EPF Lausanne**

#### 2.4.4 Dégivrage par gaz chaud :

Le principe du dégivrage par gaz chauds consiste à utiliser les gaz surchauffés par le travail de compression (refoulement) pour les injecter directement dans l'évaporateur à dégivrer. Il existe plusieurs méthodes de raccordement pour ce type de dégivrage cependant quel que soit le schéma frigorifique de raccordement le compresseur reste en fonctionnement tandis que les ventilateurs évaporateur et de condenseur sont à l'arrêt. La marche et l'arrêt du dégivrage sont régulés par des sondes placées dans l'évaporateur, la température de fin dégivrage se situe aux alentours des 5°C. [8]



**Figure 2.6 : Dégivrage par gaz chaud**



## 2.5 Les stratégies de dégivrage :

L'optimisation et la comparaison du dégivrage se base sur les grandeurs suivantes Baisse relative du COP intégral :

Réduire la consommation d'énergie électrique pendant un cycle de dégivrage. Pour dégivrer une même quantité de givre, il faut donc faire recours à des sources thermiques disponibles, tel que l'eau de chauffage ou l'eau chaude sanitaire (si intégrée dans la pompe à chaleur).

Temps relatif de dégivrage ainsi que fréquence de dégivrages :

La réduction de la puissance moyenne de chauffage est directement liée à la durée relative des dégivrages par rapport au fonctionnement en chauffage. Un dégivrage rapide sera surtout exigé pour les conditions

Externes nominales (température externe minimale), ainsi comme critère de confort pour les utilisateurs (si par exemple une préparation d'eau chaude sanitaire en ligne est prévue).

La limitation du nombre d'interruptions du mode de chauffage, permet une durée de vie de la pompe à chaleur prolongée.

Le choix du paramètre qui représente l'état de la couche de givre dans l'évaporateur peut être multiple. En utilisation industrielle il faut choisir un paramètre robuste et assez sensible.

Plusieurs choix pour le lancement du dégivrage peuvent être faits [5] :

### 2.5.1 Perte de charge dans l'évaporateur :

La mesure de cette grandeur peut provoquer des problèmes de dérive lorsqu'il y a risque de bouchonnement par des impuretés (feuilles, animaux, ...) ou par des variations de pression causées par les vents externes. L'utilisation au laboratoire cependant ne cause aucun danger de dysfonctionnement et va être considéré en premier.

### 2.5.2 Température de surface des ailettes :

La différence de température entre le capteur sur les ailettes et la température de l'air indique bien si une couche de givre (= isolation thermique) s'est formée. Comme l'uniformité de la couche de givre n'est pas donnée sur la surface de l'évaporateur, il faut bien vérifier le placement du capteur de température.

### 2.5.3 Pincement dans l'évaporateur :

La couche de givre provoque un blocage du transfert de chaleur qui se traduit par une diminution de l'efficacité de l'échangeur. Par conséquent il y a une augmentation de l'écart de température minimal, dit *pincement*. Pour détecter ce pincement il faudra en général une prise de température de l'air sortant ainsi que le calcul de la température de saturation correspondante à la pression d'évaporation.

Les critères cités, sans oublier le critère le plus primitif : l'horloge, doivent être "étalonnés" soigneusement et vérifiés.

L'évolution mesurée des différents paramètres montre que la perte de charge est la grandeur la plus sensible. Les autres paramètres ne subissent pas une augmentation aussi prononcée. Vu l'évolution du COP pendant un régime stationnaire plus long une prolongation de la durée de cycle est souhaitée. La configuration actuelle sur l'installation prototype ne permet pas un dégivrage efficace pour un cycle plus long de 35 minutes pour le dégivrage par économiseur.

La durée du dégivrage est principalement déterminée par la libération de la batterie du givre. Pour une optimisation le choix du point d'arrêt est important. Il faut donc trouver des grandeurs mesurables du moment d'arrêt.

### **2.5.4 Température du réfrigérant à la sortie de l'évaporateur :**

Pendant le dégivrage de la batterie un film liquide d'eau ruisselle sur les tubes et refroidit le réfrigérant jusqu'à une température proche de zéro degré. A la fin une grande partie de l'évaporateur est libérée et le transfert de chaleur est diminué ce qui provoque une augmentation de la température de sortie du réfrigérant. Par observations visuelles (une caméra est installée dans la gaine d'air) un seuil de température peut être défini.

### **2.5.5 Température de surface d'ailettes :**

Cette mesure indique directement si la surface est localement libérée d'une couche de givre. Il est cependant difficile de bien placer la sonde pour avoir une représentation globalement fiable. L'application pratique demande un placement choisi soigneusement et adapté à la géométrie du raccordement sur place.

Optimisation globale par microprocesseur, En combinaison avec les critères instantanés, qui généralement sont étalonnés en usine, le calcul du bilan énergétique par cycle de chauffage permet d'optimiser les grandeurs limites imposés sur site et en cours de fonctionnement

### **2.5.6 La régulation par horloge :**

Cette méthode de dégivrage continu est la méthode la plus simple, la plus pratique et la plus courante des anciennes installations. Pour que horloge numérique exécute un système de dégivrage selon la méthode utilisée et ce dans un certain laps de temps avant et choisissez les jours et les heures appropriés pour cela

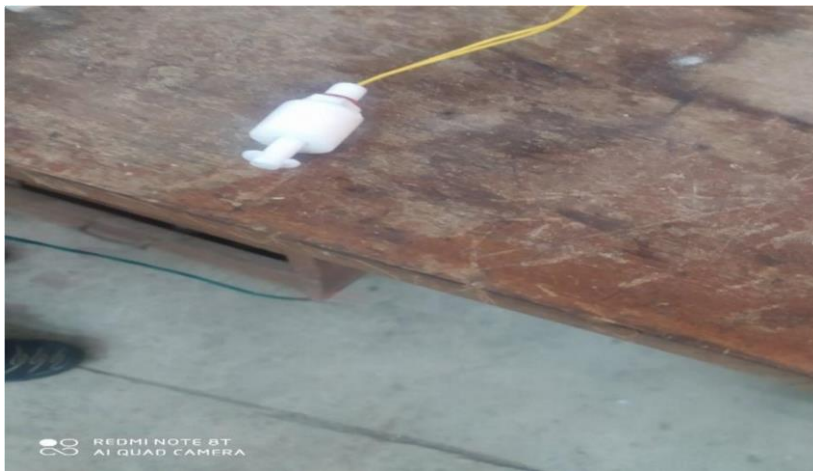
### 3.1 Introduction :

La régulation est essentielle pour les circuits frigorifiques et permet de nombreuses actions nécessaires au fonctionnement du système. La régulation peut également compenser un certain nombre de mauvais fonctionnements liés à la conception ou à la mise en œuvre de ces circuits. Toute fois l'objectif principal est d'adapter au plus proche la production aux besoins

### 3.2 Instrumentation :

#### 3.2.1 Le flotteur :

Le flotteur est un dispositif mécanique qui constitue le capteur de niveau dans le réservoir



**Figure 3.1 : Le Flotter**

#### 3.2.2 Capture température CTN :

CTN (Coefficient de Température Négatif, en anglais NTC, Negative Temperature Coefficient) sont des thermistances dont la résistance diminue, de façon relativement uniforme, quand la température augmente, et vice-versa.



**Figure 3.2 : Capture température CTN**

### 3.3 Appareille de sécurité :

#### 3.3.1 Pressostat :

Un pressostat est un dispositif détectant le dépassement d'une valeur prédéterminée de la pression d'un fluide.

L'information rendue peut être électrique, pneumatique, hydraulique, et électronique.

Ces appareils sont également appelés manostats, (s'ils contrôlent du vide), ou encore manocontacts. Electroniques ou électromécaniques, ils transforment une ou plusieurs valeurs de pression déterminées qu'ils subissent en informations électriques, mécaniques ou numériques. Ils sont utilisés dans de nombreuses applications de systèmes de contrôle ou de régulation par exemple en provoquant le démarrage d'un compresseur d'air ou d'une pompe, si la pression du circuit contrôlé descend au-dessous d'une limite déterminée. L'information ainsi transmise dépend de la comparaison entre la valeur ou consigne prédéfinie et la mesure réelle de l'équipement, lorsque cet écart Consigne / Mesure dépasse un seuil, le pressostat envoie un signal qui prend une position de sécurité, et dans le cas contraire, la position revient à la normale, on parle alors de *tout ou rien*. Les pressostats ont une grande robustesse, ainsi qu'une excellente tenue dans les réglages malgré leur utilisation dans les environnements assez contraignants<sup>1</sup> (c'est un détecteur de seuil de pression) [9]

#### a-Pressostat haut pression :

Le pressostat haut pression est un organe de sécurité qui permet de protéger l'installation en cas de haute pression trop élevée souvent causée par un encrassement du condenseur ou un défaut du ventilateur condenseur, mais il est aussi employé pour réguler la pression de condensation d'un condenseur à air. Fig. (3,3) [9]



Figure 3.3 : Pressostat haut pression

#### b-Pressostat basse pression :

Le pressostat basse pression Le pressostat basse pression ou pressostat BP est un organe essentiel du circuit de réfrigération. En se joignant sur l'aspiration au niveau du compresseur, il peut sécuriser l'installation contre la présence d'humidité dans l'air. Fig. (3,4) [9]



Figure 3.4 : Pressostat basse pression

### 3.4 Régulation dans les machines frigorifiques et pompes a chaleurs :

La régulation d'une pompe à chaleur et machine frigorifique peut vous permettre d'améliorer de façon significative votre confort au sein de votre habitation. Découvrez avec ENGIE Home Services l'essentiel de ce qu'il faut savoir sur la régulation d'une pompe à chaleur et machine frigorifique

#### 3.4.1 Régulateurs de température- EKC 201 et EKC 301 :

Les EKC sont offerts dans plusieurs versions avec fonctionnalité croissante, de la toute simple à un seul relais aux plus sophistiquées à trois relais. Toutes les versions sont en outre livrables avec une fonction d'alarme, ce qui augmente d'un le nombre de relais d'origine .Fig. (3,5) [10] Les relais servent à la régulation :

- du compresseur
- du ventilateur
- du dégivrage
- de l'alarme



Figure 3.5 : Régulateurs de température- EKC 201 et EKC 301

#### 3.4.2 Régulateur de poste de froid avec horloge temps réel TAR 1380-2 :

Régulateur de poste de froid avec 4 relais pour froid, dégivrage, ventilation et alarme. Remplace tous les types de poste de froid tel que chambre froide positive ou négative, meuble ou vitrine réfrigérés. Lancement du dégivrage par horloge temps réel. Fig. (3,6) (3,7) [11]

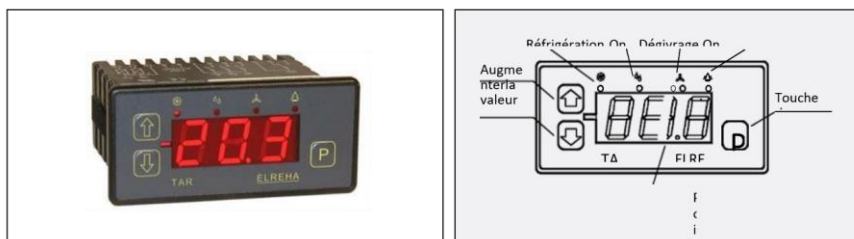


Figure 3.6 : Régulateur de poste de froid avec horloge temps réel TAR 1380-2

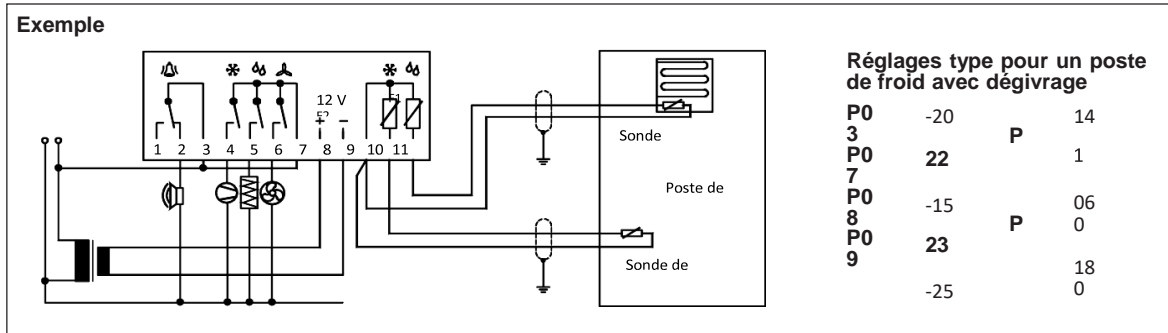


Figure 3.7 : Le schéma de câblage de Régulateur TAR1380-2

### 3.4.3 Régulateur pour le froid positif ou négatif Série MR55 :

Le MR55 est un régulateur numérique conçu pour les unités de réfrigération ‘statiques’ et ‘ventilées’ fonctionnant à température positive ou négative. Il inclut toutes les fonctions de régulation nécessaires aux unités modernes de réfrigération avec gestion du compresseur, du ventilateur et du dégivrage statique, électrique ou par gaz chaud.

De plus, il dispose de sorties auxiliaires pour le report des alarmes ou la commande de l’éclairage, ainsi qu’un bus de communication RS485 pour l’intégration à un réseau de supervision de type N2.

Pour être en conformité avec les principes HACCP, le régulateur est doté d’une mémoire qui stocke les températures minimum et maximum atteintes durant les

Fonctionnement. Celles-ci peuvent être

Lues à partir de l’afficheur.

Chaque régulateur est doté d’un Butzer pour Signaler localement les alarmes. Fig. (3,8) (3,9) [12]



Figure3.8 : Régulateur MR55

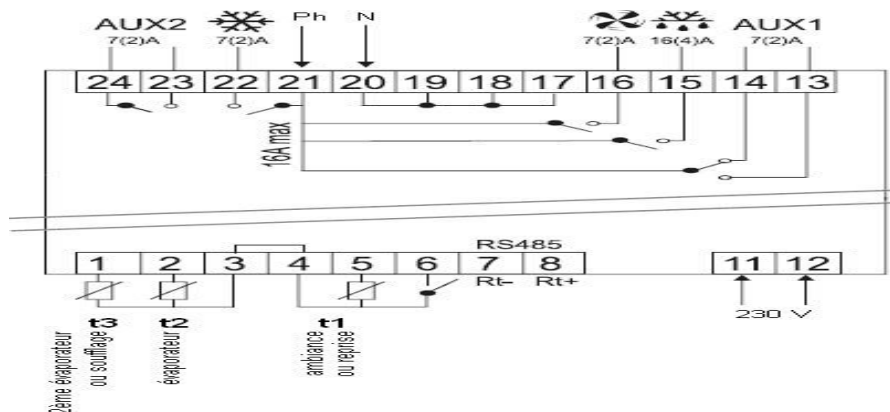


Figure 3.9 : câblage de Régulateur MR55

### 3.4.4 Régulateur pour chambres froides AKC 72A :

Le régulateur AKC 72A est conçu pour la régulation et la surveillance des zones à température contrôlée des installations commerciales et industrielles.

Il est d'abord conçu pour la régulation des chambres froides.

Le régulateur AKC 72A est équipé d'une mémoire de session et d'un journal de bord des alarmes. Il est fourni avec dispositif de communication. Fig(3,10) [13] Il contrôle :

- Les chambres froides positives
- Les chambres froides négatives
- Les vitrines traiteur de plats préparés, etc.
- Les meubles frigorifiques de vente
- Les îlots de produits congelés et surgelés



**Figure 3.10 : Régulateur pour chambres froides AKC 72A**

### 3.4.5 Régulateur de température- EKC 202D1 :



**Figure 3.11 : Régulateur de température- EKC 202D1**

Ce régulateur est utilisé pour commander la température des meubles frigorifiques et des chambres

Froides des supermarchés.

Avec ses nombreuses fonctions définies au préalable, cet appareil offre une multitude de possibilités. Qu'il s'agisse d'installations nouvelles ou existantes, les professionnels du Froid trouvent sa souplesse d'utilisation convaincante. Fig(3,11) (3,12) [14]

Le régulateur renferme une commande de température qui reçoit un signal d'une seule ou de deux sondes.

Les sondes thermostatiques sont placées soit au soufflage, soit en reprise soit aux deux positions. Un réglage permet de décider quelle sera l'influence des deux signaux sur la régulation.

Un contrôle de la température de dégivrage est obtenu soit directement en installant une sonde S5, soit indirectement en utilisant la température relevée par S4. [14]

Quatre relais assurent l'enclenchement des fonctions désirées – lesquelles dépendent de l'utilisation visée. Les possibilités sont les suivantes :

- Refroidissement (compresseur ou relais)
- Ventilateur
- Dégivrage
- Rails antibuée
- Alarme
- Éclairage

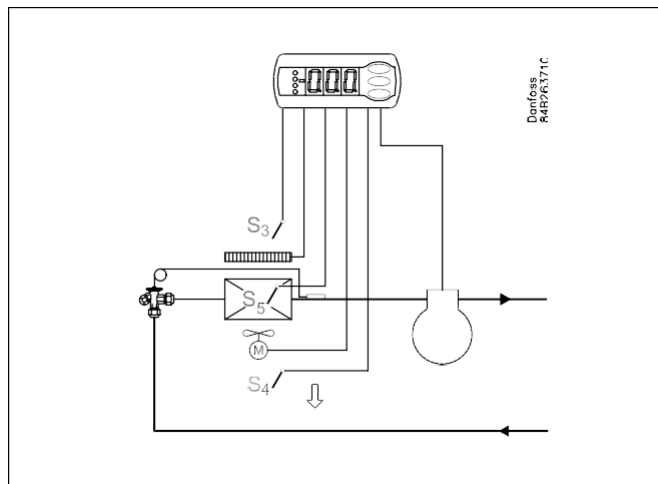


Figure 3.12 : schéma de câblage de Régulateur de température- EKC 202D1

### 3.4.6 Régulateur de poste de froid EVP 1130 EVP 1130/ST :

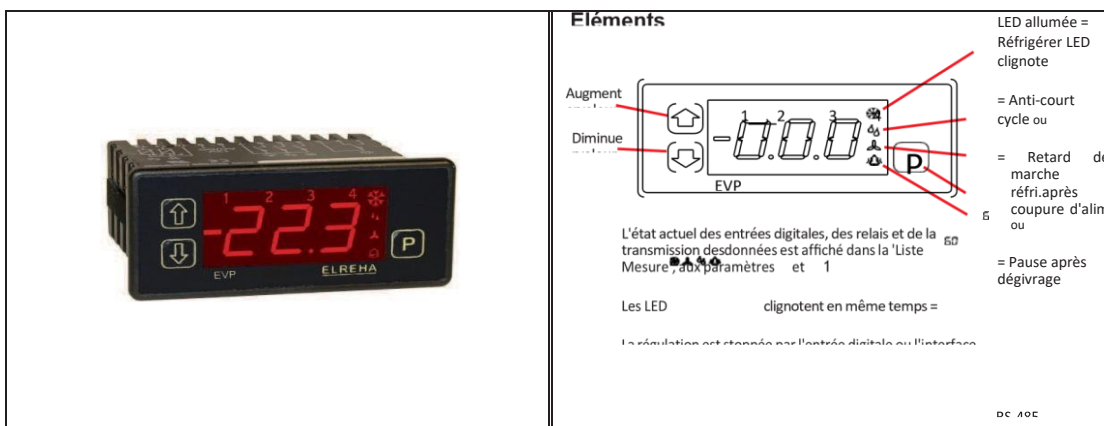


Figure 3.13 : Régulateur de poste de froid EVP 1130 EVP 1130/ST

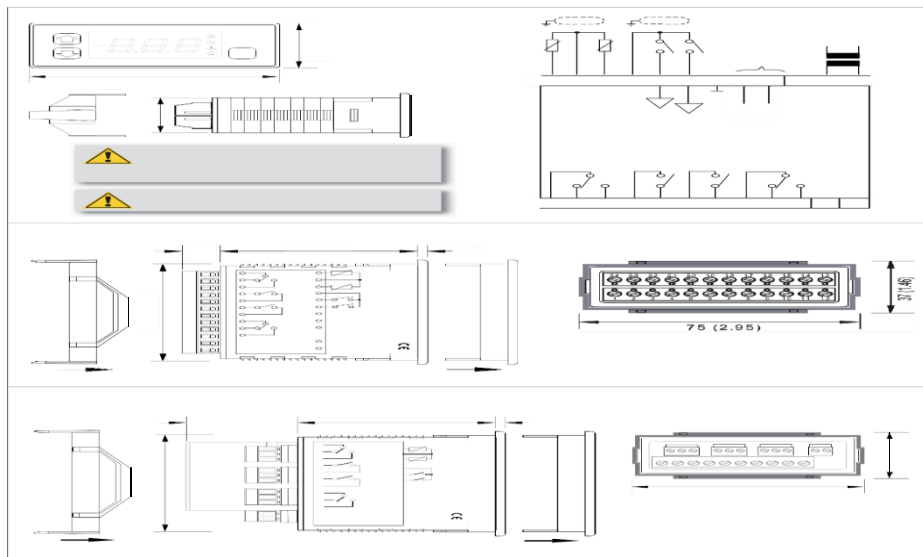
Régulateur pour tout type de poste de froid (chambres froides, meubles et vitrines positives ou négatives, bacs surgelés...) Fig. (3,1 3) (3,14) [15]



- Grâce à son interface RS-485, l'appareil se connecte en réseau
- 2 sondes de température, 4 relais de sortie, 2 entrées digitales

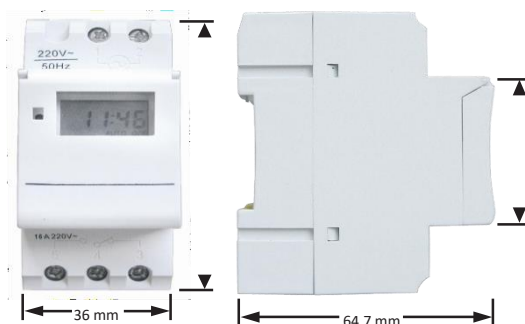
### Caractéristiques :

- Régulation température, gestion du dégivrage, ventilateurs d'évaporateur, etc...
- Dégivrage intelligent et auto adaptatif
- Le lancement du dégivrage se fait automatiquement (6 horaires) ou manuellement
- Possibilité de fin de dégivrage en MLI, pilotée par la sonde d'évaporateur
- Fonctionnement de secours en cas de coupure de sonde ou de non- reconnaissance du besoin de dégivrage. Reset automatique si défaut
- Utilisation de la chaleur latente



**Figure 3.14 : schéma de câblage de Régulateur de poste de froid EVP 1130 EVP 1130/ST**

### **3.4.7 Horloge modulaire programmable hebdomadaire :**



**Figure 3.15 : Horloge modulaire programmable hebdomadaire**

Cette horloge programmable permet de faire fonctionner des appareils électriques pendant les périodes choisies. Les programmes sont sauvegardés par pile mémoire. La fixation est prévue sur rail normalisé de tableau électrique, 16 commutations par jour sur 7 jours sont

possibles avec une précision d'une minute. Les affichages de l'heure, des programmes et de l'état (marche/arrêt) apparaissent sur un écran à cristaux liquides. Possibilité de choisir le mode automatique ou marche forcée avec contrôle sur l'afficheur, Fig. (3,15) (3,16) [16]

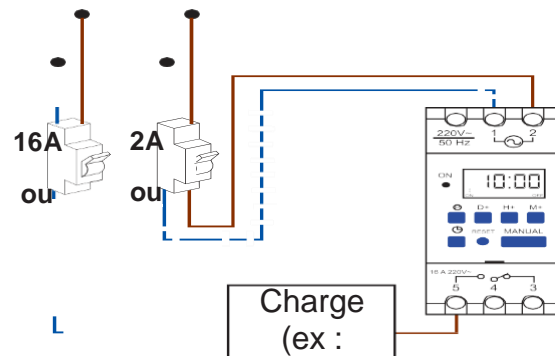


Figure 3.16 : Schéma de câblage d'Horloge modulaire programmable hebdomadaire

### 3.4.8 Régulateur digital avec gestion du relais auxiliaire XR35CX :



Figure 3.17 : Régulateur digital avec gestion du relais auxiliaire XR35CX

Le XR35CX, format 32 x 74 mm, est un régulateur à microprocesseur destiné aux applications de réfrigération en température normale. Il possède deux sorties relais : la première pour contrôler le compresseur et la seconde, peut être configurée comme lumière, signal d'alarme ou sortie auxiliaire. Le modèle est fourni avec une Horloge Temps Réel qui permet de programmer jusqu'à 6 cycles de dégivrage journaliers, divisés en "jours de travail" et "vacances". Il possède également 4 entrées sonde NTC ou PT1000 : la première pour le contrôle de la température, la seconde pour le contrôle de la température de fin de dégivrage, et la troisième en option et raccordée au connecteur HOT KEY, pour signaler une alarme température du condenseur ou pour afficher une température.

En option, l'entrée digitale peut fonctionner comme troisième sonde de température.

La sortie HOT KEY permet, grâce au module externe XJ485-CX, de se raccorder à un système de supervision compatible ModBUS-RTU tel que les systèmes Dixell de la famille X-WEB. Elle permet également de programmer la liste des paramètres avec la "Hot Key".

Ce régulateur est entièrement configurable grâce à ses paramètres facilement programmables à partir du clavier. Fig. (3,17) [17]



**Figure 3.18 : Schéma de câblage de Régulateur digital avec gestion du relais auxiliaire XR35CX**

### 3.4.9 Horloge programmable numérique hpn2 :



**Figure 3.19 : Horloge programmable numérique hpn2**

Cette horloge usité de notre projet elle permet de programmer l'utilisation hebdomadaire d'un équipement éclairage ou chauffage jusqu' à 3500W

#### **a -Sécurité :**

Ce produit doit être installé de préférence par un électricien qualifié conformément aux règles d'installation une installation et utilisation incorrectes peuvent entrainer des risques de choc électrique ou d'incendie

Avant d'effectuer l'installation lire la notice tenir compte e de lieu de montage spécifique au produit

Ne pas ouvrir démonter altérer ou modifier l'appareil sauf mention particulière indiquée sans la notice

Toute ouverture ou tentative de réparation annule la responsabilité et l'obligation de garantie et de remplacement du fabricant avant toute intervention couper le courant à partir du disjoncteur général d'installation

**b- caractéristiques techniques :**

<b>Tension d'alimentation</b>	220-240Vac 50-60 Hz	<b>Modes de fonctionnement</b>	Manuel, automatique, vacances
<b>Réserve de marche</b>	Pile mémoire lithium 3 ans	<b>contacts</b>	1NO/1NF
<b>Pouvoir de coupure</b>	16 A	<b>Raccordement</b>	Par bornes à vis
<b>Puissance max</b>	3500 W	<b>Capacité de raccordement</b>	1 à 4 mm
<b>Précision de fonctionnement</b>	1 sec. Par jour à 25 C	<b>Température de fonctionnement</b>	-20 C à 55 C
<b>consommation</b>	1 W	<b>Degré protection</b>	IP 20
<b>Heure d'été /heure d'hiver</b>	Arrêt, changement automatique	<b>Montage sur rail DIN standard</b>	1 module

**c-Description :**

Fonctions AUTO ou OFF ou marche forcée.

Possibilité de réaliser jusqu'à 52 programmes à la minute près.

Programmation par créneau horaire ou par durée de fonctionnement.

Passage automatique à l'heure d'été/hiver.

Mode vacances (OFF programmable par date et année.

**d-Dimensions et schéma de branchement :**

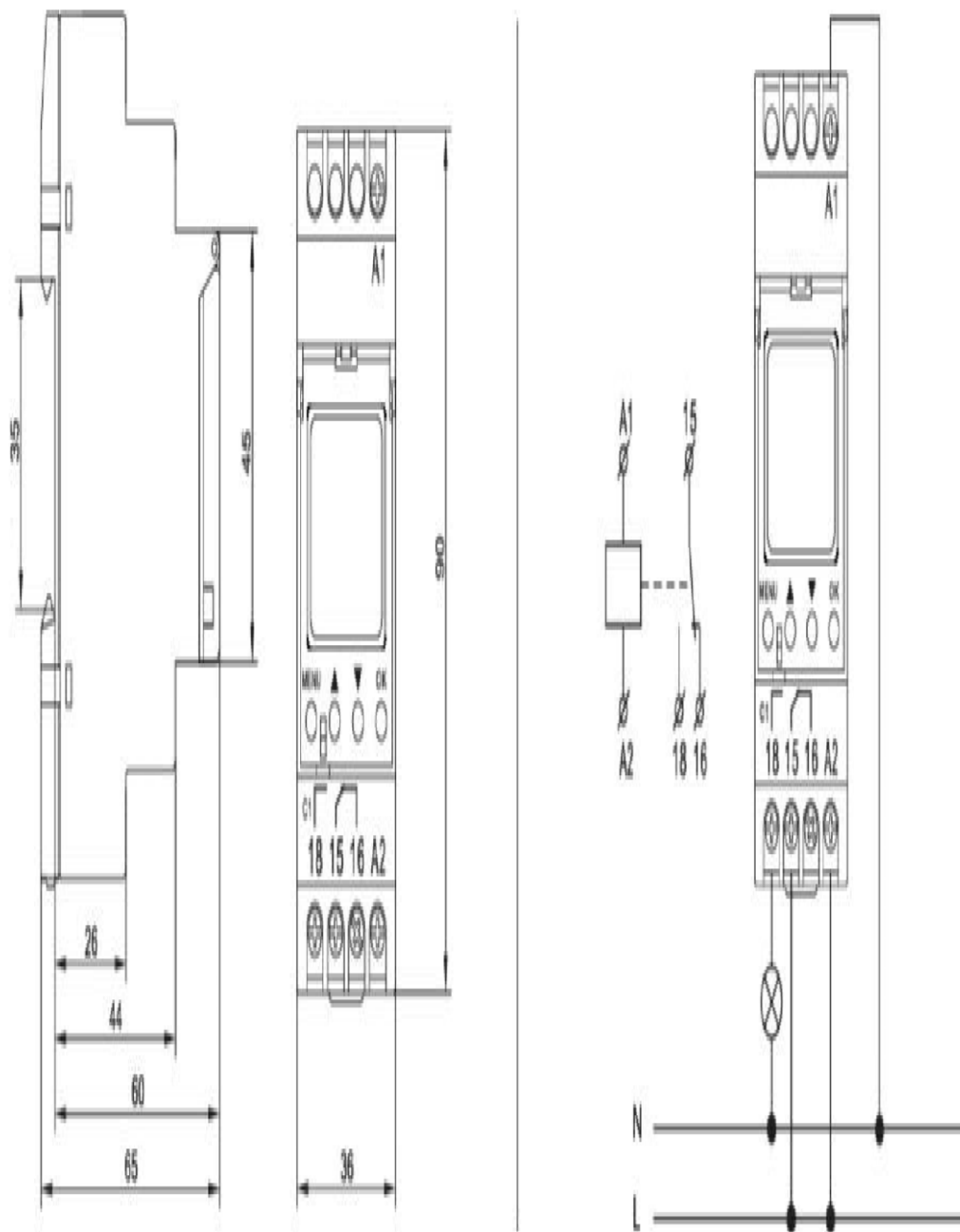


Figure 3.20 : Dimensions et schéma de branchement

#### **4.1 Introduction :**

Ce projet consiste à faciliter le processus de mesure de différents conditions (température, niveau,) Et améliorer l'acquisition des données du banc didactique de pompe à chaleur, Ce mémoire nous permet de plonger dans le domaine d'instrumentation et d'acquisition de données afin d'arriver à réaliser un data logger qui communique

#### **4.2 Cahier des charges :**

##### **4.2.1 Le temps :**

Pour mener à bien tout projet, un certain délai doit être spécifié, à condition qu'il soit respecté et que le projet soit achevé avant son achèvement, et nous avons donc fixé un délai d'un mois pour terminer notre projet

##### **4.2.2 Budget :**

L'une des conditions de base les plus importantes pour l'achèvement de tout projet est de déterminer le montant suffisant pour l'achat de toutes les exigences, par exemple, l'achat de fer pour fabriquer le support, la graisse, les vis, les moyens de soudure, les vitres arrière, les bases inférieures et toutes les fournitures

##### **4.2.3 Le banc Sécurité :**

La sécurité est la chose la plus importante dans la maîtrise du projet, de sorte que les conditions de sécurité ont été fixées pour la réalisation de tout projet et doivent être respectées par les travailleurs et fournir toutes les exigences de sécurité, par exemple casques, gants, lunettes de soudage et de coupe et autres outils

##### **4.2.4 L'objet :**

Ce projet vise à clarifier les systèmes de refroidissement et à trouver d'autres moyens d'éliminer le givre dans dispositifs de refroidissement

#### **4.3 Conception du banc :**

##### **4.3.1 Introduction :**

Ce projet vise à aider les étudiants, en particulier dans les travaux appliqués et à réaliser diverses études liées aux réfrigérants et autres, afin qu'il intègre trois domaines représentés en génie mécanique, en génie électronique et en génie électrique, afin qu'il permette à un étudiant de mesurer la pression, ou la température. Par exemple

##### **4.3.2 Présentation de quelques bancs didactique :**

###### **a- Échangeurs de chaleur dans le circuit de réfrigération :**



**Figure 4.1 : Échangeurs de chaleur dans le circuit de réfrigération**

Échangeurs de chaleur typiques de la réfrigération :

- \* Différents milieux : air / réfrigérant, réfrigérant / réfrigérant et eau / réfrigérant
- \* Effet de la surchauffe et de la surfusion du fluide frigorigène sur le processus cyclique  
Description technique

Les échangeurs de chaleur sont une partie élémentaire des systèmes de réfrigération.

Pendant le refroidissement, ils sont utilisés pour absorber l'énergie du réfrigérant par évaporation. Pendant le chauffage, ils libèrent l'énergie libérée lors de la condensation du réfrigérant. Ils sont également utilisés pour le transfert d'énergie interne lors de la surchauffe ou de la surfusion du fluide frigorigène.

Selon le milieu, une différence est faite entre les échangeurs de chaleur air / réfrigérant, eau / réfrigérant et échangeurs de chaleur réfrigérant / réfrigérant. En fonction de la conception constructive, une différence est également faite entre les échangeurs de chaleur coaxiaux, à tubes à ailettes, à plaques ou à coque et tube. [18]

Les composants sont disposés clairement à l'avant. En mesurant le : -

Les débits massiques et les températures d'entrée et de sortie transférées

-Les flux d'énergie peuvent être déterminés.

-Le matériel didactique bien structuré énonce les principes fondamentaux et -  
Fournit un guide étape par étape à travers les expériences.

Objectifs d'apprentissage / Expériences :

- différents échangeurs de chaleur et leur utilisation en réfrigération

\* échangeur de chaleur à bobine coaxiale

\* échangeur de chaleur à tubes à ailettes

\* échangeur de chaleur tubulaire

\* échangeur de chaleur à plaques

- trouver la position d'installation correcte

- déterminer les flux d'énergie

- effet de la surchauffe et de la surfusion du

- fluide frigorigène sur le processus cyclique

- conception d'un système de réfrigération par compression

- représentation du processus cyclique dans le diagramme log p-h

<p><b>Spécification</b></p>	<p>[1] Système de réfrigération avec 4 chaleurs différentes Echangeurs : échangeur de chaleur à bobine coaxiale, tube à ailettes</p>
	<p>Echangeur de chaleur, échangeur de chaleur tubulaire, échangeur de chaleur à plaques [2] Combinaisons de différents milieux : eau / fluide frigorigène, réfrigérant / réfrigérant, air / réfrigérant [3] Circuit d'eau avec réservoir et pompe pour refroidir le condenseur et chauffer l'évaporateur [4] Le surchauffeur peut être désactivée via une dérivation [5] Débitmètre et thermomètre dans le circuit d'eau pour déterminer les flux d'énergie échangés</p>
<p><b>Données techniques</b></p>	<p>Compresseur : - capacité frigorifique : 625W à -5/32°C - consommation électrique : 358W à 10/32°C Récepteur : 1,3L Plages de mesure : - pression : -1...9bar / -1...24bar - température : 12x -5...105°C, 1x 0...60°C - débit : 1x 2...27L/h (R134a), 2x 20...250L/h</p>
<p><b>Dimensions et poids</b></p>	<p>LxH : 1900x800x1900mm Poids : env. 255kg</p>
<p><b>Requis pour le fonctionnement</b></p>	<p>230V, 50Hz, 1 phase</p>



**b-Installation frigorifique avec régulation de puissance :**



**Figure 4.2 : Installation frigorifique avec régulation de puissance**

La régulation efficace de puissance et de température dans les installations frigorifiques est un sujet important en génie frigorifique.[19]

Différentes méthodes de régulation de puissance peuvent être étudiées avec l'ET 422.

Les composants d'un circuit frigorifique avec chambre de refroidissement et de congélation sont disposés de manière visible sur le banc d'essai.

Les électrovannes permettent le fonctionnement seul ou en parallèle des évaporateurs dans les 2 chambres.

Le circuit est équipé d'un régulateur de puissance, d'un régulateur de démarrage et d'un pressostat combiné pour le côté aspiration et pression du compresseur.

Un échangeur de chaleur à l'entrée de chacun des compresseurs dans le circuit frigorifique permet l'étude de l'efficacité du processus de sur refroidissement de l'agent réfrigérant.

La puissance frigorifique est régulée par un thermostat dans les 2 chambres séparées.

La chambre de refroidissement possède en outre un régulateur de pression d'évaporation.

Il existe deux méthodes de dégivrage pour la chambre de congélation : un chauffage de dégivrage électrique et un dégivrage par gaz chauds, pour lequel de l'agent réfrigérant chaud sortant du compresseur est conduit directement dans la direction opposée par l'évaporateur.

La simulation de 12 pannes différentes comme par exemple, une électrovanne défectueuse ou des conduites bouchées, est activée par un PC à écran tactile.

Les valeurs mesurées sont transmises directement vers le PC à écran tactile et évaluées.

Le logiciel permet entre autres la représentation du cycle sur un diagramme log ph.

Contenu didactique / Essais

<p><b>Connaître les dispositifs essentiels de modification de la puissance frigorifique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-- thermostat</li> <li>-- régulateur de puissance</li> <li>-- régulateur de démarrage</li> <li>-- régulateur de pression d'évaporation</li> <li>-- régulateur de pression de condensation -</li> <li>recherche de pannes sur les composants de l'installation frigorifique</li> <li>- influence du sur refroidissement de l'agent réfrigérant</li> <li>- connaître les méthodes de dégivrage</li> <li>-- chauffage électrique de dégivrage</li> </ul>
<p><b>Les grandes lignes</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- modèle pratique d'une installation frigorifique industrielle</li> <li>- chambre de refroidissement et de congélation pour l'étude de différentes méthodes de régulation de puissance</li> <li>- simulation de 12 pannes</li> <li>- 2 méthodes de dégivrage pour la chambre de congélation</li> </ul>
<p><b>Caractéristiques techniques</b></p>	<p style="text-align: center;">Compresseur</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- puissance frigorifique : 2440W à -10/30°C</li> <li>Condenseur avec ventilateur - débit volumétrique d'air : 570m<sup>3</sup>/h</li> <li>Surfaces de transfert de l'évaporateur :</li> <li>- chambre de refroidissement : 1,12m<sup>2</sup></li> <li>- chambre de congélation : 1,88m<sup>2</sup></li> <li>Chauffage de dégivrage électrique : env. 125W</li> <li>Régulateur de puissance : 0,2...6bar</li> <li>Régulateur de démarrage : 0,2...6bar</li> <li>Thermostat : 2x -25...15°C</li> <li>Régulateur de pression d'évaporation : 0...5,5bar</li> </ul>
<p><b>Plages de mesure</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- température : 6x -50...50°C ; 5x 0...100°C</li> <li>- pression : 3x -1...12,5bar ; 2x -1...24bar</li> <li>- débit : 2x 1,5...22,5L/h</li> <li>- puissance absorbée du compresseur : 0...5kW</li> <li>400V, 50Hz, 3 phases</li> </ul>

<b>Dimensions et poids</b>	Lxlxh : 2420x780x1900mm Poids : env. 280kg Liste de livraison 1 banc d'essai 1 documentation didactique
----------------------------	---

**c-Banc réfrigération et climatisation :**



**Figure 4.3 : Banc réfrigération et climatisation**

Description : Les composants principaux du système de formation de base en réfrigération et climatisation « LabTek » sont le compresseur, le condenseur et le récepteur, ainsi que les systèmes électriques et de communication. Les modèles sont branchés sur l'unité de base et connectés hydrauliquement avec des tuyaux de réfrigérant et électriquement avec des câbles. Les raccords auto-obturant réduisent au minimum la perte de réfrigérant. Tous les composants sont disposés bien visibles pour permettre de surveiller leur fonctionnement.[20]

Le logiciel moderne et puissant fait partie intégrante du système de formation sous la forme d'intégration matériel/logiciel (HSI). Il permet l'exécution et l'analyse confortables des expériences. L'unité expérimentale est connectée au PC via une interface USB. Les températures et les pressions dans le système sont enregistrées par des capteurs et affichées dynamiquement dans le logiciel pour le fonctionnement du système et l'acquisition de données.

<b>FONCTIONNALITÉS</b>	<p>Principes fondamentaux du cycle de réfrigération</p> <p>Principes fondamentaux de la climatisation</p> <p>Composants d'un système de réfrigération/système de climatisation</p> <p>Fonctionnement du système</p> <p>Recherche de défauts</p> <p>Unité de base pour la mise en place d'expériences de base dans la technologie de réfrigération et de climatisation</p>
<b>Spécifications</b>	<p>Groupe de condensation</p> <p>Capacité de réfrigération : 340W à 0/32 °C</p> <p>Récepteur : 0,7L</p> <p>Fluide frigorigène actuellement disponible sur le marché</p> <p>Volume de remplissage : 700g</p> <p>Équivalent Co2 : 0,4t</p> <p>Plages de mesure</p> <p>Température : 1x -50... 50°C, 3x 0... 100°C</p> <p>Pression :</p> <p>1x côté admission : -1... 9bar 2x côté livraison : -1... 15bar</p> <p>Requis pour le fonctionnement</p> <p>230V, 50Hz, 1 phase</p> <p>230V, 60Hz, 1 phase</p>
<b>DIMENSIONS ET Poids</b>	<p>L x L x H (environ) : 1100 x 800 x 1200 mm</p> <p>Poids approximatif : 115 kg</p>

#### 4.3.3 Présentation de notre maquette :

Après avoir présenté quelques bancs didactiques dans le domaine de la réfrigération, climatisation et pompe à chaleur, nous allons à présent entamer la conception de notre banc didactique (maquette). En se basant sur le cahier des charges nous avons finalement obtenu la maquette représentée ci-dessous :

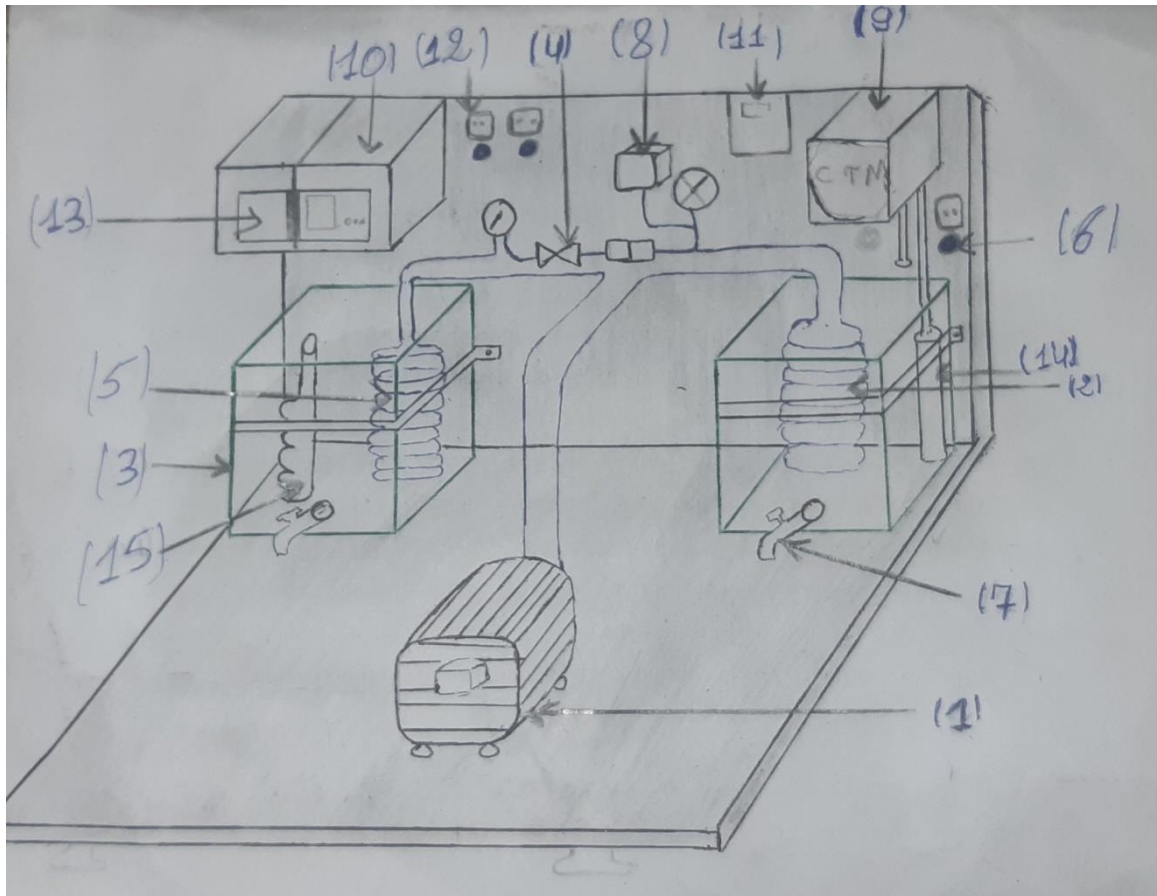


Figure 4.4 : Schéma de l'installation d'une pompe à chaleur avec système de dégivrage

#### 4.3.4 Eléments et conception de maquette :

LES COMPOSANTS DE BASE		
N° :	Elément	Caractéristiques
1	Compresseur	-hermétique à piston -monocylindrique : -puissance ¼ CV -Dimension Lxlxh : 300x300x240mm. -Poids : env. 12kg.
2	Condenseur	Un condensateur est un composant électronique élémentaire constitué de deux armatures conductrices séparées par un isolant polarisable appelé diélectrique.

3	Les bacs d'eau	- Capacité 10 litre.
4	Détendeur	est un mécanisme utilisé pour faire passer un gaz stocké dans un étage à une certaine pression, vers un étage de pression inférieure
5	Evaporateur	est un appareillage réalisant dans une de ses parties un changement d'état du liquide au gaz
6	Les voyants	Indicateur : <ul style="list-style-type: none"> <li>- vert : la prise de</li> <li>- jaune : la prise de compresseur et de, résistance</li> <li>- rouge : pour le Disjoncteur</li> </ul>
7	Les Vannes	est un dispositif destiné à contrôler (stopper ou modifier) le débit d'un fluide liquide, gazeux, pulvérulent ou multiphasique, en milieu libre (canal) ou en milieu fermé (canalisation) L'équivalent anglo-saxon de vanne est le mot valve
8	Pressostat HP	Test de déclenchement manuel. Plage de réglage : Haute pression (HP) 8 à 32 bar. Différentiel $\Delta p$ : Haute pression (HP) 15à 17 bar.
9	Capture température CTN	est un capteur de température qui utilise les propriétés de résistance des matériaux composites céramique/métal afin de mesurer la température.
10	Horloge numérique	est un type d'horloge qui affiche l'heure numériquement (c'est-à-dire en chiffres ou autres symboles), par opposition à une horloge analogique.
11	La carte électronique	est un dispositif qui sert à créer un circuit électrique complexe. Elle représente une liaison électrique pour un ensemble de composants électriques. Elle est composée de différentes pistes qui sont constituées à partir des couches de cuivre fines.

12	Les prises	3 Prise : la premier pour le compresseur 220V la douzième pour la résistance électrique 220 V la troisième pour le transformateur 220V
13	Disjoncteur	est un interrupteur électrique à commande automatique conçu pour laisser circuler le courant électrique, et, protéger un circuit électrique contre les dommages causés par un courant excessif provenant d'une surcharge, d'un court-circuit ou d'une fuite à la terre(220 V)
14	la résistance électrique	un composant électrique figurant parmi les dipôles électriques, conçu pour approcher de manière très satisfaisante
15	Le Flotter	Un dispositif utilisé comme capteur de niveau d'eau(220 V)

#### 4.4 Conception et réalisation du support de notre banc :

##### 4.4.1 Conception du support :

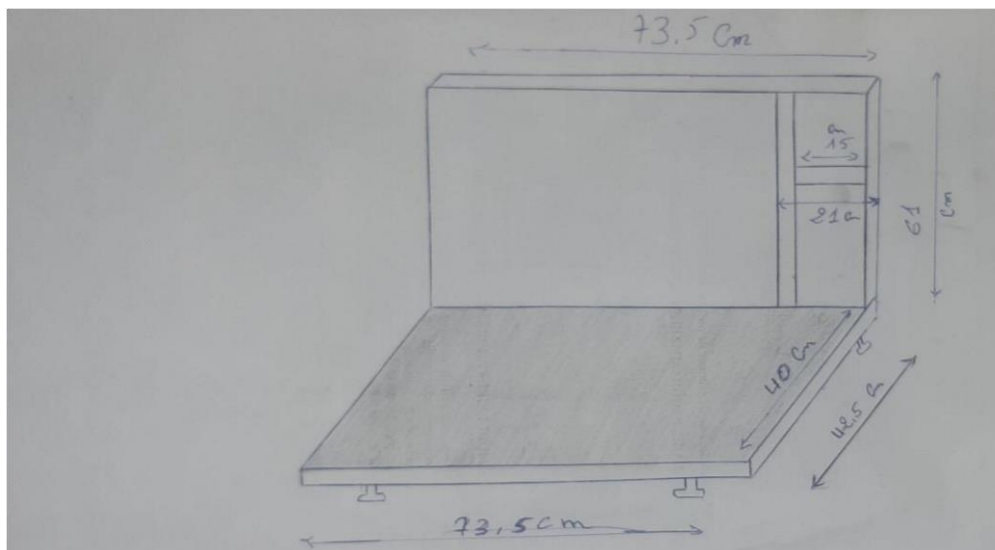


Figure 4.5 : La Conception du support

##### 4.4.2 Réalisation du support :

Afin de mener à bien le projet de fin d'études universitaires, nous avons choisi une machine à décongeler et nous établissons un plan ou des conditions de travail en déterminant le montant d'argent pour mener à bien ce projet avec une période de temps limitée qui doit être respectée.

La première étape consiste à développer un schéma de la machine avec tous les éléments nécessaires de la machine et comment la mettre à sa place.

La deuxième étape, nous avons commencé à fabriquer le supporte-machine à travers plusieurs parties,

La première partie est le développement des mesures et nous coupons les pièces en fer avec un

La deuxième partie du processus de soudage Nous avons commencé à souder les pièces de fer du support dans la partie supérieure Nous avons soudé des pièces en fer sous la forme d'un rectangle avec la machine à souder et mis la vitre arrière avec toute la perfection de soudage La partie inférieure, qui est la base du support, où elle se compose de 4 pièces de fer en forme de

La troisième étape consiste à couper la pièce de bois selon les mesures étudiées qui représentent la base du support, car elle a été découpée sous la forme d'un rectangle avec une scie électrique en bois

Dans l'étape 4, nous sommes essuyés les pièces soudées du support en utilisant un cylindre spécial de la machine de découpe pour cacher les pièces soudées, nous mettons le mastic afin de fermer les fissures dans les extrémités, puis attendons un certain temps et l'hydraterons en utilisant un disque spécial dans la machine de découpe.

Dans la dernière étape, nous avons peint le support en couleur grise afin que le support prenne

### 4.5. Réalisation des bacs d'eau :

Dans l'étape 1, nous coupons les morceaux de verre en morceaux, selon les longueurs étudiées à partir du précédent, à l'aide d'un coupe-verre.

Dans la deuxième étape, nous faisons un trou au niveau de la pièce avant du réservoir d'un

Dans la troisième et dernière étape, nous collons les morceaux de verre par verre adhésif afin de former les deux réservoirs.

### 4.6. Conception de ceinture des bacs :

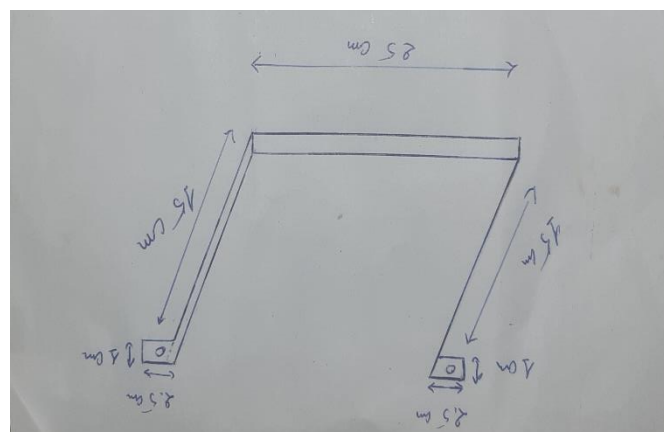


Figure 4.6 : Conception de ceinture des bacs

### 4.7 Réalisation de la ceinture des bacs :

Au début, nous avons coupé deux morceaux de fer de la même longueur, soit 17 centimètres, à l'aide d'une machine de découpe



Dans l'étape suivante, nous faisons des trous dans les courroies aux deux extrémités à l'aide d'une perceuse pour les connecter au support avec les vis appropriées.

Dans la troisième étape, nous faisons des torsions à l'aide d'une machine, afin de trouver

Dans la dernière étape, nous faisons des trous au niveau du support à l'aide d'une perceuse, afin d'installer la courroie au moyen de vis.

### 4.8 Réalisation de circuits hydraulique :

Au début, nous prenons les deux vannes et installons chaque vanne à sa place désignée dans le réservoir comme indiqué sur les images comme suit

Dans la deuxième étape, nous coupons le tuyau en plastique relié aux vannes celui qui vide le réservoir.

### 4.9 Réalisation de circuits de gaz frigorifique :

Au début, nous installons l'évaporateur, le mettons dans le réservoir, et faisons un grossissement du diamètre du tuyau en cuivre afin de le connecter au condenseur et au

7

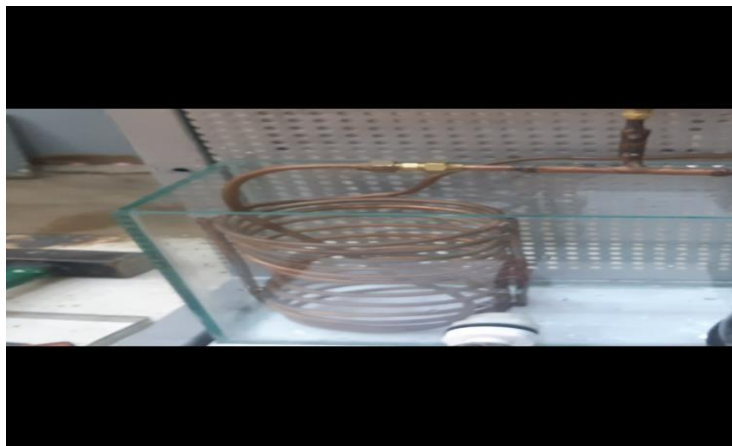
Compresseur par outil de torchage et le matriçage de réfrigération pour les tuyaux de cuivre



**Figure 4.7 : Outil deMatriçage de réfrigération pour les tuyaux de cuivre**

Dans l'étape suivante, nous installons le détendeur de compresseur avec l'évaporateur, et ce en connectant les tuyaux

Dans l'étape suivante, nous mettons le condenseur à l'intérieur du réservoir et le connectons à l'évaporateur à travers des tuyaux en cuivre en le liant par des manchons



**Figure 4.8 : le condenseur après le processus d'installation**

Dans l'avant-dernière étape, nous mettons le compresseur et ceci afin de le connecter au condenseur et à l'évaporateur.



**Figure 4.9 : le circuit de gaz de refroidissement**

Dans la dernière étape, nous installons le pressostat haute pression, et ce en le connectant au compresseur



**Figure 4.10 : la connexion du pressostat au compresseur**

4.10 : réalisation de circuits électrique et électronique :



**Figure 4.11 Les voyants électrique**



**Figure 4.12 La résistive**



**Figure 4.14 horloge numérique**



**Figure 4.15 la carte électronique**



**Figure 4.16 : Disjoncteur**

Au début, nous installons un morceau de bois et c'est pour la protection afin d'installer le disjoncteur

Dans l'étape suivante, nous installons la prise et le voyant de transformateur.

Dans l'étape suivante, nous installons la prise pour le compresseur et la prise de résistance électrique, en plus d'installer leurs voyants jaune pour la prise du compresseur et la prise de

Résistance électrique et le voyant rouge pour le disjoncteur électrique



**Figure 4.17 : L'installation des prises électriques et les voyants**

Dans l'étape suivante, nous fabriquons le support de résistance électrique, et ce par les étapes suivantes.

Nous prenons un petit morceau de fer et le plions dans la plieuse.



**Figure 4.18 : pliage du support de résistance électrique**

Dans l'étape suivante, nous poinçons le support à travers la perceuse.



**Figure 4.19 : perçage du support de résistance électrique**



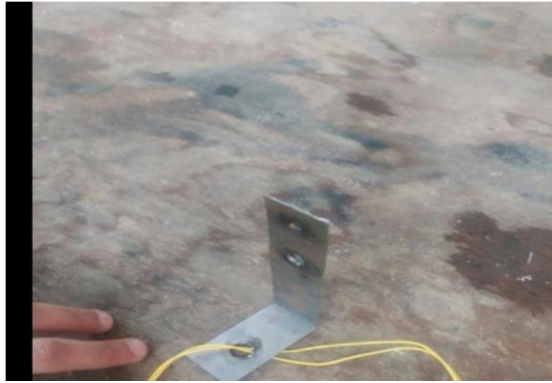
**Figure 4.20 : l'état final du support de résistance électrique**

Dans l'étape suivante, nous installons le support au moyen de vis afin d'installer la résistance électrique à l'intérieur de son réservoir.



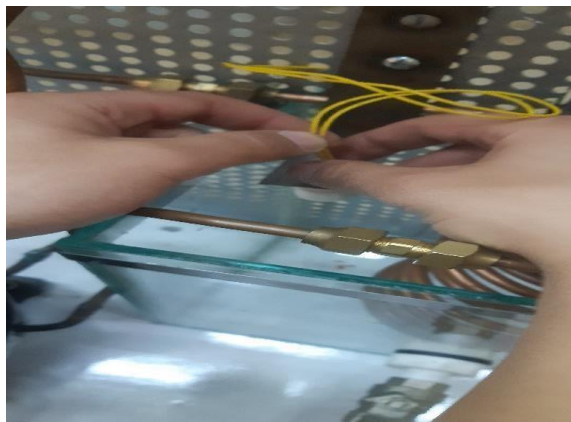
**Figure 4.21: Installation d'une résistance électrique à l'intérieur d'un réservoir**

Dans l'étape suivante, nous installons le flûteur, et c'est après avoir fait un support approprié pour lui avec Les mêmes étapes que la conception précédente du support de résistance électrique précédente pour apparaître à la fin comme suit



**Figure 4.22 : le support du flotteur**

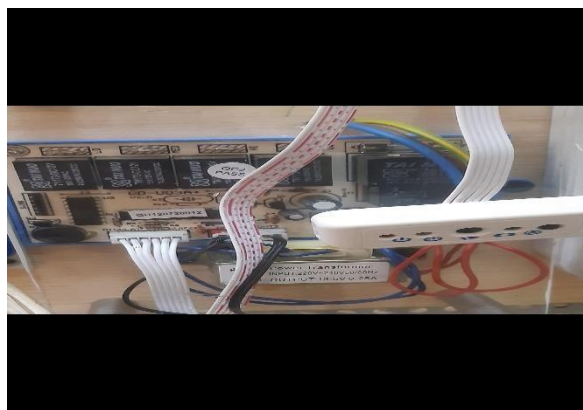
Le support est fixé par des vis à l'intérieur du réservoir d'eau afin d'installer le flotteur pour prendre la forme montrée dans l'image suivante



**Figure 4.23 : l'installation du flotteur**

Dans l'étape suivante, nous installons l'horloge, et ce en l'installant sur la cadre en bois installée sur le support

Ensuite, nous installons la carte électronique au niveau du support en bois



**Figure 4.24 : l'installation de la carte électronique**

**A –a Rôle de la carte électronique :**

Le bon fonctionnement général de la turbine, du moteur ventilateur, du compresseur, de  
L'électrovanne du climatiseur,  
Le fonctionnement du moteur déflecteur,

Le contrôle de l'afficheur,  
Le basculement automatique du mode froid vers le mode chaud,  
La Protection antigivre des échangeurs thermiques par inversion de cycle automatique, La Protection anti-court circuit et anti surchauffe

**b-Télécommande à infrarouge :**

La carte électronique est commandée par l'opérateur grâce à une télécommande à infrarouge qui permet le pilotage du climatiseur en agissant sur les paramètres suivants :

Sélection du mode fonctionnement et des vitesses de soufflage,

Programmation horaire et choix du mode fonctionnement,

Fonction déshumidification,

Témoins d'encrassement des  
filtres.

**c-Fonctionnement du système à réaliser :**

Pour assurer la bonne marche du climatiseur, la carte électronique que l'on veut concevoir doit assurer le bon fonctionnement du climatiseur dont ses différents modes de fonctionnement.

**d-Mode froid :**

Dans le mode froid la turbine, le moteur ventilateur, le compresseur est actionné. Seule l'électrovanne n'est pas actionnée, comme cela est illustré dans le tableau suivant

<b>Composant</b>	<b>Action</b>
<b>Compresseur</b>	<b>On</b>
<b>Moteur ventilateur</b>	<b>On</b>
<b>Electrovanne</b>	<b>Off</b>
<b>Moteur pas à pas</b>	<b>On</b>
<b>Turbine</b>	<b>On</b>

**Tableau : Fonctionnement de différent composent du climatiseur au Mode Froid**

**e-Fonctionnement de la télécommande :**

Pour allumer ou éteindre le climatiseur il faut cliquer sur le bouton : 4,

Pour changer le mode de fonctionnement du climatiseur il faut cliquer sur le bouton : 5,

Pour changer la vitesse de la turbine il faut cliquer sur le bouton : 6,

Pour diminuer la température demande il faut cliquer sur le bouton : 7,

Pour augmenter la température demande il faut cliquer sur le bouton : 8.



**Figure 4.25 : Télécommande à notre carte électronique**

1-Mode de fonctionnement,

2-Vitesse de la turbine,

3-Température demande,

4-Bouton allumage ou arrêt,

5-Bouton de mode de fonctionnement,

6-Bouton de variation de la vitesse de turbine,

7-Bouton de diminution de ta température demandée,

8- Bouton d'augmentation de ta température demandée

Dans l'étape suivante, nous fabriquons un couvercle en plexiglas de protéger la carte électronique À travers les étapes suivantes

Nous coupons un plexiglas à l'aide de la mèche Selon les longueurs appropriées





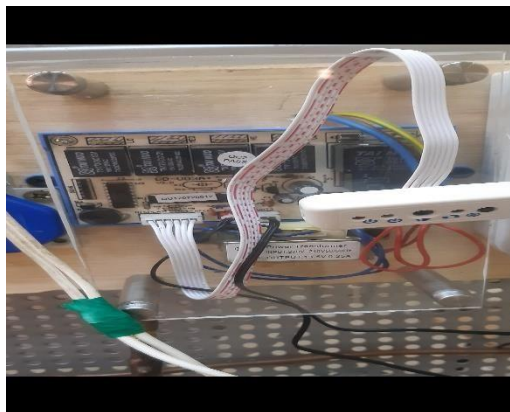
**Figure 4.26 : Découpage de plexiglas**

Ensuite, nous essuyons la pièce de plexiglas Au moyen d'une machine à essuyer



**Figure 4.27 : Processus Essuyez un morceau de plexiglas**

Et à la fin, la carte électronique apparaît comme indiqué dans la figure suivante



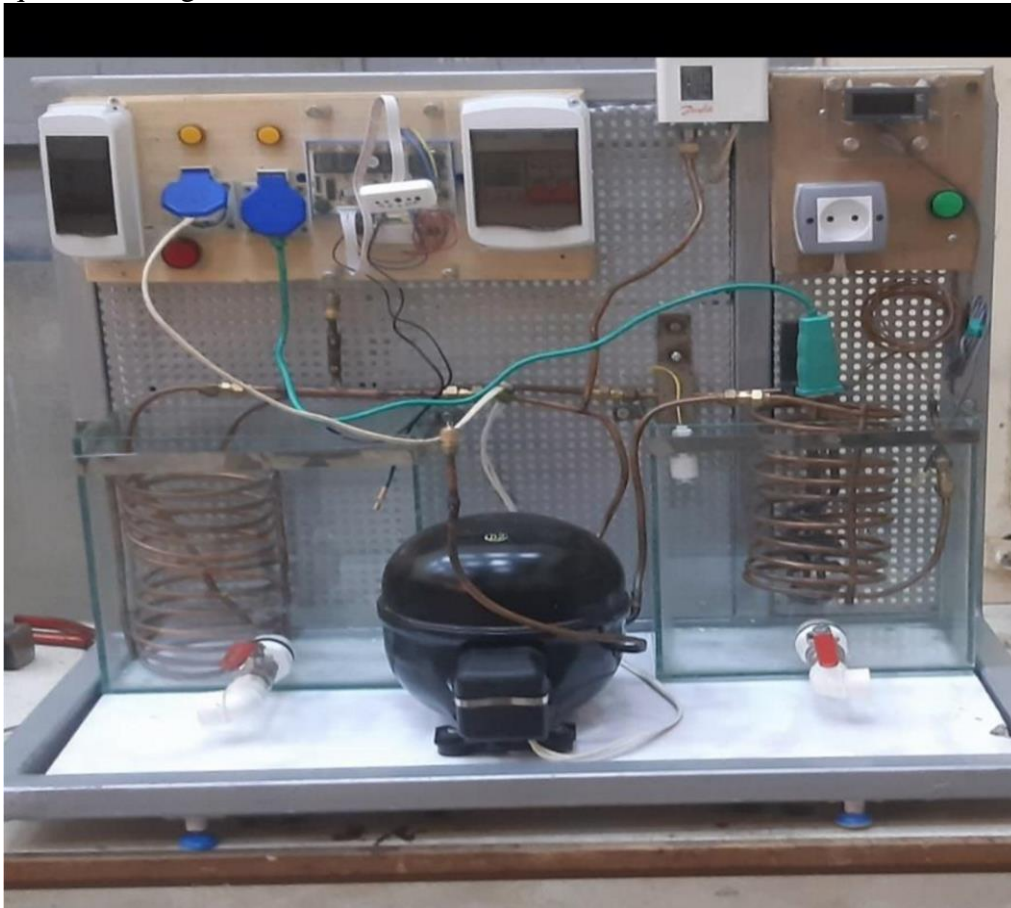
**Figure 4.28 : Carte électronique après installation plexiglas**

Dans la dernière étape, nous installons le capture de température CTN et c'est en l'installant à l'intérieur de plexiglas Réalisé avec les mêmes étapes que le précédent



**Figure 4.29 : capture de température CTN**

Après avoir terminé la conception et la réalisation de notre bon, il apparaît à la fin comme indiqué dans la figure suivante :



**Figure 4.30 : Schéma de l'installation d'une pompe à chaleur avec système de dégivrage**

#### **4.11 Câblage électrique de notre banc :**

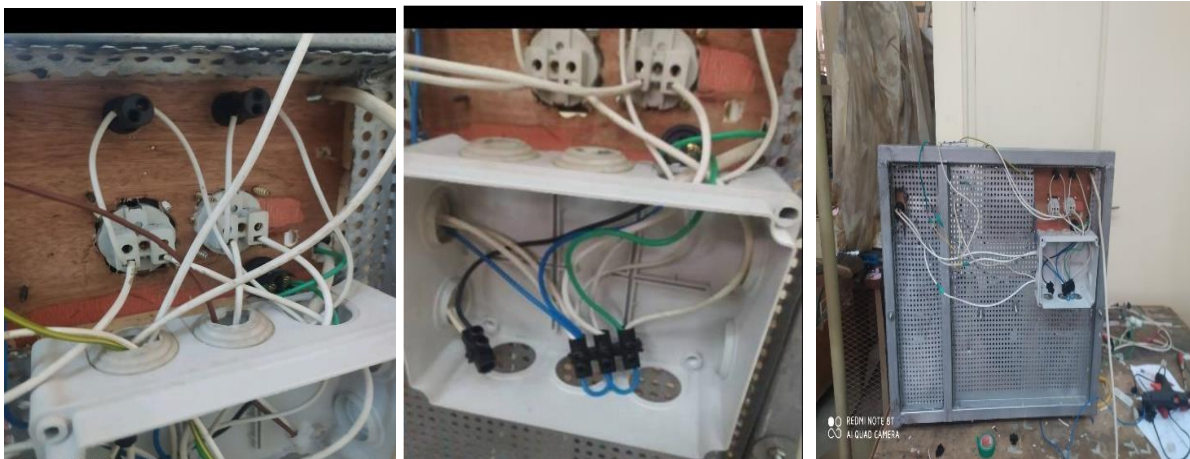
Au début, nous développons un plan afin de faciliter le processus de connexion des filetages et d'éviter les erreurs dans les connexions électriques

**Figure 4.31 : plan câblage électrique de notre banc**

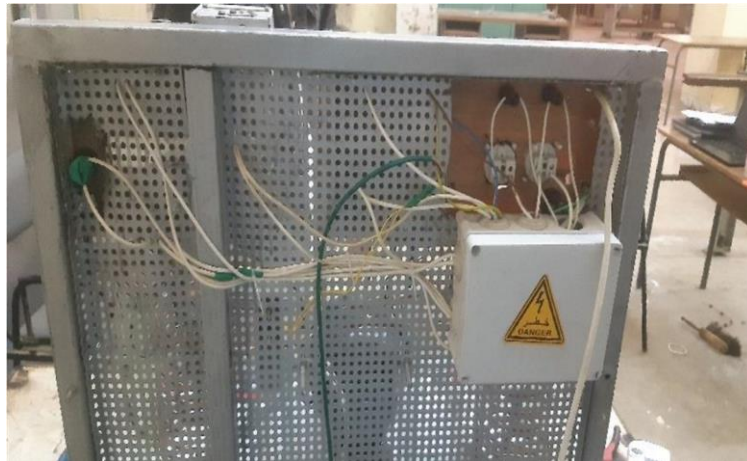
Après avoir développé un diagramme des connexions électriques, nous commençons le processus de connexion des filetages aux éléments électriques, qui sont :

<b>Appareils électriques</b>	<b>Connexions électrique</b>
Disjoncteur	Tout d'abord, nous connectons le disjoncteur aux deux filetages principaux, qui sont la principale source de distribution d'électricité à tous les éléments.

Les prises	<p>La machine dispose de trois prises connectées à deux filetages naitre et phase</p> <p>Les trois files naitre alimentiez avec le file naitre de disjoncteur</p> <p>Pour les trois files phase</p> <p>La phase de la prise de transformateur avec la phase de Disjoncteur</p> <p>La phase de la prise de compresseur avec la carte électronique</p> <p>La phase de la prise de transformateur avec la phase de Disjoncteur</p> <p>La phase de la prise de Résistance électrique avec horloge</p>
Les voyants	<p>Ils sont connectés avec des prises on Parallèle avec li prises</p> <p>Les phases avec les phases des prises</p> <p>Les naitre alimenté avec les naitre des prises plus le naitre de disjoncteur</p>
Pressostat	<p>Ils sont alimentés comme suit :</p> <p>La phase connectée avec la phase de disjoncteur</p> <p>Le naitre connectée avec la carte électronique</p>
capture température CTN	<p>Il est alimenté on Parallèle avec le Disjoncteur</p> <p>La phase connectée avec la phase de disjoncteur</p> <p>Le naitre connectée avec Le naitre de disjoncteur</p>
Horloge numérique	Voir la page 28



**Figure 4.32 : Opération de Câblage électrique**



**Figure 4.33 : La fin du processus de Câblage électrique**

#### **4.12 Les tests de notre banc :**

##### **4.12.1 Les tests de circuit hydraulique :**

C'est en testant les réservoirs et les vannes et en s'assurant qu'il n'y a pas de fuites d'eau lors Du remplissage de deux réservoirs

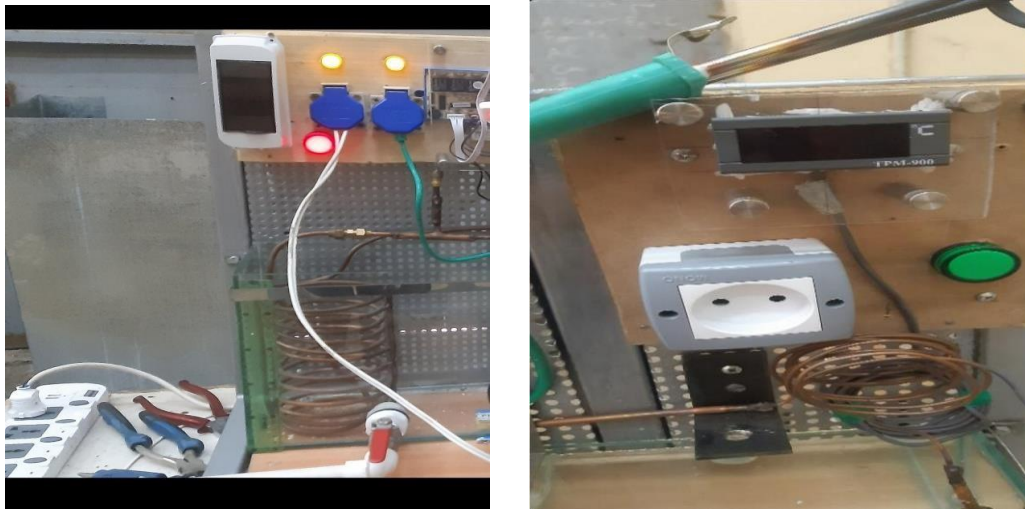


**Figure 4.34 : Les tests de circuit hydraulique**

Lors de la première inspection du circuit d'eau, nous remarquons qu'il n'y a pas de fuites dans les réservoirs ou dans les vannes

##### **4.12.2 Les tests de circuit électrique :**

Après avoir vérifié la santé de la connexion des fils, nous soulevons le disjoncteur pour la première fois, où nous remarquons l'allumage de voyant du disjoncteur électrique et les voyants de la prise de compresseur et prise de résistants et le non-allumage de voyant de la prise de transformateur et le non-allumage de capture de température CTN



**Figure 4.35 : Test de circuit électrique**

Après la première inspection pour découvrir le défaut, nous avons constaté que les connexions des filetages concernaient de capteur de température CTN et le voyant de la prise de transformateurs II a été retiré.

Après cela, nous avons reconnecté les cordes et nous nous sommes assurés à nouveau

Lorsque le disjoncteur a été soulevé à nouveau, nous avons remarqué l'allumage de capteur température CTN et tous les voyants



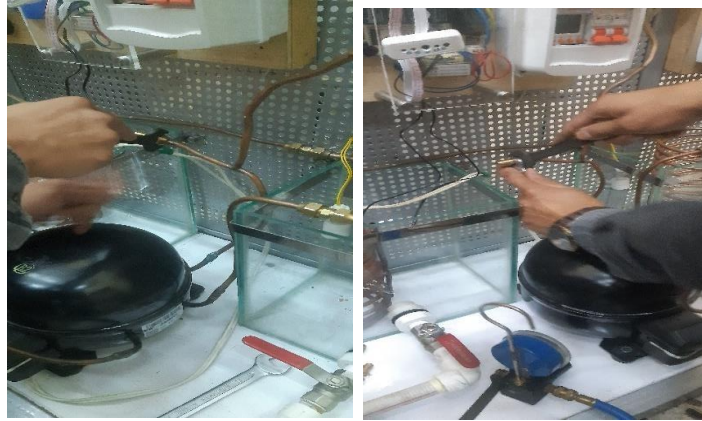
**Figure 4.36 : test de circuit électrique de notre maquette**

Lors du dernier test, nous allumons le compresseur lors de l'installation de la sortie du compresseur, nous remarquons que cela ne fonctionne pas

Lors de la première inspection, nous avons constaté que la prise du compresseur était desserrée et n'était pas connectée au filetage électrique.

#### 4.12.3 Les tests de circuit de fluide frigorigène :

Après avoir terminé les tests électriques, nous effectuons des tests au niveau d'un circuit de gaz réfrigérant, où nous vérifions les connexions des tuyaux en cuivre



**Figure 4.37 : Processus d'inspection d'un circuit de réfrigérant**

Tout d'abord, nous apportons une bouteille de réfrigérant qui contient le gaz 410 A

Nous préparons un manomètre pour mesurer la pression du gaz à l'intérieur du compresseur



**Figure. 4.38 : un manomètre**

Nous commençons à remplir le compresseur de gaz à travers un tuyau spécial comme indiqué sur la photo



**Figure. 4.39 : Remplissage de gaz 410 A**

Après avoir terminé le processus de remplissage de gaz, nous vérifions le volume de pression au moyen d'un manomètre



**Figure. 4.40 : Mesure du volume de gaz**

Grâce à une inspection initiale lors de l'exécution de la maquette, nous remarquons que le volume de gaz sur le manomètre est réduit et qu'un sifflement est entendu, ce qui indique qu'il y a une perte de gaz au niveau des tuyaux et des axes qui les relient.

Afin de savoir où le gaz est perdu, nous préparons un morceau d'éponge et mettons du savon dessus, puis nous essuyons tous les tuyaux en cuivre.

Peu de temps après, nous remarquons l'apparition de bulles sur le tuyau qui relie le condenseur au compresseur.





**Figure. 4.41 : L'apparition de bulles savonneuses**

#### **4.13 Modifications apportées à notre banc :**

La raison de ce changement est due au problème de perte de gaz due à la connexion de tuyaux en cuivre à travers des manchons. Donc, à l'étape suivante :

Nous avons soudé tous les tuyaux en cuivre aux points de raccordement du compresseur, du condenseur et de l'évaporateur.



**Figure. 4.42 : Soudage de tuyaux en cuivre**

#### **4.14 Mise on marche de notre banc :**

Après avoir effectué la série précédente de tests et éliminé tous les problèmes, nous commençons à pré visualiser le fonctionnement des appareils

<b>Les instruments</b>	<b>On/off</b>
<b>Disjoncteur</b>	<b>on</b>
<b>horloge</b>	<b>on</b>
<b>compresseur</b>	<b>on</b>
<b>La carte électronique</b>	<b>on</b>
<b>Pressostat</b>	<b>on</b>
<b>Capture température CTN</b>	<b>on</b>
<b>Résistance électrique</b>	<b>on</b>

#### **4.15 Comparaison entre un banc didactique et notre maquette :**

##### **4.15.1 Pompe à chaleur MOD.F-PC/EV :**

Ce modèle de démonstration représente le fonctionnement d'un réfrigérateur ou d'une pompe à chaleur à compression de vapeur.

Il est constitué par un compresseur, un évaporateur, un dispositif d'expansion et par un condensateur. On peut l'utiliser aussi comme pompe à chaleur eau-eau et il comprend un multimètre pour mesurer les paramètres électriques, et deux thermomètres pour mesurer les températures dans les réservoirs.

Les composants, joints par des tuyaux de cuivre, sont assemblés dans un circuit fermé. L'évaporateur et le condensateur sont deux tuyaux de cuivre en spirale plongés dans deux récipients transparents remplis de liquides (le premier d'eau et glycol, et le deuxième d'eau). Deux manomètres indiquent les niveaux de pression atteints dans les deux échangeurs de chaleur.

Un interrupteur de protection contre les surpressions coupe l'alimentation électrique du moteur du compresseur dès que la pression atteint 15 bars.

Prêt pour l'acquisition de données par PC (kit optionnel requis).



**Figure. 4.43 : Pompe à chaleur MOD.F -PC/EV**

Ce modèle représente le principe de fonctionnement d'un réfrigérateur à pression de vapeur ou d'une pompe à chaleur. Il se compose d'un compresseur, d'un évaporateur, d'un dispositif d'expansion, d'un condenseur, d'une résistance électrique, d'un pressostat, d'une carte électronique qui nous permet de contrôler le compresseur, en plus d'un capteur de température, d'une minuterie numérique, de deux réservoirs et d'un ensemble de prises avec leurs indicateurs.

Les composants, qui sont reliés par des tuyaux en cuivre, sont assemblés en circuit fermé.

L'évaporateur et le condenseur sont deux tubes en cuivre en spirale immergés dans deux récipients transparents remplis de liquides (le premier à partir d'eau, le second à partir d'eau).

Un interrupteur de protection contre les surpressions coupe l'alimentation électrique du moteur du compresseur dès que la pression atteint 17 bars.

**4.15.2 : Une maquette de dégivrage par résistance électrique**



**Figure. 4.44 : Une maquette de dégivrage par résistance électrique**

**a-Programme de formation :**

Etude du fonctionnement d'un système de pompe à chaleur avec système de dégivrage

**b-Alimentation :**

220 Vca 50 Hz  
monophasée d-

**Dimensions :** 73,5x 42,5  
x 61 cm

Instrument	Disjoncteur	Les prises	Les voyants	horloge	pressostat
Pompe à chaleur MOD.F- PC/EV	ok	non	non	non	ok
Notre banc	ok	ok	ok	ok	ok

Instrument	Capture température CTN	La carte électronique	Résistance électrique	Le flotter	Les manomètres
Pompe à chaleur MOD.F-PC/EV	non	non	non	non	ok
Notre banc	ok	ok	ok	ok	ok

4.16 Diagramme enthalpique :

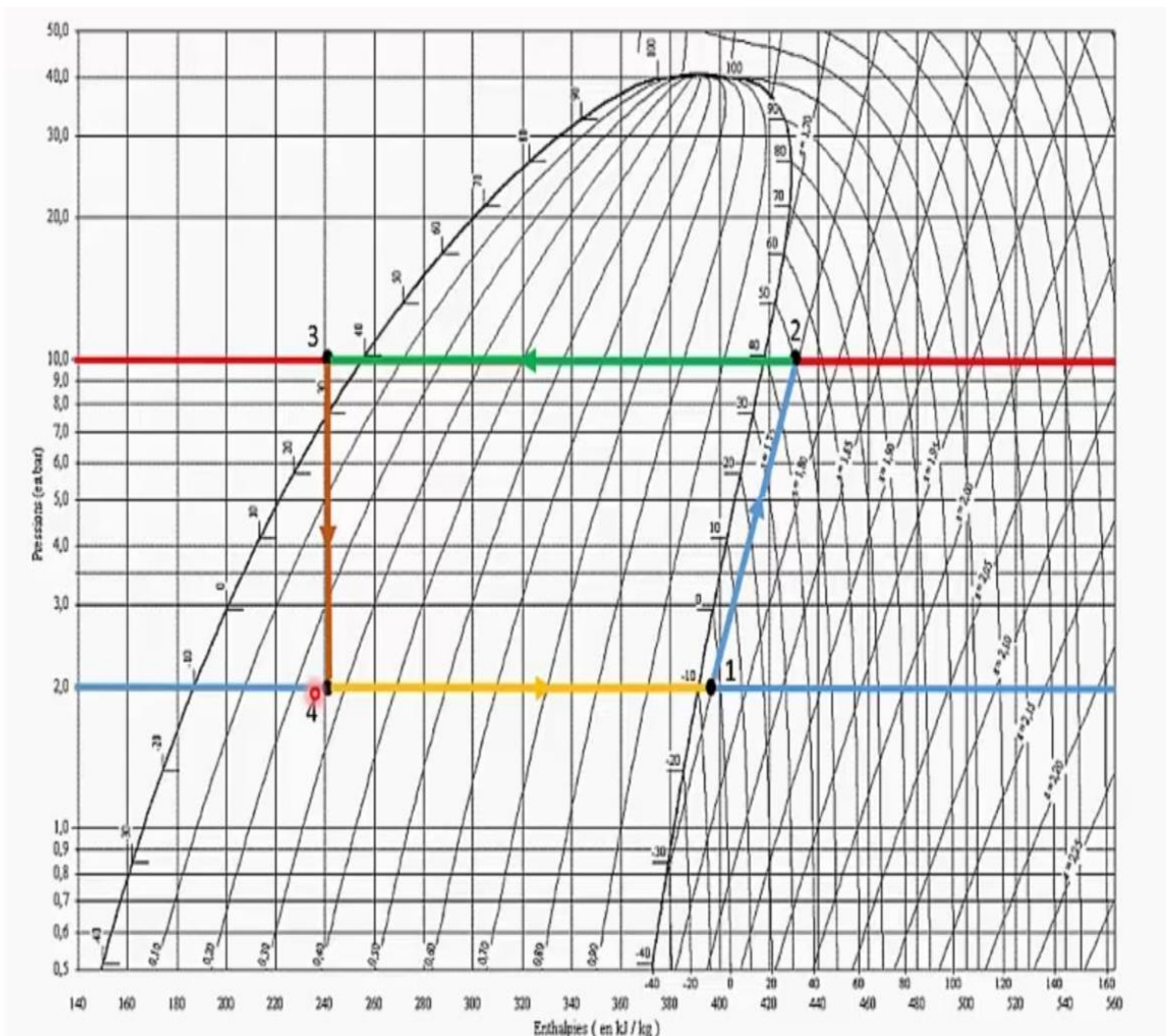


Figure 4.45 : Diagramme enthalpique de R 134a

**4.16. 1 Calcule le cop :**

ETATS	1	2	3	4
H (KJ/kg)	395	430	245	245

$$\text{COP} = \text{QF} / \text{W}_c$$

QF : la quantité de chaleur

$$\text{QF} = h_1 - h_4 = 395 - 245 = 150 \text{ KJ/KG}$$

Wc : travail du compresseur

$$\text{Wc} = h_2 - h_1 = 430 - 395 = 35 \text{ KJ/KG}$$

$$\text{Cop} = 150 / 35 = 4,28$$

# CONCLUSION

- Afin de concevoir et de réaliser des bancs didactiques qui serviront d'outil pédagogique pour l'enseignement d'un système de dégivrage, plusieurs étapes ont dû être réalisées. Tout d'abord, il a été nécessaire de ce documenter sur les différents aspects théoriques du projet. De plus, nous avons fait une recherche de l'état de l'art des bancs didactiques déjà existants.
- En se basant sur la recherche bibliographique et sur les cahiers des charges, on a réalisé une conception qui nous a permis d'obtenir les configurations des différents bancs et le choix des composants. En concertation avec le promoteur, on a pu obtenir les configurations finales et la liste définitive des composants et du matériel nécessaires à la réalisation.
- Ensuite, on a entamé la réalisation pratique des bancs à partir de ces configurations finales et des schémas électriques obtenus lors de la conception.
- Suite à cela, après cela, nous nous sommes concentrés sur la finition des éléments et les avons mis à leur place et sur le démarrage des éléments électriques de la machine. On a constaté que tous les bancs fonctionnent correctement.
- La réalisation du module de base a enrichi nos connaissances pratiques dans les différents domaines de production du froid et nous a aussi familiarisé avec le matériel utilisé par les frigoristes.
- Ce projet a aussi constitué un travail en groupe enrichissant. En effet, nous avons appris à travailler en équipe et en étroite collaboration.
- On remarque que le budget estimé au début du projet est inférieur au budget réel à cause de l'achat de composants supplémentaires et le manque de connaissance des prix sur le marché.
- En prenant en compte les moyens disponibles au niveau de notre département, la durée du projet et le côté financier on peut dire que les objectifs fixés ont été atteints.
- En conclusion, on peut dire que ce projet est très intéressant et très enrichissant. Il doit clairement être poursuivi pour les années à venir.
- Nous recommandons aux futurs étudiants qui vont continuer à travailler sur le projet de procéder aux réglages finaux, d'améliorer le côté esthétique des bancs, d'équiper les différents bancs de l'instrumentation manquante et d'élaborer le protocole expérimental pour la réalisation des TP.